การประชุมวิชาการระดับชาติ สถาปัตยกรรมและศิลปะสรรค์สร้าง ครั้งที่ 3

3rd National Conference on Architecture and Creative Arts (ACA-03)

Conference Theme:
Design the Future, Create Transformation

CONFERENCE TOPICS

- สถาปัตยกรรม ชุมชน และสภาพแวดล้อม
- การออกแบบอุตสาหกรรมและงานสร้างสรรค์
- หัวข้อที่เกี่ยวข้องด้านการออกแบบ

FEBRUARY 12-13, 2026
Grand Richmond Hotel,
Nonthaburi, Thailand

National Conference
on Architecture and Creative Arts

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

“Design the Future, Create Transformation”

การประชุมวิชาการระดับชาติ สถาปัตยกรรมและศิลปะสรรค์สร้าง ครั้งที่ 3
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
E-mail: aca.kmutnb.01@gmail.com

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569 จำนวน 32 เล่ม

ลิขสิทธิ์ของ คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และผู้เขียนบทความ
สงวนสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ 2537
ห้ามคัดลอกเนื้อหาก่อนได้รับอนุญาต

ข้อมูลทางบรรณานุกรมหนังสือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ.
การประชุมวิชาการระดับชาติ สถาปัตยกรรมและศิลปะสรรค์สร้าง ครั้งที่ 3 (The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts) —กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2569.
286 หน้า.
ISBN: 978-616-368-136-2
1. สถาปัตยกรรม – การประชุมวิชาการระดับชาติ. I. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ผู้แต่งร่วม II. มหาวิยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ผู้แต่งร่วม III. ชื่อเรื่อง.

จัดพิมพ์โดย
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

พิมพ์ที่
พี.แอนด์.พี. ปริ้นติ้ง พรีเพรส
20/40 อ.บางกรวย จ.นนทบุรี 11130

วิทยากรรับเชิญ

ศาสตราจารย์ ดร.โจเซฟ เคดารี

รองศาสตราจารย์ ดร.จอมภพ แววศักดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์

ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.ธานินทร์ ศิลป์จารุ

ศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ เซี่ยงฉิน

ศาสตราจารย์ ดร.สมฤกษ์ จันทรอัมพร

ประธาน

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนา อนันต์อาชา

รองประธาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวลี อมรลีตระกูล

คณะกรรมการดำเนินงาน

รองศาสตราจารย์ ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร

รองศาสตราจารย์ ดร.วชิระ แสงรัศมี

รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี บุณยโสภณ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วศิน วิเศษศักดิ์ดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐปนพงศ์ นิวัตรอมรรักษ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวภา ขจรฤทธิ์

อาจารย์ ดร.ประภัสสร ประเทืองไทย

ผู้ดำเนินการจัดการประชุม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงาน

- *ศาสตราจารย์ ดร.จงจิตร์ หิรัญลาภ*
- *ศาสตราจารย์ ดร.โจเซฟ เคดารี*
- *ศาสตราจารย์ ดร.ศุภกรณ์ ดิษฐพันธุ์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ธนา อนันต์อาชา*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยกร ไพบูลย์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี บุณยโสภณ*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.เสาวนิตย์ กาญจนรัตน์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร แก้วกอ เลี่ยวไพโรจน์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.สรชา ไววรกิจ*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรินทร์ จินต์วุฒิ*
- *รองศาสตราจารย์เรืองศักดิ์ ปาลีคุปต์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรวลี อมรลีตระกูล*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพิ่มศักดิ์ สุวรรณทัต*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณะพล วัฒนวันยู*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ศรัฐ สิมศิริ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรดา แพรใบศรี*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลกาญจน์ วงศ์ก่อทรัพย์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารี เลาะเหม็ง*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาดิศร์ อิดรีส รักษมณี*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประติมา นิ่มเสมอ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถพนธ์ พงษ์เลาหพันธุ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิศร ศรีเสาวนันท์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.วชิระ แสงรัศมี*
- *รองศาสตราจารย์ ดร. ดิษยา จูฑะศรี*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรนันท์ ทักขนนท์*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ภณ วชิระนิเวศ*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ชนิกานต์ ยิ้มประยูร*
- *รองศาสตราจารย์ ดร.ชุมเขต แสวงเจริญ*
- *รองศาตสราจารย์วิไล อัศวเดชศักดิ์*
- *รองศาสตราจารย์สุขุมาล สาระเกษตริน*
- *รองศาสตราจารย์วรวุธ สุธีวีระขจร*
- *รองศาสตราจารย์ภวินท์ สิริสาลี*
- *รองศาสตราจารย์สาทินี วัฒนกิจ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิชา เบญจพร*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา ช้วนลิ่ม*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกุลพัฒน์ คุ้มไพศาล*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมลักษณ์ บุญณรงค์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศวิษฐ์ พิริยะสุรวงศ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิกันดา ศรีเดช*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วศิน วิเศษศักดิ์ดี*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพัฒน์ จิตรอารีรักษ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุณยกร วชิระเธียรชัย*

ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงาน

- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิรันดร์ วัชโรดม*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา อุตกฤษฎ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาริณี รามสูต*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภูมิ วงษ์บำหรุ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนภณ พันธเสน*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนพล เจนสุทธิเวชกุล*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวี อุตกฤษฎ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฏฐพงศ์ จันทร์วัฒนะ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฌานกล้า ลีระกุล*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ์ สัมภวะคุปต์*
- *ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.สุวภา ขจรฤทธิ์*
- *ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.อานนท์ อนันต์อาชา*
- *ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.ปิติสัณห์ อินทพิชัย*
- *ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ร.อ.ดร.สิปปวิชญ์ กำบัง*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกกมล โรจน์จิรนันท์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูริน หล้าเตจา*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูวไนย ทรรทรานนท์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ แสงสุริยะ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนาจ จำรัสจรุงผล*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณิจิณ อิทธิประทีป*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์เดช พัฒนไพบูลย์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิฏิมา อัมพวรรณ*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐปนพงศ์ นิวัตรอมรรักษ์*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัมพล แสงเอี้ยม*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์กมลวรรณ แสงธรรมทวี*
- *ผู้ช่วยศาสตราจารย์เบญจวรรณ ปานแม้น*










The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
(12-13 February 2026)
DESIGN A FUTURE , CREATE TRANSFORMATION
Sustainable Innovation through Appropriate Technology
Department of Building Innovation, Faculty of Architecture
Kasetsart University
GRAND
RICHMOND
STYLISH CONVENTION HOTEL






การประชุมวิชาการระดับชาติ
สถาปัตยกรรมและศิลปะสรรค์สร้าง ครั้งที่ 3
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts (ACA-03)
Keynote Speaker
Conference Theme
Design the Future,
Create Transformation
'ออกแบบอนาคต
สร้างสรรค์ความเปลี่ยนแปลง'









สารบัญ

AUE-01	การเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนและความยั่งยืนของวัสดุเชิงประกอบสำหรับระบบผนังเขียว Comparison of Thermal Performance and Sustainability of Composite Materials for Green Wall Systems	AUE-1
AUE-02	กรอบแนวคิดเชิงระบบในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร A Systemic Conceptual Framework for Positioning Agricultural-Based Biomaterials in Building Wall Systems	AUE-6
AUE-03	การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุและวิวัฒนาการเทคโนโลยีการผลิตอิฐพื้นถิ่นไทยและสากลสู่สถาปัตยกรรมยั่งยืน A Comparative Study of Material Performance and Manufacturing Evolution of Thai Vernacular and International Bricks for Sustainable Architecture	AUE-18
AUE-04	ระบบระบายความร้อนใต้หลังคาในอาคารแนวราบเขตร้อนชื้น: การสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อการออกแบบ Attic Ventilation Systems in Low-Rise Buildings in Hot–Humid Climates: A Comparative Synthesis for Design	AUE-28
AUE-05	การวิเคราะห์ข้อจำกัดของวัสดุดาดแข็งต่อการบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง A Study of Constraints in Hardscape Development for Urban Heat Island Mitigation	AUE-35
AUE-06	การสังเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น Synthesis of Solar Absorptance and Thermal Lag Properties of Building Wall Materials in Tropical Climates	AUE-43
AUE-07	แนวทางการพัฒนาการนำแสงและการเพิ่มค่าความสว่างจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร Guidelines for Developing Daylight Guidance and Increasing Sunlight Illuminance for Building Use	AUE-51
AUE-08	หลังคาจากพลาสติกใช้แล้วเสริมเส้นใยธรรมชาติ Roof from Recycled Plastic Reinforced with Natural Fiber	AUE-59
AUE-09	การพัฒนากระเบื้องเซรามิกชนิดน้ำหนักเบาผสมเซโนสเฟียร์เพื่อการนำความร้อนต่ำ Development of Lightweight Ceramic Tiles with Cenospheres for Reduced Thermal Conductivity Blended	AUE-68
AUE-010	การศึกษาภาคสนามพฤติกรรมการส่งผ่านเชิงความถี่ของสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ผ่านผนังกั้นในอาคาร A Field Study on Frequency-Dependent Transmission of Fire Alarm Audio Signals through Interior Partitions in Building	AUE-78
AUE-011	ผลกระทบของอายุวัสดุหลังคาโปร่งแสงต่อการปลูกผักสลัดในโรงเรือนของประเทศไทย Effects of Translucent Roofing Material Aging on Lettuce Cultivation in Greenhouses in Thailand	AUE-87
AUE-012	อิฐตกแต่งผนังภายในจากเศษวัสดุก่อสร้าง Decorative Interior Wall Bricks Made From Construction Waste	AUE-95
AUE-013	แนวทางการพัฒนาอิฐบล็อกผนังเชิงสถาปัตยกรรมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น Development Guidelines for Architectural Wall Blocks in Tropical Climate	AUE-102
AUE-014	การศึกษาวัสดุผนังอาคารและเกณฑ์การเลือกใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนในอาคารเรียน กรณีศึกษา : ตึก 41 คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มจพ. A Study of Building Wall Materials and Selection Criteria for Reducing Heat Transfer in Educational Buildings Case Study: Building 41, Faculty of Architecture and Design, KMUTNB	AUE-108

สารบัญ (ต่อ)

AUE-015	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรของอาคาร : กรณีศึกษาแบบบ้านสำเร็จรูปเฌอร่า Life Cycle Carbon Footprint Assessment of Building: A Case Study of SHERA Knockdown	AUE-117
AUE-016	การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับศักยภาพของกรดอินทรีย์จากแหล่งชีวภาพและเชิงพาณิชย์ ในการปรับสภาพคอนกรีตเพื่อการรีไซเคิล A Preliminary Study on the Conditioning Potential of Bio-derived and Commercial Organic Acids for Concrete Recycling	AUE-125
AUE-017	พื้นที่นิทรรศการ: การศึกษาทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ Exhibition Space: A Study of The Museum Experience Theory	AUE-132
AUE-018	ปัจจัยกายภาพและการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์: กรณีศึกษาชุมชนประชานฤมิตร กรุงเทพมหานคร Physical Factors and Perceptions of Spatial Identity Influencing the Development of a Creative Economy District: A Case Study of the Pracha Narumit Community, Bangkok	AUE-139
AUE-019	อิทธิพลของงานมหกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม The Impact of Events on Architectural Space Transformation	AUE-147
AUE-020	การเรียนรู้ยุคใหม่ในเทคโนโลยีการก่อสร้าง: โครงสร้างช่วงกว้างผ่านการสร้างแบบจำลอง BIM Next-Generation Learning in Construction Technology: Wide-Span Structures Through BIM Modeling	AUE-158
IC-01	ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นจากกากกาแฟและถ่านสำหรับตกแต่งภายในอาคาร Moisture Absorption Products from Coffee Grounds and Chacoal for Interior Building Decoration	IC-1
IC-02	การพัฒนาสื่อสัมผัสเพื่อการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น: การศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น Development of Tactile Learning Media for Bedroom Design for People Who Are Blind: A Pilot Study	IC-6
IC-03	การศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาเพื่อออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์สำหรับคอนโดมิเนียมขนาดเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ A Study of Lanna Identity for Designing Multipurpose Furniture for Small Condominiums Mueang Chiang Mai District.	IC-15
IC-04	การศึกษาและออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก สำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลนครสวรรค์ A Study and Design of Furniture Set from Plastic Bottle Caps for Central Nakhon Sawan	IC-28
IC-05	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เกมการ์ดโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุ Product Development of a Thai Cultural Identity–Based Card Game to Enhance Cognitive Function in Elderly People	IC-36
IC-06	การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ Development of Exercise Products to Enhance Emotional Well-being in the Elderly	IC-44

สารบัญ (ต่อ)

IC-07	การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียง เพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและความปลอดภัยของผู้สูงอายุ Design and Development of a Portable Sound Alert Device to Enhance Auditory Awareness and Safety in Elderly People	IC-53
IC-08	การพัฒนากิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพการมองเห็นของผู้สูงวัย Development of Visual-Based Games to Enhance Visual Acuity in Older Adults	IC-61
IC-09	การออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมเพื่อส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ Designing a Game-Based Exercise Device to Promote Cognitive Function in Older Adults	IC-72
IC-10	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านฟการได้ยินของผู้สูงอายุ A Game-Based Product Development for Promoting Auditory Development in the Elderly	IC-82
OR-01	ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวของความหมายและหน้าที่ในแม่เตาไฟยุคต้น กรณีศึกษาเรือนลองเฮาส์ของชาวอิโรควอยส์ Unity of Meaning and Function in the Early Hearth A Case Study of the Iroquoian Longhouse	OR-1
OR-02	แนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น A passive defense approach to vernacular architecture formation.	OR-9
OR-03	การศึกษานำร่องอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ด ต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น Pilot study of The Influence of the Physical Image of Street Food Vendors on the Dining Choices of Consumers Across Different Generations	OR-18

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การเปรียบเทียบสมรรถนะทางความร้อนและความยั่งยืนของวัสดุเชิงประกอบสำหรับระบบผนังเขียว

Comparison of Thermal Performance and Sustainability of Materials Support in Living Wall Systems

ณภัทร์ ศักดิ์อาธรทรัพย์ อานนท์ อนันต์อาชา และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง ส่งผลให้การออกแบบกรอบอาคารต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ระบบผนังเขียวโดยเฉพาะรูปแบบผนังมีชีวิต (Living Wall System) จึงเป็นนวัตกรรมที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบที่ใช้ในการผลิตแผงรองรับวัสดุปลูก ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของระบบโดยจำแนกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ วัสดุเชิงประกอบเซรามิก วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์และวัสดุเชิงประกอบโลหะ การศึกษาใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรม และการวิเคราะห์เปรียบเทียบภายใต้เกณฑ์ด้านความทนทาน สมรรถนะทางความร้อนและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งวัสดุแต่ละประเภทมีจุดเด่นแตกต่างกัน

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าประเภทของวัสดุเชิงประกอบมีจุดเด่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนวัสดุเชิงประกอบเซรามิกโดดเด่นด้วยประสิทธิภาพสูงสุดการหน่วงการถ่ายเทความร้อนและสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดี วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ เช่น HDPE และ PP มีข้อโดดเด่นด้านน้ำหนักเบา ความยืดหยุ่นในการติดตั้ง และต้นทุนต่ำ ในขณะที่วัสดุเชิงประกอบโลหะให้ความแข็งแรงเชิงโครงสร้างสูงสุด และทนทานต่อสภาวะแวดล้อมสูงรวมถึงศักยภาพการรีไซเคิล แม้มีข้อจำกัดด้านการนำความร้อนสูง การคัดเลือกวัสดุเชิงประกอบสำหรับระบบผนังมีชีวิตควรพิจารณาในเชิงระบบและตามบริบทการใช้งานของอาคารมากกว่าการเลือกใช้วัสดุเพียงชนิดเดียวและเป็นแนวทางสำหรับสถาปนิกและนักออกแบบในการตัดสินใจเลือกวัสดุแผงรองรับวัสดุปลูกให้ตรงกับเป้าประสงค์ด้านสมรรถนะทางความร้อนโครงสร้างและอายุการใช้งานระยะยาวเพื่อให้เกิดความยั่งยืนสูงสุดในการใช้ประยุกต์ใช้งานจริง

คำสำคัญ: วัสดุเชิงประกอบ ระบบผนังเขียว กรอบอาคาร สมรรถนะทางความร้อน ความยั่งยืน

Abstract

Climate change and the urban heat island effect necessitate increased energy and environmental efficiency considerations in building envelope design. Green wall systems, particularly living wall designs, have become widely adopted as an innovation. This article focuses on a qualitative study comparing the properties of materials support used in the production of planter modules, the core of the system. Three main types are categorized 1) ceramic composites 2) polymer composites, and 3) metallic composites. The study employs a literature review and comparative analysis based on durability, thermal performance, and environmental impact. The results show that each material type has distinct advantages.

The findings indicate that each category of material support exhibits distinct performance advantages. Ceramic-based composites provide superior thermal resistance and heat transfer reduction, while polymer-based composites, such as HDPE and PP, are advantageous in terms of lightweight characteristics, installation flexibility, and cost efficiency. Metal-based composites offer the highest structural strength, durability, and recyclability, despite their limitation of high thermal conductivity. Accordingly, The selection of materials support for living wall systems should be considered systematically and contextually within the building's application, rather than relying on a single material. This guideline helps architects and designers make informed decisions about selecting planting panel materials that align with thermal performance, structural integrity, and long-term lifespan, ensuring maximum sustainability in practical applications.

Keywords: Material support , Green wall, Building envelopes, Thermal performance, Sustainability

1. บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืนต้องเผชิญกับความท้าทายจากอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นและการลดลงของพื้นที่สีเขียว ระบบผนังเขียว (Green wall system) ได้กลายเป็นกลยุทธ์สำคัญทางสถาปัตยกรรมที่ช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวสู่เมืองในแนวดิ่ง โดยเฉพาะระบบผนังเขียวแบบมีชีวิต (Living wall system) ซึ่งมีความซับซ้อนด้านโครงสร้างมากกว่าระบบไม้เลื้อย (Green façade) ระบบผนังเขียวแบบมีชีวิตอาศัยแผงรองรับวัสดุปลูก (Planter module) มีการยึดติดกับผนังหลักของอาคาร อย่างไรก็ตามงานวิจัยด้านผนังเขียวในปัจจุบันเน้นให้ความสำคัญกับชนิดพืชและระบบน้ำมากกว่าการเปรียบเทียบแผงรองรับวัสดุปลูกในมิติของพลังงานและกรอบอาคารซึ่งถือเป็นช่องว่างทางการศึกษาที่สำคัญ การเลือกใช้วัสดุเชิงประกอบจึงส่งผลโดยตรงต่อโครงสร้างผนังหลักของอาคาร ทั้งการลดภาระน้ำหนัก การลดความร้อน การประหยัดพลังงาน อายุการใช้งานและการบำรุงรักษา บทความนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาเปรียบเทียบวัสดุเชิงประกอบ 3 ประเภทหลัก เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในบริบทของการใช้งานร่วมกับระบบกรอบอาคาร (Building envelopes system)

2. วัตถุประสงค์

เพื่อให้การศึกษามีความชัดเจนและครอบคลุมจึงกำหนดวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้ คือ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะทางกายภาพและสมรรถนะทางความร้อนของวัสดุเชิงประกอบ 3 ประเภท คือ เซรามิกพอลิเมอร์และโลหะ เพื่อประเมินผลกระทบของวัสดุเชิงประกอบที่มีต่อระบบกรอบอาคารรวมถึงเพื่อเสนอแนวทางการเลือกใช้วัสดุเชิงประกอบสำหรับผนังเขียวร่วมกับโครงสร้างผนังหลักที่เหมาะสมกับบริบทของอาคาร

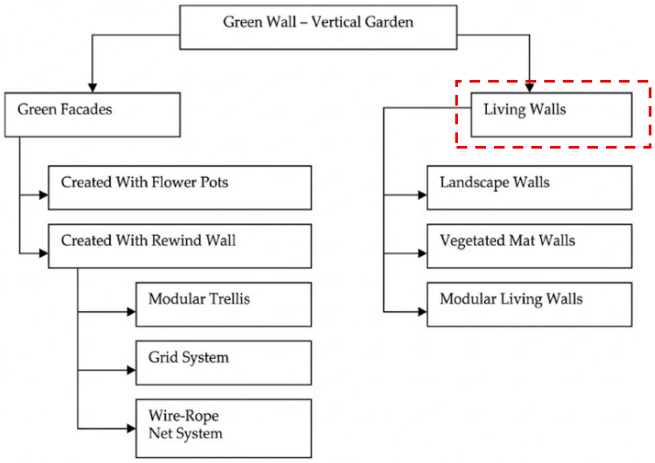
3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้ใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมและการสังเคราะห์ข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเน้นเฉพาะระบบผนังเขียวรูปแบบผนังมีชีวิต (Living Wall) ที่มีแผงรองรับวัสดุปลูกเป็นองค์ประกอบหลัก วิเคราะห์วัสดุเชิงประกอบ 3 ประเภท ได้แก่ 1) วัสดุเชิงประกอบเซรามิก 2) วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์และ 3) วัสดุเชิงประกอบโลหะทั้งนี้ขอบเขตการศึกษาจะไม่รวมถึงการทดลองภาคสนาม (Field Experiment) แต่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทุติยภูมิและคุณสมบัติทางวัสดุ

4. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 ระบบผนังเขียว (Green Wall System)

ระบบผนังเขียวสามารถแบ่งออกเป็นสองกลุ่มหลัก ได้แก่ ระบบผนังเขียวแบบไม้เลื้อย (Green façades) และระบบผนังเขียวแบบผนังมีชีวิต (Living walls) [1,2] ซึ่งแตกต่างกันในด้านโครงสร้างรองรับวิธีการติดตั้งและบทบาทของวัสดุเชิงประกอบระบบผนังเขียวทั้งสองประเภทนี้สามารถพิจารณาเป็นส่วนหนึ่งของกรอบอาคารที่มีผลต่อสมรรถนะด้านพลังงานความร้อนและสภาพแวดล้อมภายในอาคาร



รูปที่ 1 การจำแนกประเภทระบบสวนแนวตั้ง (Green Wall Systems) [2]

ระบบผนังเขียวและบทบาทต่อกรอบอาคารมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะโดยรวมของอาคารโดยเฉพาะในฐานะส่วนหนึ่งของกรอบอาคาร (Building Envelope) ที่ช่วยลดความร้อน ลดการใช้พลังงานและเพิ่มความสบายเชิงความร้อน องค์ประกอบของผนังเขียวประกอบด้วยโครงสร้างรองรับ แผงรองรับวัสดุปลูก วัสดุปลูก พืชพันธุ์และระบบน้ำ การศึกษานี้มุ่งเน้นระบบผนังเขียวประเภทผนังมีชีวิต (Living Walls) ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นระบบโมดูล่า โดยคุณสมบัติของแผงรองรับวัสดุปลูกที่จะถูกนำมาใช้ในการขั้นตอนต่อไปเพื่อการวิเคราะห์

4.2 วัสดุเชิงประกอบในระบบผนังเขียว

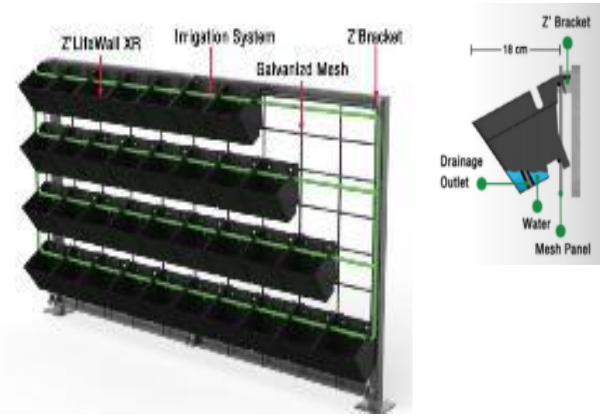
การจำแนกคุณสมบัติเฉพาะของวัสดุเชิงประกอบในส่วนของแผงรองรับวัสดุปลูกมี 3 ประเภทดังนี้

4.2.1 วัสดุเชิงประกอบเซรามิก (Ceramic composites) วัสดุเซรามิก หรือดินเผาที่มีการพัฒนาส่วนผสมเชิงวิศวกรรม เป็นวัสดุที่มีความเป็นธรรมชาติสูงและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมคุณสมบัติสำคัญของเซรามิกคือ ความรูพรุน (Porosity) เอื้อให้เกิดกระบวนการระเหยน้ำ (Evaporation) ผ่านผิววัสดุ ซึ่งช่วยลดอุณหภูมิรอบข้างได้ดีเยี่ยม (Evaporative cooling effect) [2] นอกจากนี้เซรามิกยังมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูงทำให้สามารถหน่วงความร้อนไม่ให้เข้าสู่อาคารได้ดีในช่วงเวลากลางวัน ข้อจำกัดคือมีน้ำหนักมากมีผลต่อโครงสร้างอาคารและมีความเปราะบาง แตกหักง่ายหากเกิดแรงกระแทก



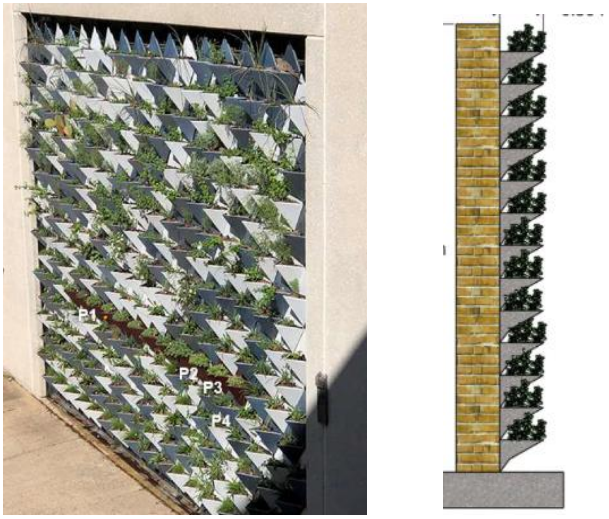
รูปที่ 2 วัสดุเชิงประกอบเซรามิกในระบบผนังเขียว [3]

4.2.2 วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ (Polymer composites) วัสดุสังเคราะห์ประเภทพลาสติก (Plastics) เช่น High-Density Polyethylene (HDPE) หรือ Polypropylene (PP) เป็นวัสดุที่ได้รับความนิยมสูงในอุตสาหกรรมผนังเขียวเชิงพาณิชย์คุณสมบัติสำคัญมีน้ำหนักเบาที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น ช่วยลดต้นทุนลดภาระโครงสร้างรับน้ำหนักของอาคาร ทนทานต่อความชื้นและการกัดกร่อนจากปุ๋ยเคมีได้ดี [3] และสามารถขึ้นรูปทรงได้หลากหลายมีราคาต้นทุนต่ำ ข้อจำกัดมีการเสื่อมสภาพเมื่อได้รับแสงอาทิตย์รังสีอัลตราไวโอเลต (UV -Degradation) เป็นช่วงเวลานานผลทำให้วัสดุเปลี่ยนสภาพกรอบหรือแตกและประเด็นเรื่องขยะพลาสติก (Microplastics) ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อหมดอายุการใช้งาน [4]



รูปที่ 3 วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ในระบบผนังเขียว [5]

4.2.3 วัสดุเชิงประกอบโลหะ (Metal composites) อลูมิเนียมคอมโพสิต สแตนเลส เหล็ก และสังกะสี เป็นต้น ส่วนใหญ่ใช้ในโครงการที่ต้องการความแข็งแรงทนทานคุณสมบัติสำคัญมีความแข็งแรงเชิงโครงสร้างสูง (Structural integrity) ทนต่อแรงกระแทกมีอายุการใช้งานยาวนาน และสามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ (Recyclability) ข้อจำกัด โลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง (High thermal conductivity) เมื่อได้รับแสงแดดโดยตรงจะทำให้อุณหภูมิภายในแผงรองรับวัสดุปลูกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วมีผลต่อวัสดุปลูกและรากพืชเสียหาย จึงจำเป็นต้องมีการบุฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม [6,8]



รูปที่ 4 วัสดุเชิงประกอบโลหะในระบบผนังเขียว [7]

4.3 ประสิทธิภาพพลังงานระบบเปลือกอาคาร (Building Envelope System)

การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารผ่านเข้ามาด้านในอาคารสิ่งสำคัญคือการเลือกใช้วัสดุที่มีผลต่อค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) และความต้านทานความร้อนเชิงวัสดุ รวมถึงปัจจัยในการเพิ่มสมรรถนะของกรอบอาคาร [9,10] โดยในการศึกษานี้ใช้ค่าการนำความร้อนจากเอกสารอ้างอิงเป็นตัวแทนคุณสมบัติวัสดุพร้อมแสดงความสัมพันธ์สมรรถนะความร้อนวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพรูปแบบผนังเขียวแบบมีชีวิตด้านพลังงานในระบบเปลือกอาคาร

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยมีกระบวนการขั้นตอนดังนี้

5.1 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review) รวบรวมข้อมูลทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวัสดุเชิงประกอบในระบบผนังเขียวรูปแบบผนังเขียวแบบมีชีวิตและประสิทธิภาพทางพลังงาน

5.2 การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative analysis) ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุเชิงประกอบเฉพาะในระบบผนังเขียวแบบมี

ชีวิตและนำปัจจัยสำคัญกำหนด คือด้านน้ำหนัก (Weight) ด้านการนำความร้อน (Thermal) และด้านความทนทาน (Durability)

5.3 การสังเคราะห์ (Synthesis) สรุปผลเพื่อเสนอแนวทางการบูรณาการวัสดุเชิงประกอบในระบบผนังเขียวร่วมกับกรอบอาคาร

6. ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปเปรียบเทียบสมรรถนะของวัสดุเชิงประกอบทั้ง 3 ประเภทในตารางที่ 1 และจำแนกผลลัพธ์เชิงกลยุทธ์ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเชิงวิเคราะห์คุณสมบัติทางความร้อนวัสดุเชิงประกอบแผงรองรับวัสดุปลูกในระบบผนังเขียวรูปแบบผนังมีชีวิต

ปัจจัยเปรียบเทียบ	วัสดุเชิงประกอบเซรามิก	วัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์	วัสดุเชิงประกอบโลหะ	อ้างอิง
น้ำหนัก (kg/m^2)	15-25 kg/m^2	5-10 kg/m^2	8-20 kg/m^2	[1,3,5]
การนำความร้อน K (W/m·K)	0.6 -1.3 ปานกลาง – ต่ำ	0.2 – 0.5 ต่ำ	46 – 105 สูงมาก	[2,4,11,12,13]
ความต้านทานความร้อน R (m^2K/W) *(เชิงวัสดุ)*	ปานกลาง	สูง	ต่ำมาก	[8,10]
ความพรุน	สูง	ต่ำ	ต่ำ	[1,6,7]
ดูดกลืน/สะท้อน รังสีความร้อน	สูง	ต่ำ - ปานกลาง	สูง	[4,9,10]
อายุการใช้งาน	สูง	ปานกลาง (ปัจจัย UV)	สูง	[4,6]
ข้อจำกัดหลัก	หนัก	เปราะแตกหักง่าย	นำความร้อนสูง	[3,8]
ข้อโดดเด่น	ระบายร้อนดี หน่วงความร้อน	เบา	อายุยาว / รีไซเคิล	[1,6]

หมายเหตุ: ค่าการนำความร้อน (K) และค่าความต้านทานความร้อน (R) เป็นค่าคุณสมบัติเชิงวัสดุจากเอกสารอ้างอิง (ไม่รวมค่าประสิทธิภาพรวมของระบบผนังเขียวทั้งระบบ ปัจจัยขึ้นอยู่กับความหนา รูปแบบโมดูล ช่องว่างอากาศ วัสดุปลูก และระบบน้ำที่ใช้ร่วมกัน)

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบสำหรับแผงรองรับวัสดุปลูกในระบบผนังเขียวรูปแบบผนังมีชีวิต (Living Wall System) สามารถจำแนกผลตามปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมรรถนะของกรอบอาคาร ได้แก่ น้ำหนัก การถ่ายเทความร้อน และความทนทาน ดังนี้

มิติน้ำหนักและผลกระทบต่อโครงสร้างอาคาร พบว่าวัสดุเชิงประกอบพอลิเมอร์ มีน้ำหนักต่ำที่สุด (ประมาณ 5–10 kg/m^2) เมื่อเทียบกับวัสดุเซรามิก (15–25 kg/m^2) และวัสดุโลหะ (8–20 kg/m^2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ชี้ว่าระบบผนังเขียวที่มีน้ำหนักเบาช่วยลดข้อจำกัดด้านโครงสร้าง [3] และเอื้อต่อการปรับปรุงอาคารเดิมแสดงให้เห็นว่าวัสดุพอลิเมอร์มีความเหมาะสมเชิงกลยุทธ์สำหรับอาคารที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อรองรับน้ำหนักตั้งแต่แรก

มิติด้านสมรรถนะทางความร้อน วัสดุโลหะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง (High thermal conductivity) ส่งผลให้มีการสะสมความร้อนภายในแผงปลูกอย่างรวดเร็ว ซึ่งลดประสิทธิภาพของระบบผนังเขียวหากไม่มีฉนวนกันความร้อนร่วม [6,10] ส่วนวัสดุพอลิเมอร์มีค่าการนำความร้อนต่ำ และวัสดุเซรามิกมีค่าการนำความร้อนอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง พร้อมทั้งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะสูง (High specific heat capacity) ช่วยหน่วงการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในช่วงกลางวัน สอดคล้องถึงวัสดุเชิงประกอบของระบบผนังเขียว [2,8] ช่วยหน่วงความร้อนสามารถลดภาระการใช้พลังงานปรับอากาศของอาคารได้อย่างมีนัยสำคัญ ความพรุนการระเหยความเย็นและผลต่อต้นไม้ วัสดุเซรามิกมีความพรุนสูง เอื้อต่อการอุ้มน้ำ ช่วยลดอุณหภูมิผิวผนังและสภาพแวดล้อมรอบอาคารได้ดีกว่าวัสดุประเภทอื่น [2,7] ส่วนวัสดุพอลิเมอร์และโลหะมีความพรุนต่ำ จำเป็นต้องพึ่งพาการออกแบบระบบระบายน้ำและช่องอากาศเพิ่มเติม เพื่อรักษาสมดุลความชื้นในระบบปลูกพืช ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ให้เห็นว่าวัสดุเซรามิกมีความได้เปรียบเชิงชีวภาพ (Biological compatibility) ต่อต้นไม้ในรูปแบบผนังเขียวแบบมีชีวิต

มิติด้านอายุการใช้งานและความทนทานวัสดุโลหะมีความแข็งแรงเชิงโครงสร้างและอายุการใช้นานที่สุดพร้อมศักยภาพการรีไซเคิล [6] รวมถึงมีประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มีข้อจำกัดด้านการนำความร้อนซึ่งจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขผ่านการออกแบบเชิงระบบส่วนวัสดุพอลิเมอร์มีอายุการใช้งานระดับปานกลาง โดยมีตัวแปรตามการเสื่อมสภาพจากรังสี UV [4]

7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาวัสดุเชิงประกอบสำหรับแผงรองรับวัสดุปลูกในระบบผนังเขียวรูปแบบผนังมีชีวิตจำเป็นต้องพิจารณาตามวัตถุประสงค์การใช้งานเชิงระบบเป็นหลัก โดยผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบพบว่าวัสดุเชิงประกอบแต่ละประเภทมีสมรรถนะทางความร้อนและข้อจำกัดที่แตกต่างกันอย่างเฉพาะเจาะจง คือ วัสดุเชิงประกอบพอลิ ประยุกต์ใช้กรณีต้องการลดน้ำหนักรวมของระบบและภาระโครงสร้างโดยเฉพาะการใช้กับอาคารเดิม ด้านวัสดุเชิงประกอบเซรามิกแสดงสมรรถนะในการหน่วงและต้านการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า จึงใช้กับบริบทที่มุ่งยกระดับประสิทธิภาพทางความร้อนของกรอบอาคารและ วัสดุเชิง

ประกอบโลหะประยุกต์ใช้ในด้านความทนทานและอายุการใช้งานเมื่อมีการออกแบบร่วมกับชั้นฉนวนหรือชั้นอากาศเพื่อลดข้อจำกัดด้านการนำความร้อน

แนวคิดการออกแบบเชิงระบบ (System-oriented design) เสนอแนะสำหรับการบูรณาการวัสดุกับกรอบอาคารมากกว่าการเลือกใช้วัสดุเพียงชนิดเดียวโดยเสนอให้มีการผสมผสานคุณสมบัติของวัสดุเชิงประกอบหลายประเภทในระดับแผงหรือโมดูล เช่น การใช้โครงสร้างหลักที่มีน้ำหนักเบาร่วมกับชั้นวัสดุที่เอื้อต่อการหน่วงความร้อนแ เพื่อชดเชยเงื่อนไขเฉพาะแต่ละประเภทของวัสดุ ผลการศึกษานี้ยืนยันว่าการคัดเลือกวัสดุเชิงประกอบในระดับสนับสนุนพืชพันธุ์และวัสดุปลูก ส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะของกรอบอาคารในระดับอาคาร (Building-scale) ทั้งในด้านภาระโครงสร้างและการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง ในบริบทของระบบผนังเขียวมุ่งสนับสนุนความยั่งยืนของเมือง การเลือกใช้วัสดุเชิงประกอบอย่างมีประโยชน์สูงสุดและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือรีไซเคิลได้ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) จะช่วยเสริมบทบาทของผนังเขียวในฐานะองค์ประกอบของกรอบอาคารและเป็นกลไกสำคัญในการลดปรากฏการเกาะความร้อนในเมือง (Urban heat island) และลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ดร. ธนา อนันต์อาชาและผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร.อานนท์ อนันต์อาชาสำหรับการให้คำปรึกษาและความเอื้อเฟื้อในการค้นคว้ารวมถึงนักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืนภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับการแนะนำข้อมูลอันมีคุณค่าโดยมีส่วนสำคัญในการพัฒนาบทความฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Manso, M., & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 863–871.

[2] Coma, J., Pérez, G., Solé, C., Castell, A., & Cabeza, L. F. (2017). New green wall classification and thermal performance analysis. Energy and Buildings, 140, 424–436.

[3] Perini, K., Ottelé, M., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. Building and Environment, 46(11), 2287–2294.

[4] Prodanovic, V., Wang, H., & Deletic, A. (2020). Green walls for grey water treatment: Understanding the role of media and plants. Water Research, 186, 116345.

[5] Zillion. (2024). Greenery landscape engineering-system. http://www.zillioninnovation.com/articles

[6] Irga, P. J., Torpy, F. R., Griffin, D., & Wilkinson, S. J. (2023). Vertical greening systems: A perspective on existing technologies and new design recommendation. Sustainability, 15(7), 6014.

[7] Kio, P., Ali, A. K., & Dvorak, B. (2023). Cooling effects of a modular living wall system in a humid subtropical climate. The Journal of Living Architecture.

[8] Li, J., Zheng, B., Shen, W., Xiang, Y., Chen, X., & Qi, Z. (2019). Cooling and energy-saving performance of different green wall design: A simulation study of a block. Energies, 12(15), 2912.

[9] Uppala, P., & Puttipiroj, P. (2020). Development of energy performance evaluation criteria for building envelopes using prescribed items. JEDI: Journal of Environmental Design Innovation, 7(2), 120–141.

[10] Djedjig, R., El Ganaoui, M., Belarbi, R., & Bennacer, R. (2017). Thermal effects of an innovative green wall on building energy performance. Mechanics & Industry, 18(1).*

[11] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2017). Fundamentals of heat and mass transfer. Wiley.

[12] Khabaz, A. (2023). Optimum thermal performance of green wall systems and design requirements against heat transfer of conventional external walls of low-rise concrete buildings in hot regions. Journal of Building Engineering, 78, 107654.

[13] Azkorra-Larrinaga, Z., Erkoreka-González, A., Martín-Escudero, K., Pérez-Iribarren, E., & Romero-Antón, N. (2023). Thermal characterization of a modular living wall for improved energy performance in buildings. Building and Environment, 234.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

กรอบแนวคิดเชิงระบบในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร

A Systemic Conceptual Framework for Positioning Agricultural-Based Biomaterials in Building Wall Systems

สุทธิดา ศุภโสภณ และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบผนังอาคารเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน ความชื้น และสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมของอาคาร โดยเฉพาะในบริบทภูมิอากาศเขตร้อน ขณะเดียวกัน วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรได้รับความสนใจในฐานะทรัพยากรหมุนเวียนที่สามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของภาคการก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม งานศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งเน้นการทดสอบสมรรถนะเชิงวัสดุรายกรณี ทำให้ยังขาดกรอบแนวคิดเชิงระบบสำหรับการจัดวางบทบาทของวัสดุภายในระบบผนังอาคาร

บทความวิจัยเชิงเอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดเชิงระบบในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร โดยทบทวนและวิเคราะห์วรรณกรรมและกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์ใช้เกณฑ์เชิงบทบาทในระบบผนังอาคาร ครอบคลุมบทบาทของวัสดุ ปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม และการพิจารณาในกรอบแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับแนวคิด

ผลการศึกษานำไปสู่ข้อค้นพบหลักสามประการ ได้แก่ 1) การจำแนกวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ วัสดุจากเส้นใยพืช วัสดุจากชีวมวลอินทรีย์ วัสดุชีวภาพผสม และวัสดุมูลไส้เดือน 2) การสังเคราะห์ความเหมาะสมของวัสดุแต่ละกลุ่มต่อบทบาทที่แตกต่างกันภายในระบบผนังอาคาร โดยเฉพาะผนังที่ไม่รับน้ำหนักและผนังเชิงนิเวศ และ 3) การพัฒนากรอบแนวคิดเชิงระบบที่เชื่อมโยงประเภทวัสดุ บทบาทในระบบผนัง และมิติด้านความยั่งยืนเข้าด้วยกัน กรอบแนวคิดที่นำเสนอสามารถใช้เป็นฐานความรู้เชิงแนวคิดสำหรับการออกแบบระบบผนังอาคารในบริบทภูมิอากาศเขตร้อน และเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยเชิงทดลองในอนาคต

คำสำคัญ: วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร ระบบผนังอาคาร กรอบแนวคิดเชิงระบบ เศรษฐกิจหมุนเวียน ภูมิอากาศเขตร้อน

Abstract

Building wall systems significantly influence heat and moisture transfer as well as environmental performance, particularly in tropical climates. At the same time, agricultural-based biomaterials have gained attention as renewable resources with potential to reduce environmental impacts in construction. However, existing studies are largely material-specific, leaving a lack of systemic, role-based frameworks for positioning biomaterials within building wall systems.

This documentary research developed a systemic conceptual framework for positioning agricultural-based biomaterials in building wall systems through a structured review and analysis of relevant literature and case studies. The analysis employs role-based criteria focusing on material roles within wall systems, environmental interactions, and conceptual integration within a circular economy perspective.

The study yielded three key outcomes: 1) a classification of agricultural-based biomaterials into four groups—plant-based fibers, organic biomass residues, biobased composites, and vermicompost-based materials; 2) a synthesis of the suitability of each material group for different roles within wall systems, particularly non-load-bearing and ecological applications; and 3) a systemic conceptual framework linking material types, wall-system roles, and sustainability dimensions. The proposed framework supports early-stage architectural decision-making in tropical contexts and provides a foundation for future experimental research.

Keywords: Agricultural Biomaterials, Building Wall Systems, Systemic Conceptual Framework, Circular Economy, Tropical Climate

1. บทนำ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การขยายตัวของภาคการก่อสร้างในเมืองขนาดกลางและขนาดใหญ่ทั่วโลกได้สร้างแรงกดดันด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีนัยสำคัญ ภาคการก่อสร้างถูกระบุว่าเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่ใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานในสัดส่วนสูงตลอดวงจรชีวิตอาคาร ตั้งแต่การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง จนถึงระยะการใช้งาน ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การสะสมความร้อนในเขตเมือง และการลดลงของพื้นที่สีเขียว [1] ภายใต้บริบทดังกล่าว แนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนจึงถูกนำมาใช้เป็นกรอบสำคัญในการออกแบบอาคาร โดยให้ความสำคัญกับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

ในบทความนี้ ระบบผนังอาคาร (Building wall system) หมายถึงชุดองค์ประกอบของผนังและชั้นวัสดุที่เป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคาร (Building envelope) ซึ่งทำหน้าที่เป็นรอยต่อระหว่างสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร ระบบผนังมีบทบาทต่อการถ่ายเทความร้อน ความชื้น การรั่วอากาศ และการปกป้องอาคารจากสภาพภูมิอากาศ โดยอาจอยู่ในรูปแบบผนังชั้นเดียวหรือผนังประกอบหลายชั้น ในบริบทภูมิอากาศเขตร้อน ระบบผนังอาคารส่งผลโดยตรงต่อสภาวะสบายและการใช้พลังงานของอาคาร จึงถือเป็นองค์ประกอบเชิงกลยุทธ์ของการออกแบบอาคารอย่างยั่งยืน [2, 3]

วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัย วัสดุในกลุ่มนี้หมายถึงวัสดุที่ได้จากทรัพยากรชีวภาพหรือของเหลือจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว แกลบ เส้นใยพืช เศษชีวมวลอินทรีย์ รวมถึงมูลไส้เดือน ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มทรัพยากรหมุนเวียนและโดยทั่วไปมีพลังงานฝังตัวต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุก่อสร้างอุตสาหกรรม [4] อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ วัสดุจากภาคการเกษตรจำนวนมากยังถูกจัดการในฐานะของเสีย และมักถูกกำจัดด้วยการเผาหรือฝังกลบ ส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษและการสูญเสียทรัพยากรที่ยังสามารถสร้างคุณค่าได้

งานวิจัยร่วมสมัยจึงเริ่มเสนอให้มองวัสดุจากภาคการเกษตรในฐานะทรัพยากรที่สามารถเพิ่มมูลค่าได้ผ่านการออกแบบและการประยุกต์ใช้ในระบบอาคาร ภายใต้กรอบแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ซึ่งเน้นการออกแบบให้วัสดุคงคุณค่าอยู่ในระบบให้นานที่สุด ลดของเสีย และมีเส้นทางหลังสิ้นอายุการใช้งานที่เหมาะสม [5] อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการศึกษาคุณสมบัติเชิงวัสดุในระดับเฉพาะหรือกรณีศึกษาเดี่ยว ขณะที่การศึกษาที่พิจารณาบทบาทของวัสดุชีวภาพภายในระบบอาคาร โดยเฉพาะระบบผนังอาคารในฐานะองค์ประกอบเชิงระบบ ยังมีอยู่อย่างจำกัด [6] นอกจากนี้ วัสดุบางประเภท เช่น มูลไส้เดือน มักถูกศึกษาในบริบทเกษตรกรรมหรือสิ่งแวดล้อม มากกว่าการเชื่อมโยงเข้ากับการออกแบบสถาปัตยกรรม [7]

จากช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทบทวน วิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในกรอบแนวคิดเชิงระบบของการออกแบบผนังอาคาร โดยพิจารณาความแตกต่างของวัสดุ บทบาทเชิงหน้าที่ภายในระบบผนัง และมิติด้านความยั่งยืนในบริบทภูมิอากาศเขตร้อน การศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนากรอบแนวคิดเชิงระบบที่สามารถใช้เป็นฐานความรู้สำหรับการออกแบบและการวิจัยเชิงทดลองด้านระบบผนังอาคารจากวัสดุชีวภาพอย่างยั่งยืนในลำดับถัดไป

2. วัตถุประสงค์

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร วิเคราะห์และเปรียบเทียบบทบาทของวัสดุชีวภาพแต่ละกลุ่มภายในระบบผนังอาคาร โดยพิจารณาจากตำแหน่งและหน้าที่ของวัสดุในระบบผนัง และสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงระบบสำหรับการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพในระบบผนังอาคารให้เหมาะสมกับบริบทภูมิอากาศเขตร้อนของประเทศไทย

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการทบทวน วิเคราะห์ และสังเคราะห์องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคารในเชิงแนวคิดและเชิงระบบ โดยครอบคลุมประเด็นสำคัญ ได้แก่ แนวคิดวัสดุชีวภาพและวัสดุจากของเหลือทางการเกษตรในงานสถาปัตยกรรมและการก่อสร้าง การจำแนกประเภทและบทบาทของวัสดุชีวภาพในระบบผนังอาคาร รวมถึงศักยภาพของวัสดุในมิติด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ทรัพยากรหมุนเวียน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน

วัสดุชีวภาพที่นำมาพิจารณาในการศึกษานี้ครอบคลุมวัสดุจากของเหลือทางการเกษตรที่มีการกล่าวถึงในงานวิจัยและเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง เช่น วัสดุจากเส้นใยพืช วัสดุจากเศษเหลือทางการเกษตรและชีวมวล วัสดุชีวภาพผสม รวมถึงวัสดุอินทรีย์ที่มีศักยภาพในการทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของระบบผนังอาคาร โดยการพิจารณามุ่งเน้นบทบาทของวัสดุภายในระบบผนังมากกว่าการประเมินสมรรถนะเชิงกายภาพของวัสดุแต่ละชนิด

การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสาร โดยอาศัยการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัย บทความวิชาการ รายงาน และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องจากทั้งแหล่งข้อมูลในประเทศและต่างประเทศ โดยเอกสารใน

ประเทศมุ่งเน้นงานวิจัยและบทความวิชาการที่สะท้อนบริบทการใช้วัสดุจากภาคการเกษตรในงานสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างในประเทศไทย ขณะที่เอกสารต่างประเทศมุ่งเน้นงานวิจัยระดับนานาชาติที่นำเสนอแนวคิด วัสดุ และกรอบการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพในระบบผนังอาคารและอาคารยั่งยืน เพื่อนำมาใช้เป็นฐานในการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและสังเคราะห์เชิงระบบ

ทั้งนี้ ขอบเขตของการศึกษานี้ ไม่ครอบคลุมการทดสอบสมรรถนะเชิงกายภาพของวัสดุในเชิงทดลอง เช่น ความแข็งแรง ความทนทาน หรือค่าทางวิศวกรรมของวัสดุผนัง และไม่ได้มุ่งนำเสนอข้อสรุปเชิงการใช้งานจริงในระดับการก่อสร้าง ผลการศึกษาจึงมีลักษณะเป็นกรอบแนวคิดและฐานองค์ความรู้เชิงระบบ ซึ่งเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในระดับการพัฒนาแนวคิด การออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมเบื้องต้น และการกำหนดทิศทางการวิจัยต่อยอดในอนาคต

4. วิธีดำเนินการวิจัย

บทความวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงเอกสาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวน วิเคราะห์ และจัดวางองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคารในเชิงแนวคิดและเชิงระบบ การดำเนินการวิจัยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เอกสารวิชาการในฐานะชุดข้อมูลหลัก เพื่อจำแนกประเภทวัสดุ ตีความบทบาทของวัสดุภายในระบบผนังอาคาร และเชื่อมโยงกับมิติด้านความยั่งยืนและเศรษฐกิจหมุนเวียน โดยไม่ได้มุ่งประเมินสมรรถนะเชิงกายภาพหรือเชิงวิศวกรรมของวัสดุ ขั้นตอนการดำเนินการแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

4.1 การสืบค้นและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยดำเนินการสืบค้นและรวบรวมเอกสารวิชาการจากฐานข้อมูลนานาชาติ ได้แก่ Scopus, Web of Science, ScienceDirect และ Google Scholar รวมถึงฐานข้อมูลในประเทศ เช่น Thai Journals Online (TCI) และวารสารวิชาการด้านสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างที่เกี่ยวข้อง โดยใช้คำสำคัญทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย อาทิ Agricultural residues, Agro-waste, Bio-based materials, Biocomposites, Natural fibers, Building envelope, Wall systems, Tropical climate และคำไทย เช่น วัสดุชีวภาพ วัสดุจากของเหลือทางการเกษตร ระบบผนังอาคาร ผนังเชิงนิเวศ โดยได้กำหนดขอบเขตช่วงเวลาเอกสารในระยะ 5–10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2560–2567) เพื่อสะท้อนแนวโน้มองค์ความรู้ร่วมสมัย โดยประเภทเอกสารที่นำมาพิจารณา ได้แก่ บทความวิจัย บทความทบทวนวรรณกรรม และกรณีศึกษาเชิงสถาปัตยกรรมที่กล่าวถึงการใช้วัสดุชีวภาพหรือวัสดุจากภาคการเกษตรในบริบทของอาคารและระบบผนังอาคาร

4.2 การคัดกรองและจัดหมวดหมู่ข้อมูล

เอกสารที่ผ่านการรวบรวมถูกนำมาคัดกรองโดยพิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จากนั้นจึงจัดหมวดหมู่ข้อมูลตามประเด็นสำคัญ ได้แก่ แนวคิดและนิยามของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร ประเภทและลักษณะของวัสดุชีวภาพที่มีศักยภาพในการใช้งานเป็นองค์ประกอบของระบบผนังอาคาร แนวคิดระบบผนังอาคารเชิงสถาปัตยกรรมและเชิงนิเวศ และ ประเด็นด้านความยั่งยืนที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ทรัพยากรหมุนเวียน การลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจหมุนเวียน

เพื่อให้กระบวนการคัดเลือกเอกสารมีความชัดเจนและสามารถตรวจสอบซ้ำได้ ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออกของเอกสาร โดยเอกสารที่นำมาวิเคราะห์ต้องเป็นงานวิจัยหรือบทความวิชาการที่กล่าวถึงวัสดุชีวภาพซึ่งมีฐานทรัพยากรจากภาคการเกษตรในลักษณะของผลพลอยได้หรือของเหลือ และมีการเชื่อมโยงวัสดุกับการใช้งานในองค์ประกอบอาคาร โดยเฉพาะระบบผนังหรือเปลือกอาคาร

เอกสารที่กล่าวถึงวัสดุชีวภาพในเชิงทั่วไปแต่ไม่สามารถระบุบทบาทของวัสดุในระบบผนังอาคารได้อย่างชัดเจน รวมถึงงานที่มุ่งเน้นวัสดุชีวภาพประเภทพอลิเมอร์ชีวภาพที่ไม่เกี่ยวข้องกับของเหลือจากภาคการเกษตร ถูกตัดออกจากการวิเคราะห์ ทั้งนี้ เอกสารที่ผ่านการคัดเลือกต้องมีข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์อย่างน้อยหนึ่งมิติ ได้แก่ ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุ และ บทบาทของวัสดุในระบบผนังอาคาร หรือ ประเด็นด้านความยั่งยืนและวงจรวัสดุ

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เกณฑ์เชิงบทบาทในระบบผนังอาคาร

เอกสารที่ผ่านการคัดเลือกถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์เชิงบทบาทในระบบผนังอาคารเป็นกรอบหลักในการพิจารณา เพื่อเปรียบเทียบและจัดวางวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรตามตำแหน่งและหน้าที่ภายในระบบผนังอาคารอย่างเป็นระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลคือกรอบการวิเคราะห์เชิงบทบาทในระบบผนังอาคาร ซึ่งประกอบด้วยมิติการวิเคราะห์ที่ชัดเจน และมีการจัดข้อมูลจากเอกสารลงในตารางวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและสังเคราะห์ผลอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์มุ่งเน้นการอ่านเชิงเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัย โดยพิจารณาความสอดคล้องของคุณสมบัติวัสดุกับบทบาทการใช้งาน มากกว่าการประเมินค่าทางวิศวกรรมเชิงปริมาณ โดยเกณฑ์ประกอบด้วย 3 มิติหลัก ดังนี้

4.3.1 บทบาทของวัสดุในระบบผนังอาคาร

พิจารณาว่าวัสดุชีวภาพแต่ละประเภทถูกนำเสนอให้ใช้งานในบทบาทใดภายในระบบผนังอาคาร เช่น ผนังที่ไม่รับน้ำหนัก วัสดุหุ้มอาคาร ฉนวน หรือองค์ประกอบเชิงนิเวศ โดยใช้ข้อมูลจากกรณีศึกษาและงานวิจัยที่ระบุหน้าที่และตำแหน่งการใช้งานของวัสดุเป็นหลัก เกณฑ์นี้ถูกใช้เป็นฐานในการจัดกลุ่มวัสดุและวิเคราะห์ความเหมาะสมของวัสดุต่อบทบาทที่แตกต่างกันในระบบผนัง

4.3.2 ความสัมพันธ์ของวัสดุกับสภาพแวดล้อมและสมรรถนะเชิงนิเวศ

วิเคราะห์ศักยภาพของวัสดุในการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม เช่น การควบคุมความร้อน ความชื้น การระบายอากาศ และการสนับสนุนพื้นที่สีเขียว โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพที่ถูกกล่าวถึงในวรรณกรรม และบทบาทของวัสดุในระบบผนังเชิงนิเวศ เกณฑ์นี้ช่วยอธิบายเหตุผลเชิงสถาปัตยกรรมว่าทำไมวัสดุบางประเภทจึงเหมาะสมกับผนังภายใน ผนังเชิงนิเวศ หรือระบบผนังหลายชั้น

4.3.3 ศักยภาพด้านความยั่งยืนและเศรษฐกิจหมุนเวียน

วิเคราะห์วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในมิติของการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน การลดพลังงานฝังตัว และศักยภาพในการหมุนเวียนทรัพยากรในวงจรชีวิตวัสดุ โดยพิจารณาประเด็น เช่น การใช้ของเหลือจากภาคการเกษตร การเพิ่มมูลค่าวัสดุผ่านการออกแบบ และบทบาทของวัสดุเมื่อสิ้นอายุการใช้งานในระดับแนวคิด เกณฑ์นี้ถูกใช้เพื่อเชื่อมโยงการเลือกใช้วัสดุกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในงานสถาปัตยกรรม

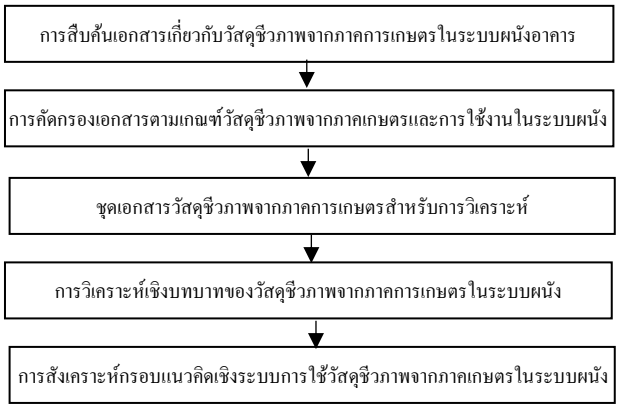
การวิเคราะห์เชิงบทบาทดังกล่าวนำไปสู่การเปรียบเทียบและจัดกลุ่มวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรตามศักยภาพการใช้งานในระบบผนังอาคาร ซึ่งเป็นฐานสำคัญสำหรับการสังเคราะห์แนวทางการประยุกต์ใช้วัสดุในเชิงระบบ

4.4 การสังเคราะห์และจัดทำกรอบแนวคิดเชิงระบบ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เกณฑ์เชิงบทบาทในระบบผนังอาคาร ถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อจัดทำกรอบแนวคิดเชิงระบบสำหรับการอธิบายการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร โดยกรอบแนวคิดดังกล่าวพัฒนาขึ้นจากการเชื่อมโยงผลการจำแนกประเภทวัสดุ บทบาทการใช้งานในระบบผนัง และมิติด้านความยั่งยืนที่ปรากฏร่วมกันในวรรณกรรมและกรณีศึกษาที่ทบทวน

การสังเคราะห์กรอบแนวคิดนี้มุ่งเน้นการจัดวางวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในฐานะองค์ประกอบของระบบผนังอาคารในเชิงอธิบาย (Interpretive level) โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทวัสดุ ตำแหน่งและหน้าที่ภายในระบบผนัง และคุณค่าด้านความยั่งยืน เช่น การใช้ทรัพยากรหมุนเวียน การเพิ่มมูลค่าของของเหลือจากภาคการเกษตร และศักยภาพในการสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในงานสถาปัตยกรรม

โดยกรอบแนวคิดเชิงระบบที่ได้นี้ไม่ได้มุ่งนำเสนอรูปแบบการก่อสร้าง รายละเอียดเชิงเทคนิค หรือแนวทางการออกแบบเชิงปฏิบัติโดยตรง แต่ทำหน้าที่เป็นกรอบเชิงแนวคิด (Conceptual and analytical framework) สำหรับการจัดระเบียบและอธิบายบทบาท รวมถึงศักยภาพของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคารอย่างเป็นระบบ ซึ่งถูกใช้เป็นฐานในการนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผล รวมถึงเป็นแนวทางตั้งต้นสำหรับการพัฒนางานวิจัยเชิงทดลองและการออกแบบในอนาคต



รูปที่ 1 แผนภาพกระบวนการวิจัยเชิงเอกสารและการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงระบบ

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษานี้ใช้แนวคิดและทฤษฎีด้านวัสดุชีวภาพ ระบบผนังอาคาร ผนังเชิงนิเวศ และเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นกรอบเชิงวิเคราะห์ในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรภายในระบบผนังอาคาร แนวคิดเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำเสนอในฐานะการทบทวนทฤษฎีทั่วไป แต่ถูกใช้เป็นฐานในการสังเคราะห์กรอบแนวคิดเชิงระบบ และใช้เป็นโครงในการวิเคราะห์ผลการวิจัยในลำดับถัดไป

5.1 วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในฐานะทรัพยากรเชิงสถาปัตยกรรม

วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในบริบทของงานสถาปัตยกรรมหมายถึงวัสดุที่มีแหล่งกำเนิดจากทรัพยากรชีวภาพหรือของเหลือจากกระบวนการผลิตทางการเกษตร ซึ่งสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำเมื่อพิจารณาตลอดวงจรชีวิต [8] แนวคิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการจำแนกประเภทวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในงานวิจัยนี้ โดยพิจารณาว่าวัสดุแต่ละประเภทสามารถทำหน้าที่เป็นทรัพยากรเชิงสถาปัตยกรรมในระดับใดมากกว่าการประเมินสมรรถนะเชิงกายภาพของวัสดุโดยตรง

5.2 แนวคิดระบบผนังอาคารในฐานะกรอบการจัดวางบทบาทวัสดุ

ในทางทฤษฎีสถาปัตยกรรม ระบบผนังอาคารไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นองค์ประกอบกั้นพื้นที่ แต่เป็นระบบที่เชื่อมโยงสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคาร และมีบทบาทสำคัญต่อการถ่ายเทพลังงานความร้อน และความชื้น [1, 9] แนวคิดระบบผนังอาคารถูกใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์ บทบาท และ ตำแหน่งของวัสดุชีวภาพภายในระบบผนัง เช่น การทำหน้าที่เป็นผนังที่ไม่รับน้ำหนัก วัสดุหุ้ม ฉนวน หรือชั้นเชิงนิเวศ ซึ่งเป็นฐานสำคัญของการวิเคราะห์ผล

5.3 แนวคิดผนังเชิงนิเวศและสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม

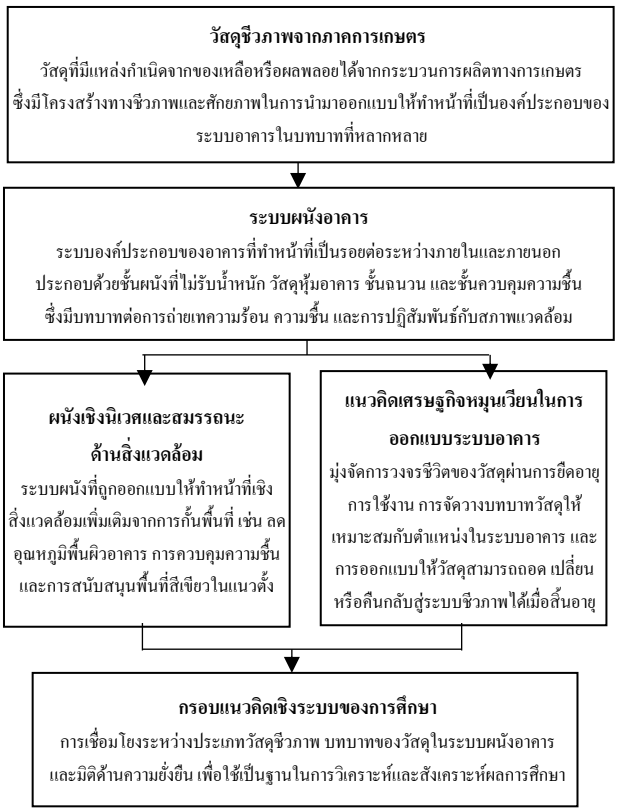
แนวคิดผนังเชิงนิเวศมองระบบผนังอาคารในฐานะองค์ประกอบที่สามารถทำหน้าที่เชิงสิ่งแวดล้อม เช่น การลดอุณหภูมิพื้นผิวอาคาร การควบคุมความชื้น และสนับสนุนพื้นที่สีเขียวในแนวตั้ง [10, 11] แนวคิดผนังเชิงนิเวศถูกใช้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมินศักยภาพของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในบทบาทที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมสภาพแวดล้อมและการเชื่อมโยงอาคารกับระบบนิเวศ

5.4 แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการเพิ่มมูลค่าวัสดุ

ในการศึกษานี้ แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ถูกนำมาใช้เป็น กรอบเชิงแนวคิดด้านการออกแบบเชิงระบบเพื่ออธิบายบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร มากกว่าการพิจารณาเพียงแหล่งที่มาของวัสดุหรือคุณสมบัติด้านการเป็นทรัพยากรหมุนเวียน [1, 12] โดยแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในที่นี้ให้ความสำคัญกับการจัดการวงจรชีวิตของวัสดุ การยืดอายุการใช้งาน และการออกแบบให้วัสดุสามารถคงคุณค่าอยู่ในระบบให้นานที่สุดผ่านการจัดวางบทบาทที่เหมาะสมภายในระบบอาคาร

ในบริบทของงานวิจัยนี้ แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนถูกตีความในมิติของ การออกแบบระบบผนังอาคารให้รองรับการหมุนเวียนทรัพยากรในระดับแนวคิด เช่น การเลือกใช้วัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์ในบทบาทฉนวนหรือวัสดุหุ้มที่สามารถถอด เปลี่ยน หรือทดแทนได้ การใช้วัสดุชีวภาพผสมในฐานะองค์ประกอบผนังที่ไม่รับน้ำหนักซึ่งมีอายุการใช้งานยาวขึ้น และการใช้วัสดุมูลไส้เดือนเป็นองค์ประกอบเชิงนิเวศที่สามารถคืนกลับสู่ระบบชีวภาพได้เมื่อสิ้นอายุการใช้งาน แนวทางดังกล่าวสะท้อนการออกแบบที่คำนึงถึงเส้นทางของวัสดุหลังการใช้งาน มากกว่าการใช้วัสดุเพียงครั้งเดียว

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในงานวิจัยนี้ยังเชื่อมโยงกับมิติด้านความยั่งยืนในระดับระบบอาคาร เมืองและชุมชน ผ่านการลดของเสียจากภาคเกษตร การเพิ่มมูลค่าวัสดุด้วยการออกแบบเชิงระบบ และการเชื่อมโยงทรัพยากรชีวภาพเข้ากับการใช้งานในสภาพแวดล้อมเมืองอย่างเหมาะสม [13] ทั้งนี้ งานวิจัยไม่ได้มุ่งประเมินสมรรถนะเชิงวิศวกรรมหรือวงจรชีวิตวัสดุเชิงปริมาณ แต่ใช้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นกรอบในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพระดับแนวคิด เพื่อรองรับการออกแบบระบบผนังอย่างยั่งยืน



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดเชิงระบบของการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร

จากกรอบแนวคิดดังกล่าว การศึกษานี้ใช้แนวคิดวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร ระบบผนังอาคาร ผนังเชิงนิเวศ และแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนเป็นกรอบเชิงระบบของการศึกษา เพื่อใช้เป็นฐานในการพิจารณาและนำเสนอผลการศึกษาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการศึกษานี้ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงเอกสารได้มาจากการทบทวน วิเคราะห์ และเปรียบเทียบวรรณกรรม งานวิจัย และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร ผลการวิเคราะห์เชิงเนื้อหานำไปสู่การจัดกลุ่มวัสดุและการอธิบายบทบาทของวัสดุภายในระบบผนังอาคารในเชิงแนวคิด โดยไม่มุ่งประเมินสมรรถนะเชิงวิศวกรรมของวัสดุ

จากการวิเคราะห์วรรณกรรมดังกล่าว สามารถสรุปประเด็นผลการวิจัยหลักได้ 2 ประการ ได้แก่ 1) การจำแนกวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรออกเป็นกลุ่มตามลักษณะของวัสดุและบทบาทที่ถูกเสนอในระบบผนังอาคารในงานวิจัยที่ทบทวน และ 2) การอธิบายความเหมาะสมของวัสดุแต่ละกลุ่มต่อบทบาทที่แตกต่างกันในระบบผนังอาคาร โดยเฉพาะผนังที่ไม่รับน้ำหนักและระบบผนังเชิงนิเวศ ซึ่งเป็นบริบทที่ปรากฏอย่างต่อเนื่องในวรรณกรรมที่ศึกษา

6.1 ประเภทและศักยภาพของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร

จากการทบทวนวรรณกรรมด้านวัสดุชีวภาพ วัสดุก่อสร้างทางเลือก และระบบผนังอาคารในงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศ [14–19] พบว่าวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรที่ถูกนำเสนอให้ประยุกต์ใช้ในระบบผนังอาคารสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่มหลัก โดยการจัดกลุ่มดังกล่าวอ้างอิงจากลักษณะของวัตถุดิบ รูปแบบการพัฒนาวัสดุ และบทบาทของวัสดุที่ปรากฏในระบบผนังอาคารตามที่ระบุในวรรณกรรม มากกว่าการจำแนกตามแหล่งที่มาของวัสดุเพียงอย่างเดียว แนวทางการจำแนกในลักษณะนี้สอดคล้องกับการจัดหมวดหมู่วัสดุชีวภาพในงานวิจัยด้านวัสดุก่อสร้างและสถาปัตยกรรมยั่งยืนร่วมสมัย [16, 19]

6.1.1 วัสดุจากเส้นใยพืช (Plant-based Fibers)

วัสดุจากเส้นใยพืช เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย เส้นใยปอ และเส้นใยจากพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เป็นของเหลือจากกระบวนการเกษตรที่ถูกกล่าวถึงอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านวัสดุก่อสร้างชีวภาพและสถาปัตยกรรมยั่งยืน [12, 16, 19-21] วรรณกรรมส่วนใหญ่ระบุว่าวัสดุในกลุ่มนี้มีโครงสร้างเป็นเส้นใย มีความพรุนสูง และมีน้ำหนักเบา ซึ่งส่งผลให้มีสมบัติด้านการเป็นฉนวนความร้อน การดูดซับเสียง และการช่วยปรับสมดุลความชื้นภายในอาคารในระดับหนึ่ง

ในบริบทของระบบผนังอาคาร งานวิจัยจำนวนมากเสนอให้ใช้วัสดุจากเส้นใยพืชในรูปของวัสดุผสมชีวภาพ แผ่นฉนวน หรือแผ่นประกอบสำหรับผนังที่ไม่รับน้ำหนัก เช่น ผนังภายใน ผนังเบา หรือระบบผนังประกอบหลายชั้น โดยวัสดุทำหน้าที่เป็นชั้นฉนวนหรือชั้นลดการถ่ายเทความร้อน มากกว่าการเป็นองค์ประกอบเชิงโครงสร้างโดยตรง [16, 21, 22]

อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมยังชี้ให้เห็นข้อจำกัดร่วมกันของวัสดุในกลุ่มนี้ ได้แก่ ความไวต่อความชื้น การเสื่อมสภาพทางชีวภาพ และความเสี่ยงต่อเชื้อรา หากไม่มีการออกแบบระบบป้องกันหรือการใช้ร่วมกับวัสดุอื่นในระบบผนังอาคารอย่างเหมาะสม [21, 23]



รูปที่ 3 ประเภทของวัสดุจากเส้นใยพืช
ที่มา: www. https://www.inventor.in.th

6.1.2 วัสดุจากชีวมวล (Biomass Residues)

วัสดุจากชีวมวลในบริบทของงานวิจัยนี้หมายถึง ของเหลืออินทรีย์จากกระบวนการเกษตรหรือการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่ยังไม่ผ่านการพัฒนาเป็นวัสดุผสมเชิงโครงสร้าง โดยมักถูกนำมาใช้งานในสภาพกึ่งดิบหรือผ่านการปรับสภาพเพียงเล็กน้อย ตัวอย่างวัสดุในกลุ่มนี้ ได้แก่ เปลือกข้าว เปลือกมะพร้าว ซังข้าวโพด เศษพืชสับหยาบ วัสดุปลูกจากชีวมวล และวัสดุอินทรีย์สำหรับระบบผนังสีเขียวหรือผนังเชิงนิเวศ ซึ่งถูกกล่าวถึงอย่างต่อเนื่องในงานวิจัยด้านสถาปัตยกรรมยั่งยืนและระบบอาคารที่ต้องการปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมภายนอก [10, 18]

ในเชิงสถาปัตยกรรม วัสดุชีวมวลกลุ่มนี้มีลักษณะเด่นด้านความพรุน ความไม่เป็นเนื้อเดียว และความสามารถในการแลกเปลี่ยนอากาศและความชื้น จึงเหมาะกับการใช้งานในระบบผนังที่เปิดหรือกึ่งเปิด เช่น ผนังเชิงนิเวศ ผนังปลูกพืช หรือองค์ประกอบของเปลือกอาคารที่ทำหน้าที่ควบคุมสภาพแวดล้อมมากกว่าการรับแรงเชิงโครงสร้าง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าความไม่สม่ำเสมอของคุณสมบัติวัสดุ ความไวต่อความชื้น และความทนทานในระยะยาว เป็นข้อจำกัดสำคัญที่ต้องพิจารณาในการออกแบบและการใช้งานจริง [10, 20]



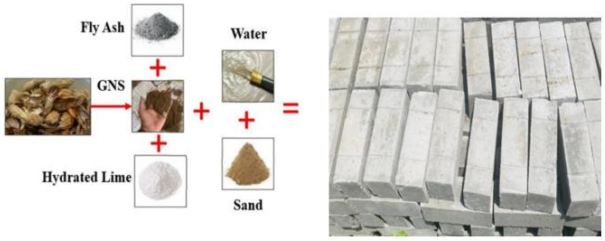
รูปที่ 4 วัสดุจากชีวมวลอินทรีย์ที่มีศักยภาพในการใช้งานเป็นองค์ประกอบเชิงนิเวศของระบบผนังอาคาร
ที่มา: https://www.recyclingtoday.org

6.1.3 วัสดุชีวภาพผสม (Biobased Composites)

วัสดุชีวภาพผสมหมายถึงวัสดุที่พัฒนาขึ้นจากการนำวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร เช่น เส้นใยพืชหรือเศษชีวมวล มาผสมกับวัสดุประสาน (Binder) ไม่ว่าจะเป็นปูนขาว ดิน กาวชีวภาพ หรือวัสดุประสานอื่น ๆ เพื่อ เพิ่มความเสถียร ความแข็งแรง และความเหมาะสมต่อการใช้งานในระบบอาคาร งานวิจัยจำนวนมากเสนอว่าวัสดุชีวภาพผสมเป็นทางเลือกสำคัญที่ช่วยลดข้อจำกัดของวัสดุชีวภาพดิบในด้านความทนทานและอายุการใช้งาน โดยเฉพาะในบริบทของผนังอาคาร [15, 16]

ในบริบทของระบบผนังอาคาร วัสดุชีวภาพผสมมักถูกพัฒนาให้มีลักษณะเป็น แผงผนังสำเร็จรูป วัสดุหุ้มอาคาร หรือองค์ประกอบของเปลือกอาคารที่ไม่รับน้ำหนักหลัก ซึ่งแตกต่างจากวัสดุชีวมวลที่ใช้งานในลักษณะกึ่งดิบ วัสดุในกลุ่มนี้มีความสมดุลมากขึ้นระหว่างสมรรถนะด้านโครงสร้างและสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยยัง

ชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มวัสดุประสานอาจลดระดับความเป็นวัสดุชีวภาพอย่างสมบูรณ์ จึงจำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและวงจรชีวิตของวัสดุในเชิงระบบควบคู่กันไป [20, 23]



รูปที่ 5 กระบวนการพัฒนาอิฐจากวัสดุชีวภาพผสม
ที่มา: https://www.nature.com

6.1.4 วัสดุมูลไส้เดือน (Vermicompost-based Materials)

มูลไส้เดือน เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการย่อยสลายของของเสียอินทรีย์โดยไส้เดือน ซึ่งถูกศึกษาอย่างแพร่หลายในบริบทเกษตรกรรม การปรับปรุงดิน และการจัดการของเสียอินทรีย์ งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมระบุว่ามูลไส้เดือนมีลักษณะโครงสร้างอินทรีย์ละเอียด ความพรุนสูง และมีความสามารถในการอุ้มน้ำและคายความชื้น ซึ่งแตกต่างจากชีวมวลอินทรีย์ทั่วไปที่ยังไม่ผ่านกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพอย่างสมบูรณ์ [7, 24] ซึ่งในงานวิจัยนี้ มูลไส้เดือนถูกพิจารณาในฐานะ วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรประเภทวัสดุอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการทางชีวภาพ (Biologically processed biomass) ซึ่งแตกต่างจากวัสดุจากเส้นใยพืช และวัสดุชีวมวลดิบที่ยังคงโครงสร้างทางกายภาพของพืชเป็นหลัก ขณะเดียวกัน มูลไส้เดือนไม่ได้ถูกพัฒนาเป็นวัสดุผสมเชิงโครงสร้างแบบวัสดุชีวภาพผสม แต่มีศักยภาพเฉพาะในบทบาทเชิงนิเวศภายในระบบผนังอาคาร

เมื่อพิจารณาในเชิงสถาปัตยกรรม วัสดุมูลไส้เดือนไม่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นวัสดุโครงสร้างหรือผนังรับน้ำหนัก อย่างไรก็ตาม วรรณกรรมด้านผนังเชิงนิเวศและระบบผนังหลายชั้นเริ่มชี้ให้เห็นความเป็นไปได้ของการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชเป็น ชั้นชีวภาพ (Biological layer) หรือวัสดุรองรับระบบสีเขียวภายในระบบผนัง [21, 25] ในบริบทนี้ มูลไส้เดือนสามารถทำหน้าที่เป็นวัสดุปลูกหรือวัสดุรองรับพืช ซึ่งช่วยเชื่อมโยงระบบผนังอาคารเข้ากับกระบวนการทางนิเวศและแนวคิดการผลิตอาหารในเมือง

ดังนั้นการบรรจุวัสดุมูลไส้เดือนเข้าไว้ในกรอบการจำแนกวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในหัวข้อนี้ จึงไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอให้มูลไส้เดือนเป็นวัสดุก่อสร้างทดแทน แต่เพื่อขยายกรอบการพิจารณาวัสดุชีวภาพจากบทบาทเชิงกายภาพของผนัง ไปสู่บทบาทเชิงนิเวศของระบบผนังอาคาร ซึ่งเป็นมิติที่ยังปรากฏอยู่จำกัดในงานวิจัยด้านสถาปัตยกรรมเมื่อเทียบกับงานด้านเกษตรกรรมและสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 6 มูลไส้เดือนอัดก้อน

ตารางที่ 1 ซึ่งสังเคราะห์จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านวัสดุชีวภาพ ระบบผนังอาคาร และผนังเชิงนิเวศ [14, 15, 24] แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรแต่ละกลุ่มมีศักยภาพและข้อจำกัดที่แตกต่างกันเมื่อพิจารณาในบริบทของระบบผนังอาคาร วัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์มีความเหมาะสมต่อบทบาทด้านฉนวนและการแลกเปลี่ยนสภาพแวดล้อม แต่มีข้อจำกัดด้านความทนทาน ขณะที่วัสดุชีวภาพผสมมีความเหมาะสมมากขึ้นสำหรับองค์ประกอบผนังที่ต้องการความเสถียรในระยะยาว ส่วนวัสดุมูลไส้เดือนแสดงศักยภาพเฉพาะในฐานะองค์ประกอบเชิงนิเวศที่ช่วยเชื่อมโยงระบบผนังอาคารเข้ากับกระบวนการทางธรรมชาติและการผลิตอาหารในเมือง

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบศักยภาพของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร

ประเภทวัสดุ	แหล่งที่มา	คุณสมบัติทางกายภาพ	ศักยภาพด้านฉนวน	ความเหมาะสมกับระบบผนัง	ข้อจำกัดหลัก
เส้นใยพืช	ของเหลือเกษตร	น้ำหนักเบา	สูง	ผนังภายใน ผนังเบา ผนังหลายชั้น	ความชื้น เชื้อรา
ชีวมวลอินทรีย์	เศษพืช/แปรรูป	พรุน ระบายอากาศได้	ปานกลาง	ผนังเชิงนิเวศ ผนังกึ่งปิด	ความไม่สม่ำเสมอ
วัสดุชีวภาพผสม	เส้นใย + วัสดุประสาน	แข็งแรง เสถียร	ปานกลาง	ผนังภายนอก แผงผนัง	ลดความเป็นชีวภาพ
มูลไส้เดือน	ระบบเกษตรอินทรีย์	อินทรีย์สูง อุ้มน้ำ	ทางอ้อม	ผนังปลูกพืช ผนังเชิงนิเวศ	ความแข็งแรงต่ำ

จากการเปรียบเทียบศักยภาพของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในตารางที่ 1 ซึ่งสังเคราะห์จากวรรณกรรมที่ทบทวน พบว่าวัสดุชีวภาพแต่ละกลุ่มมีบทบาทและข้อจำกัดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาในบริบทของระบบผนังอาคาร วัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์มีความเหมาะสมต่อบทบาทด้านฉนวนและการแลกเปลี่ยนสภาพแวดล้อม แต่มีข้อจำกัดด้านความทนทาน ในขณะที่วัสดุชีวภาพผสมมีความเหมาะสมมากขึ้นสำหรับองค์ประกอบผนังที่ต้องการ

ความเสถียรในระยะยาว ส่วนวัสดุมูลไส้เดือนสะท้อนศักยภาพเฉพาะในฐานะองค์ประกอบเชิงนิเวศที่ช่วยเชื่อมโยงระบบผนังอาคารเข้ากับกระบวนการทางธรรมชาติและระบบสีเขียว

ผลการเปรียบเทียบนี้สนับสนุนแนวคิดว่าการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรควรพิจารณาในระดับบทบาทเชิงระบบและตำแหน่งการใช้งาน มากกว่าการเลือกใช้วัสดุเดี่ยว ซึ่งเป็นฐานสำคัญสำหรับการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงสถาปัตยกรรม

6.2 การวิเคราะห์ศักยภาพเชิงสถาปัตยกรรมของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร

จากการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรที่จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) วัสดุจากเส้นใยพืช 2) วัสดุจากชีวมวลอินทรีย์ 3) วัสดุชีวภาพผสม และ 4) วัสดุมูลไส้เดือน พบว่าวัสดุแต่ละกลุ่มมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระบบผนังอาคารแตกต่างกันตามคุณสมบัติของวัสดุและบทบาทเชิงหน้าที่ภายในระบบผนัง มากกว่าการพิจารณาในเชิงรูปแบบหรือรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมเพียงอย่างเดียว

การวิเคราะห์ในหัวข้อนี้จึงมุ่งเน้นการทำความเข้าใจว่า วัสดุชีวภาพแต่ละกลุ่มเหมาะสมกับการทำหน้าที่ใดภายในระบบผนังอาคาร เช่น ผนังภายใน ผนังภายนอกที่ไม่รับน้ำหนัก ชั้นฉนวน หรือองค์ประกอบเชิงนิเวศ รวมถึงเงื่อนไขด้านสภาพแวดล้อมและการออกแบบระบบผนังที่ส่งผลต่อความเหมาะสมดังกล่าว เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัยเชิงเอกสารและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ซึ่งแนวคิดนี้สอดคล้องกับกรอบการมองระบบผนังอาคารในฐานะระบบหลายชั้น (Multi-layer wall system) ซึ่งประกอบด้วยชั้นวัสดุที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน เช่น ชั้นป้องกันสภาพอากาศ ชั้นควบคุมความร้อนและความชื้น ชั้นฉนวน และชั้นที่เชื่อมโยงกับสภาพแวดล้อมภายนอก มากกว่าการทำหน้าที่เป็นเพียงผนังกั้นพื้นที่ทางกายภาพ [8,18]

6.2.1 ความเหมาะสมวัสดุชีวภาพต่อผนังภายในและภายนอก

จากการวิเคราะห์บทบาทของวัสดุชีวภาพในระบบผนังอาคาร พบว่าวัสดุจากเส้นใยพืช เช่น ฟางข้าว แกลบ ชานอ้อย และวัสดุจากชีวมวลอินทรีย์ มีความเหมาะสมต่อการใช้งานเป็นผนังภายในหรือองค์ประกอบผนังที่ไม่สัมผัสอากาศโดยตรง เนื่องจากมีโครงสร้างที่มีความพรุน น้ำหนักเบา และมีสมบัติด้านการเป็นฉนวนความร้อนและการดูดซับความชื้นตามธรรมชาติ คุณสมบัติเหล่านี้ช่วยสนับสนุนการควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยเฉพาะในบริบทภูมิอากาศเขตร้อนที่ต้องการลดความร้อนสะสมและเพิ่มความสบายภายในอาคาร [25, 26]

ในบริบทของประเทศไทย วัสดุชีวภาพกลุ่มนี้มักถูกนำมาใช้งานร่วมกับวัสดุประสานหรือวัสดุปกป้องอื่น เช่น การอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นฉนวน การผสมกับปูนขาวหรือดินเพื่อเพิ่มความคงรูป หรือการใช้งานในระบบผนังเบาภายในอาคารและงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ซึ่งสะท้อนแนวทางการใช้วัสดุชีวภาพในลักษณะวัสดุประกอบระบบมากกว่าการใช้งานเป็นผนังรับสภาพอากาศโดยตรง

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยจำนวนมากระบุว่าวัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์มีข้อจำกัดด้านความทนทานต่อความชื้น ฝน และการเสื่อมสภาพทางชีวภาพ หากนำไปใช้งานเป็นผนังภายนอกโดยไม่มีชั้นป้องกันหรือระบบผนังร่วมที่เหมาะสม ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยจึงเสนอให้ใช้วัสดุชีวภาพกลุ่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของระบบผนังประกอบหลายชั้น โดยมีวัสดุอื่นทำหน้าที่เป็นชั้นปกป้องภายนอกแทน [4, 16, 19-23]

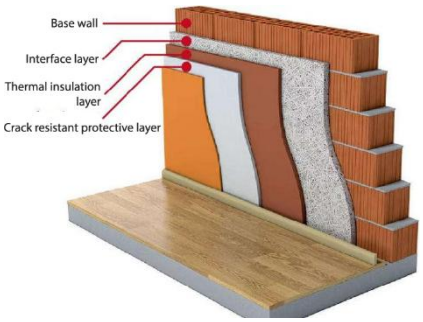
ในทางตรงกันข้าม วัสดุชีวภาพผสมซึ่งมีการใช้วัสดุประสานเพื่อเพิ่มความเสถียรและความแข็งแรง มีความเหมาะสมมากกว่าสำหรับการใช้งานเป็นผนังภายนอกหรือองค์ประกอบของเปลือกอาคารที่ไม่รับน้ำหนักหลัก วัสดุประเภทนี้สามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดด้านความทนทานและอายุการใช้งานในสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดีกว่าวัสดุชีวภาพดิบ แม้ว่าจะต้องพิจารณาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมจากวัสดุประสานที่ใช้ร่วมด้วย [15]

สำหรับวัสดุมูลไส้เดือน แม้จะไม่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นผนังหรือวัสดุโครงสร้างโดยตรงเช่นเดียวกับวัสดุชีวภาพกลุ่มอื่น แต่เมื่อพิจารณาในกรอบเดียวกันของระบบผนังหลายชั้น วัสดุมูลไส้เดือนสามารถถูกจัดวางในบทบาทของชั้นชีวภาพ หรือองค์ประกอบเชิงนิเวศที่ทำงานร่วมกับผนังภายในหรือผนังเชิงนิเวศ เช่น ชั้นรองรับพืชหรือวัสดุควบคุมความชื้น ซึ่งช่วยเสริมบทบาทด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผนังอาคารโดยไม่เพิ่มภาระด้านโครงสร้าง และสะท้อนการขยายขอบเขตการพิจารณาวัสดุชีวภาพจากการเป็นวัสดุก่อสร้าง ไปสู่การเป็นองค์ประกอบเชิงระบบของสถาปัตยกรรม [24]

6.2.2 ศักยภาพวัสดุชีวภาพในระบบผนังประกอบหลายชั้น

การออกแบบระบบผนังประกอบหลายชั้น เป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในงานสถาปัตยกรรม โดยจากการทบทวนงานวิจัยพบว่าวัสดุชีวภาพสามารถทำหน้าที่แตกต่างกันในแต่ละชั้นของระบบผนังตามคุณสมบัติของวัสดุและเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การทำหน้าที่เป็นชั้นฉนวนความร้อน ชั้นควบคุมความชื้น หรือชั้นเชิงนิเวศ ขณะที่วัสดุชีวภาพผสมซึ่งมีการใช้วัสดุประสานเพื่อเพิ่มความเสถียร มักถูกเสนอให้ทำหน้าที่เป็นชั้นปกป้องภายนอกหรือชั้นโครงรองรับในระบบผนังที่ไม่รับน้ำหนักหลัก [27]

แนวคิดการจัดวางวัสดุชีวภาพในระบบผนังหลายชั้นช่วยให้สามารถลดข้อจำกัดด้านความทนทานของวัสดุชีวภาพดิบ โดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มสมรรถนะเชิงโครงสร้างให้กับวัสดุทุกชนิด แต่ใช้การออกแบบเชิงระบบเพื่อให้วัสดุแต่ละประเภททำหน้าที่สอดคล้องกับศักยภาพของตนเอง



รูปที่ 7 ระบบผนังประกอบหลายชั้น (Multi-Layer Wall Assembly)
ที่มา: Thermal Science: Year 2023, Vol.27, No.2A, pp.949-957

ในกรณีของวัสดุมูลไส้เดือน วัสดุชนิดนี้ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นชั้นโครงสร้างหรือชั้นปกป้องภายนอก แต่เมื่อพิจารณาภายในกรอบของระบบผนังประกอบหลายชั้น วัสดุมูลไส้เดือนสามารถทำหน้าที่เป็นชั้นเชิงนิเวศหรือชั้นชีวภาพที่เชื่อมโยงระบบผนังเข้ากับการปลูกพืช การจัดการน้ำ และพื้นที่สีเขียวในอาคาร การจัดวางวัสดุในตำแหน่งดังกล่าวช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมของระบบผนัง โดยไม่จำเป็นต้องตอบสนองด้านความแข็งแรงเชิงโครงสร้างโดยตรง [10]

6.2.3 ข้อจำกัดด้านความชื้น ความแข็งแรง และอายุการใช้งาน

แม้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรจะมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในระบบผนังอาคาร แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าข้อจำกัดที่ปรากฏร่วมกันในงานวิจัย ได้แก่ ความไวต่อความชื้น การเสื่อมสภาพทางชีวภาพ และความไม่สม่ำเสมอของคุณสมบัติวัสดุ โดยเฉพาะในบริบทภูมิอากาศเขตร้อนที่มีความชื้นสูงและฝนตกชุก ข้อจำกัดเหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อการกำหนดตำแหน่งและบทบาทของวัสดุภายในระบบผนังอาคาร [9]

จากการวิเคราะห์เอกสาร งานวิจัยจำนวนมากเสนอว่าการจัดการข้อจำกัดดังกล่าวไม่ควรอาศัยการปรับปรุงคุณสมบัติวัสดุเพียงอย่างเดียว แต่ควรใช้แนวทางการออกแบบเชิงระบบเป็นกรอบในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งการใช้งานวัสดุ เช่น 1) การหลีกเลี่ยงการวางวัสดุชีวภาพดิบในตำแหน่งที่สัมผัสฝนหรือความชื้นโดยตรง 2) การใช้วัสดุชีวภาพเป็นชั้นภายในหรือชั้นกลางของระบบผนังที่มีวัสดุปกป้องภายนอก 3) การออกแบบให้ระบบผนังถอดเปลี่ยนหรือบำรุงรักษาองค์ประกอบบางชั้นได้โดยไม่กระทบต่อโครงสร้างหลักของอาคาร

สำหรับวัสดุมูลไส้เดือน ซึ่งมีข้อจำกัดชัดเจนด้านความแข็งแรงเชิงกลและอายุการใช้งาน งานวิจัยและกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่าวัสดุประเภทนี้เหมาะสมกับการใช้งานในระบบผนังเชิงนิเวศหรือระบบที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้ เช่น ผนังปลูกพืชหรือระบบสีเขียวในอาคาร โดยออกแบบให้มีการเปลี่ยนหรือเติมวัสดุเป็นระยะตามวงจรการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบอาคารในฐานะระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา

จากกรอบการพิจารณาดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรควรอาศัยการออกแบบในระดับระบบผนังมากกว่าการเลือกใช้วัสดุเดี่ยว โดยการจัดวางบทบาทของวัสดุให้สอดคล้องกับคุณสมบัติ ข้อจำกัด และเงื่อนไขการใช้งาน เป็นฐานสำคัญสำหรับการสังเคราะห์แนวทางการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพในระดับแนวคิดในหัวข้อถัดไป

6.3 การจัดระเบียบแนวคิดการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร

จากผลการจำแนกประเภทวัสดุ และการวิเคราะห์ศักยภาพเชิงสถาปัตยกรรม การศึกษานี้สามารถจัดระเบียบและสรุปลักษณะเชิงแนวคิดของแนวทางการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร โดยมุ่งเน้นการอธิบายบทบาทของวัสดุภายในระบบผนัง มากกว่าการเสนอรูปแบบการใช้งานเชิงโครงสร้างหรือเชิงเทคนิคโดยตรง ซึ่งการจัดระเบียบดังกล่าวสะท้อนมุมมองการออกแบบเชิงระบบ ซึ่งมองผนังอาคารเป็นชุดขององค์ประกอบที่ทำงานร่วมกันทั้งหน้าที่การใช้งาน สมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมและมิติความยั่งยืน โดยสามารถสรุปแนวคิดการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

6.3.1 การใช้เป็นองค์ประกอบเชิงโครงสร้างระดับรอง

วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรที่ได้รับการพัฒนาเป็นวัสดุชีวภาพผสม มีความเหมาะสมต่อการใช้งานเป็นองค์ประกอบเชิงโครงสร้างระดับรอง เช่น แผงผนังสำเร็จรูป ผนังเบาภายนอก หรือแผงหุ้มอาคารที่ติดตั้งร่วมกับโครงสร้างหลักของอาคาร วัสดุประสานที่ใช้ร่วม เช่น ปูนขาว ดิน หรือสารยึดเกาะชีวภาพ ช่วยเพิ่มความเสถียรเชิงรูปทรง ลดการดูดซับความชื้น และยืดอายุการใช้งานของวัสดุ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุชีวภาพดิบ [14, 15]

ในเชิงแนวคิดด้านความยั่งยืน แนวทางนี้สอดคล้องกับเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับการออกแบบระบบอาคาร เนื่องจากเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือจากภาคการเกษตร ลดการพึ่งพาวัสดุก่อสร้างอุตสาหกรรม และเปิดโอกาสให้เกิดการถอดเปลี่ยน ซ่อมแซม หรือแยกชิ้นส่วนเมื่อสิ้นอายุการใช้งาน [21, 28]

6.3.2 การใช้เป็นวัสดุหุ้มและองค์ประกอบของเปลือกอาคาร

วัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์แสดงศักยภาพในการใช้งานเป็นวัสดุหุ้มหรือองค์ประกอบของเปลือกอาคาร โดยทำหน้าที่เป็นชั้นลดการถ่ายเทความร้อน ชั้นบังแดด หรือชั้นที่ช่วยส่งเสริมการไหลเวียนของอากาศ การประยุกต์ใช้ในลักษณะนี้เหมาะสมกับบริบทภูมิอากาศเขตร้อน ซึ่งต้องการลดความร้อนสะสมบนพื้นผิวอาคารและเพิ่มการระบายอากาศตามธรรมชาติ [9,22]

นอกจากนี้ การใช้วัสดุชีวภาพเป็นส่วนหนึ่งของเปลือกอาคารยังช่วยลดการใช้วัสดุก่อสร้างอุตสาหกรรม และสนับสนุนการใช้

ทรัพยากรจากภาคการเกษตรในประเทศ ซึ่งมีส่วนส่งเสริมความยั่งยืนทั้งในมิติสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจชุมชน [29]

6.3.3 การใช้เป็นฉนวนและองค์ประกอบเชิงนิเวศ

วัสดุชีวภาพที่มีความพรุนสูง เช่น วัสดุจากเส้นใยพืช ชีวมวลอินทรีย์ และวัสดุมูลไส้เดือน แสดงศักยภาพในการใช้งานเป็นฉนวนเชิงชีวภาพหรือองค์ประกอบเชิงนิเวศภายในระบบผนังอาคาร โดยเฉพาะในรูปแบบของผนังเชิงนิเวศ ผนังปลูกพืชแนวตั้งหรือชั้นชีวภาพในระบบผนังหลายชั้น ซึ่งบทบาทดังกล่าวสอดคล้องกับคุณสมบัติด้านการแลกเปลี่ยนความชื้นและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมของวัสดุกลุ่มนี้

ในกรณีของวัสดุมูลไส้เดือน วัสดุชนิดนี้มีบทบาทเฉพาะในการสนับสนุนระบบสีเขียว การอุ้มน้ำ การคายความชื้น และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มากกว่าการทำหน้าที่เป็นวัสดุก่อสร้างโดยตรง การจัดวางวัสดุมูลไส้เดือนในบทบาทดังกล่าวช่วยเชื่อมโยงระบบผนังอาคารเข้ากับการจัดการน้ำ ระบบนิเวศเมือง และแนวคิดการผลิตอาหารในเมือง ซึ่งเป็นประเด็นที่ถูกกล่าวถึงในงานวิจัยด้านสถาปัตยกรรมยั่งยืนร่วมสมัย [10, 24]

การจัดระเบียบลักษณะการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพในฐานะฉนวนและองค์ประกอบเชิงนิเวศนี้ สะท้อนการมองวัสดุชีวภาพภายใต้กรอบเศรษฐกิจหมุนเวียนในระดับแนวคิด โดยพิจารณาวัสดุไม่เพียงในฐานะองค์ประกอบก่อสร้าง แต่เป็นส่วนหนึ่งของระบบสิ่งแวดล้อมของอาคารที่สามารถสนับสนุนการหมุนเวียนทรัพยากรและเพิ่มคุณค่าทางนิเวศในระยะยาว

ดังนั้นจากการจัดระเบียบแนวคิดการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร สามารถเห็นได้ว่าวัสดุแต่ละประเภทมีบทบาทที่แตกต่างกันในระดับองค์ประกอบเชิงโครงสร้าง ระดับรอง วัสดุหุ้ม และองค์ประกอบเชิงนิเวศ การพิจารณาวัสดุในเชิงบทบาทภายในระบบผนังช่วยเปิดกรอบความคิดในการเชื่อมโยงทรัพยากรจากภาคการเกษตรเข้ากับการออกแบบอาคารอย่างยั่งยืน และสามารถใช้เป็นฐานเชิงแนวคิดสำหรับการพัฒนางานวิจัยเชิงทดลองและการออกแบบต้นแบบในลำดับถัดไป

7. อภิปรายผล

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาโดยใช้กรอบแนวคิดเชิงระบบในการจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรในระบบผนังอาคาร ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าวัสดุชีวภาพสามารถถูกประยุกต์ใช้ในบทบาทที่หลากหลาย ทั้งในฐานะองค์ประกอบผนังที่ไม่รับน้ำหนักวัสดุหุ้มอาคาร และองค์ประกอบเชิงนิเวศ อย่างไรก็ตาม ความเหมาะสมของวัสดุแต่ละประเภทไม่ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงวัสดุเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับการจัดวางบทบาท ตำแหน่ง และความสัมพันธ์ของวัสดุภายในระบบผนังอาคารโดยรวม ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเชิงระบบในสถาปัตยกรรมยั่งยืนที่มองอาคารเป็นส่วนหนึ่งของระบบนิเวศเมืองมากกว่าการเป็นโครงสร้างแยกส่วน [20,22]

เมื่อพิจารณาวัสดุจากเส้นใยพืชและชีวมวลอินทรีย์ ผลการศึกษาพบว่าวัสดุในกลุ่มนี้มีความเหมาะสมกับการใช้งานเป็นผนังที่ไม่รับน้ำหนักหรือผนังภายในอาคาร เนื่องจากมีโครงสร้างที่มีความพรุน น้ำหนักเบา และมีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนตามธรรมชาติ งานวิจัยหลายฉบับระบุว่าวัสดุเส้นใยธรรมชาติสามารถช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังได้ประมาณ 20–40% เมื่อเปรียบเทียบกับผนังก่ออิฐหรือคอนกรีตทั่วไป โดยเฉพาะในระบบผนังประกอบหลายชั้น [5,26] ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ที่เสนอให้ใช้วัสดุชีวภาพดิบในตำแหน่งที่ไม่สัมผัสสภาพอากาศโดยตรง เช่น ชั้นฉนวนภายในผนังประกอบหลายชั้น ผนังภายในอาคาร หรือผนังที่มีชั้นปกป้องภายนอก ในบริบทอาคารเขตร้อนของประเทศไทยซึ่งมีความชื้นและฝนตกชุกตลอดปี

อย่างไรก็ตาม ความไวต่อความชื้นและการเสื่อมสภาพทางชีวภาพเป็นข้อจำกัดสำคัญของวัสดุในกลุ่มนี้ โดยเฉพาะในบริบทภูมิอากาศเขตร้อนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง งานวิจัยก่อนหน้าชี้ให้เห็นว่าวัสดุเส้นใยพืชที่ไม่มีระบบป้องกันอาจมีอายุการใช้งานลดลงมากกว่า 30-50% เมื่อใช้งานภายนอกอาคาร [14] ผลดังกล่าวสนับสนุนข้อเสนอในงานวิจัยนี้ที่เน้นการออกแบบระบบผนังแบบหลายชั้นหรือการใช้วัสดุปกป้องร่วม เพื่อเพิ่มความเหมาะสมในการใช้งานจริง

ในขณะที่วัสดุชีวภาพผสมแสดงศักยภาพที่เหมาะสมกว่าสำหรับการใช้งานเป็นผนังภายนอกหรือองค์ประกอบของเปลือกอาคาร เนื่องจากการเพิ่มวัสดุประสานช่วยเพิ่มความเสถียรเชิงกลและความทนทานต่อสภาพแวดล้อม งานวิจัยของ Pacheco-Torgal et al. (2020) ระบุว่าวัสดุชีวภาพผสมสามารถเพิ่มค่าความแข็งแรงและอายุการใช้งานได้มากกว่า 2-3 เท่า เมื่อเทียบกับวัสดุชีวภาพดิบ แม้ว่าการเพิ่มวัสดุประสานจะลดระดับความเป็นวัสดุชีวภาพอย่างสมบูรณ์ แต่ผลการศึกษานี้สะท้อนว่าการประนีประนอมดังกล่าวเป็นความจำเป็นเชิงออกแบบเพื่อให้วัสดุสามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดการใช้งานจริงในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนที่มีฝนและความชื้นสูง

ภายใต้กรอบแนวคิดเชิงระบบดังกล่าว การศึกษานี้ได้ขยายการวิเคราะห์ไปยังวัสดุชีวภาพที่ไม่ได้ถูกพิจารณาในฐานะวัสดุก่อสร้างโดยตรงในงานวิจัยสถาปัตยกรรมทั่วไป ได้แก่ วัสดุมูลไส้เดือน ซึ่งถูกจัดวางในกรอบการศึกษาในฐานะองค์ประกอบเชิงนิเวศของระบบผนังอาคาร ดังนั้นการบรรจุวัสดุมูลไส้เดือนเข้าไว้ในกรอบการวิเคราะห์วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตร จึงช่วยขยายขอบเขตการอภิปรายจากวัสดุก่อสร้างไปสู่องค์ประกอบเชิงนิเวศของระบบผนังอาคาร วัสดุมูลไส้เดือนมีคุณสมบัติเด่นด้านการอุ้มน้ำ การคายความชื้น และการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช งานวิจัยด้านระบบผนังสีเขียวระบุว่าการเพิ่มชั้นชีวภาพสามารถช่วยลดอุณหภูมิผิวผนังได้ประมาณ 5-10°C และลดความ

ต้องการพลังงานในการทำความเย็นของอาคารได้ 15-30% [10] ผลดังกล่าวสนับสนุนข้อเสนอของงานวิจัยนี้ที่มองวัสดุมูลไส้เดือนไม่ใช่วัสดุก่อสร้างเชิงโครงสร้าง แต่เป็นองค์ประกอบที่เชื่อมโยงอาคารเข้ากับระบบนิเวศและการผลิตอาหารในเมือง

ผลการสังเคราะห์แนวทางการประยุกต์ใช้วัสดุชีวภาพ ยืนยันว่า การออกแบบระบบผนังอาคารที่ใช้วัสดุชีวภาพควรมุ่งเน้นการจัดวางบทบาทของวัสดุในระดับระบบมากกว่าการเลือกใช้วัสดุเดี่ยว แนวคิดดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบเศรษฐกิจหมุนเวียนของสหภาพยุโรปที่เน้นการออกแบบเพื่อการถอดแยก การซ่อมแซม และการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพตลอดวงจรชีวิตอาคาร [13]

ในบริบทของประเทศไทยซึ่งมีฐานทรัพยากรจากภาคการเกษตรและสภาพภูมิอากาศเขตร้อน ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่าวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรสามารถมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบผนังอาคารที่ตอบโจทย์ด้านการลดพลังงาน การจัดการความร้อน และการเพิ่มคุณค่าทรัพยากรท้องถิ่น การมองวัสดุชีวภาพในฐานะองค์ประกอบเชิงระบบยังสนับสนุนการกำหนดนโยบายด้านการก่อสร้างที่มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนและการเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือจากภาคการเกษตร ซึ่งสามารถส่งเสริมทั้งเศรษฐกิจชุมชนและการพัฒนาเมืองอย่างยั่งยืนในระยะยาว

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

บทความวิจัยเชิงเอกสารนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และจัดวางบทบาทของวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรภายในระบบผนังอาคาร โดยใช้กรอบแนวคิดเชิงระบบเป็นเครื่องมือในการพิจารณาความเหมาะสมของวัสดุในตำแหน่งและหน้าที่ที่แตกต่างกันของระบบผนังอาคาร มากกว่าการพิจารณาวัสดุในฐานะวัสดุก่อสร้างเดี่ยว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรมีศักยภาพในการใช้งานที่แตกต่างกันตามลักษณะวัสดุและบทบาทในระบบผนังอาคาร และไม่สามารถนำมาใช้แทนกันได้โดยตรงในทุกตำแหน่งการใช้งาน

จากการวิเคราะห์วรรณกรรมและการเปรียบเทียบเชิงบทบาทวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรสามารถจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ วัสดุจากเส้นใยพืช วัสดุจากชีวมวลอินทรีย์ วัสดุชีวภาพผสม และวัสดุมูลไส้เดือน โดยการจำแนกดังกล่าวสะท้อนความแตกต่างของบทบาทวัสดุในระบบผนังอาคาร ตั้งแต่ผนังที่ไม่รับน้ำหนัก วัสดุหุ้มและเปลือกอาคาร ฉนวน ไปจนถึงองค์ประกอบเชิงนิเวศ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการจัดวางวัสดุให้เหมาะสมกับตำแหน่งและหน้าที่ในระบบผนังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมของอาคารในบริบทอากาศเขตร้อน

ในเชิงองค์ความรู้ งานวิจัยนี้มีส่วนช่วยขยายกรอบการศึกษาวัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรจากการมุ่งเน้นสมรรถนะเชิงวัสดุ ไปสู่การพิจารณาบทบาทของวัสดุในระดับระบบผนังอาคาร โดยเฉพาะการนำวัสดุมูลไส้เดือนมาจัดวางในฐานะองค์ประกอบเชิงนิเวศของระบบผนัง ซึ่งสะท้อนแนวคิดการออกแบบที่เชื่อมโยงอาคารเข้ากับการจัดการน้ำ พื้นที่สีเขียว และระบบนิเวศเมือง มากกว่าการใช้งานเชิงโครงสร้างโดยตรง

สำหรับข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการศึกษาต่อยอดในเชิงทดลอง เพื่อประเมินสมรรถนะของวัสดุชีวภาพในระบบผนังอาคารอย่างเป็นรูปธรรม โดยเฉพาะด้านความทนทาน การควบคุมความร้อนและความชื้น และอายุการใช้งานจริงในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน รวมถึงการพัฒนาต้นแบบระบบผนังที่ไม่รับน้ำหนักและผนังเชิงนิเวศ ซึ่งเป็นบริบทที่วัสดุชีวภาพจากภาคการเกษตรแสดงศักยภาพได้ชัดเจนที่สุดจากผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

ในระดับการพัฒนาเชิงระบบ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้วัสดุชีวภาพจากของเหลือทางการเกษตรในระบบผนังอาคาร สามารถสนับสนุนแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนในมิติของการออกแบบเชิงระบบ โดยการเพิ่มมูลค่าให้กับทรัพยากรเหลือใช้ผ่านการจัดวางบทบาทวัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ในอาคาร งานวิจัยนี้จึงสามารถใช้เป็นฐานความรู้เชิงแนวคิดสำหรับการพัฒนางานวิจัยเชิงลึกและการออกแบบต้นแบบในลำดับถัดไปได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

[1] United Nations Environment Programme. 2020. 2020 global status report for buildings and construction. UNEP.

[2] ASHRAE. 2017. ASHRAE handbook—Fundamentals. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

[3] Al-Obaidi, K. M., Ismail, M., & Abdul Rahman, A. M. 2014. Passive cooling techniques through reflective and radiant barriers. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 37, 93–102.

[4] Pacheco-Torgal, F., et al. 2020. Bio-based building materials: State-of-the-art report of RILEM TC 236-BBM. Springer.

[5] FAO. 2017. Agricultural waste management and circular bioeconomy. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[6] Fiorelli, J., et al. 2019. Lignocellulosic materials for building applications. Construction and Building Materials, 220, 242–252.

[7] Yadav, A., & Garg, V. K. 2019. Vermicomposting: An effective tool for waste management. Bioresource Technology, 285, 121350.

[8] Mohammed Alhaji Mohammed, Ismail M. Budaiwi, Mohammed A. Al-Osta, Adel A. Abdou, 2024. Thermo-Environmental

Performance of Modular Building Envelope Panel Technologies: A Focused Review, Building Structure, vol.14(4), 917.

[9] สมชาย ตั้งกิจถาวร. 2562. บทบาทของเปลือกอาคารต่อการลดพลังงานในอาคารเขตร้อน. วารสารวิชาการสถาปัตยกรรม, 18(2), 67–82.

[10] Pérez, G., Coma, J., Martorell, I., & Cabeza, L. F. 2019. Vertical greenery systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, 139–165.

[11] Perini, K., & Rosasco, P. 2013. Cost–benefit analysis for green façades and living wall systems. Building and Environment, 70, 110–121.

[12] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). 2562. เศรษฐกิจหมุนเวียนกับการใช้วัสดุชีวภาพในภาคการก่อสร้างไทย. ปทุมธานี: สวทช.

[13] European Commission. 2020. A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe. Brussels: European Commission.

[14] Fiorelli, J., Santos, S. F., Savastano, H., & Rossignolo, J. A. 2019. Agro-industrial residues for building materials. Construction and Building Materials, 210, 670–680.

[15] Pacheco-Torgal, F., Ivanov, V., Karak, N., & Jonkers, H. 2020. Biopolymers and biocomposites for building materials. Woodhead Publishing.

[16] Parlato, M. C. M. et al. 2024. From Field to Building: Harnessing Bio-Based Building Materials. Agronomy, 14(9), 2152.

[17] Raja, P. 2023. A Review of Sustainable Bio-Based Insulation Materials for Buildings. Macromol, 308, 2300086.

[18] Cabeza, L. F., Barreneche, C., Miró, L., Morera, J. M., Bartolí, E., & Fernández, A. I. 2022. Materials used in buildings: A review of recent developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 158, 112132.

[19] Ashby, M. F. 2013 Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.

[20] Savastano, H., & Santos, S. F. 2017. Agro-based building materials: A review. Revista Ingeniería de Construcción, 32(3), 1–12.

[21] ธีรเดช บุญญานุภาพ, และคณะ. 2563. การพัฒนาวัสดุผสมจากเส้นใยธรรมชาติสำหรับงานก่อสร้างอย่างยั่งยืน. วารสารวัสดุศาสตร์ประเทศไทย, 12(1), 1–14.

[22] Bourbia, S., Kazeoui, H., & Belarbi, R. 2023. A review on recent research on bio-based building materials and their applications.

[23] ณัฐวุฒิ อินทบุตร. 2562. นวัตกรรมอิฐบล็อกประสานต้านทานความร้อนจากฟางข้าวและเถ้าแกลบ. งานวิจัยมหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ

[24] Yadav, A., & Garg, V. K. 2019. Recycling of organic wastes by employing Eisenia fetida. Bioresource Technology, 278, 394–402.

[25] กิตติศักดิ์ พรหมศรี และคณะ. 2564. ผลของระบบผนังอาคารต่อสภาวะความร้อนในอาคารพักอาศัยเขตร้อน. วารสารพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 10(2), 89–104.

[26] Faruk, O., Bledzki, A. K., Fink, H. P., & Sain, M. 2022. Progress in natural fibre reinforced polymer composites: A review. Macromolecular Materials and Engineering, 307(4), 2100853.

[27] Ralegaonkar, R. V., & Gupta, R. 2016. Review of intelligent building materials and techniques. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55, 365–379.

[28] สุชาดา จันทร์กระจ่าง และคณะ. 2561. วัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร: ศักยภาพและแนวโน้มการพัฒนาในประเทศไทย. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 33(2), 45–58.

[29] อัจฉรา ศรีสวัสดิ์, และคณะ. 2560. แนวคิดสถาปัตยกรรมยั่งยืนในบริบทภูมิอากาศเขตร้อนของประเทศไทย. วารสารสถาปัตยกรรมศาสตร์, 15(1), 23–38.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบสมรรถนะวัสดุและวิวัฒนาการเทคโนโลยีการผลิตอิฐพื้นถิ่นไทย และสากลสู่สถาปัตยกรรมยั่งยืน

A Comparative Study of Material Performance and Manufacturing Evolution of Thai Vernacular and International Bricks for Sustainable Architecture

กาญจนาวรรณ์ ปัญญาวีร์ และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th.

บทคัดย่อ

อิฐเป็นวัสดุก่อสร้างพื้นฐานที่สำคัญต่ออารยธรรมมนุษย์มาอย่างยาวนาน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เชิงบูรณาการและเปรียบเทียบสมรรถนะของอิฐประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะอิฐพื้นถิ่นไทยกับอิฐสมัยใหม่ ภายใต้กรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงภูมิปัญญาท้องถิ่น วิศวกรรม เทคโนโลยีดิจิทัล และความยั่งยืน วิธีการวิจัยอาศัยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากตารางสมรรถนะ 7 ด้าน ได้แก่ กำลังอัด ความหนาแน่น ค่าการนำความร้อน การดูดซึมน้ำ ความต้านทานไฟ ต้นทุนผลิต และประสิทธิภาพกันเสียง โดยอาศัยระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสารเป็นหลัก รวมถึงมาตรฐานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง อาทิ ASTM, ISO และ มอก.

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึง ความสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยนแบบผกผัน ระหว่างสมรรถนะเชิงกลและความร้อน โดยอิฐที่มีกำลังอัดสูง (เช่น อิฐทนไฟ > 20 MPa) มักมีค่าการนำความร้อนสูง (1.0 - 2.0 W/m·K) ในขณะที่อิฐมวลเบาซึ่งมีค่าการนำความร้อนต่ำที่สุด (0.1 - 0.2 W/m·K) มีกำลังอัดต่ำ (3 - 8 MPa) นอกจากนี้ อิฐชีวภาพแสดงความเป็นเลิศด้านความยั่งยืนด้วยต้นทุนผลิตที่แข่งขันได้ (120% ของอิฐมอญ) และมีค่าการนำความร้อนต่ำ (0.2 - 0.5 W/m·K) แต่มีข้อจำกัดด้านกำลังอัด (2 - 10 MPa) ในขณะที่อิฐมอญดินเผาซึ่งเป็นตัวแทนของภูมิปัญญาท้องถิ่น มีความสมดุลในด้านกำลังอัด (10 - 40 MPa) และประสิทธิภาพกันเสียง (STC 38 - 42 dB) แต่มีข้อจำกัดด้านระยะเวลาผลิตที่ยาวนาน (14 - 21 วัน)

บทสรุปของงานวิจัยเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการเปลี่ยนผ่านไปสู่ กลยุทธ์การใช้วัสดุแบบผสมผสาน (Hybrid Material Strategy) โดยการบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อยกระดับสมรรถนะของวัสดุพื้นถิ่น และการเลือกใช้วัสดุตามจุดแข็งเฉพาะด้าน เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความแข็งแกร่งทางวิศวกรรม ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด

คำสำคัญ: อิฐ คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม วิวัฒนาการการผลิต

Abstract

This research aims to conduct an integrated analysis and comparative study of various brick types, specifically focusing on Thai vernacular bricks against modern counterparts, within a conceptual framework that links local wisdom, engineering, digital technology, and sustainability. The methodology involved the collection and quantitative analysis of data from seven performance tables, covering compressive strength, density, thermal conductivity, water absorption, fire resistance, production cost, and sound insulation efficiency.The study primarily utilizes a documentary research methodology, incorporating relevant industrial standards such as ASTM, ISO, and Thai Industrial Standards (TIS).

The findings reveal a significant inverse trade-off between mechanical and thermal performance. Bricks with high compressive strength (e.g., Refractory > 20 MPa) generally exhibit high thermal conductivity (1.0 - 2.0 W/m·K), whereas Autoclaved Aerated Concrete (AAC) with the lowest thermal conductivity (0.1 - 0.2 W/m·K) has low compressive strength (3 - 8 MPa). Furthermore, Bio-bricks demonstrate excellence in sustainability with competitive production costs (120% of clay brick) and low thermal conductivity (0.2 - 0.5 W/m·K), but are limited by their compressive strength (2 - 10 MPa). Thai vernacular clay bricks, representing local wisdom, show a reasonable balance in compressive strength (10 - 40 MPa) and sound insulation (STC 38 - 42 dB), but are constrained by long production times (14 - 21 days).

The conclusion emphasizes the necessity of transitioning to a Hybrid Material Strategy by integrating digital technology to enhance the performance of vernacular materials and selecting materials based on their

specific strengths. This approach is crucial for achieving an optimal balance between engineering robustness, economic viability, and environmental responsibility.

Keywords: Bricks, Engineering Properties, Manufacturing Evolution

1. บทนำ

ประวัติศาสตร์ของอิฐคือภาพสะท้อนของอารยธรรมมนุษย์ วัสดุชนิดนี้มีจุดกำเนิดที่เรียบง่ายจากการเป็นเพียงดินเหนียวผสมฟางแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง (Sun-dried Mudbrick) หลักฐานที่เก่าแก่ที่สุดพบในภูมิภาคเมโสโปเตเมียและลุ่มแม่น้ำไนล์ ย้อนกลับไปได้กว่า 9,000 ปี (Brick Industry Association, n.d.) อิฐในยุคแรกนี้แม้จะมีความแข็งแรงไม่มากนัก แต่ก็เพียงพอสำหรับการสร้างที่อยู่อาศัยและโครงสร้างพื้นฐานในยุคนั้น จุดเปลี่ยนที่สำคัญเกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ค้นพบเทคโนโลยีการเผา ซึ่งทำให้เกิดเป็น "อิฐดินเผา" (Fired Brick) ที่มีความแข็งแกร่งทนทานต่อสภาพอากาศและความชื้นได้ดีกว่าเดิมอย่างมหาศาล ชาวโรมันคือผู้ที่พัฒนาเทคนิคการผลิตอิฐดินเผาที่ดีที่สุดและเผยแพร่ไปทั่วจักรวรรดิของตน พวกเขาสามารถผลิตอิฐที่มีขนาดและคุณภาพสม่ำเสมอในปริมาณมาก และนำไปใช้สร้างสรรค์สถาปัตยกรรมอันน่าทึ่ง เช่น ท่อส่งน้ำ (Aqueducts), โรงอาบน้ำสาธารณะ (Baths), และโคลอสเซียม (Colosseum) ซึ่งโครงสร้างบางส่วนยังคงปรากฏให้เห็นจนถึงทุกวันนี้ (Kara et al., 2021)

หลังจากการล่มสลายของจักรวรรดิโรมัน เทคโนโลยีการผลิตอิฐได้ถดถอยลงในยุโรปเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่ง ก่อนจะกลับมารุ่งเรืองอีกครั้งในยุคกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถาปัตยกรรมแบบโกธิค (Gothic Architecture) ที่มีการใช้อิฐในการสร้างสรรค์โครงสร้างที่สูงชะลูดและซับซ้อน อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาแรงงานคนและเป็นอุตสาหกรรมในระดับท้องถิ่น การปฏิวัติอุตสาหกรรมในศตวรรษที่ 19 ได้นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ เครื่องจักรไอน้ำและเครื่องจักรอัตโนมัติต่าง ๆ เช่น เครื่องอัดรีด (Extrusion Machine) และเตาเผาแบบอุโมงค์ (Tunnel Kiln) ได้เข้ามาแทนที่แรงงานคน ทำให้กระบวนการผลิตอิฐมีประสิทธิภาพสูงขึ้นอย่างก้าวกระโดด สามารถผลิตอิฐที่มีคุณภาพสม่ำเสมอได้ในระดับอุตสาหกรรม (Kara et al., 2021) การเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลให้ราคาอิฐถูกลงและกลายเป็นวัสดุที่สามัญสำหรับโครงการก่อสร้างทุกประเภท ตั้งแต่บ้านพักอาศัยไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่อย่างไรก็ตาม การเกิดขึ้นของวัสดุสมัยใหม่ เช่น เหล็กและคอนกรีตในช่วงศตวรรษที่ 20 ได้ท้าทายบทบาทของอิฐในฐานะวัสดุโครงสร้างหลัก ทำให้อิฐถูกลดความสำคัญลงและมักใช้ในงานตกแต่งผิวอาคารเป็นส่วนใหญ่ แต่ถึงกระนั้น สถาปนิกผู้มีชื่อเสียงหลายท่าน เช่น แฟรงก์ ลอยด์ ไรต์ (Frank Lloyd Wright) และหลุยส์ คาห์น (Louis Kahn) ก็ยังคงเล็งเห็นถึงศักยภาพและคุณค่าของอิฐ และได้สร้างสรรค์ผลงานชิ้นเอกที่แสดงให้เห็นถึงความงามและความหลากหลายในการใช้งานของวัสดุชนิดนี้



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมสมัยใหม่ของอาคารก่ออิฐ

แม้ว่าอิฐดินเผาแบบดั้งเดิมจะยังคงได้รับความนิยม แต่ความต้องการของอุตสาหกรรมการก่อสร้างสมัยใหม่ที่เน้นความรวดเร็ว การประหยัดพลังงาน, และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้ผลักดันให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมอิฐประเภทใหม่ ๆ ขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง อิฐมวลเบา (Lightweight Concrete Block) หรือที่รู้จักในชื่อ Autoclaved Aerated Concrete (AAC) คือหนึ่งในนวัตกรรมที่สำคัญที่สุดซึ่งถูกพัฒนาขึ้นในสวีเดนช่วงทศวรรษ 1920 อิฐชนิดนี้ผลิตจากปูนซีเมนต์ ทราย ปูนขาว ยิปซัม น้ำ และผงอลูมิเนียมที่ทำหน้าที่สร้างฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมากในเนื้อวัสดุ ทำให้มีน้ำหนักเบา มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีเยี่ยม และทนไฟได้นาน (Maaze & Shrivastava, 2023) ในประเทศไทย อิฐมวลเบาได้รับความนิยมอย่างสูงและมีผู้ผลิตหลายราย เช่น Q-CON และ THAICON ซึ่งผลิตภัณฑ์ของพวกเขาได้ผ่านการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 57, มอก. 58-2560) และถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในโครงการก่อสร้างสมัยใหม่

การเข้ามาของเทคโนโลยีดิจิทัลได้เปิดศักราชใหม่ให้กับสถาปัตยกรรมอิฐ โดยเปลี่ยนผ่านจากข้อจำกัดของการก่อสร้างแบบดั้งเดิมไปสู่ความเป็นไปได้ที่ไร้ขีดจำกัด การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Aided Design - CAD) และ การผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Aided Manufacturing - CAM) ได้กลายเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับสถาปนิกและวิศวกรในการออกแบบโครงสร้างอิฐที่มีความซับซ้อนและเป็นอิสระทางรูปทรง (Free-form) ซอฟต์แวร์พาราเมตริก (Parametric Software) เช่น Grasshopper สำหรับ Rhino 3D ช่วยให้สถาปนิกสามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติ และควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการเรียงอิฐได้อย่างแม่นยำ ทำให้สามารถสร้างสรรค์ผนังที่มีลวดลายโค้งเว้าหรือมีรูปแบบที่ซับซ้อนได้อย่างที่ไม่เคยทำได้มาก่อน (Kara et al., 2021)

ยิ่งไปกว่านั้น ระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ (Robotic Automation) ได้เข้ามาปฏิวัติกระบวนการก่ออิฐในไซต์งานก่อสร้าง หุ่นยนต์ก่ออิฐ เช่น SAM (Semi-Automated Mason) สามารถวางอิฐได้ 800-1,200 ก้อนต่อวัน ซึ่งเร็วกว่าช่างฝีมือมนุษย์ถึง 3-4 เท่า และมีความแม่นยำสูง (Autodesk, n.d.) เทคโนโลยีนี้ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มผลิตภาพและลดระยะเวลาการก่อสร้าง แต่ยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยและลดภาระงานหนักของแรงงานคนอีกด้วย นอกจากหุ่นยนต์แล้ว การพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) ก็เป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีเปลี่ยนโลก (Disruptive Technology) ที่กำลังถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการผลิตอิฐ นักวิจัยได้ทดลองพิมพ์อิฐ 3 มิติจากวัสดุที่หลากหลาย ตั้งแต่ดินเหนียว คอนกรีต ไปจนถึงแก้วรีไซเคิล ทำให้สามารถสร้างอิฐที่มีรูปทรงเฉพาะตัวและมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น การเป็นฉนวนกันเสียงหรือการระบายอากาศที่ดีขึ้น (Peters, 2013) การผสมผสานระหว่างการออกแบบพาราเมตริก การผลิตด้วยหุ่นยนต์ และการพิมพ์ 3 มิติ กำลังนำไปสู่สิ่งที่เรียกว่า สถาปัตยกรรมอิฐดิจิทัล (Digital Brick Architecture) ซึ่งเป็นการผสานองค์ความรู้ดั้งเดิมของช่างฝีมือเข้ากับความแม่นยำและประสิทธิภาพของเครื่องจักรยุคใหม่ ดังที่เห็นได้จากงานวิจัยของ Yu et al. (2025) ที่นำเสนอเวิร์กโฟลว์การบูรณะอาคารเก่าด้วยการใช้ระบบหุ่นยนต์และเทคโนโลยีความเป็นจริงขยาย (Extended Reality - XR) เพื่อให้เกิดความแม่นยำสูงสุดในการทำงาน



รูปที่ 2 หุ่นยนต์ก่ออิฐอัตโนมัติ

ในบริบทของประเทศไทย อิฐมอญ (Thai Vernacular Bricks) ซึ่งเป็นวัสดุพื้นถิ่นที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีคุณสมบัติทางวิศวกรรมที่น่าสนใจ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานสากล เช่น ASTM C62 Grade SW พบว่าค่าความต้านทานแรงอัด (Compressive Strength) ของอิฐมอญไทย (10-40 MPa) ยังคงมีความผันผวนและในบางกรณีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานสากล ($\geq$20.7 MPa) (ASTM, 2017) ความท้าทายนี้ ประกอบกับความต้องการวัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น ได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมอิฐทางเลือกใหม่ ๆ ขึ้นมามากมาย เช่น อิฐชีวภาพ (Bio-bricks) และ K-Briq ซึ่งผลิตจากวัสดุรีไซเคิลกว่า 90% และสามารถลดค่าคาร์บอนแฝงลงได้มากกว่า 90% เมื่อเทียบกับอิฐดินเผาแบบดั้งเดิม [15] การเปลี่ยนแปลงนี้สะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนผ่านของอุตสาหกรรมจากวัสดุที่เน้นเพียงความแข็งแรงทนทานไปสู่วัสดุที่ต้องตอบโจทย์ด้านความยั่งยืนแบบองค์รวม

แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับประวัติศาสตร์และคุณสมบัติของอิฐแต่ละประเภท แต่งานวิจัยส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุชนิดใดชนิดหนึ่ง หรือการทบทวนประวัติศาสตร์การผลิตในเชิงพรรณนา งานวิจัยฉบับนี้จึงแตกต่างออกไปและมุ่งเติมเต็มช่องว่างความรู้ที่สำคัญ โดยไม่ได้เป็นเพียงการทบทวนวรรณกรรม แต่เป็นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Comparative Analysis) อย่างเป็นระบบ ผสานสองมิติที่สำคัญเข้าด้วยกันเป็นครั้งแรก ได้แก่ (1) การเปรียบเทียบสมรรถนะของวัสดุ (Material Performance) ระหว่างอิฐพื้นถิ่นไทยกับมาตรฐานสากลและนวัตกรรมอิฐทางเลือก และ (2) บทบาทของเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) ในฐานะเครื่องมือสำคัญในการประเมินและเพิ่มประสิทธิภาพความยั่งยืนของวัสดุ โดยการนำเสนอการประยุกต์ใช้เครื่องมือดิจิทัล เช่น การจำลองสถานการณ์ (Simulation) การสร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) และปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิต (LCA) และการเลือกใช้วัสดุ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอมุมมองใหม่ที่ครอบคลุมและเป็นองค์รวม ซึ่งจำเป็นต่อการกำหนดนโยบายการออกแบบสถาปัตยกรรมสีเขียวและส่งเสริมการใช้วัสดุก่อสร้างคาร์บอนต่ำอย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อทบทวนอย่างเป็นระบบ ถึงวิวัฒนาการทางประวัติศาสตร์และเทคโนโลยีของการผลิตอิฐ ตั้งแต่ขนบธรรมเนียมพื้นถิ่นไปจนถึงกระบวนการทางอุตสาหกรรมและดิจิทัลสมัยใหม่

2. เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของอิฐประเภทต่าง ๆ เช่น กำลังอัด ความหนาแน่น การนำความร้อน และการดูดซึมน้ำ โดยอ้างอิงตามมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ยอมรับ

3. เพื่อประเมินบทบาทและศักยภาพของเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) เช่น CAD/CAM การพิมพ์ 3 มิติ และระบบหุ่นยนต์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการออกแบบและก่อสร้างสถาปัตยกรรมอิฐในปัจจุบันและอนาคต

3. ขอบเขตการศึกษา

1. วัสดุที่ศึกษา: การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบมุ่งเน้นไปที่วัสดุ 5 ประเภทหลัก ได้แก่ 1) อิฐดินเผา 2) อิฐมวลเบา (AAC) 3) อิฐคอนกรีตบล็อกมาตรฐาน 4) อิฐทนไฟสมรรถนะสูง และ 5) อิฐประหยัดพลังงานที่เป็นนวัตกรรมใหม่

2. แหล่งข้อมูล: การวิจัยนี้ดำเนินการในรูปแบบการวิเคราะห์เอกสารอย่างเป็นระบบ โดยทบทวนข้อมูลจากบทความวิจัยจากวารสารวิชาการระดับนานาชาติและในประเทศ เอกสารการประชุมวิชาการ รายงานทางเทคนิคจากสมาคมวิชาชีพ (เช่น Brick Industry Association) เอกสารมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก., ASTM, ISO) และบทความจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้อื่น ๆ

3. ศึกษาพัฒนาการของวัสดุอิฐใน 4 มิติหลัก ได้แก่ 1) มิติทางประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม 2) มิติทางวัสดุศาสตร์และวิศวกรรม 3) มิติของนวัตกรรมและความยั่งยืน 4) มิติของเทคโนโลยีดิจิทัลและการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม โดยครอบคลุมอิฐประเภทหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

การศึกษาครอบคลุมทั้งกรณีศึกษาในระดับสากลและกรณีศึกษาที่เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อให้เห็นภาพเปรียบเทียบและแนวโน้มการพัฒนาที่เชื่อมโยงกัน

การศึกษาครอบคลุมข้อมูลตั้งแต่หลักฐานทางประวัติศาสตร์ในยุคโบราณจนถึงข้อมูลนวัตกรรมและงานวิจัยล่าสุดจนถึงปีปัจจุบัน (ค.ศ. 2025) เพื่อให้เห็นถึงพลวัตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงเอกสาร (Documentary Research) เป็นหลัก เพื่อสังเคราะห์และประเมินพัฒนาการของนวัตกรรมวัสดุอิฐในบริบทไทยและสากลอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1 การรวบรวมและคัดเลือกข้อมูล (Data Collection and Selection)

การวิจัยได้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) จากแหล่งข้อมูลทางวิชาการที่น่าเชื่อถือ ครอบคลุมฐานข้อมูลระดับนานาชาติและระดับประเทศ ได้แก่ Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, และ ThaiJO รวมถึงเอกสารมาตรฐานอุตสาหกรรมจากองค์กรที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.), ASTM International, และ International Organization for Standardization (ISO) การคัดเลือกแหล่งข้อมูลจะให้ความสำคัญกับงานวิจัยที่ผ่านการทบทวนโดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer-Reviewed) และตีพิมพ์ในช่วง 10 ปีล่าสุดเป็นหลัก เพื่อให้ข้อมูลมีความทันสมัยและสะท้อนองค์ความรู้ในปัจจุบัน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ข้อมูลที่รวบรวมได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ผ่านกระบวนการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบ (Comparative Analysis) โดยกำหนดกรอบการประเมินที่ชัดเจน เพื่อให้การเปรียบเทียบมีมาตรฐานและสามารถอ้างอิงได้ในเชิงวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม เกณฑ์การเปรียบเทียบเชิงสมรรถนะ (Performance-based Comparison Criteria) ที่ใช้ในการประเมินวัสดุอิฐประเภทต่าง ๆ ประกอบด้วยตัวชี้วัดหลักดังต่อไปนี้

4.2.1 กำลังรับแรงอัด (Compressive Strength): วัดในหน่วยเมกะปาสคาล (MPa) เป็นคุณสมบัติพื้นฐานที่บ่งชี้ความสามารถในการรับน้ำหนักของวัสดุ ซึ่งมีความสำคัญต่อความมั่นคงแข็งแรงของโครงสร้างอาคารโดยตรง

4.2.2 ความหนาแน่น (Density): วัดในหน่วยกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m³) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ส่งผลต่อน้ำหนักรวมของอาคาร และมีผลต่อการออกแบบโครงสร้าง การขนส่ง และต้นทุนการก่อสร้าง

4.2.3 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity): วัดในหน่วยวัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/m·K) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการเป็นฉนวนกันความร้อนของวัสดุ ค่าที่ต่ำกว่าหมายถึงการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดีกว่า ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

4.2.4 การดูดซึมน้ำ (Water Absorption): วัดในหน่วยร้อยละ (%) ของน้ำหนักแห้ง เป็นคุณสมบัติที่บ่งชี้ความพรุนของวัสดุและมีผลต่อความทนทานในระยะยาว โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อนชื้นซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาความชื้นและเชื้อรา

4.2.5 ความต้านทานไฟ (Fire Resistance): วัดในหน่วยชั่วโมง (hours) เป็นตัวชี้วัดความสามารถของวัสดุหรือส่วนประกอบของอาคาร (เช่น ผนัง) ในการทนทานต่อไฟและป้องกันการแพร่กระจายของเปลวไฟ ควัน และความร้อน ไปยังอีกด้านหนึ่งของผนังเป็นระยะเวลาที่กำหนด

4.2.6 ระยะเวลาการผลิต (Manufacturing Time): วัดในหน่วยวัน (days) เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพและความเร็วของกระบวนการผลิตสำหรับวัสดุนั้น ๆ โดยตรง

4.2.7 ต้นทุนการผลิตสัมพัทธ์ (Relative Production Cost): วัดในหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบ (%) เป็นตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ที่สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตวัสดุหนึ่งหน่วย

หลังจากวิเคราะห์ข้อมูลตามเกณฑ์ข้างต้นแล้ว ผู้วิจัยจะทำการสังเคราะห์องค์ความรู้ทั้งหมด เพื่ออภิปรายผลและสรุปเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและแนวทางการพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมอิฐในอนาคต

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ตั้งอยู่บนกรอบแนวคิดเชิงบูรณาการ (Integrative Conceptual Framework) ที่สังเคราะห์ขึ้นเพื่อวิเคราะห์และทำความเข้าใจพลวัตของนวัตกรรมวัสดุอิฐจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต โดยกรอบแนวคิดนี้เชื่อมโยง 4 องค์ประกอบหลักเข้าไว้ด้วยกัน ได้แก่ ภูมิปัญญาท้องถิ่น (Local Wisdom) คุณสมบัติเชิงวิศวกรรม (Engineering Properties) เทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) และ ความยั่งยืน (Sustainability) ซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือน "เข็มทิศ" ที่กำหนดทิศทางการพัฒนาทั้งหมด

5.1 ภูมิปัญญาท้องถิ่นและมรดกพื้นถิ่น

สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นและภูมิปัญญาวัสดุ สะท้อนถึงคุณค่าทางวัฒนธรรม สุนทรียศาสตร์ และเทคนิคการก่อสร้างที่สืบทอดกันมา

ในแต่ละท้องถิ่น เช่น การผลิตอิฐมอญในประเทศไทย ซึ่งไม่เพียงแต่เป็นวัสดุก่อสร้าง แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของอัตลักษณ์ทางสถาปัตยกรรมและวิถีชีวิต องค์ความรู้นี้เป็นรากฐานที่สำคัญซึ่งนวัตกรรมสมัยใหม่ต้องทำความเข้าใจและต่อยอด

5.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรมและวัสดุศาสตร์

เป็นตัวแทนของความเข้าใจเชิงประจักษ์และเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุ ซึ่งตั้งอยู่บนระเบียบวิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (เช่น ASTM, ISO) และตัวชี้วัดสมรรถนะที่สามารถวัดผลได้ในเชิงปริมาณ ขอบเขตนี้ให้ข้อมูลที่เป็นรูปธรรม เช่น กำลังรับแรงอัด ค่าการนำความร้อน ความต้านทานไฟ ซึ่งจำเป็นต่อการรับประกันความปลอดภัย ความสามารถในการคาดการณ์ และความทนทานของการก่อสร้างสมัยใหม่ โดยเปลี่ยนจากหลักฐานเชิงบอกเล่าไปสู่ความแน่นอนทางวิศวกรรม

5.3 เทคโนโลยีดิจิทัล

เทคโนโลยีดิจิทัลไม่ได้เข้ามาเพื่อทดแทนอิฐ แต่ทำหน้าที่เป็น "ตัวเร่งปฏิกิริยา" (Catalyst) และ "สะพานเชื่อม" (Bridge) ที่ปลดล็อกศักยภาพของวัสดุอิฐในมิติที่ไม่เคยเป็นไปได้มาก่อน ผ่านแนวคิดสถาปัตยกรรมดิจิทัลและเทคโทนิกส์ (Digital Architecture and Tectonics) ซึ่งครอบคลุมถึง:

5.3.1 การออกแบบเชิงพาราเมตริก (Parametric Design): ช่วยให้นักออกแบบสามารถสร้างสรรค์รูปทรงอาคารที่ซับซ้อนและเป็นอิสระ (Free-form) โดยยังคงควบคุมคุณสมบัติทางโครงสร้างได้อย่างแม่นยำ

5.3.2 การผลิตด้วยคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์ (CAD/CAM and Robotic Fabrication): สามารถแปรเปลี่ยนแบบจำลองดิจิทัลที่ซับซ้อนให้กลายเป็นโครงสร้างที่จับต้องได้จริงด้วยความแม่นยำสูง เช่น การใช้หุ่นยนต์ก่ออิฐ (Robotic Bricklaying) หรือการพิมพ์ 3 มิติ (3D Printing) เพื่อสร้างอิฐที่มีรูปทรงและคุณสมบัติเฉพาะทาง

5.4 ความยั่งยืน

ในบริบทของวิกฤตการณ์สิ่งแวดล้อมและความท้าทายด้านพลังงาน ความยั่งยืน (Sustainability) ได้กลายเป็นเป้าหมายสูงสุดและเป็น "เข็มทิศ" ที่ชี้นำทิศทางของนวัตกรรมวัสดุทั้งหมด แนวคิดนี้ผลักดันให้เกิดการพัฒนาวัสดุอิฐที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment - LCA) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลด คาร์บอนแฝง (Embodied Carbon) และ พลังงานแฝง (Embodied Energy) ในกระบวนการผลิต การเกิดขึ้นของอิฐชีวภาพ (Bio-bricks) และอิฐประหยัดพลังงาน (Energy-Efficient Bricks) คือภาพสะท้อนที่ชัดเจนของการนำหลักการความยั่งยืนมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างสรรค์วัสดุที่ตอบโจทย์ทั้งในมิติของประสิทธิภาพเชิงวิศวกรรม คุณค่าทางวัฒนธรรม และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับคนรุ่นต่อไป

6. ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ผลการวิจัยได้ถูกจัดแบ่งตามประเด็นสำคัญเพื่อเน้นการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขได้ดังนี้

6.1 การจำแนกประเภทและคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมของอิฐ

วัสดุอิฐในปัจจุบันมีความหลากหลายสูง สามารถจำแนกออกเป็นประเภทหลัก ๆ ตามวัสดุและกระบวนการผลิต ซึ่งแต่ละประเภทมีคุณสมบัติเชิงวิศวกรรมและลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากการรวบรวมข้อมูลคุณสมบัติตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ASTM, TIS) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปและเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์สมรรถนะที่สำคัญของอิฐประเภทต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 1 - 7

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบกำลังอัดของอิฐประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	กำลังอัด (Compressive Strength) MPa
อิฐมอญดินเผา	10 - 40
อิฐมวลเบา (AAC)	3 - 8
อิฐบล็อกคอนกรีต	5 - 15
อิฐทนไฟ	> 20
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	2 - 10

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความหนาแน่นของอิฐประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ความหนาแน่น (Density) kg/m³
อิฐมอญดินเผา	1,600 - 2,000
อิฐมวลเบา (AAC)	400 - 800
อิฐบล็อกคอนกรีต	1,900 - 2,200
อิฐทนไฟ	2,000 - 2,800
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	1,000 - 1,600

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าการนำความร้อนของอิฐประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) W/m·K
อิฐมอญดินเผา	0.6 - 1.0
อิฐมวลเบา (AAC)	0.1 - 0.2
อิฐบล็อกคอนกรีต	1.0 - 1.7
อิฐทนไฟ	1.0 - 2.0
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	0.2 - 0.5

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำของอิฐประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์	การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) % โดยน้ำหนัก
อิฐมอญดินเผา	8 - 20
อิฐมวลเบา (AAC)	10 - 30
อิฐบล็อกคอนกรีต	5 - 12
อิฐทนไฟ	< 5
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	15 - 25

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความต้านทานไฟของอิฐประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	ความต้านทานไฟ (Fire Resistance) ชั่วโมง
อิฐมอญดินเผา	2 - 4
อิฐมวลเบา (AAC)	2 - 6
อิฐบล็อกคอนกรีต	2 - 4
อิฐทนไฟ	> 4
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	1 - 2

ที่มา: Brick Industry Association (1992), Maaze & Shrivastava (2023), และมาตรฐาน TIS

จากตาราง พบว่า อิฐมอญดินเผา แบบดั้งเดิมมีความสมดุลที่ดีระหว่างกำลังอัดและความหนาแน่น เหมาะสำหรับงานโครงสร้างและงานตกแต่ง ในขณะที่ อิฐมวลเบา (AAC) มีจุดเด่นที่ชัดเจนในด้านน้ำหนักที่เบามาก (ความหนาแน่นต่ำ) และมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำที่สุด ซึ่งหมายถึงคุณสมบัติการเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีเยี่ยม ทำให้เป็นตัวเลือกที่โดดเด่นสำหรับผนังอาคารที่ไม่ได้รับน้ำหนัก (Non-load Bearing Wall) ในอาคารสมัยใหม่ที่ต้องการประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ตาม อิฐมวลเบามีกำลังอัดและการดูดซึมน้ำที่ด้อยกว่าอิฐประเภทอื่น ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน อิฐบล็อกคอนกรีต มีความแข็งแรงและราคาไม่แพง แต่มีน้ำหนักมากและนำความร้อนได้ดี (ค่าการนำความร้อนสูง) ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อการประหยัดพลังงาน ส่วน อิฐทนไฟ ถูกออกแบบมาเพื่อการใช้งานเฉพาะทางในที่ที่ต้องทนต่ออุณหภูมิสูง จึงมีกำลังอัดและความหนาแน่นสูงมาก และมีการดูดซึมน้ำต่ำ สำหรับ อิฐประหยัดพลังงาน หรืออิฐชีวภาพรุ่นใหม่ๆ ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ มีแนวโน้มที่จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับอิฐมวลเบา คือมีน้ำหนักเบาและเป็นฉนวนได้ดี แต่กำลังอัดยังคงเป็นความท้าทายสำคัญที่ต้องพัฒนาต่อไปเพื่อให้สามารถใช้งานในส่วนโครงสร้างรับน้ำหนักได้

งานวิจัยของ วงศ์อนันต์ และคณะ (2020) [27] ที่ศึกษาคุณสมบัติของอิฐโบราณและอิฐทดแทนในไทย พบว่าอิฐโบราณบางตัวอย่างมีค่ากำลังรับแรงอัดสูงถึง 43.4 เมกะพาสคัล ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน มอก. สำหรับอิฐก่อสร้างสามัญถึงกว่า 12 เท่า ในขณะที่อิฐมอญที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ทั่วไปมักมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 5–10 เมกะพาสคัล

ในทางตรงกันข้าม อิฐมวลเบา (AAC) ซึ่งเป็นวัสดุสมัยใหม่ มีความหนาแน่นต่ำกว่าอิฐมอญประมาณ 44% [29] โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ที่ 600 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [21] ซึ่งส่งผลให้กำลังรับแรงอัดของอิฐมวลเบาโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 2.5–4.0 เมกะพาสคัล [23] ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์ขั้นต่ำของอิฐมอญตาม มอก. (3.5 MPa) แต่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของอิฐมอญคุณภาพสูงอย่างมีนัยสำคัญ การเปรียบเทียบนี้ชี้ให้เห็นว่า อิฐพื้นถิ่นไทยยังคงมีความเหนือกว่าในด้านความแข็งแรงเชิงโครงสร้าง (Structural Strength) เมื่อเทียบกับอิฐมวลเบา

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบระยะเวลาและต้นทุนการผลิตของอิฐประเภทต่างๆ

พารามิเตอร์	ระยะเวลาผลิต (วัน)	ต้นทุนผลิต (สัมพัทธ์)
อิฐมอญดินเผา	14 - 21	100% (Base)
อิฐมวลเบา (AAC)	3 - 7	130% (High Tech)
อิฐบล็อกคอนกรีต	1 - 3	70% (Low Cost)
อิฐทนไฟ	7 - 14	300% (Specialty)
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	1 - 3	120% (Innovation)

*เปอร์เซ็นต์ต้นทุนผลิต(สัมพัทธ์) ของอิฐประเภทต่างๆเปรียบเทียบกับอิฐมอญดินเผา

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพกันเสียงของอิฐประเภทต่าง ๆ

พารามิเตอร์	ความหนา (cm)	ค่า STC (dB)
อิฐมอญดินเผา	6 - 7	38 - 42
อิฐมวลเบา (AAC)	7.5 - 10	38 - 44
อิฐบล็อกคอนกรีต	7 - 10	40 - 45
อิฐทนไฟ	10 - 15	48 - 52
อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick)	10 - 15	42 - 46

6.2 นวัตกรรมอิฐเพื่อความยั่งยืนในประเทศไทย

อุตสาหกรรมการผลิตอิฐในประเทศไทยมีการตื่นตัวและพัฒนานวัตกรรมที่มุ่งเน้นความยั่งยืนอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก คือ 1) การพัฒนาผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาเพื่อการ

ประหยัดพลังงาน 2) การวิจัยและพัฒนาอิฐจากวัสดุเหลือใช้ (Waste Materials)

ในแนวทางแรก ผู้ผลิตหลายรายได้นำเสนอผลิตภัณฑ์อิฐมวลเบาที่มีคุณสมบัติโดดเด่นและได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก. เช่น Q-CON, THAICON และ TPI Block ซึ่งชูจุดเด่นด้านการเป็นฉนวนกันความร้อน ช่วยลดภาระของเครื่องปรับอากาศและประหยัดค่าไฟฟ้าในระยะยาว นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาคุณสมบัติพิเศษเพิ่มเติม เช่น CoolTechBlock ที่ออกแบบให้มีรูพรุนเพื่อช่วยระบายความร้อนและลดอุณหภูมิผนังได้ 3-5 องศาเซลเซียส

ในแนวทางที่สอง มีงานวิจัยจำนวนมากจากสถาบันการศึกษาในประเทศไทยที่พยายามสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรม โดยนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตอิฐไม่เผา (Unfired Bricks) ตัวอย่างที่น่าสนใจ ได้แก่

6.2.1 อิฐผสมเถ้าลอยและขี้เถ้าแกลบ: เป็นการนำของเสียจากโรงไฟฟ้าและโรงสีข้าวมาใช้ทดแทนดินเหนียว ซึ่งช่วยลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลดต้นทุนการผลิต

6.2.2 อิฐผสมกากตะกอน: งานวิจัยของ Saphongxay & Tuakta (2022) ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้เป็นวัสดุเติมในบล็อกคอนกรีตมวลเบา ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรมไทย

6.2.3 อิฐผสมเศษโฟม: Kanchanapiya et al. (2018) ได้ศึกษาการพัฒนาอิฐมวลเบาจากเศษโฟมโพลีไอโซไซยานูเรต ซึ่งเป็นของเสียจากอุตสาหกรรมห้องเย็น พบว่าสามารถผลิตอิฐที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐาน มอก. ได้

6.2.4 อิฐจากมูลช้าง: แม้จะยังอยู่ในระดับงานออกแบบและโครงการนำร่อง แต่แนวคิดการนำมูลช้างซึ่งมีเส้นใยสูงมาผลิตเป็นอิฐ ถือเป็นตัวอย่างที่สะท้อนถึงความคิดสร้างสรรค์ในการจัดการของเสียและสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Optimist Daily, 2022)

นวัตกรรมเหล่านี้ไม่เพียงแต่ตอบโจทย์ด้านสิ่งแวดล้อม แต่ยังสอดคล้องกับหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) และปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน

6.3 อิทธิพลของเทคโนโลยีดิจิทัลต่อสถาปัตยกรรมอิฐ

เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามาทลายข้อจำกัดเดิม ๆ ของการใช้อิฐและเปิดโอกาสให้สถาปนิกสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่มีความซับซ้อนและแสดงออกถึงตัวตนได้มากขึ้น ผลการวิจัยสามารถสรุปอิทธิพลของเทคโนโลยีดิจิทัลได้ 3 ด้านหลักดังนี้

6.3.1 การออกแบบและการสร้างแบบจำลอง (Design and Modeling): ซอฟต์แวร์ CAD และการสร้างแบบจำลองข้อมูลอาคาร (Building Information Modeling - BIM) ช่วยให้การออกแบบผนังอิฐมีความแม่นยำสูง สถาปนิกสามารถจำลองการเรียงอิฐทุกก้อนในแบบจำลอง 3 มิติ ทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้อง ลดความผิดพลาดและสื่อสารกับผู้ก่อสร้างได้อย่างชัดเจน ยิ่งไปกว่านั้น เครื่องมือออกแบบเชิงพาราเมตริก (Parametric Design Tools) ยังช่วยให้สามารถสร้างสรรค์รูปทรงและลวดลายที่ซับซ้อนได้อย่างอิสระ ซึ่งในอดีตเป็นเรื่องที่ทำได้ยากมากด้วยการเขียนแบบ 2 มิติ

6.3.2 การก่อสร้างและการประกอบ (Construction and Assembly): หุ่นยนต์ก่ออิฐ (Bricklaying Robots) กำลังจะกลายเป็นผู้เปลี่ยนเกมในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ด้วยความสามารถในการทำงานที่รวดเร็ว แม่นยำ และต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง หุ่นยนต์เหล่านี้สามารถลดระยะเวลาและต้นทุนการก่อสร้างได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ งานวิจัยล่าสุดของ Yu et al. (2025) ยังได้นำเสนอการใช้ ความเป็นจริงขยาย (Extended Reality - XR) ร่วมกับแขนกลหุ่นยนต์ในการควบคุมงานบูรณะซ่อมแซมอาคารประวัติศาสตร์จากระยะไกล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการผสานทักษะของช่างฝีมือเข้ากับความแม่นยำของเครื่องจักร เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพและความถูกต้องสูงสุด

การบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลตลอดทั้งกระบวนการ ตั้งแต่การออกแบบไปจนถึงการก่อสร้าง กำลังนำไปสู่กระบวนทัศน์ใหม่ของ "สถาปัตยกรรมอิฐดิจิทัล" ที่ซึ่งประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และความคิดสร้างสรรค์ สามารถดำเนินไปพร้อมกันได้อย่างลงตัว

7. อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุอิฐประเภทต่าง ๆ ในงานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์อันซับซ้อนระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพ ประสิทธิภาพเชิงวิศวกรรม ต้นทุนการผลิต และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมิอาจตัดสินได้อย่างง่ายดายว่าวัสดุชนิดใดมีคุณสมบัติที่ดีที่สุดในทุกมิติ การเลือกใช้วัสดุจึงขึ้นอยู่กับการให้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ตามบริบทของสถาปัตยกรรมนั้น ๆ

การประเมินความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างความแข็งแกร่งและความเป็นฉนวน จากข้อมูลจากตารางที่ 1 (กำลังอัด) และตารางที่ 3 (ค่าการนำความร้อน) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงผกผันที่ชัดเจนระหว่างสมรรถนะเชิงกลและสมรรถนะเชิงความร้อน อิฐทนไฟ มี กำลังอัด สูงสุด (มากกว่า 20 MPa) แต่มี ค่าการนำความร้อน สูง (1.0 - 2.0 W/m·K) ซึ่งบ่งชี้ถึงสมรรถนะความเป็นฉนวนที่ต่ำ ในทางตรงกันข้าม อิฐมวลเบา (AAC) มี ค่าการนำความร้อน ต่ำที่สุด (0.1 - 0.2 W/m·K) ซึ่งเป็นเลิศในด้านการประหยัดพลังงาน แต่มี กำลังอัดต่ำ (3 - 8 MPa) การค้นพบนี้ตอกย้ำว่า การออกแบบที่เน้นความแข็งแกร่งเชิงโครงสร้างสูงสุดเพียงอย่างเดียว อาจส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร

การประเมินความยั่งยืนผ่านความหนาแน่นและต้นทุน จากข้อมูลตารางที่ 2 (ความหนาแน่น) และตารางที่ 6 (ต้นทุนผลิต) ให้ข้อมูล

เชิงลึกเกี่ยวกับมิติของความยั่งยืนและเศรษฐศาสตร์ อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick) มีความหนาแน่นต่ำ (1,000 - 1,600 kg/m³) และมีต้นทุนผลิตสัมพัทธ์ที่สามารถแข่งขันได้ (120% เมื่อเทียบกับอิฐมอญดินเผา) ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการลดภาระการขนส่งและลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม อิฐบล็อกคอนกรีต ยังคงเป็นผู้นำด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยต้นทุนผลิตที่ต่ำที่สุด (70% ของอิฐมอญดินเผา) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้วัสดุนี้ยังคงเป็นที่นิยมในโครงการที่ให้ความสำคัญกับต้นทุนเริ่มต้นเป็นหลัก

การประเมินความสามารถในการทนทานและการใช้งานจริง การวิเคราะห์คุณสมบัติการทนทานจากตารางที่ 4 (การดูดซึมน้ำ) และตารางที่ 5 (ความต้านทานไฟ) ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างที่สำคัญ อิฐทนไฟ มีการดูดซึมน้ำต่ำที่สุด (น้อยกว่า 5%) ซึ่งบ่งชี้ถึงความทนทานต่อสภาพแวดล้อมสูง ในขณะที่ อิฐมวลเบา และ อิฐประหยัดพลังงาน มีช่วงการดูดซึมน้ำที่กว้างกว่า (10 - 30% และ 15 - 25% ตามลำดับ) ซึ่งอาจต้องมีการพิจารณามาตรการป้องกันความชื้นเพิ่มเติมในการใช้งานจริง อย่างไรก็ตาม อิฐมวลเบา แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการ ทนไฟ ที่โดดเด่นที่สุด (2 - 6 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างที่มีรูพรุนสูง ทำให้เป็นทางเลือกที่ปลอดภัยในบริบทของการออกแบบอาคารสูง

จากบทบาทของอิฐพื้นถิ่นไทยและเทคโนโลยีดิจิทัล อิฐมอญดินเผา ซึ่งเป็นตัวแทนของภูมิปัญญาท้องถิ่น มีความสมดุลที่ดีในหลายด้าน โดยมี กำลังอัด ในระดับที่ยอมรับได้ (10 - 40 MPa) และมีประสิทธิภาพกันเสียง (STC 38 - 42 dB) ที่เทียบเคียงได้กับอิฐมวลเบาและอิฐบล็อกคอนกรีต (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาผลิตที่ยาวนาน (14 - 21 วัน) และค่าการนำความร้อนที่สูง (0.6 - 1.0 W/m·K) บ่งชี้ถึงความจำเป็นในการบูรณาการ เทคโนโลยีดิจิทัล และ วิศวกรรมเพื่อลดระยะเวลาการผลิต (ตารางที่ 6) และปรับปรุงสมรรถนะเชิงความร้อน เพื่อให้วัสดุพื้นถิ่นสามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดสมัยใหม่และมาตรฐานความยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประเด็นสำคัญที่ได้จากการตีความผลการวิจัยคือ ภาวะได้อย่างเสียอย่าง (Trade-off) ระหว่างคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของอิฐแต่ละชนิด อิฐพื้นถิ่นของไทย (Thai Vernacular Brick) แสดงให้เห็นถึงความสมดุลของคุณสมบัติที่น่าสนใจ โดยมีความแข็งแรงในการรับแรงอัด (Compressive Strength) ในระดับที่เพียงพอสำหรับการใช้งานทั่วไป และมีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนที่ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการเป็นวัสดุที่ถูกพัฒนาและใช้งานในสภาพอากาศร้อนชื้นมาอย่างยาวนาน อย่างไรก็ตาม จุดอ่อนที่สำคัญคือระยะเวลาการผลิตที่ยาวนานที่สุด (14-21 วัน) และกำลังอัดที่อาจน้อยกว่าอิฐมาตรฐานสากลบางประเภท เหตุผลเบื้องหลังปรากฏการณ์นี้หยั่งรากลึกในกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมที่อาศัยการควบคุมจากธรรมชาติและภูมิปัญญาชาวบ้านมากกว่าเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูง การขาดกระบวนการอัดด้วยแรงดันสูง (High-pressure Compaction) และการควบคุมอุณหภูมิในการเผาที่ไม่สม่ำเสมอทำให้ความหนาแน่นและโครงสร้างผลึกภายในเนื้อวัสดุไม่สมบูรณ์เท่าอิฐอุตสาหกรรมสมัยใหม่ ส่งผลให้มีกำลังอัดต่ำกว่าโดยเปรียบเทียบ

ในทางตรงกันข้าม เทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในฐานะตัวเร่ง (Accelerator) ที่พลิกโฉมวงการวัสดุก่อสร้างอย่างมีนัยสำคัญ ดังจะเห็นได้จากกรณีของ อิฐมวลเบา (AAC) และ อิฐประหยัดพลังงาน (Bio-brick) เทคโนโลยีการผลิตที่ก้าวหน้าไม่เพียงแต่ช่วยลดระยะเวลาการผลิตลงอย่างมาก แต่ยังเปิดโอกาสให้สามารถออกแบบและควบคุมคุณสมบัติของวัสดุได้อย่างแม่นยำ อิฐมวลเบามีคุณสมบัติเป็นฉนวนความร้อนดีเยี่ยมและมีน้ำหนักเบา อันเป็นผลมาจากเทคโนโลยีการสร้างฟองอากาศในเนื้อคอนกรีต ซึ่งต้องแลกมาด้วยต้นทุนที่สูงขึ้นและความแข็งแรงที่ลดลง ในขณะที่อิฐประหยัดพลังงานแสดงให้เห็นถึงนวัตกรรมที่มุ่งสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพด้านสิ่งแวดล้อมและคุณสมบัติการใช้งาน โดยมีกระบวนการผลิตที่รวดเร็วและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น บทบาทของเทคโนโลยีในฐานะตัวเร่งจึงไม่ได้จำกัดอยู่แค่ความเร็ว แต่ยังรวมถึงการสร้างวัสดุที่มีคุณสมบัติเฉพาะทางเพื่อตอบสนองความต้องการที่ซับซ้อนของสถาปัตยกรรมสมัยใหม่

การเกิดขึ้นของวัสดุที่หลากหลายนี้ย่อมส่ง ผลกระทบต่อการออกแบบสถาปัตยกรรมไทยในอนาคต อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ สถาปนิกและนักออกแบบไม่จำเป็นต้องจำกัดอยู่กับข้อจำกัดของวัสดุแบบดั้งเดิมอีกต่อไป แต่สามารถเลือกใช้วัสดุเชิงกลยุทธ์เพื่อสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมที่ตอบโจทย์ทั้งในด้านสุนทรียศาสตร์ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, และความยั่งยืน อนาคตของสถาปัตยกรรมไทยอาจมีแนวโน้มไปสู่ สถาปัตยกรรมแบบผสมผสาน (Hybrid Architecture) ที่มีการนำอิฐพื้นถิ่นมาใช้ในส่วนที่ต้องการแสดงอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมและความงามแบบดั้งเดิม ควบคู่ไปกับการใช้วัสดุนวัตกรรมใหม่เช่นอิฐมวลเบาในส่วนผนังที่ไม่ได้รับน้ำหนักเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเป็นฉนวน หรือใช้อิฐกำลังอัดสูงในส่วนโครงสร้างที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ แนวทางนี้ไม่เพียงแต่จะสร้างอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่ยังเป็นการสืบทอดและต่อยอดมรดกทางสถาปัตยกรรมของไทยให้เข้ากับยุคสมัยใหม่ได้อย่างลงตัว

อย่างไรก็ดี การศึกษานี้มี ข้อจำกัด (Limitations) บางประการที่ต้องพิจารณาประกอบการตีความผลลัพธ์ ประการแรก การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงเอกสารซึ่งข้อมูลคุณสมบัติต่าง ๆ มาจากแหล่งทุติยภูมิที่อาจมีมาตรฐานการทดสอบและบริบทการผลิตที่แตกต่างกัน ประการที่สอง ข้อมูลด้านต้นทุนเป็นเพียงค่าเปรียบเทียบเชิงสัมพัทธ์ซึ่งอาจไม่สะท้อนราคาตลาดที่แท้จริง และประการสุดท้าย การวิเคราะห์ยังขาดมุมมองของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (LCA) อย่างครบถ้วน ซึ่งจะทำให้เห็นภาพรวมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์องค์ความรู้ที่แสดงให้เห็นถึงการเดินทางอันยาวนานและไม่เคยหยุดนิ่งของวัสดุอิฐ จากจุดเริ่มต้นในฐานะวัสดุพื้นถิ่นในอารยธรรมโบราณ สู่การเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม และกำลังก้าวเข้าสู่การเป็นวัสดุนวัตกรรมในยุคดิจิทัล พัฒนาการของอิฐถูกขับเคลื่อนโดยความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปของสังคมในแต่ละยุคสมัย ทั้งในด้านโครงสร้าง สุนทรียภาพ เศรษฐกิจ และล่าสุดคือความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม ผลการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบสมรรถนะของอิฐประเภทต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลเชิงปริมาณจากตารางที่ 1 ถึง 7 เป็นหลัก ผลการวิจัยยืนยันว่า การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างในปัจจุบันต้องเผชิญกับความท้าทายในการสร้างความสมดุลระหว่างความแข็งแกร่งเชิงวิศวกรรม ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม

ความสำคัญคือความสัมพันธ์เชิงแลกเปลี่ยนแบบผกผันระหว่างสมรรถนะเชิงกลและความร้อน โดยอิฐที่มี กำลังอัด สูงสุด (อิฐทนไฟ > 20 MPa) มักจะมี ค่าการนำความร้อน สูง (1.0 - 2.0 W/m·K) ในขณะที่อิฐมวลเบาซึ่งมี ค่าการนำความร้อน ต่ำที่สุด (0.1 - 0.2 W/m·K) มี กำลังอัด ต่ำ (3 - 8 MPa) นอกจากนี้ อิฐมวลเบา ยังแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการ ทนไฟ ที่โดดเด่นที่สุด (2 - 6 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญด้านความปลอดภัย

จากข้อมูลยังชี้ให้เห็นว่า อิฐมอญดินเผา ซึ่งเป็นตัวแทนของภูมิปัญญาท้องถิ่น มีความสมดุลที่ดีในด้าน กำลังอัด (10 - 40 MPa) และประสิทธิภาพกันเสียง (STC 38 - 42 dB) แต่มีข้อจำกัดด้าน ระยะเวลาผลิตที่ยาวนาน (14 - 21 วัน) และ ค่าการนำความร้อน ที่สูง (0.6 - 1.0 W/m·K) ซึ่งตอกย้ำความจำเป็นในการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อยกระดับสมรรถนะ

ดังนั้น บทสรุปของงานวิจัยนี้จึงเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการเปลี่ยนผ่านไปสู่ กลยุทธ์การใช้วัสดุแบบผสมผสาน โดยการเลือกใช้วัสดุตามจุดแข็งเฉพาะด้านของวัสดุ เพื่อให้เกิดความสมดุลระหว่างความแข็งแกร่งทางวิศวกรรม ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย สามารถให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายได้ดังนี้

- ภาครัฐควรให้การสนับสนุนทุนวิจัยและสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและภาคเอกชน เพื่อเร่งผลักดันการพัฒนานวัตกรรมอิฐที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้สามารถนำไปใช้ได้จริงในเชิงพาณิชย์

- ควรมีมาตรการลดหย่อนภาษีสำหรับผู้ผลิตและผู้พัฒนาโครงการที่เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ได้รับการรับรองว่าเป็นผลิตภัณฑ์สีเขียว (Green Products) เพื่อสร้างแรงจูงใจและกระตุ้นให้เกิดการยอมรับในตลาดวงกว้าง

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ควรร่วมมือกับสมาคมวิชาชีพและสถาบันการศึกษาในการพัฒนาและปรับปรุงมาตรฐานสำหรับอิฐนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย สามารถให้ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการได้ดังนี้

- ควรมีการทำวิจัยเชิงลึกเพื่อประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอิฐนวัตกรรมประเภทต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอิฐแบบดั้งเดิม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงปริมาณที่ชัดเจนสำหรับการตัดสินใจเลือกใช้วัสดุ

- ควรมีการศึกษาและติดตามผลคุณสมบัติด้านความทนทานและความคงทนในระยะยาวของอิฐที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ เพื่อสร้างความมั่นใจในการนำไปใช้งานจริง

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย สามารถให้ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

- ควรมีการวิจัยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติสำหรับการผลิตและก่อสร้างอิฐที่เหมาะสมกับบริบทของอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศไทย ซึ่งอาจมีขนาดเล็กและมีความต้องการที่ยืดหยุ่นกว่าในต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

[1] ASTM International. (2017). Standard Specification for Building Brick (Solid Masonry Units Made From Clay or Shale) (ASTM C62-17).

[2] Autodesk. "Robotic brick laying." Autodesk.com Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] แหล่งที่มา: https://www.autodesk.com/research/publications/robotic-brick-laying

[3] Brick Industry Association. "History of Brick." gobrick.com Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] Available: https://www.gobrick.com/about-brick/history

[4] Brick Industry Association. "Material Properties of Brick." gobrick.com. Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] Available: https://www.gobrick.com/media/file/3a-brick-masonry-material-properties.pdf

[5] Brickability. "Ultra Low Carbon Bricks | K-BRIQ®." Brickability.com Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] Available: https://brickability.co.uk/news/introducing-k-briq-the-ultra-low-carbon-brick

[6] Hammond, G., & Jones, C. (2011). Embodied Carbon - The Inventory of Carbon and Energy (ICE). BSRIA.

[7] Kanchanapiya, P., Methacanon, P., & Kiatkamjornwong, S. (2018). Techno-economic analysis of light weight concrete block development from polyisocyanurate foam waste. Resources, Conservation and Recycling, 139, 111-121.

[8] Kara, C. E., Cosgun, T., & Meseci, E. (2021). Evolution of Brick Architecture Through Digital Tools and Technologies. Gazi University Journal of Science Part B: Art, Humanities, Design and Planning, 9(3), 549-565.

[9] Kenoteq Ltd. "K-BRIQ - Low Carbon Building Materials." Kenoteq. Accessed: Jan. 30, 2026. [Online.] Available: https://www.kenoteq.com/k-briq

[10] Li, F., et al. (2020). Fundamental Properties and Thermal Transferability of Autoclaved Aerated Concrete (AAC) Self-insulation Block. Journal of Materials in Civil Engineering, 32(5), 04020083.

[11] Maaze, M. R., & Shrivastava, S. (2023). Selection of eco-friendly alternative brick for sustainable development; a study on technical, economic, environmental and social feasibility. Construction and Building Materials, 403, 133087.

[12] Optimist Daily. "Designers in Thailand: Turning elephant dung into bricks." optimistdaily.com. Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] Available: https://www.optimistdaily.com/2022/01/these-designers-in-thailand-are-turning-elephant-dung-into-bricks/

[13] Peters, B. "Building Bytes 3D printed bricks." Dezeen. Accessed: Jan. 15, 2026. [Online.] Available: https://www.dezeen.com/2013/03/12/building-bytes-3d-printed-bricks-by-brian-peters/

[14] Sangiamsak, N., Thongbai, P., & Suwan, T. (2025). Development of Unfired Clay Bricks with Alumina Waste and Para Rubber Latex for Sustainable Building Materials. Sustainability, 17(14), 6424.

[15] Saphongxay, K., & Tuakta, C. (2022). Industrial wastewater sludge as potential filler materials for fabrication of lightweight concrete blocks. Suranaree Journal of Science and Technology, 29(4).

[16] Yu, B., Gong, Y., Luo, J., & Fingrut, A. (2025). Integrating CAD and extended robotics for masonry restoration: a scalable workflow for historic and heritage buildings (HHBs). npj Heritage Science, 13(1), 531.

[17] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2533). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อกกลวงรับน้ำหนัก (มอก. 57-2533). กระทรวงอุตสาหกรรม.

[18] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2560). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คอนกรีตบล็อก (มอก. 58-2560). กระทรวงอุตสาหกรรม.

[19] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2545). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อิฐไม่เผา (มอก. 77-2545). กระทรวงอุตสาหกรรม.

[20] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2565). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอิฐก่อสร้างสามัญ (มอก. 77-2565).

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

ระบบระบายความร้อนใต้หลังคาในอาคารแนวราบเขตร้อนชื้น: การสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบเพื่อการออกแบบ

Attic Ventilation Systems in Low-Rise Buildings in Hot–Humid Climates: A Comparative Synthesis for Design

กรณ์ภวิษย์ คูศุภรเจริญ อานนท์ อนันต์อาชา และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

พื้นที่ใต้หลังคาเป็นบริเวณสำคัญที่มีการสะสมความร้อนสูงในอาคารแนวราบ โดยเฉพาะในภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมักมีข้อจำกัดด้านการไหลเวียนอากาศ งานวิจัยที่ผ่านมาได้เสนอแนวทางการระบายความร้อนใต้หลังคาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ช่องระบายอากาศตามธรรมชาติ ระบบหลังคาแบบมีโพรงระบายอากาศ ปล่องแสงอาทิตย์ และระบบผสม อย่างไรก็ตาม งานวิจัยส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการประเมินสมรรถนะของ ระบบใดระบบหนึ่งภายใต้เงื่อนไขเฉพาะส่วนทดลอง หรือเป็นกรณีศึกษาในบริบทอาคารเพียงประเภทเดียว ส่งผลให้ผลการศึกษามักไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบข้ามระบบหรือข้ามประเภทอาคารได้ จึงเกิดช่องว่างของการเลือกใช้ระบบระบายความร้อนใต้หลังคา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนและสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระบบการระบายความร้อนใต้หลังคาและการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยรวบรวมและวิเคราะห์งานวิจัยเชิงทดลองและเชิงจำลองจำนวน n = จำนวนงาน ที่ศึกษาในบริบทอาคารแนวราบในเขตร้อนและเขตร้อนชื้น ตัวชี้วัดหลักที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT attic) อัตราการถ่ายเทอากาศ air change rate.(ACH) ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน และการลดภาระพลังงานในการทำความเย็นของอาคาร

ผลการสังเคราะห์พบว่า ระบบระบายอากาศใต้หลังคาที่ทำงานร่วมกับมาตรการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์สามารถลดอุณหภูมิใต้หลังคาได้ประมาณ 5–12 องศาเซลเซียส ขณะที่ระบบผสมซึ่งอาศัยแรงลอยตัวจากความร้อนร่วมกับกลไกช่วยดูดอากาศสามารถเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้ประมาณ 2–4 เท่า ภายใต้สภาวะลมต่ำ งานวิจัยนี้ได้จัดทำกรอบแนวคิดการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ ตารางเลือกใช้ระบบตามประเภทอาคาร และผังการตัดสินใจเลือกใช้ระบบระบายความร้อนใต้หลังคา ซึ่งนำเสนอในรูปของ แผนภาพประกอบ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยกำหนดแนวทางการออกแบบและการเลือกใช้ระบบให้เหมาะสมกับอาคารแนวราบในภูมิอากาศร้อนชื้น

คำสำคัญ: การระบายความร้อนใต้หลังคา ปล่องแสงอาทิตย์ อาคารเขตร้อนชื้น การสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ อาคารพลังงานต่ำ

Abstract

Attic spaces are critical zones of heat accumulation in low-rise buildings, particularly in hot–humid climates where roofs are directly exposed to solar radiation and air movement is often limited. Previous studies have proposed various attic cooling strategies, including natural ventilation, ventilated roof systems, solar chimneys, and hybrid approaches. However, most existing research focuses on evaluating the performance of a single system under specific experimental conditions or within a single building typology. As a result, the findings are often not directly comparable across different systems or building types, creating a gap in systematic decision-making for attic cooling system selection. This study aims to review and comparatively synthesize attic ventilation and solar heat mitigation strategies by analyzing n = [number] experimental and numerical studies conducted in low-rise buildings within tropical and hot–humid climates. The key performance indicators used in the analysis include attic air temperature reduction (ΔT_attic), air change rate (ACH), ceiling heat flux, and the reduction in cooling energy demand.

The synthesis results indicate that attic ventilation systems integrated with solar heat mitigation measures can reduce attic air temperature by approximately 5–12 °C, while hybrid systems combining buoyancy-driven airflow with assisted exhaust mechanisms can increase ventilation rates by approximately 2–4 times under low-wind conditions. To facilitate practical design application, this study develops a comparative synthesis framework, a system selection matrix by building type, and a design decision-support flowchart for attic cooling strategies. These tools are presented as schematic diagrams to support systematic design guidance and system selection for low-rise buildings in hot–humid climates

Keywords: Attic ventilation, Solar chimney, Hot–humid buildings, Comparative synthesis, Low-energy buildings

1. บทนำ

ภาคอาคารเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่ใช้พลังงานสูงที่สุดของโลก โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายประมาณร้อยละ 35–40 ของการใช้พลังงานทั้งหมด และมีส่วนรับผิดชอบต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับใกล้เคียงกัน [1,2] พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารกว่า 60% ถูกใช้เพื่อการปรับอากาศและการควบคุมสภาวะความสบายเชิงความร้อน โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อนและเขตร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิภายนอกสูงตลอดทั้งปีและได้รับผลกระทบเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง [1–3] ในบริบทดังกล่าว หลังคาอาคารทำหน้าที่เป็นพื้นผิวรับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลสูงต่อพฤติกรรมความร้อนของอาคาร งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่า ร้อยละ 50–70 ของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบอาคารในเขตร้อนจะถูกดูดซับโดยพื้นผิวหลังคา ส่งผลให้เกิดการสะสมความร้อนในโครงสร้างหลังคาและพื้นที่ใต้หลังคา [4,5] ความร้อนดังกล่าวสามารถถ่ายเทลงสู่พื้นที่ใช้งานภายในอาคารผ่านกระบวนการแผ่รังสี การนำ และการพาความร้อน ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นและเพิ่มภาระการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ [6]

พื้นที่ใต้หลังคา (Attic space) จึงถือเป็น "โซนวิกฤต" ทางความร้อนของอาคารแนวราบในเขตร้อนชื้น งานวิจัยเชิงทดลองและการจำลองเชิงตัวเลขจำนวนมากรายงานว่า อุณหภูมิอากาศใต้หลังคาในช่วงกลางวันสามารถสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก 10–25 องศาเซลเซียส หากไม่มีมาตรการควบคุมที่เหมาะสม ส่งผลให้ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดานเพิ่มขึ้นและลดประสิทธิภาพของมาตรการฉนวนเพียงอย่างเดียว [6,7]

เพื่อลดปัญหาดังกล่าว งานวิจัยที่ผ่านมาได้เสนอแนวทางการระบายความร้อนใต้หลังคาในหลากหลายรูปแบบ เช่น การจัดช่องลมเข้า–ออกตามธรรมชาติบริเวณชายคาและสันหลังคา (Soffit–ridge ventilation) การออกแบบหลังคาแบบมีโพรงอากาศระบายได้ (Ventilated roof cavity) การติดตั้งอุปกรณ์ช่วยดูดอากาศ เช่น ลูกหมุนระบายอากาศบนหลังคา (Turbine ventilator) ตลอดจนการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ (Solar chimney หรือ Roof solar collector) เพื่อเพิ่มแรงลอยตัวจากความร้อน [5,8] นอกจากนี้ งานวิจัยร่วมสมัยยังให้ความสนใจกับการผสมผสานมาตรการระบายอากาศเข้ากับการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ เช่น การใช้วัสดุสะท้อนรังสี การเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อน และการใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase change materials: PCM) เพื่อยกระดับสมรรถนะของระบบหลังคาในภาพรวม [9,10] แม้ว่ามาตรการดังกล่าวจะแสดงศักยภาพในการลดอุณหภูมิใต้หลังคาและลดภาระพลังงานความเย็นของอาคาร แต่ภาพรวมของงานวิจัยในปัจจุบันยังคงมีข้อจำกัดหลายประการ งานส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการประเมินสมรรถนะของระบบเดี่ยวหรือกรณีศึกษาเฉพาะพื้นที่ ทำให้ผลลัพธ์ยากต่อการเปรียบเทียบข้ามระบบและข้ามประเภทอาคาร อีกทั้งตัวชี้วัดที่ใช้ในการรายงานผลมีความหลากหลายและยังขาดการเชื่อมโยงเชิงระบบเข้ากับการตัดสินใจออกแบบอาคารแนวราบในบริบทเขตร้อนชื้นอย่างชัดเจน [6,8]

ภายใต้สภาวะความร้อนที่รุนแรงขึ้นในปัจจุบันและความจำเป็นในการลดการใช้พลังงานในภาคอาคาร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาองค์ความรู้เชิงสังเคราะห์ที่สามารถเชื่อมโยงกลไกการระบายความร้อนใต้หลังคา การหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และประเภทอาคารเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการทบทวนและสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อจัดทำกรอบแนวคิดและแนวทางการเลือกใช้ระบบระบายความร้อนใต้หลังคาที่เหมาะสมกับอาคารแนวราบในภูมิอากาศร้อนชื้น และสนับสนุนการออกแบบอาคารพลังงานต่ำในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบการระบายความร้อนใต้หลังคาจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยใช้ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ

2.2 เพื่อสังเคราะห์แนวโน้มและกลไกการทำงานของระบบระบายความร้อนใต้หลังคาและการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในอาคารประเภทต่าง ๆ

2.3 เพื่อพัฒนาแนวทางการเลือกใช้วิธีการระบายความร้อนและการออกแบบระบบระบายความร้อนใต้หลังคาให้เหมาะสมกับอาคารแนวราบในภูมิอากาศร้อนชื้น

3. ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทบทวนและสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบจากงานวิจัยที่มีอยู่ (Review-based comparative synthesis) โดยไม่รวมการทดลองภาคสนามหรือการจำลองเชิงตัวเลขใหม่ ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมอาคารแนวราบ ได้แก่ บ้านพักอาศัย อาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์ และอาคารที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ เช่น อาคารอุตสาหกรรมหรืออาคารเอนกประสงค์ ภายใต้บริบทภูมิอากาศร้อนและร้อนชื้น ซึ่งเป็นบริบทที่พบปัญหาการสะสมความร้อนใต้หลังคาและภาระการใช้พลังงานความเย็นในระดับสูง [1–3] โดยนำงานวิจัยมาวิเคราะห์ คัดเลือกจากวรรณกรรมที่ผ่านการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการและเอกสารการประชุมวิชาการ โดยสามารถจำแนกตาม ประเภทอาคาร และ ลักษณะวิธีการศึกษา ได้ดังนี้

3.1 จำแนกตามประเภทอาคาร

3.1.1 งานวิจัยที่ศึกษา อาคารพักอาศัยแนวราบ (บ้านเดี่ยวและบ้านแฝด) จำนวน 18–22 งาน ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาผลของการระบายอากาศใต้หลังคา การใช้ช่องลมตามธรรมชาติ และการผสมผสานมาตรการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ต่ออุณหภูมิใต้หลังคาและภาระพลังงานของอาคาร [4–6]

3.1.2 งานวิจัยที่ศึกษา อาคารพักอาศัยแบบชิดติดกัน (ทาวน์เฮาส์ / อาคารแถว) จำนวน 10 งาน โดยมุ่งเน้นการแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านการเข้าถึงลมธรรมชาติ และบทบาทของระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อน เช่น ปล่องแสงอาทิตย์และระบบผสม [7–9]

3.1.3 งานวิจัยที่ศึกษา อาคารที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ (โรงงาน คลังสินค้า หรืออาคารเอนกประสงค์) จำนวน 12 งาน ซึ่งให้ความสำคัญกับระบบหลังคาแบบมีโพรงระบายอากาศ การควบคุมรังสีความร้อน และผลกระทบต่ออุณหภูมิและฟลักซ์ความร้อนผ่านหลังคาในภาพรวม [10–12]

3.2 จำแนกตามลักษณะวิธีการศึกษา

3.2.1 งานวิจัยเชิงทดลองภาคสนาม (Field experiment) จำนวน 18 งาน ซึ่งรายงานผลการวัดอุณหภูมิใต้หลังคา อัตราการถ่ายเทอากาศ และการถ่ายเทความร้อนในสภาพใช้งานจริง [4,7,10]

3.2.2 งานวิจัยเชิงจำลองทางตัวเลข (Numerical simulation / CFD / energy simulation) จำนวน 22 งาน โดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศและการถ่ายเทความร้อนเพื่อวิเคราะห์ผลของรูปแบบระบบและเงื่อนไขแวดล้อมที่แตกต่างกัน [6,9,11]

3.2.3 งานวิจัยเชิงทบทวนหรือเชิงเปรียบเทียบที่มีข้อมูลเชิงปริมาณ จำนวน 7 งาน ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการสังเคราะห์แนวโน้มเชิงสมรรถนะและการจัดทำกรอบการเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ [2,3,12]

จากการคัดเลือกดังกล่าว รวมจำนวนงานที่ทดรองวิจัยที่ใช้ในการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบทั้งหมด 45 งาน การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นตัวชี้วัดด้านสมรรถนะเชิงความร้อนและการระบายอากาศ ได้แก่ การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT attic) อัตราการถ่ายเทอากาศ (Air change rate. ACH) ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน และแนวโน้มการลดภาระพลังงานความเย็นของอาคาร มากกว่าการวิเคราะห์เชิงลึกในระดับรายละเอียดของอุปกรณ์หรือการปรับแต่งเชิงกลไกเฉพาะระบบ เพื่อให้ผลการสังเคราะห์สามารถนำไปใช้เป็นกรอบการตัดสินใจเชิงออกแบบสำหรับอาคารแนวราบในเขตร้อนชื้นได้อย่างเป็นระบบ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เกิดปัจจัยเชิงสังเคราะห์ด้านการระบายความร้อนใต้หลังคาในบริบทเขตร้อนชื้น

2. สนับสนุนการออกแบบอาคารพลังงานต่ำด้วยกลยุทธ์เชิงรับ (passive design)

3. เป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจสำหรับสถาปนิกและวิศวกรในการเลือกใช้ระบบให้เหมาะสมกับประเภทอาคาร

4. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนดนโยบายและแนวทางส่งเสริมอาคารประหยัดพลังงานและความยั่งยืน

5. แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้อาศัยแนวคิดและทฤษฎีหลัก 4 กลุ่ม ได้แก่

5.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

ซึ่งประกอบด้วยการแผ่รังสี การนำ และการพาความร้อน โดยเฉพาะการแผ่รังสีจากพื้นผิวหลังคาที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนหลักของพื้นที่ใต้หลังคา

5.2 การระบายอากาศจากแรงลอยตัว (Buoyancy-driven ventilation)

ซึ่งเป็นกลไกสำคัญของระบบปล่องแสงอาทิตย์และหลังคาที่มีโพรงระบายอากาศ โดยเฉพาะในสภาวะลมต่ำ

5.3 การระบายอากาศจากแรงลม (wind-driven ventilation)

ซึ่งมีบทบาทเด่นในระบบช่องลมตามธรรมชาติและมีประสิทธิภาพสูงในอาคารที่สามารถรับลมภายนอกได้ดี

5.4 แนวคิดการหน่วงความร้อนและการลดรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

ซึ่งครอบคลุมการใช้วัสดุสะท้อนรังสี การเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อน และการหน่วงเวลาการถ่ายเทพลังงานความร้อนลงสู่พื้นที่ใช้งาน

แนวคิดเหล่านี้ถูกใช้เป็นกรอบในการตีความผลลัพธ์เชิงปริมาณจากงานวิจัยที่ทบทวน และเป็นฐานในการอธิบายแนวโน้มเชิงสมรรถนะที่ปรากฏในผลการสังเคราะห์

6. ระเบียบวิธีวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทบทวนและสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ โดยมีขั้นตอนหลัก 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การสืบค้นและคัดเลือกงานวิจัยจากฐานข้อมูลวิชาการนานาชาติ

2. การกำหนดเกณฑ์ในการเปียบเทียบ โดยพิจารณาเฉพาะงานที่รายงานตัวชี้วัดเชิงปริมาณด้านความร้อนและการระบายอากาศ

3. การสังเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT-attic) อัตราการถ่ายเทอากาศ (ACH) ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน และแนวโน้มการลดภาระพลังงานความเย็น

4. การจัดกลุ่มงานวิจัยตามประเภทอาคารและประเภทระบบระบายความร้อนใต้หลังคา

5. การสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและจัดทำตารางผลการศึกษาพร้อมทั้งพัฒนา ตารางเลือกใช้ระบบตามประเภทอาคาร

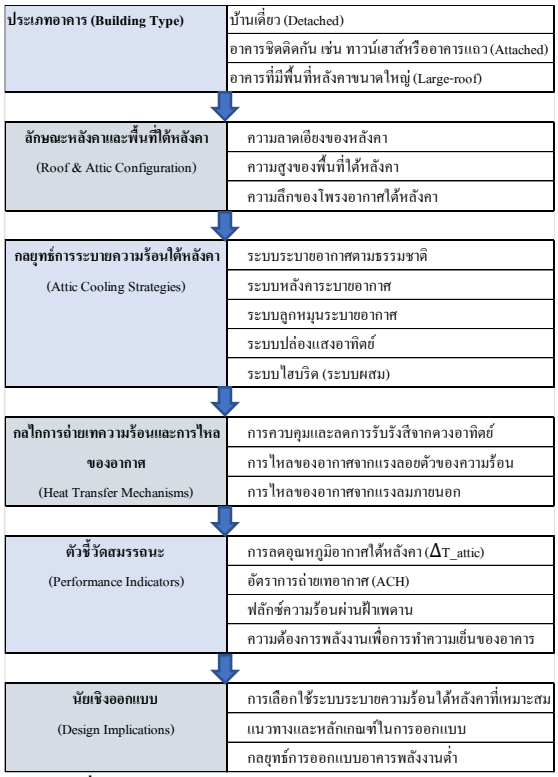
6. การสรุปแนวทางการเลือกใช้และออกแบบระบบในรูปของผังการตัดสินใจ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการออกแบบเชิงปฏิบัติ

7.การรวบรวมข้อมูล

จากฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ของบทความ (Evidence Base) ทำหน้าที่รวบรวมและสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในรูปแบบตารางเดียวกันทุกแถว โดยแสดงประเภทอาคาร วิธีการศึกษา ตัวแปร ตัวชี้วัด และผลลัพธ์เชิงปริมาณ เป็นหลักฐานรองรับการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและข้อเสนอเชิงออกแบบในบทความสามารถแจกแจงได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางสรุปแจกแจงข้อมูลงานวิจัยที่ใช้ในการศึกษา

รูป/ ตาราง วิเคราะห์ข้อมูล	บทบาทในงานวิจัย
รูปที่ 1	**กรอบแนวคิดการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ (Conceptual Synthesis Framework)** ทำหน้าที่อธิบายความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างประเภทอาคาร ระบบระบายความร้อนใต้หลังคา กลไกการถ่ายเทความร้อน ตัวชี้วัดสมรรถนะ และนัยต่อการออกแบบ เป็นฐานแนวคิดสำหรับการจัดหมวดหมู่ การสกัดข้อมูล และการสังเคราะห์ผลการศึกษาในบทความ
รูปที่ 2	**ตารางเลือกใช้ระบบตามประเภทอาคาร (System Selection by Building Type)** ทำหน้าที่สรุประดับความเหมาะสมของระบบระบายความร้อนใต้หลังคาแต่ละประเภทเมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะอาคารแนวราบ แปลงผลการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบให้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเชิงออกแบบ
รูปที่ 3	**ผังการตัดสินใจเพื่อสนับสนุนการออกแบบ (Design Decision-Support Tool)** ทำหน้าที่แสดงลำดับตรรกะในการเลือกใช้ระบบระบายความร้อนใต้หลังคา โดยพิจารณาจากเงื่อนไขสำคัญ เช่น การเข้าถึงลม ลักษณะการจัดวางอาคาร และขนาดพื้นที่หลังคา ช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกแนวทางที่เหมาะสมได้อย่างเป็นระบบ
ทบทวนตาราง	**ฐานข้อมูลเชิงประจักษ์ของบทความ (Evidence Base)** ทำหน้าที่รวบรวมและสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในรูปแบบตารางเดียวกันทุกแถว โดยแสดงประเภทอาคาร วิธีการศึกษา ตัวแปร ตัวชี้วัด และผลลัพธ์เชิงปริมาณ เป็นหลักฐานรองรับการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและข้อเสนอเชิงออกแบบในบทความ



รูปที่ 1 แสดงผังลำดับการแจกแจงตัวแปรงานวิจัย ทดลองขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางการกำหนดเกณฑ์ในการเปียบเทียบ งานวิจัยที่ใช้

หมวดเกณฑ์	รายละเอียด	ใช้ในการตัดสิน ✔	ใช้ในการตัดสิน ✘
ประเภทงานวิจัย	งานทดลองภาคสนาม หรือการจำลองเชิง	✔	
ประเภทอาคาร	อาคารแนวราบ มีพื้นที่ใต้หลังคาชัดเจน	✔	
ภูมิอากาศ	เขตร้อน หรือเขตร้อนชื้น	✔	
ตัวชี้วัดความร้อน	รายงาน ΔT_attic หรือ heat flux	✔	
ตัวชี้วัดการระบายอากาศ	รายงาน ACH หรือ airflow rate	✔	
ความสามารถในการเปรียบเทียบ	มีค่าเชิงปริมาณ หรือช่วงค่า (range)	✔	
งานเชิงแนวคิด	ไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณ		✘

ขั้นตอนที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการสังเคราะห์ข้อมูลตัวชี้วัดหลัก งานวิจัยที่ใช้

กลุ่มผู้วิจัย / ปี	ประเภทอาคาร	ระบบที่ศึกษา	การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (องศาเซลเซียส) ΔT_attic (°C)	อัตราการถ่ายเทอากาศต่อชั่วโมง (ครั้งต่อชั่วโมง) ACH (1/h)	ฟลักซ์ความร้อน ผ่านฝ้าเพดาน (วัตต์ต่อตารางเมตร) Heat flux (W/m²)	แนวโน้มพลังงาน
กลุ่ม A (2016)	บ้านเดี่ยว	Natural vent	4–6	6–10	8–12	ลด
กลุ่ม B (2019)	ทาวน์เฮาส์	Solar chimney	6–10	10–18	5–8	ลดมาก
กลุ่ม C (2023)	อาคารหลังคาใหญ่	Ventilated roof	5–8	8–12	6–9	ลด

ขั้นตอนที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางการจัดกลุ่มงานวิจัยตามประเภทอาคารงานวิจัยที่ใช้

ประเภทอาคาร	ระบบหลังคาระบายอากาศโดยธรรมชาติ (Natural Vent)	ระบบช่องหลังคาระบายอากาศโดยธรรมชาติ (Ventilated Roof)	ระบบลูกหมุนระบายอากาศ Turbine Vent	ระบบปล่องแสงอาทิตย์ (ปล่องโซลาร์)Solar Chimney	ระบบไฮบริด (ระบบผสม)Hybrid System	ตัวอย่างงานวิจัย
บ้านเดี่ยว	6 งาน	5 งาน	4 งาน	3 งาน	4 งาน	[4], [5], [6]
ทาวน์เฮาส์	2 งาน	4 งาน	3 งาน	6 งาน	7 งาน	[7], [8], [9]
อาคารหลังคาใหญ่	3 งาน	7 งาน	4 งาน	2 งาน	3 งาน	10], [11], [12]

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการคัดเลือกดังกล่าว รวมจำนวนงานวิจัยที่ใช้ในการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบทั้งหมดประมาณ n = 45 งาน การวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นตัวชี้วัดด้านสมรรถนะเชิงความร้อนและการระบายอากาศ ได้แก่ การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT-attic) อัตราการถ่ายเทอากาศ (Air change rate. ACH) ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน และแนวโน้มการลดภาระพลังงานความเย็นของอาคาร มากกว่าการวิเคราะห์เชิงลึกในระดับรายละเอียดของอุปกรณ์หรือการปรับแต่งเชิงกลไกเฉพาะระบบ เพื่อให้ผลการสังเคราะห์สามารถนำไปใช้เป็นกรอบการตัดสินใจเชิงออกแบบสำหรับอาคารแนวราบในเขตร้อนชื้นได้อย่างเป็นระบบ

ผลการรวบรวมตัวชี้วัดเชิงปริมาณจากงานวิจัยที่ผ่านการคัดเลือก (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่า ระบบการระบายความร้อนใต้หลังคาโดยแรงลมธรรมชาติในอาคารแนวราบสามารถลดอุณหภูมิอากาศ

ใต้หลังคา (ΔT-attic) ได้ในช่วงประมาณ 4–10 องศาเซลเซียส โดยช่วงค่าดังกล่าวมีความแตกต่างตามประเภทอาคารและกลไกการทำงาน ระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อน เช่น ปล่องแสงอาทิตย์ แสดงช่วงค่าการลดอุณหภูมิที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่พึ่งพาแรงลมเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในบริบทอาคารทาวน์เฮาส์ซึ่งมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงลมธรรมชาติ ในด้านอัตราการถ่ายเทอากาศ (ACH) ผลการรวบรวมข้อมูลพบว่าระบบที่มีแรงขับจากความร้อนสามารถเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้ในช่วงประมาณ 10–18 ครั้งต่อชั่วโมง ขณะที่ระบบระบายอากาศตามธรรมชาติและหลังคาระบายอากาศให้ค่า ACH ในช่วงปานกลางประมาณ 6–12 ครั้งต่อชั่วโมง แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนบทบาทของกลไกแรงลอยตัวในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายใต้สภาวะลมต่ำ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่พบได้บ่อยในอาคารพักอาศัยชิดติดกันในเขตร้อนชื้น เมื่อพิจารณาฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน พบว่าระบบที่สามารถลดอุณหภูมิใต้หลังคาได้มากกว่ามีแนวโน้มลดฟลักซ์ความร้อนได้ในช่วงประมาณ 5–12 W/m² ซึ่งสัมพันธ์กับแนวโน้มการลดภาระพลังงานความเย็นของอาคาร โดยระบบที่รายงานค่าการลดอุณหภูมิและ ACH ในระดับสูงมักถูกจัดอยู่ในกลุ่มที่มี "แนวโน้มการลดการใช้พลังงานมาก" ขณะที่ระบบที่ให้ผลปานกลางถูกจัดอยู่ในกลุ่ม "การลดการใช้พลังงาน"

ตารางที่ 5 ตารางสรุปผลการสังเคราะห์ตัวชี้วัดเชิงปริมาณของระบบระบายความร้อนใต้หลังคาในอาคารแนวราบ

ประเด็นการวิเคราะห์	ช่วงค่าที่รายงานจากงานวิจัย	ระบบที่ให้ค่าสูงกว่า	นัยเชิงออกแบบ
การลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT_attic)	ประมาณ 4–10 °C	ปล่องแสงอาทิตย์, ระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อน	เหมาะกับอาคารที่มีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงลม เช่น ทาวน์เฮาส์
อัตราการถ่ายเทอากาศ (ACH)	ประมาณ 6–18 ครั้ง/ชั่วโมง	ระบบแรงลอยตัวจากความร้อน (10–18 ACH)	ให้สมรรถนะสม่ำเสมอภายใต้สภาวะลมต่ำ
ACH ของระบบพึ่งพาแรงลม	ประมาณ 6–12 ครั้ง/ชั่วโมง	Natural ventilation, Ventilated roof	เหมาะกับอาคารที่รับลมภายนอกได้ดี
ฟลักซ์ความร้อนผ่านฝ้าเพดาน	ลดลงประมาณ 5–12 W/m²	ระบบที่ลด ΔT_attic และ ACH ได้สูง	ช่วยลดภาระความร้อนเข้าสู่พื้นที่ใช้งาน
แนวโน้มการลดพลังงานความเย็น	ลด / ลดมาก	ระบบที่มี ΔT_attic และ ACH สูง	ระบบผสมและระบบแรงลอยตัวมีศักยภาพสูง

ตารางที่ 6 เกณฑ์เชิงปริมาณสำหรับการจัดระดับความเหมาะสมของระบบ

ระดับความเหมาะสม	ΔT_attic (°C)	ACH (1/h)	Heat flux (W/m²)	คำอธิบายเชิงวิชาการ
สูง(◎)	$\geq$ 8	$\geq$ 10	$\leq$ 6	ให้สมรรถนะสูงและสม่ำเสมอในประเภทอาคารนั้น
ปานกลาง(○)	5–8	6–10	6–10	ให้สมรรถนะในระดับยอมรับได้ แต่ขึ้นกับเงื่อนไข
ต่ำ / มีข้อจำกัด(△)	$\leq$ 5	$\leq$ 6	$\geq$ 10	สมรรถนะพันผวนหรือจำกัดด้วยบริบทอาคาร

ตารางที่ 7 ตารางสรุปผลความเหมาะสมการใช้ระบบตามประเภทอาคาร

ประเภทอาคาร	ระบบที่เหมาะสมสูง	ระบบที่เหมาะสมปานกลาง	ระบบที่มีข้อจำกัด	เหตุผลเชิงกลไกและบริบท
บ้านเดี่ยว (Detached house)	ระบายอากาศธรรมชาติ	ลูกหมุนระบายอากาศ	ปล่องแสงอาทิตย์	บ้านเดี่ยวสามารถรับลมภายนอกได้ดี ทำให้ระบบที่อาศัยแรงลมทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จนะที่ระบบแรงลอยตัวมีความจำเป็นน้อยกว่า
	หลังคาระบายอากาศ	ระบบไฮบริด		
ทาวน์เฮาส์ / บ้านแถว (Attached / Townhouse)	ปล่องแสงอาทิตย์	หลังคาระบายอากาศ	ระบายอากาศธรรมชาติ	อาคารชิดติดกันมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงลม ระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อนจึงได้ ACH และ ΔT_attic ที่สม่ำเสมอกว่า
	ระบบไฮบริด	ลูกหมุนระบายอากาศ		
อาคารหลังคาขนาดใหญ่ (Large-roof building)	หลังคาระบายอากาศ	ระบบไฮบริด	ปล่องแสงอาทิตย์	พื้นที่หลังคาขนาดใหญ่เหมาะกับการใช้โพรงระบายอากาศเพื่อควบคุมความร้อนในระดับพื้นที่ จนะที่ปล่องแสงอาทิตย์ต้องใช้พื้นที่แนวตั้งมากและให้ผลจำกัด
		ลูกหมุนระบายอากาศ		

9. ผลการศึกษา

ผลการสังเคราะห์เชิงเปรียบเทียบจากงานวิจัยที่ทบทวนแสดงให้เห็นแนวโน้มเชิงสมรรถนะที่ชัดเจนระหว่างระบบการระบายความร้อนใต้หลังคาแต่ละประเภท ภายใต้บริบทอาคารแนวราบในภูมิอากาศร้อนชื้น ระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อน เช่น ระบบปล่องแสงอาทิตย์และหลังคาที่มีโพรงระบายอากาศ แสดงประสิทธิภาพสูงในสภาวะลมต่ำ โดยรายงานค่าการลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา (ΔT_attic) อยู่ในช่วงประมาณ 5–12 องศาเซลเซียส และสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายเทอากาศได้ประมาณ 2–4 เท่า เมื่อเทียบกับกรณีฐาน

ประเภทอาคาร	ระบบหลังคาระบายอากาศโดยธรรมชาติ (Natural Vent)	ระบบช่องหลังคาระบายอากาศโดยธรรมชาติ (Ventilated Roof)	ระบบลูกหมุนระบายอากาศ Turbine Vent	ระบบปล่องแสงอาทิตย์ (ปล่องโซลาร์)Solar Chimney	ระบบไฮบริด (ระบบผสม)Hybrid System	ตัวอย่างงานวิจัย
บ้านเดี่ยว	◎	○	○	△	○	[4], [5], [6]
ทาวน์เฮาส์	△	○	○	◎	◎	[7], [8], [9]
อาคารหลังคาใหญ่	○	◎	○	△	○	10], [11], [12]

◎ = เหมาะสมมาก — ให้สมรรถนะเชิงปริมาณสูงและสม่ำเสมอ มีความสอดคล้องกับกลไกอากาศและบริบทการใช้งาน

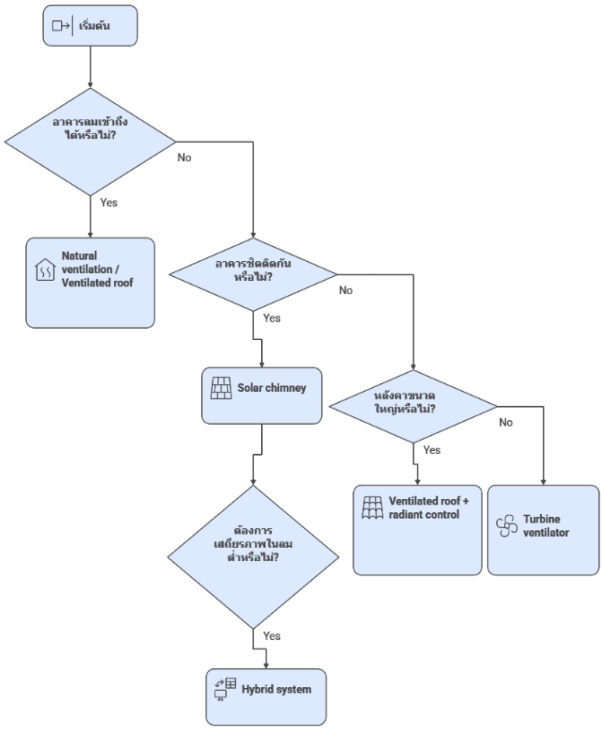
○ = เหมาะสม — ให้สมรรถนะในระดับปานกลาง สามารถใช้งานได้ภายใต้เงื่อนไขที่เหมาะสม

△ = มีข้อจำกัดในการใช้ — สมรรถนะขึ้นกับเงื่อนไขเฉพาะ เช่น ลมภายนอกหรือรูปแบบอาคาร

รูปที่ 2 ตารางเลือกใช้ระบบตามประเภทอาคาร

ในทางตรงกันข้าม ระบบช่องลมตามธรรมชาติที่อาศัยแรงลมเป็นหลัก จะแสดงประสิทธิภาพสูงในอาคารที่มีการเข้าถึงลมภายนอกได้ดี เช่น บ้านเดี่ยวหรืออาคารที่มีพื้นที่เปิดโล่งโดยรอบ โดยให้ผลการลดอุณหภูมิใต้หลังคาได้ดีตามการแปรผันตามความเร็วลมภายนอก จากเงื่อนไขดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ประสิทธิภาพของระบบช่องลมตามธรรมชาติไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบอาคาร ทิศทางอาคาร ตำแหน่งและขนาด

ของช่องเปิด รวมถึงบริบทลมโดยรอบอย่างมีนัยสำคัญ การออกแบบ แม้จะใช้หลักการระบายอากาศตามธรรมชาติที่ถูกต้องก็ตาม



รูปที่ 3 แสดงผังกระบวนการตัดสินใจออกแบบเลือกใช้ระบบ

เมื่อพิจารณาร่วมกับมาตรการหน่วงความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ เช่น การใช้วัสดุสะท้อนรังสี การเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทความร้อนของหลังคา หรือการจัดชั้นโพรงอากาศ ผลการสังเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าระบบระบายความร้อนใต้หลังคาแบบผสมให้สมรรถนะโดยรวมที่เหนือกว่าการใช้ระบบเดี่ยว ทั้งในด้านการลดอุณหภูมิอากาศใต้หลังคา เพื่อให้ผลการศึกษาสามารถนำไปประยุคต์ใช้ในการออกแบบได้อย่างเป็นรูปธรรม งานวิจัยนี้ได้สรุปแนวโน้มเชิงเปรียบเทียบในรูปของ ตารางเลือกใช้ระบบตามประเภทอาคาร (รูปที่ 2) ซึ่งทำหน้าที่ โดยแสดงระดับความเหมาะสมของระบบระบายความร้อนใต้หลังคาแต่ละประเภทเมื่อพิจารณาร่วมกับลักษณะอาคาร เช่น บ้านเดี่ยว อาคารชิดติดกัน และอาคารที่มีพื้นที่หลังคาขนาดใหญ่ โดยในขั้นถัดไป ผังการตัดสินใจเลือกใช้ระบบ (รูปที่ 3) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงออกแบบ โดยแสดงลำดับคำถามและเงื่อนไขสำคัญ เช่น ความสามารถในการเข้าถึงของลมภายนอก ลักษณะอาคารชิดติดกันหรือไม่ และความจำเป็นในการพึ่งพาแรงลอยตัวจากความร้อน ทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ระบบระบายความร้อนใต้หลังคาที่สอดคล้องกับบริบทอาคารและเป้าหมายด้านพลังงานได้อย่างมีเหตุผลและตรวจสอบได้

9.1 การอภิปรายผล

ผลการศึกษาสอดคล้องกับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนและการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยยืนยันว่ากลไกแรงขับของการไหลอากาศจากแรงลอยตัวและแรงลมเป็นปัจจัยกำหนดสมรรถนะของระบบระบายความร้อนใต้หลังคามากกว่าการเลือกใช้เทคโนโลยีใดเทคโนโลยีหนึ่งโดยลำพัง ในเชิงการออกแบบ ผลการสังเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ประเภทอาคารและบริบทการรับลม เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการกำหนดความเหมาะสมของระบบ

การบูรณาการผลการสังเคราะห์เข้ากับเครื่องมือทั้งสามรูป (รูปที่ 1–3) ช่วยลดความคลุมเครือในการตัดสินใจเชิงออกแบบ โดย รูปที่ 1 ทำหน้าที่อธิบายความสัมพันธ์เชิงระบบของตัวแปรทั้งหมด ขณะที่ รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 แปลงผลเชิงวิชาการไปสู่แนวทางการเลือกใช้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริงได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในฐานะการศึกษาทบทวน เช่น ความแตกต่างของเงื่อนไขการทดลองและวิธีการรายงานผลในแต่ละงาน ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของการเปรียบเทียบเชิงปริมาณ

10. สรุป

ผลการศึกษาสอดคล้องกับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนและการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยยืนยันว่า สมรรถนะของระบบระบายความร้อนใต้หลังคาถูกกำหนดโดยกลไกจากแรงขับเคลื่อนการไหลอากาศ ได้แก่ แรงลอยตัวจาก ความแตกต่างของอุณหภูมิ และแรงลมจากสภาพแวดล้อมภายนอก ในเชิงตัวแปรเชิงระบบ พบว่า ลักษณะอาคารและบริบทการรับลมทำหน้าที่เป็น ตัวแปรกำหนด (Governing variables) ขณะที่องค์ประกอบของระบบ เช่น รูปแบบช่องเปิด ความต่อเนื่องของโพรงอากาศ และกลไกช่วยขับการไหล ทำหน้าที่เป็น ตัวแปรควบคุม (Control variables) ที่ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทอากาศและการลดอุณหภูมิใต้หลังคาโดยตรง

ในเชิงการออกแบบ ผลการสังเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ประเภทอาคารเป็นตัวแปรตั้งต้นที่กำหนดขอบเขตของระบบที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น อาคารที่เข้าถึงลมภายนอกได้ดีเอื้อต่อระบบที่อาศัยแรงลม ขณะที่อาคารชิดติดกันมีแนวโน้มต้องพึ่งพาระบบที่อาศัยแรงลอยตัวจากความร้อนหรือระบบผสมเพื่อให้สมรรถนะมีความสม่ำเสมอ ความสัมพันธ์เชิงตัวแปรดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบระบบระบายความร้อนใต้หลังคาควรพิจารณาเป็นกระบวนการเชิงระบบมากกว่าการเลือกใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีเป็นรายกรณี

การบูรณาการผลการสังเคราะห์เข้ากับเครื่องมือทั้งสามรูป (รูปที่ 1–3) ช่วยทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ปรากฏอย่างชัดเจน โดย รูปที่ 1 แสดงกรอบความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างประเภทอาคาร กลไกการถ่ายเทความร้อน และตัวชี้วัดสมรรถนะ ขณะที่ รูปที่ 2

และรูปที่ 3 ทำหน้าที่แปลงความสัมพันธ์เชิงตัวแปรเหล่านี้ไปสู่กระบวนการตัดสินใจเชิงออกแบบที่เป็นขั้นตอนและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริงได้ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดจากการศึกษาทบทวนบทความ ยังมีจากความแตกต่างของเงื่อนไขการทดลอง วิธีการจำลอง และรูปแบบการรายงานผลในแต่ละงาน ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของการเปรียบเทียบเชิงปริมาณและควรได้รับการพิจารณาในการนำผลไปใช้งาน

11. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อานนท์ อนันต์อาชา และรองศาสตราจารย์ ดร. ธนา อนันต์อาชา ในการคำปรึกษา แนะนำการทำการค้นคว้า ให้ข้อเสนอแนะงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลทางต่างๆ รวมถึงแนวคิด การจัดการวิธีการวิจัย ทำให้เกิดความคิดที่หลายหลายในงานวิจัยนี้ รวมถึง นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือสำหรับข้อมูลและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการศึกษาและเขียนบทความฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] International Energy Agency. (2023). World energy outlook 2023. IEA.

[2] Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat mitigation technologies. Energy and Buildings, 207, 109482.

[3] World Green Building Council. (2024). Advancing net zero status report 2024.

[4] พุทธิพิโรจน์, ป. (2007). ผลของช่องระบายอากาศชายคาและฉนวนกันความร้อนต่อการลดการถ่ายเทความร้อนในบ้านพักอาศัยในประเทศไทย. ใน Proceedings of SB07 Southeast Asia: Sustainable Building Conference.

[5] Petrie, T. W., Christian, J. E., & Childs, P. W. (1998). Effects of radiant barriers and attic ventilation on residential cooling loads. ASHRAE Transactions, 104(1).

[6] Kindangen, J. I. (2022). Attic ventilation and radiant heat barrier performance in metal-roofed buildings. Buildings, 12(4), 415.

[7] หิรัญลาภ, จ., วชิรพัฒน์, ส., ประทินทอง, น., และ เขตารี, จ. (2001). การพัฒนารูปแบบตัวเก็บพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อเพิ่มการระบายอากาศธรรมชาติในอาคารเขตร้อน. Building and Environment, 36(3), 383–391.

[8] ชุงลู, ส., และ ลิ่มมีโชคชัย, บ. (2009). การประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์บนหลังคาเพื่อลดการรับความร้อนของบ้านพักอาศัยในประเทศไทย. Renewable Energy, 34(3), 623–633.

[9] สุดประเสริฐ, ส., และ เทียนพงศ์, ค. (2016). การศึกษาด้วยวิธีเชิงตัวเลขของปล่องแสงอาทิตย์ในภูมิอากาศร้อนชื้น. International Journal of Heat and Mass Transfer, 102, 1123–1134.

[10] Borg, R. P. (2006). The thermal performance of ventilated roofs. Energy and Buildings, 38(6), 618–626.

[11] Ramos, J., Simões, N., & Serra, V. (2020). Naturally ventilated roofs and building thermal performance. Journal of Sustainable Development of Energy, 8(2).

[12] Godoy-Rangel, C., et al. (2024). Thermal performance of ventilated roofs with PCM. Energy and Buildings, 294, 113232.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

" Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การวิเคราะห์ข้อจำกัดของวัสดุดาดแข็งต่อการบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง

A Study of Constraints in Hardscape Development for Urban Heat Island Mitigation

วีรยา ปิยะตระกูล และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้และข้อจำกัดการพัฒนาของเทคโนโลยีวัสดุดาดแข็งลดความร้อน (Cool hardscapes) จากการทบทวนวรรณกรรมโดยการศึกษามุ่งเน้นการระบุอุปสรรค ข้อบกพร่อง และความท้าทายในการนำวัสดุเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้จริงเพื่อบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island - UHI) สามารถจำแนกข้อจำกัดเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ด้านเทคนิคของวัสดุ ปัญหาความทนทานเชิงโครงสร้าง การแตกร้าวของสารเคลือบ และการรั่วไหลของวัสดุเปลี่ยนสถานะ 2) ข้อจำกัดด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมและความสบายเชิงความร้อน การใช้วัสดุสะท้อนความร้อน กลายเป็นข้อเสียสำหรับประเทศเขตหนาว และผลต่อสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) ของคนเดินเท้าในประเทศเขตร้อน และ 3) ด้านความคุ้มค่าและการบริหารจัดการ ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle cost) การขาดแคลนงบประมาณซ่อมบำรุง และความไม่สอดคล้องของมาตรฐานนโยบาย

จากผลการศึกษาพบว่า "ข้อจำกัดของ Cool Hardscapes มิได้เป็นเพียงปัญหาทางวัสดุศาสตร์ แต่เป็นข้อจำกัดเชิงระบบที่เชื่อมโยงกับความสบายของมนุษย์และโครงสร้างบริหารจัดการเมือง" ทั้งนี้แนวทางสำหรับการพัฒนาในอนาคตควรควรมุ่งเน้น 3 ส่วน ได้แก่ เชิงมาตรฐาน มีการกำหนดมาตรฐานให้กับวัสดุดาดแข็งในประเทศไทยเชิงการออกแบบบูรณาการร่วมกับโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green infrastructure) โดยเฉพาะในเขตเมือง และเชิงวิจัยเพื่อสนับสนุนให้เกิดการวิจัยพัฒนา Cool hardscape เป็นฐานข้อมูลให้นักวิจัยและผู้กำหนดนโยบายใช้ขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองที่ยั่งยืนและยืดหยุ่นต่อสภาพภูมิอากาศต่อไป

คำสำคัญ: วัสดุดาดแข็งลดความร้อน ปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง การบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง ข้อจำกัดการพัฒนาของเทคโนโลยีวัสดุดาดแข็งลดความร้อน

Abstract

This study aims to synthesize the knowledge and developmental limitations of cool hardscapes technology through a comprehensive literature review. The research focuses on identifying barriers, defects, and challenges regarding the practical implementation of these materials to mitigate the Urban Heat Island (UHI) effect. The limitations are classified into three primary categories: *(1) Material Technicalities:* issues regarding structural durability, cracking of coatings, and leakage of phase change materials (PCMs); *(2) Environmental and Thermal Comfort Design:* the disadvantages of reflective materials in cold climates and their impact on pedestrian thermal comfort in tropical regions; and *(3) Policy and Management:* economic feasibility concerning life cycle costs, insufficient maintenance budgets, and inconsistent policy standards.

The findings suggest that the limitations of cool hardscapes are not merely material science issues, but rather systemic constraints intertwined with human thermal comfort and urban management frameworks. Consequently, future development guidelines should prioritize three key areas: Standardization, by establishing specific standards for cool hardscapes in Thailand; Design, by integrating these materials with green infrastructure, particularly in urban zones; and Research, by promoting R&D to serve as a database for researchers and policymakers to drive sustainable and climate-resilient urban development.

Keywords: Cool hardscape, Urban heat island, UHI, Urban heat island Mitigation, Limitations of cool hardscapes technology

1. บทนำ

การขยายตัวของเมืองและการลดลงของพื้นที่สีเขียวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจุลภาค (Microclimate) โดยเฉพาะปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง (Urban Heat Island, UHI) ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิของเมืองสูงกว่าพื้นที่ชนบทโดยรอบอย่างมีนัยสำคัญ สาเหตุหลักของปรากฏการณ์นี้เกิดจากคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างของ "ดาดแข็ง" (Hardscape) ที่ครอบคลุมองค์ประกอบทางกายภาพส่วนใหญ่ของเมือง การปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้จึงถือเป็นกลยุทธ์เชิงรับ (Passive strategy) ที่มีศักยภาพสูงสุดในการลดอุณหภูมิเมือง โดยงานวิจัยส่วนใหญ่เน้นประสิทธิภาพเชิงผลลัพธ์ด้านการลดอุณหภูมิของเมือง แต่ยังขาดการวิเคราะห์ด้านข้อจำกัดและปัญหาจากการใช้งานในสภาวะแวดล้อมจริง การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์ถึง "อุปสรรคและข้อจำกัด" ผ่านการทบทวนวรรณกรรมโดยใช้เกณฑ์ "การจำแนกเชิงมิติด้านเนื้อหา ร่วมกับมิติด้านผลการศึกษา" เพื่อทำความเข้าใจแนวทางและชี้ให้เห็นช่องว่างงานวิจัยของการพัฒนาวัสดุดาดแข็งภายนอกอาคารที่จะสามารถบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมืองได้ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อจำแนกข้อจำกัดเชิงเทคนิคทางด้านวัสดุศาสตร์ในการพัฒนาวัสดุดาดแข็งที่สามารถลดเกาะความร้อนของเมืองได้

2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งาน

2.3 เพื่อประเมินอุปสรรคเชิงการจัดการโครงสร้างดาดแข็งที่เป็นสาธารณูปการ (Hardscape infrastructure) และความคุ้มค่า

3. วิธีดำเนินการศึกษา

ใช้วิธีการทบทวนวรรณกรรมแบบขอบเขต (Scoping review) โดยเน้นไปที่วัสดุดาดแข็งที่ใช้ภายนอก เพื่อทำความเข้าใจภาพรวม ลักษณะ และปริมาณของข้อมูลที่มีเพื่อสรุปและเผยแพร่ผลการศึกษา

3.1 ตั้งคำถามงานวิจัย

ตั้งคำถามตามหลักการ PCC (Population, Concept, Context) โดยมี

3.1.1 Population – กลุ่มที่ศึกษา คือ วัสดุดาดแข็งลดความร้อนที่ใช้ภายนอก

3.1.2 Concept – เป้าหมายการศึกษา คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการ ใช้งานหรือข้อจำกัดการพัฒนาวัสดุดาดแข็งลดความร้อนที่ใช้ภายนอก

3.1.3 Context – สภาพแวดล้อมที่ศึกษา คือ ในเขตเมืองร้อนและเมืองหนาวเพื่อกำหนดขอบเขตการศึกษาให้ชัดเจนและเป็นภาพกว้างสำหรับการจำแนกเชิงมิติด้านเนื้อหา ได้แก่ ตัวแปรต่าง ๆ ของการศึกษา โดยจะพิจารณาร่วมกับมิติด้านผลการศึกษาด้วย

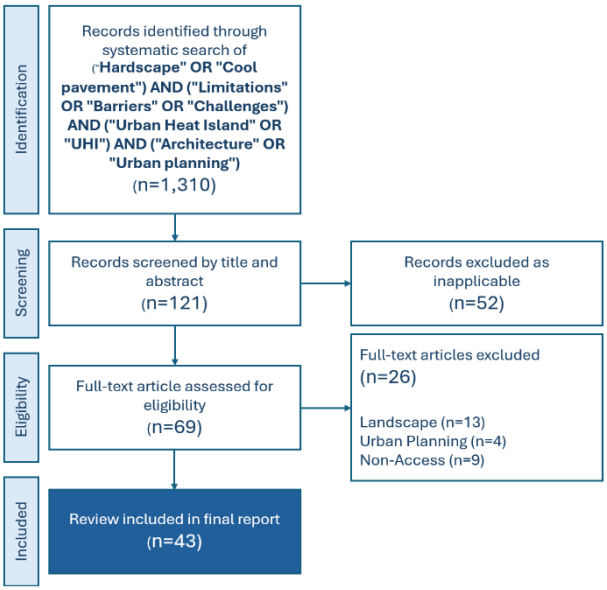
3.2 รวบรวมวรรณกรรม

ค้นคว้าบทความงานวิจัยผ่านฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ Google scholar, Semitic scholar, Science direct, MDPI, PubMed, Research gate และวรรณกรรมสีเทา (Grey literature) ประเภทรายงานการประชุม รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของหน่วยงานรัฐหรือเอกชน เอกสารนโยบาย

3.2.1 คัดกรองข้อมูลโดยวิธี PRISMA-ScR คำค้นหาสำหรับ Google scholar / Science direct (แบบย่อ): ("Hardscape" OR "Cool pavement") AND ("Limitations" OR "Barriers" OR "Challenges") AND ("Urban Heat Island" OR "UHI") AND ("Architecture" OR "Urban planning"), จำกัดระยะเวลาข้อมูลย้อนหลัง 10 ปี (ค.ศ.2015-2025) กรองการข้อมูลโดยอ้างอิงตามชื่อบทความ (Title and abstract) และไม่มีการปิดกั้นการเข้าถึง (Public access)

3.2.2 การสกัดข้อมูลของบทความงานวิจัยเน้นไปที่การหาข้อจำกัดของการพัฒนาวัสดุดาดแข็งต่อการบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง โดยการอ่านคัดกรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่องานวิจัยฉบับเต็ม (Full text) ที่เกี่ยวข้องกับสายงานด้านวิทยาศาสตร์ สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ ภูมิสถาปัตยกรรม และการผังเมือง

3.2.3 PRISMA-ScR Flow Diagram: เขียนแผนผังแสดงจำนวนงานวิจัยที่ได้และที่ถูกตัดออกในแต่ละขั้นตอนจากบทความงานวิจัยบน Google scholar รวมทั้งสิ้น 1,310 บทความ กรองจากชื่อเรื่องและบทคัดย่อแล้วได้ 121 บทความ พบบทความที่ไม่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องทั้งสิ้น 52 บทความ จากนั้นทำการศึกษางานวิจัยฉบับเต็มพบเนื้อหาที่ไม่เกี่ยวข้อง รวมทั้งปิดกั้นการเข้าถึงรวมทั้งสิ้น 26 บทความ สรุปบทความที่เกี่ยวข้องในการทบทวนวรรณกรรมรวมเป็น 43 บทความ



รูปที่ 1 PRISMA-ScR Flow Diagram

3.3 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลผลการศึกษา

วิเคราะห์และจำแนกประเภทของข้อจำกัดโดยใช้ "เกณฑ์การสังเคราะห์ด้านศาสตร์การดำเนินการ (Implementation Science, IS) และกรอบการจัดการเมืองอย่างบูรณาการ (Integrated Urban Management, IUM)"

3.4 การอภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์และตีความผลลัพธ์เชื่อมโยงเข้ากับกลไกการดูดซับและปลดปล่อยความร้อนของวัสดุดาดแข็งต่ออุณหภูมิอากาศของเมือง

3.5 การสรุปข้อมูล

ใช้เกณฑ์ "การจำแนกเชิงมิติด้านเนื้อหาร่วมกับมิติด้านผลการศึกษา" เพื่อให้เห็นช่องว่างงานวิจัยและสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการศึกษา

4. ผลการทบทวนวรรณกรรม

4.1 นิยามและความหมายของดาดแข็ง (Hardscape)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบคำนิยามใน 3 มุมมองหลัก ได้แก่

4.1.1 เชิงวิชาการ - องค์ประกอบไม่มีชีวิต ที่มนุษย์สร้างขึ้นทำหน้าที่เกื้อกูลภูมิทัศน์ที่มีชีวิต (Softscape) [8, 18]

4.1.2 เชิงปรัชญาการออกแบบ - โครงสร้างหลักที่กำหนดขอบเขต ทิศทาง และระเบียบของพื้นที่ว่าง [7]

4.1.3 เชิงสังคมวิทยาเมือง - พื้นที่กิจกรรมทางสังคมที่ตอบสนองความต้องการที่ธรรมชาติไม่สามารถเติมเต็มได้โดยตรง [2, 18]

4.2 ประเภทของดาดแข็ง (Hardscape)

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ สามารถจำแนกดาดแข็ง (Hardscape) ได้ตามบทบาทหน้าที่และปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งาน แบ่งเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

4.2.1 โครงสร้างแนวนอน เช่น ทางเดิน ถนน ลาน เป็นองค์ประกอบสัดส่วนใหญ่ที่สุด ทำหน้าที่เชื่อมต่อพื้นที่และรองรับกิจกรรม แต่อาจส่งผลกระทบต่อการระบายน้ำ [23]

4.2.2 โครงสร้างแนวตั้ง เช่น กำแพง รั้ว ซุ้ม ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตสร้างความเป็นส่วนตัว จัดการระดับพื้นที่ลาดชัน และช่วยปรับสภาวะน่าสบายระดับจุลภาค (Microclimate) [14]

4.2.3 องค์ประกอบสนับสนุนและนันทนาการ เช่น เฟอร์นิเจอร์ บ่อน้ำ เน้นเพิ่มคุณภาพชีวิต สร้างความผ่อนคลาย และส่งเสริมกิจกรรมทางสังคม [14]

จากข้อมูลข้างต้นช่วยส่งเสริมความชัดเจนให้กับขอบเขตการศึกษานี้โดยเฉพาะในโครงสร้างดาดแข็งที่เป็นสาธารณูปการ (Hardscape infrastructure) สะท้อนบทบาทหน้าที่และปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานภายนอกอาคาร (Exterior)

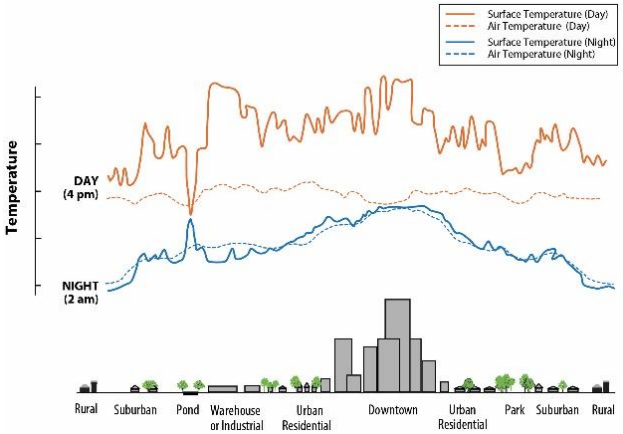
4.3 วัสดุดาดแข็งกับปรากฏการณ์เกาะความร้อน ในเมือง (Urban Heat Island, UHI)

การขยายตัวของเมือง (Urbanization) และการแทนที่พื้นที่ธรรมชาติด้วยโครงสร้างพื้นฐานวัสดุดาดแข็งในพื้นที่ภายนอกที่เกิดจากระบบวิศวกรรมและการก่อสร้าง เป็นสาเหตุหลักของปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีคุณสมบัติในการกักเก็บความร้อนสูงในช่วงกลางวันและคายออกในเวลากลางคืน กลไกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการของ T.R. Oke [30] "สมดุลพลังงานผิวพื้น" (Surface energy balance):

$$Q^*=Q_H+Q_E+Q_G \quad (1)$$

โดยที่: Q^* คือรังสีสุทธิ (Net All-wave Radiation), Q_H คือพลังงานความร้อนสัมผัส (Sensible Heat Flux), Q_E คือพลังงานความร้อนแฝงจากการระเหย (Latent Heat Flux), Q_G คือการนำความร้อนลงสู่ดิน (Ground Heat Flux)

วัสดุดาดแข็งส่วนใหญ่มีข้อจำกัดด้าน Q_E ที่ต่ำมากเนื่องจากเป็นพื้นผิวไม่ซึมน้ำ (Impervious surfaces) ส่งผลให้พลังงานส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนเป็น Q_H และ Q_G ซึ่งเพิ่มอุณหภูมิอากาศและพื้นผิวเมืองอย่างรวดเร็วส่งผลให้เมืองมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นที่ชนบทอย่างมีนัยสำคัญ [30]



รูปที่ 2 Heat Island Effect Diagram [9]

ตารางที่ 1 สรุปการเปรียบเทียบพารามิเตอร์ทางความร้อนระหว่างพื้นผิวธรรมชาติและพื้นผิวเมือง [30]

พารามิเตอร์	พื้นที่ชนบท/ธรรมชาติ	พื้นที่เมือง/ผิวดาดแข็ง	ผลกระทบต่ออุณหภูมิ
การระเหยคายน้ำ	สูง	ต่ำมาก	พื้นที่เมืองสูญเสียกลไกการระบายความร้อนธรรมชาติ ทำให้ Q_H เพิ่มขึ้น
การกักเก็บความร้อน	ต่ำ	สูง	อาคารและถนนเก็บความร้อนไว้ปล่อยตอนกลางคืน
การระบายอากาศ	ดี	ต่ำ	อาคารสูงสร้าง "Urban Canyons" กักลมร้อนไว้ในซอกตึก

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พารามิเตอร์	พื้นที่ชนบท/ธรรมชาติ	พื้นที่เมือง/ผิวดาดแข็ง	ผลกระทบต่ออุณหภูมิ
ความร้อนจากมนุษย์	น้อย	สูง	เพิ่มแหล่งความร้อนโดยตรงจากเครื่องปรับอากาศและรถยนต์
การซึมผ่านของน้ำ	สูง	ต่ำ	น้ำฝนถูกระบายออกทันทีผ่านท่อระบายน้ำ ไม่เหลือความชื้นให้ระเหย

4.4 วิทยาการตามประเภทของวัสดุดาดแข็งเพื่อลดความร้อน

4.4.1 ผิวทางเย็น (Cool pavements) เทคโนโลยีปูพื้นที่มีอุณหภูมิพื้นผิวต่ำกว่าผิวทางมาตรฐานเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์ จำแนกเทคโนโลยีออกเป็นดังนี้

- ผิวทางสะท้อนแสง (Reflective pavements) ใช้การเพิ่มค่าอัตราส่วนสะท้อนรังสี (Albedo) ผ่านการใช้สารเคลือบผิว การขัดผิวหน้าวัสดุหรือการใช้มวลรวมสีสว่าง [3,28,31]

- ผิวทางระเหยน้ำ (Evaporative pavements) หรือผิวทางซึมน้ำ (Permeable Pavements) ที่ใช้น้ำที่กักเก็บในโครงสร้างมาช่วยระบายความร้อนผ่านการระเหย [1,24,28]

- ผิวทางดัดแปลง (Modified pavements) เช่น การใช้วัสดุเปลี่ยนสถานะหรือวัสดุรีไซเคิลเพื่อปรับปรุงสมบัติทางความร้อน

4.4.2 สารเคลือบสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar reflective coatings) เทคโนโลยีนี้เน้นการปรับปรุงผิวทางเดิมโดยการใช้สารเคลือบที่มีส่วนผสมของโพลิเมอร์และสารเติมแต่งสะท้อนแสง (Epoxy, Acrylic, Polyurethane) ผสมกับสารเติมแต่งระดับนาโน (TiO_2) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสะท้อนรังสี [20,26,31,32,35]

4.4.3 วัสดุเปลี่ยนสถานะ (Phase Change Materials - PCMs) PCMs ถือเป็นวัสดุอัจฉริยะที่สามารถดูดซับและคายความร้อนแฝง (Laten Heat) ได้มหาศาลในช่วงการเปลี่ยนสถานะ เพื่อหน่วงเวลาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวทางในช่วงบ่ายที่ร้อนจัด [5,10,25,29,35]

4.4.4 วัสดุรีไซเคิลและวัสดุทางเลือก การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม เช่น เถ้าลอย ตะกรัน หรือเศษแก้วและเซรามิกช่วยลดขยะและปรับปรุงค่าการสะท้อนรังสีอินฟราเรด (NIR reflectance) ได้ดีกว่าวัสดุธรรมชาติบางชนิด [3,11,31]

4.5 การวิเคราะห์ข้อจำกัดของวัสดุดาดแข็ง

4.5.1 ข้อจำกัดทางเทคนิคของวัสดุ ในการพัฒนาวัสดุศาสตร์อ้างอิงข้อมูลเชิงประจักษ์ จากวรรณกรรม มีดังนี้

ตารางที่ 2 สรุปข้อจำกัดทางเทคนิค

ประเภทวัสดุ	ประเด็นข้อจำกัด	รายละเอียดปัญหา
สารเคลือบสะท้อนรังสี	ความไม่เข้ากันทางกล	Epoxy (แข็ง) ใช้กับยางมะตอย (ยืดหยุ่น) ทำให้เกิดการแตกร้าว, Acrylic ยึดเกาะต่ำ หลุดล่อนง่ายเมื่อรับแรงเฉือน [35]

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเภทวัสดุ	ประเด็นข้อจำกัด	รายละเอียดปัญหา
	การบ่มตัว (Curing)	ใช้เวลานาน ต้องปิดจราจรในเมือง [35]
	การกระจายตัว	อนุภาคนาโนกระจายตัวยากหากรวมกลุ่มกันจะลดประสิทธิภาพการสะท้อนและเกิดจุดอ่อนทางโครงสร้าง [19, 35]
	ปฏิกิริยาเคมี	ขาดงานวิจัยระยะยาวปฏิกิริยาระหว่างสารเคลือบกับยางมะตอย [33, 35]
วัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCMs)	การรั่วไหล (Leakage)	จุดอ่อนสำคัญ ทำให้ประสิทธิภาพลดลง ผิวถนนลื่นเป็นอันตราย และเป็นมลพิษ [25,35]
	ต้นทุน	เทคนิคป้องกันการรั่วไหลมีราคาสูงมาก [19,35]
	ความเสถียร	ขาดข้อมูลความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมรุนแรงในระยะยาว [35]
ผิวทางระเหยน้ำ	การอุดตัน	ฝุ่นและเศษขยะทำให้รูพรุนอุดตัน สูญเสียความสามารถระบายความร้อน [1,13,28]
	ความแข็งแรงต่ำ	รับน้ำหนักได้น้อยจำกัดการใช้แค่ลานจอดรถหรือทางเท้า [1,13,28]
	พึ่งพาความชื้น	หากไม่มีน้ำในฤดูแล้งอาจกลายเป็นเกาะความร้อนเสียเอง [4,13,28]

4.5.2 ข้อจำกัดด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมและความสบายเชิงความร้อน เกี่ยวข้องกับใช้วัสดุลดความร้อนโดยไม่คำนึงถึงบริบทรอบข้างส่งผลให้เกิดผล กระทบเชิงลบในหลายด้าน ดังนี้

- ปัญหาแสงจ้าและความปลอดภัย (Glare and Safety) การเพิ่มค่า Albedo ของผิวทางก่อให้เกิดปัญหาแสงแยงตา (Glare) แก่ผู้ใช้ทางเท้าหรือผู้ขับขี่ เพิ่มความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุ สร้างความไม่สบายตาและความเครียด ทางสายตา [4,22,25,31]

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลกระทบของวัสดุชนิดต่าง ๆ ต่อแสงแยงตาและการมองเห็น

ประเภทวัสดุ	ค่าการสะท้อนแสง (Albedo)	ระดับความเสี่ยงแสงแยงตา (Glare)	ผลกระทบต่อทัศนวิสัย
ยางมะตอยเดิม (สีดำ)	0.05 - 0.10 [35]	ต่ำมาก	ดีเยี่ยม ตัดแสงได้ดี
คอนกรีตใหม่ (สีเทาอ่อน)	0.35 - 0.40 [35]	ปานกลาง	อาจรบกวนสายตาในแดดจัด
สารเคลือบ Cool Coating (สีขาว)	0.60 - 0.80 [17,35]	สูงมาก	อันตราย ต้องระวังในถนนสายหลัก
Cool Colors (สีเข้มสะท้อน IR)	0.25 - 0.40 [3]	ต่ำ ถึง ปานกลาง	ดี เป็นทางเลือกที่สมดุล

- ผลกระทบต่อความสบายของคนเดินเท้า รังสีอาทิตย์ที่สะท้อนออกจากพื้นผิวทางเย็น (Reflected Solar Radiation) จะพุ่งเข้าสู่ร่างกายของคนเดินเท้าโดยตรงส่งผลให้อุณหภูมิการแผ่รังสี เฉลี่ย (Mean Radiant Temperature - MRT) เพิ่มสูงขึ้น ผู้ใช้งานอาจรู้สึกร้อนกว่าเดินบนถนนยางมะตอยปกติ [15,21,25,29]

- ผลกระทบสำหรับภูมิประเทศเขตหนาว ในประเทศเขตหนาวการใช้วัสดุสะท้อนความร้อนจะทำให้อาคารและเมืองสูญเสียโอกาสในการได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ เพิ่มภาระค่าใช้จ่ายในการทำความร้อน (Heating Load) [4,20,29,32,34]

- การเสื่อมสภาพตามกาลเวลาคราบสกปรกและมลภาวะทำให้ค่า Albedo ลดลงอย่าง รวดเร็ว [5,31] คิดเป็น 10-20% ภายในระยะเวลาเพียง 1-3 ของการใช้งาน [34]

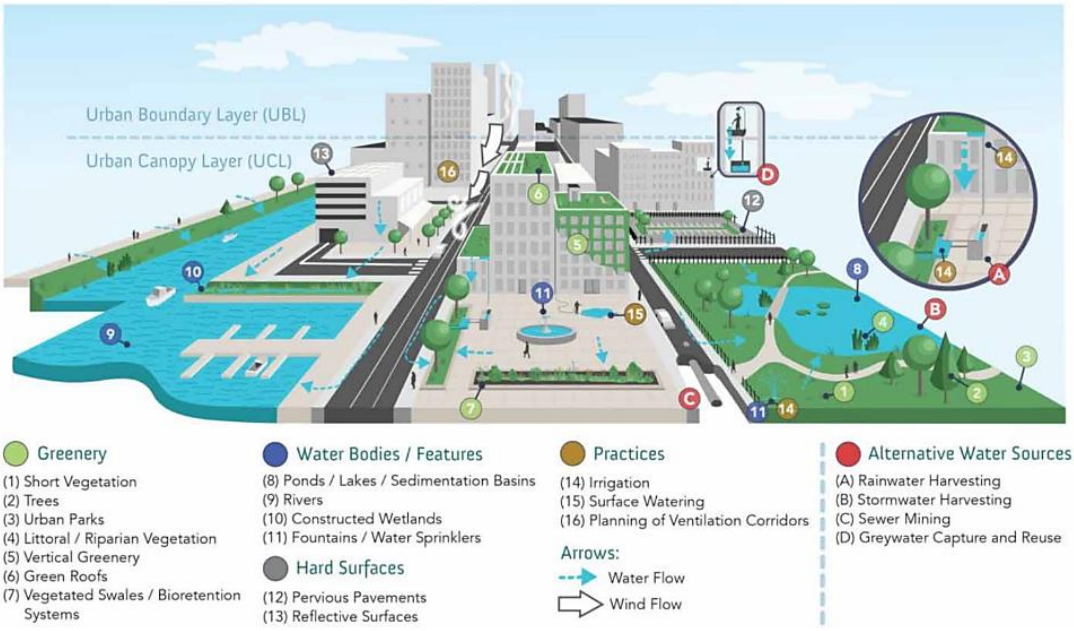
4.5.3 ข้อจำกัดด้านความคุ้มค่าและการบริหารจัดการ

- ต้นทุนและความคุ้มค่าวัสดุขั้นสูง (PCMs, Nanofilter) มีต้นทุนสูงกว่าวัสดุทั่วไปหลายเท่า [17,35] หน่วยงานท้องถิ่นเน้นการซ่อมบำรุงถนนมากกว่าการลงทุน เพื่อลดความร้อน จึงขาดการวิเคราะห์ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost - LCC) ทำให้โครงการไม่คุ้มทุนในทางบัญชี [3,13,33]

- การขาดแคลนมาตรฐานและนโยบายรองรับปัจจุบันยังขาดมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ชัดเจน สำหรับการทดสอบและรับรองคุณภาพของวัสดุผิวทางเย็น เช่น Aged Albedo หรือมาตรฐานความปลอดภัยด้านแสงจ้า [5,34] และนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐแบบเดิมทำให้เป็นการปิดกั้นการโอกาสการเลือกใช้วัสดุนวัตกรรมใหม่เข้าสู่กระบวนการประมูลได้ [13,28]

- ความซับซ้อนในการติดตั้งและซ่อมบำรุง การติดตั้งวัสดุใหม่มักต้องการทักษะและเครื่องมือพิเศษ และความชำนาญในการติดตั้ง [3,27] นอกจากนี้การซ่อมบำรุงวัสดุพิเศษเหล่านี้สร้างภาระค่าใช้จ่ายต่อเนื่องให้กับหน่วยงานดูแลรักษา [25]

สรุปได้ว่าข้อจำกัดในการพัฒนาโครงสร้างดาดแข็งที่เป็นสาธารณูปการ (Hardscape Infrastructure) โดยใช้เกณฑ์การสังเคราะห์ศาสตร์การดำเนินการ (IS) และกรอบการจัดการเมืองอย่างบูรณาการ (IUM) นั้นต้องอาศัยการบูรณาการทั้ง 3 ด้าน คือ 1) เทคนิควัสดุ 2) การออกแบบสิ่งแวดล้อมและความสบายเชิงความร้อน 3) ด้านความคุ้มค่าและการบริหารจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 3 ภาพรวมแนวทางการออกแบบบูรณาการเพื่อบรรเทา UHI [4]

5. อภิปรายผลการศึกษา

5.1 การพัฒนาวัสดุดาดแข็งและการออกแบบเชิงบูรณาการ

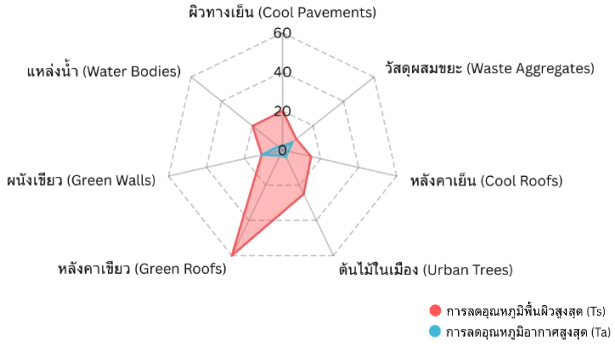
จากการศึกษาพบว่าการบูรณาการใช้วัสดุ Cool hardscape ร่วมกับโครงสร้างพื้นฐานสีเขียว (Green infrastructure) เป็นยุทธศาสตร์ที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาเกาะความร้อนอย่างยั่งยืน โดยสามารถอภิปรายเชื่อมโยงได้ 3 ประเด็นหลัก คือ 1) ด้านข้อจำกัดทางเทคนิค แม้วัสดุสะท้อนแสงจำพวกวัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสง (SRI) สูงโดยใช้สารเติมแต่งระดับนาโนช่วยลดอุณหภูมิพื้นผิว (T_s) ได้ดีแต่มักเผชิญปัญหาแสงจ้าและความทนทานต่อสภาวะแวดล้อม ดังนั้นการใช้วัสดุพรุนน้ำจึงเป็นกลไกสำคัญในการลดความร้อนจากการระเหยและเติมน้ำใน

ชั้นดินที่ทำให้โครงสร้างพื้นฐานสีเขียวในเมืองอยู่รอดได้ เช่น กลยุทธ์ Green Stormwater Infrastructure (GSI) ซึ่งใช้วัสดุทางเท้าขั้นสูงร่วมกับรางรับน้ำฝนแบบธรรมชาติ เพื่อลดภาระการระบายน้ำและลดอุณหภูมิไปพร้อมกัน 2) ด้านการออกแบบสิ่งแวดล้อมและความสบายเชิงความร้อน โดยการลดอุณหภูมิพื้นผิว (T_s) ของวัสดุโดยการใช้วัสดุสีอ่อนหรือเพิ่ม Albedo เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการสร้างความสบายแก่ผู้ใช้งานพื้นที่ภายนอก จึงจำเป็นต้องอาศัยร่มเงาจากต้นไม้ช่วยลดค่าอุณหภูมิรังสีเฉลี่ย (Mean radiant temperature, MRT) ทำหน้าที่เป็นแนวกรองแสงสะท้อน ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายในระดับจุลภาค (Microclimate) และ 3) ด้านความคุ้มค่าและการบริหารจัดการ ควรวางแผนบูรณาการโดยคำนึงถึงวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment) และการใช้เครื่องมือดิจิทัลจำลองผลลัพธ์ร่วมกัน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลงทุนและสร้างสมดุลระหว่างระบบวิศวกรรมและระบบนิเวศเมืองได้สูงสุด

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิพื้นผิว (T_s) และอุณหภูมิอากาศ (T_a)

กลยุทธ์	การลดอุณหภูมิพื้นผิว (T_s), °C	การลดอุณหภูมิอากาศ (T_a), °C
ผิวทางเย็น (Cool pavements)	20 [27]	2 [27]
วัสดุผสมขยะ (Waste aggregates)	9 [34]	6.5 [30]
หลังคาเย็น (Cool roofs)	15 [16]	3 [5]
ต้นไม้ในเมือง (Urban trees)	25 [16, 30]	4 [16]
หลังคาเขียว (Green roofs)	60 [23]	3 [23]
ผนังเขียว (Green walls)	11 [16]	11 [16]
แหล่งน้ำ (Water bodies)	19.7 [12]	2.85 [12]

จากตารางที่ 4 สามารถสรุปแนวทางการบรรเทาเกาะความร้อนในเมือง ผ่านการออกแบบและเลือกใช้พื้นผิวต่าง ๆ อย่างที่มีนัยสำคัญได้ตามแผนภูมิ (รูปที่ 4) ชี้ให้เห็นว่า กลยุทธ์ในการบรรเทาเกาะความร้อนในเมืองโดยใช้ Green roofs สามารถลดอุณหภูมิพื้นผิว (Ts) สูงที่สุด รองลงมาเป็น Cool roofs, Urban trees, Cool pavements, Water bodies, Green walls และ Waste aggregates ตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศ (Ta) ลดลงในสัดส่วนที่ต่ำกว่าอุณหภูมิพื้นผิว (Ts) ยกเว้น Green walls และ Waste aggregate ที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ดังนั้นความสำคัญของงานวิจัยเพื่อทลายข้อจำกัดวัสดุ Cool hardscape จึงมีความสำคัญพอ ๆ กับการบูรณาการด้านการออกแบบพื้นที่สีเขียวในงานภูมิทัศน์ (Landscape)



รูปที่ 4 แผนภูมิแสดงสัดส่วนเปรียบเทียบการลด Ts และ Ta แต่ละพื้นผิว

5.2 ความท้าทายของการออกแบบวัสดุ

หัวใจของปัญหาอยู่ที่การออกแบบวัสดุที่ต้องตอบโจทย์ที่ขัดแย้งกัน คือจะต้อง "สะท้อนความร้อนแต่ไม่เกิดแสงแยงตา" และ "แข็งแรงแต่ยืดหยุ่น" การวิจัยในอนาคตจึงควรมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงโครงสร้างระดับโมเลกุลและการใช้วัสดุผสม เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดทางฟิสิกส์เหล่านี้

5.3 ช่องว่างระหว่างการวิจัยกับการปฏิบัติ

5.3.1 ขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการเสื่อมสภาพของวัสดุในสภาพอากาศแบบสุดขั้วในเขตร้อนชื้น โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาจากแบบจำลองหรือการวัดค่าการสะท้อนแสง (SRI) ในช่วงสั้น ๆ

5.3.2 PCMs ที่ทดลองใช้เคลือบผิวหน้าถนนยางมะตอยจะเสื่อมสภาพลงเกิดปัญหาการรั่วไหลเมื่ออุณหภูมิสูง ส่งผลต่อความแข็งแรงด้านการรับน้ำหนักของถนน และอายุการใช้งานระยะยาว

5.3.3 ผลลัพธ์จากห้องปฏิบัติการที่เกิดในสภาพแวดล้อมจำลองย่อสัดส่วน หรือใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ อาจไม่ครอบคลุมปัจจัย ความซับซ้อนที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติ เช่น พฤติกรรมของผู้ขับขี่ มลภาวะ ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นการประเมินเบื้องต้นที่อาจมีความคลาดเคลื่อน

6. สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม

วัสดุคาดแข็งลดความร้อน (Cool hardsacpe) มีศักยภาพในการบรรเทาปรากฏการณ์เกาะความร้อนในเมือง แต่เทคโนโลยีปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในการพัฒนาด้านความทนทานของวัสดุ ความแข็งแรง การแตกร้าว รั่วไหล การแปรสภาพ และเสื่อมสภาพ อีกทั้งในปัจจุบันยังขาดการศึกษาวิจัยปัญหาผลกระทบข้างเคียงด้านสุขภาพของและความปลอดภัยต่อมนุษย์ และอุปสรรคด้านนโยบายและการบริหารจัดการ เป็นปัจจัยที่ต้องได้รับการแก้ไขในเชิงคู่ขนาน ร่วมกับการสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพ ความทนทาน ความปลอดภัย การบำรุงรักษา และความ

คุ้มค่าในการลงทุน มีส่วนทำให้เทคโนโลยีวัสดุ Cool hardsacpe ในอนาคตตอบโจทย์การใช้งานได้ดีในแต่ละพื้นที่

7. ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์สำหรับประเทศไทย

7.1 เชิงมาตรฐาน

หน่วยงานภาครัฐควรกำหนดมาตรฐานวัสดุ Cool Hardscape โดยการระบุไปถึงค่า Albedo ขั้นต่ำ หลังการใช้งาน (Aged Albedo) และเกณฑ์ความปลอดภัยด้านแสงจ้า (Glare) สำหรับ Hardscape โดยอาจเริ่มมาตรการเชิงบังคับต้นแบบที่เขตเมืองหนาแน่นในกรุงเทพมหานคร เพื่อพัฒนาต่อยอดสู่เมืองอื่น ๆ ต่อไป

7.2 เชิงการออกแบบ

การพัฒนาวัสดุควรเน้นการวิจัยร่วมกับ Green Infrastructure ที่เหมาะสมกับเขตร้อนชื้นและบริบทของเมืองที่นอกจากจะคำนึงถึงการลดอุณหภูมิพื้นผิว (T_s) และอุณหภูมิอากาศ (T_a) แล้วการพิจารณาลดอุณหภูมิรังสีเฉลี่ย (Mean Radiant Temperature, MRT) จากการออกแบบ Green Infrastructure สามารถปรับปรุงดัชนีความสบายได้ดีกว่าการลดอุณหภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

7.3 เชิงการกำหนดนโยบายและการวิจัย

ส่งเสริมงานวิจัยเกี่ยวกับข้อมูล Life Cycle Cost Analysis (LCCA) ในบริบทประเทศไทย ซึ่งมีข้อจำกัดด้านงบประมาณการซ่อมบำรุง และเทคโนโลยีการติดตั้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Siddiqui, A. R., Khan, R. A., & Akhtar, M. N. (2025). Sustainable concrete solutions for green infrastructure development: A review. JSCMT, 10. https://doi.org/10.47481/jscmt.1667793

[2] Zakaria, A. Z. (2017). Hardscape and softscape elements of a Malay garden. Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities, 25, 109–118.

[3] Riaz, A. (2024). Innovative pavement solutions: A comprehensive review from conventional asphalt to sustainable colored alternatives. Infrastructures, 9(10), 186. https://doi.org/10.3390/infrastructures9100186

[4] Ashtari, B. (2022). A conceptual review of the potential of cool roofs as an effective passive solar technique: Elaboration of benefits and drawbacks. Blue-Green Systems, 4(2), 354–356.

[5] Ziaeemehr, B. (2023). Increasing solar reflectivity of building envelope materials to mitigate urban heat islands: State-of-the-art review. Buildings, 13(11), 2868. https://doi.org/10.3390/buildings13112868

[6] He, B.-J., Prasad, D., Yan, L., Cheshmehzangi, A., & Pignatta, G. (2025). International conference on urban climate, sustainability and urban design. In Lecture Notes in Civil Engineering (pp. 441–562). Springer.

[7] Graves, B. (2025). Landscape design philosophy: Hardscapes. https://carexdesigngroup.com/landscape-design-philosophy-hardscapes/

[8] Mallika, C. N., Naik, M. R., Sumathi, T., & Kumar, N. V. (2025). Structural beauty: The role of hardscaping elements in sustainable landscape architecture. International Journal of Applied Research, 8(8), 3570. https://doi.org/10.33545/2618060X.2025.v8.i8Se.3570

[9] de Almeida, C. R., Teodoro, A. C., & Gonçalves, A. (2021). Study of the urban heat island (UHI) using remote sensing data/techniques: A systematic review. Environments, 8(10), 105. https://doi.org/10.3390/environments8100105

[10] Yu, C. H. (2022). A review on architectural and urban design approaches to reducing the urban heat island effect. Geografia: Malaysian Journal of Society and Space. https://doi.org/10.17576/geo-2022-1801-07

[11] Pearlmutter, D. (2020). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: Green building materials, systems and sites. Blue-Green Systems, 2(1). https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928

[12] Han, D. (2022). A comparative review on the mitigation strategies of urban heat island (UHI): A pathway for sustainable urban development. Climate and Development. https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2092051

[13] Doran, E. M. B., Reichard, W., Boothe, W., Morgan, et al. (2025). Mitigating extreme heat exposure using advanced and novel materials and improved pedestrian infrastructure design. National Center for Sustainable Transportation, University of California Davis. https://escholarship.org/uc/item/9x00066h

[14] Alizadeh, E. M., & Tuncay, H. E. (2019). Social sustainability in landscape design elements (Case study: Istanbul Technical University Maslak Campus). International Journal of Landscape Architecture Research.

[15] Bahadori, E. (2024). Integrated modeling approaches for analyzing urban heat island mitigation strategies: A literature review. University of Art, Tehran. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4884513

[16] Ojobo, H., & Nimlyat, P. S. (2024). Review on green landscape elements in the urban thermal environment. Journal of Environmental Science (JOES), 23(1), 93–124.

[17] Imran, H. M., & Shammas. (2021). Causes, modeling and mitigation of urban heat island: A review. Earth Sciences. https://doi.org/10.11648/j.earth.20211006.11

[18] Blake, J. (2015). An introduction to landscape and garden design (2nd ed.). Routledge.

[19] Feng, J. (2023). Overheating of cities: Magnitude, characteristics, impact, mitigation and adaptation, and future challenges. Annual Review of Environment and Resources. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112321-093021

[20] Tian, L., Li, Y., Lu, J., & Wang, J. (2021). Review on urban heat island in China: Methods, its impact on building energy demand and mitigation strategies. Sustainability, 13(2), 762. https://doi.org/10.3390/su13020762

[21] Elnabawi, M. H., & Raveendran, R. (2024). Meta-pragmatic investigation of passive strategies from UHI–climatology's nexus perspective with digital twin as assessment mechanism. Journal of Urban Management, 13(3).

[22] Elnabawi, M. H., Alhumaidi, A., Osman, B., & Alshehhi, R. (2022). Cool roofs in hot climates: A conceptual review of modelling methods and limitations. Buildings, 12(11), 1968. https://doi.org/10.3390/buildings12111968

[23] Booth, N. K. (2012). Basic elements of landscape architectural design (2nd printing). Elsevier Science Publishing. (Original work published 1985)

[24] Cuce, P. M., Cuce, E., & Santamouris, M. (2025). Towards sustainable and climate-resilient cities: Mitigating urban heat islands through green infrastructure. Sustainability, 17(3), 1303.

[25] Ismael, S. F. (2024). Mitigating urban heat island effects: A review of innovative pavement technologies and integrated solutions. Structural Durability & Health Monitoring, 18(5), 57446.

[26] Islam, S. (2024). Urban heat island effect in India: A review of current status, impact and mitigation strategies. Discover Cities. https://doi.org/10.1007/s44327-024-00033-3

[27] Ghorbany, S. (2024). Towards a sustainable urban future: A comprehensive review of urban heat island research technologies and machine learning approaches. Sustainability, 16(11), 4609. https://doi.org/10.3390/su16114609

[28] Kappou, S. (2022). Cool pavements: State of the art and new technologies. Sustainability, 14(9), 5159. https://doi.org/10.3390/su14095159

[29] Tsoka, S. (2020). Urban warming and cities' microclimates: Investigation methods and mitigation strategies—A review. Energies, 13(6), 1414.

[30] Oke, T. R. (1987). Boundary layer climates (2nd ed.). Routledge.

[31] Cheela, V. R. S. (2021). Combating urban heat island effect—A review of reflective pavements and tree shading strategies. Buildings, 11(3), 93. https://doi.org/10.3390/buildings11030093

[32] W. A. M., et al. (2025). Application of reflective coating on the thermal performance of a building's roof: An overview. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23664.47365

[33] Qiao, Y. (2020). Flexible pavements and climate change: A comprehensive review and implications. Sustainability, 12(3), 1057.

[34] Jandaghian, Z., Lacasse, M., & Gaur, A. (2025). Solar reflectance index of building envelope materials: A comparative review of North American and European standards and long-term performance. Buildings, 15(6), 888. https://doi.org/10.3390/buildings15060888

[35] Wang, Z. (2020). Materials to mitigate the urban heat island effect for cool pavement: A brief review. Buildings. https://doi.org/10.3390/buildings12081221

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การสังเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น

Synthesis of Solar Absorptance and Thermal Lag Properties of Building Wall Materials in Tropical Climates

ประภารัตน์ เฮงทรัพย์กูล อานนท์ อนันต์อาชา และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

พลังงานจากแสงอาทิตย์มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมความร้อนของอาคาร โดยเฉพาะในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงตลอดทั้งปี วัสดุระบบผนังอาคารจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของเปลือกอาคารที่มีผลโดยตรงต่อการดูดกลืน การกักเก็บ และการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคาร โดยอาศัยการทบทวนและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 10 ฉบับ ซึ่งครอบคลุมวัสดุผนังโลหะ วัสดุผนังมวลสูง และวัสดุต้นทุนต่ำหรือวัสดุรีไซเคิล

การศึกษานี้ใช้ตัวชี้วัดทางความร้อนที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (Solar absorptance) ค่าเวลาในการหน่วงความร้อน (Thermal lag) และพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะของวัสดุแต่ละประเภทได้อย่างเป็นระบบ

ผลการสังเคราะห์พบว่า ระบบผนังที่มีค่า $\alpha \geq 0.85$ เช่น Trombe wall, UTSC และ Solar water wall มีศักยภาพสูงในการรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ขณะที่ระบบผนังมวลสูงและผนังน้ำให้ค่า Thermal lag สูงกว่า 6–10 ชั่วโมง ช่วยลดภาระความร้อนสูงสุดในช่วงกลางวันและคายความร้อนในช่วงกลางคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ วัสดุต้นทุนต่ำที่ออกแบบเชิงระบบสามารถลด Heat gain ได้ประมาณ 60–75% ซึ่งใกล้เคียงหรือสูงกว่าระบบเชิงพาณิชย์บางประเภท

คำสำคัญ: การดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ การหน่วงความร้อน วัสดุระบบผนังอาคาร พลังงานแสงอาทิตย์

Abstract

Solar energy plays a significant role in the thermal behavior of buildings, particularly in tropical humid climates where solar irradiance remains high throughout the year. Building wall materials therefore constitute a crucial component of the building envelope, as they directly affect the absorption, storage, and delay of solar heat gain. This article aims to synthesize numerical data on the solar absorptance and thermal lag properties of building wall materials by reviewing and analyzing ten relevant research studies. The scope of the analysis covers metallic wall systems, high-mass wall materials, and low-cost or recycled materials.

This study employs standardized thermal indicators, including the solar absorptance coefficient (solar absorptance), thermal lag, and temperature variation behavior, in order to enable a systematic comparison of the thermal performance of different wall material types.

The synthesis results indicate that wall systems with high solar absorptance values ($\alpha \geq 0.85$), such as Trombe walls, unglazed transpired solar collectors (UTSC), and solar water walls, exhibit high potential for direct solar energy absorption. In contrast, high-mass wall systems and water-based walls provide longer thermal lag durations of approximately 6–10 hours, which effectively reduce peak heat loads during daytime and release stored heat during nighttime. Furthermore, low-cost materials that are designed using a system-based approach can reduce heat gain by approximately 60–75%, achieving performance levels comparable to or exceeding those of certain commercial wall systems.

Keywords: Solar thermal absorption, Thermal lag, Building wall systems, Solar energy

1. บทนำ

พลังงานจากดวงอาทิตย์เป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ความร้อนจากแสงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและกิจกรรมของมนุษย์ทั้งในช่วงเวลากลางวันและกลางคืน โดยเฉพาะในเขตร้อนและเขตร้อนชื้นซึ่งมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงตลอดทั้งปี ความร้อนที่สะสมในช่วงเวลากลางวันสามารถส่งผลต่ออุณหภูมิภายในอาคารในเวลากลางคืน ความร้อนทำให้เกิดสภาวะที่ไม่สบายและเพิ่มภาระการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศอย่างมีนัยสำคัญ [1], [2] มนุษย์จึงได้พัฒนาวิธีการปรับตัวเพื่อป้องกันและลดผลกระทบจากความร้อนดังกล่าวในหลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่การเลือกใช้เครื่องนุ่งห่มให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ การกำหนดรูปแบบการตั้งถิ่นฐาน การสร้างอาคารที่พักพิง ไปจนถึงการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่สามารถควบคุมการถ่ายเทและการสะสมความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุระบบผนังอาคารถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของเปลือกอาคาร (Building envelope) ที่ทำหน้าที่ทั้งป้องกันความร้อนจากภายนอกและควบคุมสภาวะความร้อนภายในอาคาร [3]

นอกจากการป้องกันความร้อนแล้ว มนุษย์ยังได้เรียนรู้ที่จะนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิต เช่น การให้ความร้อนแก่ที่อยู่อาศัยในเขตหนาว การผลิตน้ำร้อน การอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร และการระบายอากาศแบบพาสซีฟ ระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบของตัวเก็บรังสีอากาศและผนังเก็บรังสีอาทิตย์จึงได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านพลังงานอาคาร เนื่องจากสามารถช่วยลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4], [5] ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น ผนังเก็บรังสีอาทิตย์ (Solar wall) ผนังทรอมบ์ (Trombe wall) และผนังระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มสมรรถนะด้านการดูดกลืนและถ่ายเทความร้อน งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าวัสดุผนังที่ใช้แผ่นโลหะเคลือบสีดำหรือแผ่นโลหะเจาะรูสามารถให้ค่าการดูดกลืนรังสีสูง และมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากกว่า 70–80% ภายใต้สภาวะการใช้งานจริง [6], [7]

อย่างไรก็ตามวัสดุที่มีการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์สูงมักมีความสามารถในการกักเก็บหรือหน่วงความร้อนต่ำ เนื่องจากมีค่าความจุความร้อนเชิงปริมาตรต่ำ ทำให้ความร้อนถ่ายเทอย่างรวดเร็วโดยไม่สะสมพลังงานในทางตรงกันข้าม วัสดุมวลสูง เช่น คอนกรีต อิฐ หรือผนังน้ำ สามารถหน่วงและกักเก็บความร้อนได้ดีจากค่าความจุความร้อนและความหนาแน่นสูง แต่ดูดกลืนรังสีโดยตรงได้ต่ำกว่า จึงจำเป็นต้องออกแบบผนังอาคารให้เกิดสมดุลระหว่างการดูดกลืนและการหน่วงความร้อน [1], [2], [6], [7] แม้งานวิจัยจำนวนมากศึกษาระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละประเภท แต่มักวิเคราะห์เฉพาะระบบหรือบริบทใดบริบทหนึ่ง และขาดการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของตัวชี้วัดทางความร้อนในกรอบเดียวกัน งานวิจัย 10 ฉบับที่คัดเลือกในบทความนี้จึงมีความสำคัญ เพราะครอบคลุมผนังโลหะดูดกลืนสูง ผนังมวลสูง ผนังน้ำ ระบบผนังระบายอากาศ และวัสดุต้นทุนต่ำ ทำให้สามารถสังเคราะห์แนวโน้มของค่า Solar absorptance (α) ระยะเวลาหน่วงความร้อน (Thermal lag) และพฤติกรรมอุณหภูมิภายใต้ตัวชี้วัดเดียวกันได้อย่างเป็นระบบ [1], [2], [6]-[8]

บทความนี้แตกต่างจากงานทบทวนวรรณกรรมทั่วไป เช่น ของ Ghamari และ Sundaram [1] รวมถึง Menni และคณะ [3] ซึ่งเน้นสรุปเชิงบรรยาย โดยงานวิจัยนี้ใช้แนวทาง การสังเคราะห์เชิงวิเคราะห์ (Analytical synthesis) รวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยต้นฉบับแล้วเปรียบเทียบภายใต้กรอบตัวแปรเดียวกัน จึงสามารถแสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างการดูดกลืนรังสีและการหน่วงความร้อนได้ชัดเจน ซึ่งยังเป็นช่องว่างในงานทบทวนที่ผ่านมา

อีกประเด็นสำคัญคือบทบาทของ วัสดุเปลี่ยนสถานะ (PCM) ซึ่งแม้ปรากฏในผลการศึกษาแต่ยังอธิบายเชิงทฤษฎีไม่ชัดเจน PCM สามารถดูดซับและคายความร้อนแฝงระหว่างการเปลี่ยนสถานะ ช่วยคงอุณหภูมิในช่วงใกล้จุดเปลี่ยนสถานะและเพิ่มระยะเวลาหน่วงความร้อนได้โดยไม่ต้องเพิ่มมวลผนังมาก กลไกนี้แตกต่างจากวัสดุมวลสูงที่อาศัยความจุความร้อนเชิงสัมผัสเพียงอย่างเดียว ทำให้ PCM มีศักยภาพในการออกแบบผนังลูกผสมสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้น [3],[12] ดังนั้น การสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขของวัสดุผนังทั้งแบบมวลความร้อนและแบบเปลี่ยนสถานะในกรอบเดียวกัน จึงช่วยสร้างองค์ความรู้เชิงเปรียบเทียบเพื่อสนับสนุนการออกแบบอาคารพลังงานต่ำอย่างมีหลักฐานเชิงปริมาณ

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อสังเคราะห์และเปรียบเทียบเชิงตัวเลข คุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนของวัสดุระบบผนังอาคารประเภทต่าง ๆ

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของสมรรถนะระหว่าง วัสดุผนังโลหะ วัสดุมวลสูง และวัสดุต้นทุนต่ำ ภายใต้ตัวชี้วัดเดียวกัน

2.3 เพื่อเสนอ แนวทางการเลือกใช้วัสดุระบบผนังอาคารเชิงออกแบบ สำหรับระบบพลังงานแสงอาทิตย์ในภูมิอากาศร้อนชื้น

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์และสังเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคาร โดยกำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาครอบคลุมการพิจารณาคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุระบบผนังอาคารที่เกี่ยวข้องกับการรับพลังงานแสงอาทิตย์ โดยเน้นเฉพาะประเด็น คุณสมบัติการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุผนังอาคาร คุณสมบัติการหน่วงและการกักเก็บความร้อนของวัสดุผนังอาคาร ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุ (เช่น ค่าการดูดกลืนรังสี ความนำความร้อน ความจุความร้อน และความหนาแน่น) กับสมรรถนะเชิงความร้อนของระบบผนัง และบทบาทของวัสดุระบบผนังอาคารต่อการควบคุมสภาวะความร้อนและการใช้พลังงานในอาคาร

3.2 ขอบเขตด้านประเภทวัสดุ

การศึกษาแบ่งวัสดุระบบผนังอาคารออกเป็นกลุ่มหลัก ได้แก่ วัสดุผนังโลหะที่มีคุณสมบัติการดูดกลืนความร้อนสูง เช่น แผ่นโลหะเคลือบสีดำและแผ่นโลหะเจาะรู

วัสดุผนังมวลสูง เช่น คอนกรีตและผนังทึบที่มีคุณสมบัติการหน่วงความร้อน

วัสดุต้นทุนต่ำหรือวัสดุรีไซเคิลที่นำมาประยุกต์ใช้ในระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการศึกษาจะมุ่งเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุแต่ละกลุ่มในเชิงตัวเลขเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้

3.3 ขอบเขตด้านวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทบทวนและสังเคราะห์ (review and synthesis research) โดยใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติและแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะทางความร้อนของวัสดุระบบผนัง และใช้วิธีเปรียบเทียบผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายแหล่งภายใต้กรอบตัวชี้วัดเดียวกัน โดยไม่ครอบคลุมการทดลองภาคสนามหรือการสร้างต้นแบบใหม่ในงานวิจัยนี้

3.4 ขอบเขตด้านระบบและการประยุกต์ใช้

การศึกษามุ่งเน้นวัสดุที่ใช้ในระบบผนังอาคารพลังงานแสงอาทิตย์และระบบผนังระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับอาคารที่พักอาศัยและอาคารขนาดเล็กถึงขนาดกลาง โดยเน้นการประยุกต์ใช้ในบริบทของอาคารในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นเป็นหลัก

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทบทวนและสังเคราะห์ โดยไม่ครอบคลุมการทดลองภาคสนามหรือการจำลองเชิงตัวเลขใหม่ ขอบเขตของการศึกษาจำกัดอยู่ที่การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขของคุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนของวัสดุระบบผนังอาคารที่ใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคารในครั้งนี้ คาดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการและเชิงการประยุกต์ใช้ ดังต่อไปนี้

4.1 ประโยชน์เชิงองค์ความรู้ การศึกษานี้ช่วยวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุระบบผนังอาคารจากงานวิจัยที่หลากหลายไว้ในกรอบตัวชี้วัดเดียวกัน ส่งผลให้เกิดองค์ความรู้เชิงเปรียบเทียบที่สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงสำหรับงานวิจัยด้านพลังงานอาคารและสถาปัตยกรรมยั่งยืนในอนาคต

4.2 ประโยชน์ต่อการออกแบบอาคาร ผลการศึกษาช่วยสนับสนุนกระบวนการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุระบบผนังอาคารโดยให้ข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับความเหมาะสมของวัสดุแต่ละประเภทในด้านการดูดกลืนและการหน่วงความร้อน ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบผนังอาคารพลังงานต่ำและระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3 ประโยชน์ด้านการประหยัดพลังงานและสิ่งแวดล้อม การเลือกใช้วัสดุระบบผนังอาคารที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสามารถช่วยลดภาระความร้อนที่เข้าสู่อาคารและลดการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ส่งผลต่อการลดการใช้พลังงานรวมของอาคารและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาอาคารพลังงานต่ำและอาคารยั่งยืน

4.4 ประโยชน์ด้านการใช้วัสดุต้นทุนต่ำและวัสดุทางเลือก การศึกษานี้ช่วยชี้ให้เห็นศักยภาพของวัสดุต้นทุนต่ำหรือวัสดุรีไซเคิลในการประยุกต์ใช้กับระบบผนังอาคารพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถเป็นทางเลือกให้กับผู้ออกแบบและผู้พัฒนาอาคารในการลดต้นทุนการก่อสร้าง โดยไม่ลดทอนสมรรถนะด้านพลังงาน

4.5 ประโยชน์เชิงนโยบายและการพัฒนาในระยะยาว ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการกำหนดแนวทางหรือข้อเสนอเชิงนโยบายด้านการออกแบบอาคารและการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น รวมถึงเป็นแนวทางในการพัฒนามาตรฐานหรือเกณฑ์การประเมินสมรรถนะของระบบผนังอาคารพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคต

4.6 ประโยชน์ต่อการต่อยอดงานวิจัย ผลลัพธ์จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดพื้นฐานสำหรับการวิจัยเชิงทดลอง การจำลองเชิงตัวเลข หรือการพัฒนาต้นแบบระบบผนังอาคารในขั้นถัดไป โดยเฉพาะการออกแบบระบบผนังที่ผสานคุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทบทวนและสังเคราะห์องค์ความรู้ (Review and analytical synthesis research) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 ทั้งนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การกำหนดกรอบและขอบเขตการวิจัย ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยจากทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานด้านการถ่ายเทความร้อน การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ และการหน่วงความร้อนของวัสดุระบบผนังอาคาร เพื่อใช้เป็นกรอบในการคัดเลือกตัวแปรและตัวชี้วัดทางความร้อนที่เกี่ยวข้อง โดยมุ่งเน้นวัสดุระบบผนังอาคารที่นำมาใช้ในระบบพลังงานแสงอาทิตย์และอาคารในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น

5.2 การรวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 10 ฉบับ งานวิจัยที่นำมาวิเคราะห์ถูกสืบค้นจากฐานข้อมูลวิชาการสากล ได้แก่ Scopus, Web of Science และ Science Direct โดยใช้คำค้นที่เกี่ยวข้องกับ solar wall, solar air collector, Trombe wall, solar absorber wall และ thermal mass wall ทั้งนี้กำหนดช่วงปีที่ตีพิมพ์ระหว่าง ค.ศ. 2013–2025 เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนเทคโนโลยีและแนวโน้มการวิจัยที่

ทันสมัย เอกสารที่คัดเลือกต้องเป็นบทความวิจัยฉบับเต็มที่มีข้อมูลเชิงทดลองหรือเชิงตัวเลขเกี่ยวกับสมรรถนะทางความร้อนของวัสดุระบบผนัง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกเอกสาร ดังนี้

- เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุระบบผนังอาคาร พลังงานแสงอาทิตย์ หรือระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์
- มีการรายงานข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณสมบัติการดูดกลืนความร้อน การถ่ายเท หรือการหน่วงความร้อน
- เป็นเอกสารที่ผ่านการพิจารณาทางวิชาการ (Peer-reviewed)

แหล่งข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยวารสารด้านพลังงานอาคาร วิศวกรรมความร้อน และสถาปัตยกรรมยั่งยืน

5.3 การคัดเลือกและจัดกลุ่มวัสดุระบบผนังอาคาร วัสดุระบบผนังที่นำมาศึกษาถูกจัดกลุ่มตามลักษณะทางกายภาพและบทบาทด้านพลังงาน ได้แก่

- วัสดุผนังโลหะที่มีคุณสมบัติการดูดกลืนความร้อนสูง
- วัสดุผนังมวลสูงที่มีคุณสมบัติการหน่วงและกักเก็บความร้อน
- วัสดุต้นทุนต่ำหรือวัสดุทางเลือกที่นำมาใช้ในระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์

การจัดกลุ่มดังกล่าวช่วยให้สามารถเปรียบเทียบสมรรถนะของวัสดุแต่ละประเภทได้อย่างเป็นระบบ

5.4 การกำหนดตัวแปรและตัวชี้วัดทางความร้อน ตัวแปรและตัวชี้วัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ถูกกำหนดตามหลักทฤษฎีทางวิศวกรรมความร้อนและแนวคิดเปลือกอาคาร โดยประกอบด้วย

ของวัสดุ เช่น ค่าการดูดกลืนรังสี ความนำความร้อน ความจุความร้อน และความหนาแน่น

- ตัวแปรตาม ได้แก่ สมรรถนะการดูดกลืนความร้อน ความสามารถในการหน่วงและกักเก็บความร้อน และพฤติกรรมอุณหภูมิของผนัง

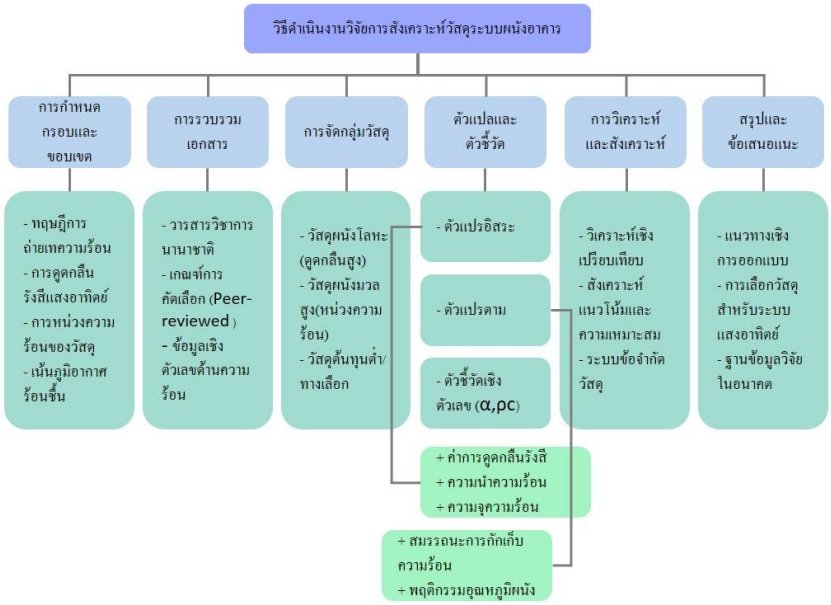
ตัวชี้วัดเชิงตัวเลข เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสี (α) ค่าความจุความร้อนเชิงปริมาตร (ρc) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และประสิทธิภาพเชิงความร้อน ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

5.5 การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากเอกสารถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบภายใต้กรอบตัวชี้วัดเดียวกัน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากวิธีการทดสอบที่แตกต่างกันในแต่ละงานวิจัย จากนั้นทำการสังเคราะห์ผลการศึกษาเพื่อแสดงแนวโน้ม ความเหมาะสม และข้อจำกัดของวัสดุระบบผนังแต่ละประเภทในด้านการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์

5.6 การสรุปผลและเสนอแนวทางเชิงการออกแบบ

ผลการวิเคราะห์และสังเคราะห์ถูกนำมาสรุปเป็นข้อค้นพบเชิงแนวคิดและข้อเสนอแนะเชิงการออกแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุระบบผนังอาคารที่เหมาะสมกับระบบพลังงานแสงอาทิตย์และสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น รวมถึงเป็นฐานข้อมูลสำหรับการต่อยอดงานวิจัยเชิงทดลองและการพัฒนาระบบผนังอาคารในอนาคต

หมายเหตุเชิงระเบียบวิธี การศึกษานี้ไม่ครอบคลุมการทดลองภาคสนาม การจำลองเชิงตัวเลขด้วยซอฟต์แวร์ หรือการสร้างต้นแบบระบบผนังใหม่ แต่มุ่งเน้นการสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่มีอยู่



รูปที่ 1 การสังเคราะห์คุณสมบัติการดูดกลืนและการหน่วงความร้อนจากแสงอาทิตย์ของวัสดุระบบผนังอาคารในภูมิอากาศร้อนชื้น

6. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

6.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Theory of Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนเป็นพื้นฐานทางวิศวกรรมความร้อนที่อธิบายการเคลื่อนย้ายพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ โดยเกิดขึ้นผ่าน 3 กลไกหลัก ได้แก่ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Thermal radiation) ซึ่งทั้งหมดมีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมความร้อนของผนังอาคาร โดยเฉพาะผนังที่รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง [9], [10]

6.2 ทฤษฎีการแผ่รังสีและการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (Thermal Radiation and Solar Absorptance Theory)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ตามกฎของสเตฟาน-โบลท์ซมัน (Stefan–Boltzmann law) และกฎของเคียร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's law of thermal radiation) วัสดุที่มีค่าการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ (Solar absorptance, α) สูง จะสามารถเปลี่ยนพลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ วัสดุผิวสีเข้มหรือพื้นผิวโลหะเคลือบสีดำจึงถูกนำมาใช้ในระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์อย่างแพร่หลาย

6.3 ทฤษฎีมวลความร้อนและการหน่วงความร้อน (Thermal Mass and Thermal Lag Theory)

มวลความร้อน (Thermal mass) คือความสามารถของวัสดุในการกักเก็บพลังงานความร้อนและคายความร้อนออกเมื่ออุณหภูมิโดยรอบลดลง คุณสมบัตินี้ขึ้นอยู่กับค่าความจุความร้อนจำเพาะ ความหนาแน่น และความนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งมักแสดงในรูปของค่าความจุความร้อนเชิงปริมาตร (ρc) วัสดุที่มีมวลความร้อนสูง เช่น คอนกรีต หรืออิฐ จะทำให้เกิดปรากฏการณ์หน่วงเวลาในการถ่ายเทความร้อน (thermal lag) และช่วยลดความผันผวนของอุณหภูมิภายในอาคาร [11]

6.4 แนวคิดเปลือกอาคารและสมดุลพลังงาน (Building Envelope and Energy Balance Concept)

เปลือกอาคารเป็นองค์ประกอบหลักที่ควบคุมการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างภายนอกและภายในอาคาร แนวคิดสมดุลพลังงานของเปลือกอาคารพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ที่เข้าสู่อาคาร การสูญเสียความร้อนผ่านผนัง และพลังงานที่ถูกกักเก็บในวัสดุ การออกแบบผนังอาคารที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุร่วมกับสภาพภูมิอากาศและลักษณะการใช้งานอาคาร [10]

6.5 ทฤษฎีระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟ (Passive Solar Design Theory)

การออกแบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาสซีฟเป็นแนวคิดที่ใช้การจัดวางอาคาร วัสดุ และองค์ประกอบสถาปัตยกรรมเพื่อควบคุมและใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์โดยไม่พึ่งพาระบบเครื่องกล ระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์ เช่น Trombe wall และ Solar wall เป็นตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีนี้ โดยผนังทำหน้าที่ดูดกลืน กักเก็บ และถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารอย่างเป็นธรรมชาติ [5], [15]

6.6 แนวคิดการใช้วัสดุทางเลือกและวัสดุต้นทุนต่ำในงานพลังงานอาคาร (Low-Cost and Alternative Material Concept)

แนวคิดการพัฒนาอาคารพลังงานต่ำและอาคารยั่งยืนให้ความสำคัญกับการใช้วัสดุที่มีต้นทุนต่ำ เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีสมรรถนะด้านพลังงานที่เหมาะสม งานวิจัยด้านระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์แสดงให้เห็นว่าวัสดุทางเลือกหรือวัสดุรีไซเคิลสามารถให้คุณสมบัติการดูดกลืนและถ่ายเทความร้อนใกล้เคียงวัสดุเชิงพาณิชย์ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในบริบทของอาคารเขตร้อน

7. ผลการวิจัย

ตาราง 2 แสดงผลการเปรียบเทียบเชิงตัวเลขของวัสดุระบบผนังอาคาร โดยสามารถจัดกลุ่มแนวโน้มของสมรรถนะออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

(1) High solar absorption,

(2) High thermal storage / delay

(3) Hybrid systems

8. การอภิปรายผล

8.1 ผลของการดูดซับรังสีอาทิตย์ (Solar Absorption, α) จากตารางพบว่า วัสดุที่มีค่า $\alpha \geq 0.85$ ได้แก่

-Trombe wall

- Unglazed Transpired Solar Collector (UTSC)

-Solar Water Wall

แสดงศักยภาพสูงในการรับพลังงานแสงอาทิตย์โดยตรง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี Radiative heat absorption ที่ระบุว่าการเพิ่มค่า Absorptivity ส่งผลโดยตรงต่อ heat gain ที่ผิววัสดุ โดยเฉพาะผิวโลหะเคลือบสีดำและผิวน้ำที่มี Emissivity สูง

8.2 บทบาทของการกักเก็บอุณหภูมิ (Thermal Storage) แม้ว่าผนังโลหะ (UTSC) จะมีค่า α สูงที่สุด (~0.95) แต่ มีการหน่วงความร้อนต่ำ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะต่ำ ส่งผลให้เหมาะกับการใช้งานแบบ "รับ-ถ่ายเททันที" มากกว่าการสะสม

ตรงกันข้าม ผนังน้ำและ Trombe wall ให้ Time lag สูงกว่า 6 ชั่วโมง ซึ่งช่วยลด Peak heat load ในช่วงบ่าย และคายความร้อนในช่วงกลางคืน สอดคล้องกับแนวคิด Thermal mass effect ที่วัสดุมีความจุความร้อนสูง สามารถกักเก็บและปล่อยพลังงานความร้อน [11]

ระบบ **Hybrid** และข้อพิจารณาในภูมิอากาศร้อนชื้น (**PCM-integrated walls**) ระบบผนังแบบ **Hybrid** ที่ผสานวัสดุเปลี่ยนสถานะ (**PCM**) สามารถเพิ่มระยะเวลาหน่วงความร้อนผ่านกลไกความร้อนแฝง ทำให้ค่า **thermal lag** สูงกว่าวัสดุทั่วไป อย่างไรก็ตาม ในภูมิอากาศร้อนชื้นที่ช่วงอุณหภูมิกลางวัน–กลางคืนไม่ต่างกันมาก การคายความร้อนและการคืนสภาพของ **PCM** อาจไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ความสามารถกักเก็บความร้อนในรอบถัดไปลดลงและประสิทธิภาพต่ำกว่าที่คาด [11]

ดังนั้นการใช้ **PCM** ควรพิจารณาการระบายความร้อนกลางคืน เช่น การเพิ่มการไหลเวียนอากาศในช่องผนัง หรือเลือกอุณหภูมิเปลี่ยนสถานะของ **PCM** ให้เหมาะกับอุณหภูมิใช้งาน เพื่อลดข้อจำกัดจากช่วงอุณหภูมิรายวันที่แคบและส่งเสริมการคืนสภาพของวัสดุ [11]

8.3 การเปรียบเทียบวัสดุต้นทุนต่ำกับระบบเชิงพาณิชย์ เมื่อพิจารณาอัตราการลดความร้อน (heat gain reduction) พบว่า

- Solar Collector Wall (SCW) และ Trombe wall สามารถลด heat gain ได้ 60–75% [1] , [2]

- มีประสิทธิภาพใกล้เคียงหรือสูงกว่าระบบ double-skin เชิงพาณิชย์บางรูปแบบ ชี้ให้เห็นว่า วัสดุต้นทุนต่ำที่ออกแบบเชิงระบบสามารถทดแทนวัสดุเชิงพาณิชย์ได้ในบริบทภูมิอากาศร้อนชื้น

8.4 ความหมายต่อการออกแบบอาคารจริง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเลือกวัสดุระบบผนังอาคารควรพิจารณาความสมดุลระหว่างการดูดกลืนและการหน่วงความร้อน โดยวัสดุที่มีค่า α สูงเหมาะกับระบบที่ต้องการถ่ายเทพลังงานทันที ขณะที่วัสดุมวลสูงเหมาะกับการควบคุมภาระความร้อนรายวันในภูมิอากาศร้อนชื้น

8.5 ข้อจำกัดของการศึกษา การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงทบทวนและสังเคราะห์ ซึ่งยังไม่ครอบคลุมการทดสอบภาคสนามหรือการจำลองภายใต้สภาพภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระหว่างแนวคิดและทฤษฎีกับตัวแปรวิจัย

ลำดับ	แนวคิด / ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	หลักการสำคัญทางทฤษฎี	ตัวแปรอิสระ (Independent Variables)	ตัวแปรตาม (Dependent Variables)	ตัวชี้วัดเชิงตัวเลข (Indicators)	แหล่งอ้างอิง
1	ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer Theory)	ความร้อนถ่ายเทผ่านการนำ การพา และการแผ่รังสี	ประเภทวัสดุ, ความหนา, ค่าการนำความร้อน (k)	อัตราการถ่ายเทความร้อน	k (W/m·K), Heat flux (W/m²)	[10], [11]
2	ทฤษฎีการแผ่รังสีความร้อน	การถ่ายเทพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	สีและลักษณะผิววัสดุ	ปริมาณพลังงานที่ดูดกลืน	Solar absorptance (α)	[12]
3	ทฤษฎีการดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์	วัสดุที่มีค่า α สูงดูดกลืนพลังงานได้มาก	ชนิดวัสดุดูดกลืน	อุณหภูมิผิววัสดุ	α (–), Surface temperature (°C)	[6], [7], [12]
4	ทฤษฎีมวลความร้อน (Thermal Mass)	วัสดุหนาแน่นสูงกักเก็บความร้อนได้ดี	ความหนาแน่น (ρ), ความจุความร้อน (c)	ความสามารถกักเก็บความร้อน	ρc (kJ/m³·K)	[13]
5	ทฤษฎีการหน่วงความร้อน (Thermal Lag)	มวลความร้อนทำให้การถ่ายเทความร้อนล่าช้า	ความหนา, มวลวัสดุ	เวลาในการถ่ายเทความร้อน	Time lag (ชั่วโมง)	[13]
6	แนวคิดสมดุลพลังงานของเปลือกอาคาร	พลังงานเข้า–ออกสะสมในผนัง	วัสดุผนัง, สภาพแวดล้อม	ภาระความร้อนของอาคาร	ΔT ภายใน (°C), Heat gain/loss	[11], [14]
7	ทฤษฎี Passive Solar Design	ใช้องค์ประกอบอาคารควบคุมพลังงานแสงอาทิตย์	ระบบผนังพลังงานแสงอาทิตย์	ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	Thermal efficiency (%)	[5], [15]
8	แนวคิด Solar Wall / Trombe Wall	ผนังทำหน้าที่ดูดกลืน–กักเก็บ–ถ่ายเทความร้อน	โครงสร้างผนัง, วัสดุ	การลดภาระพลังงานอาคาร	Energy saving (%)	[1], [2]
9	แนวคิดวัสดุต้นทุนต่ำ	วัสดุทางเลือกให้สมรรถนะใกล้วัสดุเชิงพาณิชย์	ประเภทวัสดุรีไซเคิล	สมรรถนะเชิงความร้อน	α, ΔT, Efficiency	[4], [5], [9]
10	แนวคิดการออกแบบเพื่อภูมิอากาศร้อนชื้น	วัสดุต้องเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ	คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ	ความสบายทางความร้อนภายใน	Indoor temperature (°C)	[11], [13]

ตารางที่ 2 ผลการศึกษา

ประเภทระบบผนัง	วัสดุหลัก	Solar absorption α(-)	Thermal delay / storage	ตัวชี้วัดเชิงทดลอง	แหล่งข้อมูล
ผนังคอนกรีตทึบ	Concrete	0.55-0.65	Time lag 4-6 h	ลด peak ΔT-15-25%	[2]
ผนังมวลสูง (Trombe wall)	Masonry/concrete + glazing	0.85-0.95	Time lag 6-10 h	Indoor ΔT ลด2-6°C	[1]
ผนังโลหะดูดกลืน (UTSC)	Black-coated steel	0.90-0.95	Low storage	Air ΔT +7-15°C	[6]
ผนังน้ำ (Solar WaterWall/SCW)	Water + glass	-0.95 (effective)	High thermal capacity	Water T =55-62°C	[2]
ผนังผสม PCM	Paraffin / PCM	0.80-0.90	Delay 8-12 h	Night ΔT +3-6°C	[3]
ผนัง Double-skin ventilated	Metal/glass	0.70-0.85	Ventilation-based	Heat gain↓30-50%	[1]
ผนังวัสดุโพลิเมอร์	Polycarbonate	0.60-0.75	Low-moderate	Efficiency↓8-15%	[3]

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานนท์ อนันต์อาชา และรองศาสตราจารย์ ดร. ธนา อนันต์อาชา อาจารย์ที่ปรึกษา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะตลอดการดำเนินการเขียนบทความ รวมถึงคำแนะนำเชิงวิชาการที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] Ghamari, M., & Sundaram, S. (2024). Solar wall technology and its impact on building performance. Energies, 17(5), 1075.

[2] Chantawong, P., & Thantong, P. (2013). Study of thermal performance of a solar collectors wall assisted with DC fan under tropical climate. Journal of Science Ladkrabang, 22(2), 1–18.

[3] Menni, Y., Azzi, A., & Chamkha, A. (2018). A review of solar energy collectors: Models and applications. Journal of Applied and Computational Mechanics, 4(4), 375–401.

[4] Elmaryami, A., et al. (2024). Design of a solar air he ating collector from steel cans. European Journal of Energy Research, 4(4), 1–8.

[5] Elakrout, O., et al. (2025). Experimental and numerical investigation of a novel low-cost solar air heater. Energies, 18(20), 5503.

[6] Talha, T., et al. (2025). Experimental study of unglazed transpired solar collectors integrated with buildings in humid sub-tropics. Energy and Buildings, 339, 115767.

[7] Teodosiu, C. I., et al. (2022). Experimental investigation and optimization of a glazed transpired solar collector. Applied Sciences, 12(22), 11392.

[8] Alnakeeb, M. A., et al. (2024). Thermal performance analysis of corrugated plate solar air heater. Alexandria Engineering Journal, 97, 241–255.

[9] Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). Fundamentals of heat and mass transfer (7th ed.). Wiley.

[10] Santamouris, M. (2013). Energy and climate in the urban built environment. Routledge.

[11] Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. Wiley.

[12] Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar engineering of thermal processes (4th ed.). Wiley.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

แนวทางการพัฒนาการนำแสงและการเพิ่มค่าความสว่างจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคาร

Guidelines for Developing Daylight Guidance and Increasing Sunlight Illuminance for Building Use

กิตติ หร่ายขุนทด อานนท์ อนันต์อาชา และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การนำแสงธรรมชาติ (Daylighting) มาใช้ในอาคารเป็นกลยุทธ์สำคัญในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านแสงสว่างและยกระดับคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร อย่างไรก็ตาม ช่องเปิดแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดในการนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบนำแสงธรรมชาติ โดยมุ่งเน้นความสัมพันธ์เชิงสมรรถนะระหว่างมิติทางเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่มีผลต่อการเพิ่มค่าความสว่างภายในอาคาร

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงสังเคราะห์จากเอกสาร (Documentary-Based Research) โดยคัดเลือกงานวิจัยที่มีการรายงานข้อมูลเชิงตัวเลขเกี่ยวกับระบบนำแสงธรรมชาติ และจัดหมวดหมู่ระบบออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ ระบบสะท้อนแสง ระบบท่อนำแสง และระบบหักเหแสง จากนั้นสกัดและวิเคราะห์ข้อมูลด้านมิติทางเรขาคณิต อัตราส่วนความกว้างต่อความลึก และคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการนำและการกระจายแสงภายใต้กรอบเดียวกัน

ผลการศึกษาพบว่า สมรรถนะของระบบนำแสงธรรมชาติไม่ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของระบบเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ โดยระบบสะท้อนแสงเหมาะสำหรับพื้นที่ใกล้ช่องเปิด ระบบท่อนำแสงมีศักยภาพในการนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกเมื่อควบคุมอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างอย่างเหมาะสม ขณะที่ระบบหักเหแสงสามารถควบคุมทิศทางแสงแดดมุมสูงและปรับคุณภาพแสงภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้เสนอแนวทางเชิงสมรรถนะในลักษณะช่วงค่าที่แนะนำ (Recommended ranges) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการออกแบบและพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับลักษณะอาคารและบริบทการใช้งานร่วมสมัย

คำสำคัญ: การนำแสงธรรมชาติ ระบบนำแสง สมรรถนะแสงธรรมชาติ มิติทางเรขาคณิต คุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ

Abstract

The application of daylighting in buildings is a key strategy for reducing electrical lighting energy consumption while enhancing visual comfort in indoor environments. However, conventional window-based openings often present limitations in delivering daylight to deep interior spaces. This study aims to synthesize and analyze quantitative data from existing research on various daylighting systems, with a particular focus on the performance relationships between system geometry and the optical properties of materials that influence daylight delivery and indoor illuminance enhancement.

This research adopts a documentary-based research approach, systematically reviewing and selecting peer-reviewed studies related to daylighting systems. The systems are classified into three main categories: reflective systems, light transport systems, and refractive and optical systems. Quantitative parameters, including geometric dimensions, width-to-depth ratios, and optical properties of materials, are extracted and comparatively analyzed within a unified analytical framework.

The results indicate that the performance of daylighting systems is not determined solely by system type, but by the interaction between geometric configuration and material optical properties. Reflective systems are most effective in areas near openings, light transport systems demonstrate strong potential for delivering daylight to deep interior spaces when appropriate length-to-width ratios are maintained, and refractive systems provide effective control of high-angle sunlight and daylight quality in deep zones. This study proposes performance-based recommended ranges derived from synthesized numerical data, offering design-relevant reference information to support the development and application of effective daylighting systems in contemporary buildings.

Keywords: Daylighting, Daylighting systems, Daylight performance, Geometric parameters, Optical material properties

1. บทนำ

การนำแสงธรรมชาติ (Daylighting) มาใช้ในอาคารถือเป็นกลยุทธ์สำคัญของการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานและอาคารยั่งยืน เนื่องจากระบบแสงสว่างด้วยไฟฟ้ามีสัดส่วนการใช้พลังงานสูง โดยเฉพาะในอาคารสำนักงานและอาคารสาธารณะขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้พลังงานด้านแสงสว่างอาจสูงถึงประมาณหนึ่งในสามของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร [1], [2] การออกแบบที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมไม่เพียงช่วยลดการพึ่งพาพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน แต่ยังส่งผลเชิงบวกต่อสภาวะน่าสบายทางสายตา สุขภาวะ และประสิทธิภาพการใช้งานของผู้ใช้อาคาร [3], [4]

ในบริบทของประเทศไทยและภูมิอากาศเขตร้อน การใช้พลังงานในภาคอาคารมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยภาคอาคารมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่า 50% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งประเทศ และระบบแสงสว่างเป็นหนึ่งในภาระไฟฟ้าหลักรองจากระบบปรับอากาศ [5] แม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพด้านแสงธรรมชาติสูงตลอดทั้งปีจากสภาพท้องฟ้าเขตร้อน แต่การออกแบบอาคารจำนวนมากยังคงพึ่งพาช่องเปิดแบบดั้งเดิม ซึ่งไม่สามารถนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ต้องพึ่งพาแสงประดิษฐ์แม้ในเวลากลางวัน [6]

อย่างไรก็ตาม การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารด้วยช่องเปิดแบบดั้งเดิม เช่น หน้าต่างหรือช่องแสงบนหลังคา มักมีประสิทธิภาพจำกัดเฉพาะบริเวณใกล้ช่องเปิด และไม่สามารถตอบสนองต่ออาคารที่มีความลึกมากหรือมีพื้นที่ภายในที่ไม่มีช่องเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยจำนวนมากจึงให้ความสนใจกับการพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติ (Daylight Guidance Systems) ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ระบบท่อนำแสง ระบบแกนนำแสงใส และระบบปรับทิศทางแสงด้วยวัสดุเชิงแสง เพื่อเพิ่มการกระจายแสงและนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกภายในอาคาร [7]–[9]

จากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าประสิทธิภาพของระบบนำแสงธรรมชาติไม่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบเพียงอย่างเดียว แต่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมิติทางเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ โดยเฉพาะสัดส่วนความกว้างต่อความลึก (Width-to-Depth Ratio หรือ Aspect Ratio) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการสูญเสียแสงระหว่างการส่งผ่านภายในระบบนำแสง [8], [10] งานวิจัยเชิงทดลองและการจำลองหลายฉบับชี้ให้เห็นว่า เมื่อความยาวของระบบนำแสงเพิ่มขึ้นโดยไม่มีการปรับปรุงรูปทรงหรือคุณสมบัติผิววัสดุ ค่าความสว่างภายในอาคารจะลดลงอย่างรวดเร็ว [9], [11]

ในด้านคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของผิวภายในระบบนำแสง และค่าการส่งผ่านแสง (Transmittance) ของวัสดุครอบหรือแกนนำแสง เป็นปัจจัยหลักที่กำหนดสมรรถนะการนำและการกระจายแสง งานวิจัยระบุว่าการใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง ($R \geq 0.90$) หรือการใช้หลักการสะท้อนกลับหมด (Total Internal Reflection: TIR) สามารถเพิ่มค่าความสว่างที่ระนาบใช้งานได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้ในระบบที่ต้องนำแสงในระยะทางไกล [8], [10], [12]

นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้วัสดุเชิงแสง เช่น แผ่นปริซึมหรือระบบเชิงทัศนศาสตร์ไม่ใช่ภาพ ยังมีศักยภาพในการควบคุมทิศทางแสงแดดมุมสูง ลดปัญหาแสงจ้า และเพิ่มความสม่ำเสมอของการกระจายแสงภายในพื้นที่ใช้งาน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในอาคารเขตร้อนที่มีแสงแดดเข้มและมุมตกกระทบสูง [13], [14]

แม้ว่างานวิจัยระดับสากลจำนวนมากจะศึกษาระบบนำแสงธรรมชาติในแต่ละประเภท ทั้งเชิงทดลอง เชิงจำลอง และเชิงทฤษฎี แต่ยังพบ "ช่องว่างงานวิจัย (Research Gap)" ที่สำคัญในบริบทของประเทศเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศไทย กล่าวคือ ยังขาดงานวิจัยเชิงสังเคราะห์ที่รวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยหลายแหล่ง และบูรณาการความสัมพันธ์ระหว่างมิติทางเรขาคณิตของระบบกับคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุให้อยู่ในรูปแบบแนวทางเชิงออกแบบ (Design-oriented synthesis) ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบช่องเปิดและระบบนำแสงในอาคารจริงได้โดยตรง

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมามักมุ่งเน้นการประเมินระบบเฉพาะชนิดหรือกรณีศึกษาเฉพาะสภาพภูมิอากาศ ขณะที่บริบทเขตร้อนซึ่งมีศักยภาพแสงธรรมชาติสูงตลอดปี กลับยังไม่มีกรอบอ้างอิงเชิงสมรรถนะที่ชัดเจนสำหรับการกำหนดขนาด ความลึก หรือสัดส่วนเรขาคณิตของระบบนำแสงให้เหมาะสมกับอาคารประเภทต่าง ๆ ในทางปฏิบัติ

ดังนั้น การสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่กระจัดกระจายอยู่ในปัจจุบัน เพื่อนำเสนอเป็นช่วงค่าที่แนะนำ (Recommended performance ranges) จึงมีความจำเป็นเร่งด่วน เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกและพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับอาคารในบริบทเขตร้อน ลดการพึ่งพาแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน และสนับสนุนเป้าหมายด้านการประหยัดพลังงานในภาคอาคารของประเทศอย่างเป็นรูปธรรม

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขของระบบนำแสงธรรมชาติประเภทต่าง ๆ โดยจำแนกตามมิติทางเรขาคณิตของระบบ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบบทบาทของคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุต่อสมรรถนะการนำและการกระจายแสง

2.3 เพื่อเสนอ แนวทางเชิงออกแบบ (Design guidelines) สำหรับการเลือกและพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติบนพื้นฐานข้อมูลเชิงสมรรถนะ

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นการสังเคราะห์และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากผลงานวิจัยและเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร โดยมีขอบเขตการศึกษาดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตด้านประเภทของระบบนำแสงธรรมชาติ

การศึกษาครอบคลุมระบบนำแสงธรรมชาติหลัก 3 ประเภท ได้แก่ 1) ระบบสะท้อนแสง (Reflective systems) เช่น หิ้งสะท้อนแสง และแผ่นเกล็ดสะท้อนแสง 2) ระบบท่อนำแสง (Light transport systems) เช่น ท่อนำแสงแบบทรงกระบอกและระบบเพดานนำแสงแบบอนิโดลิก 3) ระบบหักเหแสงและระบบเชิงแสง (Refractive and optical systems) เช่น แผ่นปริซึมและแผ่นตัดแสงด้วยเลเซอร์ ทั้งนี้ การศึกษาไม่ครอบคลุมระบบแสงสว่างไฟฟ้าและระบบแสงแบบผสม (Hybrid lighting systems)

3.2 ขอบเขตด้านมิติทางเรขาคณิตของระบบ

การศึกษาพิจารณาเฉพาะพารามิเตอร์ทางเรขาคณิตที่มีผลต่อสมรรถนะการนำแสง ได้แก่ ขนาดหรือความกว้างขององค์ประกอบนำแสง ความลึกหรือความยาวของระบบ และสัดส่วนความกว้างต่อความลึกของระบบ โดยอ้างอิงค่าที่ปรากฏในงานวิจัยเชิงทดลองและเชิงจำลองที่มีการรายงานข้อมูลเชิงตัวเลข ทั้งนี้ไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์โครงสร้างทางวิศวกรรมหรือรายละเอียดการติดตั้งเชิงโครงสร้าง

3.3 ขอบเขตด้านคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ

การศึกษามุ่งเน้นคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่มีผลต่อประสิทธิภาพการนำและการกระจายแสงธรรมชาติ ได้แก่ ค่าการสะท้อนแสง ค่าการส่งผ่านแสง และลักษณะการกระจายแสงของวัสดุ โดยไม่พิจารณาคุณสมบัติทางกล ความทนทานในระยะยาว หรือผลกระทบด้านต้นทุนและเศรษฐศาสตร์การก่อสร้าง

3.4 ขอบเขตด้านตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์การนำแสง

การประเมินผลในงานวิจัยนี้พิจารณาจากค่าความสว่างภายในอาคารที่ระนาบใช้งานเป็นหลัก รวมถึงศักยภาพในการนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคาร โดยไม่ครอบคลุมการประเมินเชิงพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารหรือการวิเคราะห์สภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพอย่างละเอียด

3.5 ขอบเขตด้านลักษณะการศึกษาและการประยุกต์ใช้

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสังเคราะห์จากเอกสาร (Documentary Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดและจัดระบบข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปพัฒนาแนวทางเชิงออกแบบและเกณฑ์อ้างอิงสำหรับระบบนำแสงธรรมชาติในอาคารทั่วไป งานวิจัยฉบับนี้ไม่ได้ดำเนินการทดลองภาคสนามหรือการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ แต่เน้นการตีความเชิงวิชาการจากข้อมูลที่มีอยู่ในวรรณกรรมที่ได้รับการยอมรับ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ได้องค์ความรู้เชิงสังเคราะห์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง มิติทางเรขาคณิตของระบบนำแสงธรรมชาติ และ คุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ ที่มีผลต่อสมรรถนะการนำและการกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งช่วยเชื่อมโยงข้อมูลเชิงทฤษฎีเข้ากับบริบทการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมอย่างเป็นระบบ

4.2 ได้ข้อมูลเชิงตัวเลขจากการสังเคราะห์งานวิจัยที่สามารถใช้เป็น เกณฑ์อ้างอิงเชิงออกแบบ (Design references) เช่น ช่วงค่าระยะความกว้าง ระยะความลึก และอัตราส่วนความกว้างต่อความลึกของระบบ รวมถึงค่าคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ ซึ่งช่วยสนับสนุนการตัดสินใจออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติในระดับแนวคิดและการวางผังอาคาร

4.3 ได้แนวทางเชิงออกแบบสำหรับการเลือกและพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับ ลักษณะพื้นที่ใช้งานและความลึกของอาคาร โดยเฉพาะพื้นที่ภายในที่มีข้อจำกัดด้านช่องเปิด ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มค่าความสว่างภายในอาคารและลดข้อจำกัดของการใช้ช่องเปิดแบบดั้งเดิม

4.4 ได้กรอบแนวคิดเชิงสมรรถนะที่ช่วยสนับสนุนการออกแบบอาคารให้ใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยลดการพึ่งพาระบบแสงสว่างไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน

4.5 ได้กรอบอ้างอิงเชิงวิชาการที่สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการศึกษาต่อยอดในอนาคต เช่น การทดลองภาคสนาม การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ หรือการพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับบริบทภูมิอากาศและลักษณะอาคารที่แตกต่างกัน

5. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสังเคราะห์จากเอกสาร (Documentary-Based Research and Analytical Review) โดยมุ่งเน้นการรวบรวม วิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่มีอยู่ เพื่อพัฒนาแนวทางเชิงสมรรถนะสำหรับการออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติในอาคาร ทั้งนี้งานวิจัยฉบับนี้ไม่ได้ดำเนินการทดลองภาคสนามหรือการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 การคัดเลือกและรวบรวมเอกสารงานวิจัย

ดำเนินการรวบรวมเอกสารงานวิจัย บทความวิชาการ และเอกสารมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบนำแสงธรรมชาติในอาคาร จากฐานข้อมูลวิชาการที่น่าเชื่อถือ ได้แก่ ScienceDirect, MDPI, Springer, Taylor & Francis และ IEEE Xplore รวมถึงเอกสารจากองค์กรวิชาการด้านแสงสว่าง เช่น Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) และ

International Energy Agency (IEA) เกณฑ์การคัดเลือกเอกสารประกอบด้วย

5.1.1 เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบนำแสงธรรมชาติในอาคารโดยตรง

5.1.2 มีการรายงานข้อมูลเชิงตัวเลขด้านมิติทางเรขาคณิตของระบบ หรือคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ

5.1.3 เป็นเอกสารที่ผ่านการพิจารณาทางวิชาการ (Peer-reviewed) หรือเป็นรายงานมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล

เพื่อเพิ่มความชัดเจนด้านระเบียบวิธี งานวิจัยนี้ได้สืบค้นเอกสารในช่วงปี ค.ศ. 2000–2024 ซึ่งครอบคลุมพัฒนาการของเทคโนโลยีระบบนำแสงธรรมชาติร่วมสมัย โดยมีบทความวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและถูกนำเข้าสู่กระบวนการสังเคราะห์เชิงตัวเลขทั้งหมดจำนวน 10 ฉบับ ซึ่งครอบคลุมทั้งงานวิจัยเชิงทดลอง งานวิจัยเชิงจำลอง และงานวิจัยเชิงทบทวนที่มีข้อมูลเชิงปริมาณสนับสนุน

5.2 การจัดหมวดหมู่ระบบนำแสงธรรมชาติ

เอกสารที่ผ่านการคัดเลือกถูกนำมาจัดหมวดหมู่ตามประเภทของระบบนำแสงธรรมชาติ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และเปรียบเทียบภายใต้กรอบเดียวกัน โดยจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

5.2.1 ระบบสะท้อนแสง (Reflective Systems)

5.2.2 ระบบท่อนำแสงหรือระบบส่งผ่านแสง (Light Transport Systems)

5.2.3 ระบบหักเหแสงและระบบเชิงแสง (Refractive / Optical Systems)

การจัดหมวดหมู่นี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบลักษณะทางเรขาคณิตและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่ใช้ในระบบแต่ละประเภทได้อย่างเป็นระบบ

5.3 การสกัดและสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลข

ดำเนินการสกัดข้อมูลเชิงตัวเลขจากเอกสารที่ศึกษา โดยมุ่งเน้นตัวแปรหลักที่มีผลต่อสมรรถนะการนำแสง ได้แก่

5.3.1 ระยะความกว้างหรือขนาดขององค์ประกอบนำแสง

5.3.2 ระยะความลึกหรือความยาวของระบบนำแสง

5.3.3 สัดส่วนความกว้างต่อความลึกของระบบ (Aspect Ratio)

5.3.4 ค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุ

ข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้ถูกปรับให้อยู่ในหน่วยเดียวกัน และจัดแสดงในรูปแบบตารางสังเคราะห์ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบแนวโน้มและช่วงค่าที่ปรากฏในงานวิจัยต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน

5.4 การวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์และการตีความข้อมูล

ข้อมูลเชิงตัวเลขที่ผ่านการสังเคราะห์ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบภายใต้กรอบแนวคิดของงานวิจัย โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง

5.4.1 มิติทางเรขาคณิตของระบบนำแสง

5.4.2 คุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ

5.4.3 ผลสัมฤทธิ์ด้านการนำแสง เช่น ค่าความสว่างที่ระนาบใช้งาน และศักยภาพในการนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคาร

การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้เป็นการตีความเชิงวิชาการจากข้อมูลที่มีอยู่ในเอกสาร โดยไม่ใช้การจำลองเชิงคอมพิวเตอร์หรือการทดลองเพิ่มเติม เพื่อคงลักษณะของการวิจัยเชิงสังเคราะห์จากเอกสารอย่างชัดเจน

5.5 การพัฒนาแนวทางเชิงออกแบบและช่วงค่าที่แนะนำ

ผลจากการวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแนวทางเชิงออกแบบ (Design Guidelines) สำหรับระบบนำแสงธรรมชาติ โดยสรุปเป็น 1.ช่วงค่าที่เหมาะสมของมิติทางเรขาคณิตของระบบ 2.ช่วงค่าคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการนำแสง

แนวทางดังกล่าวถูกนำเสนอในลักษณะ recommended ranges เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติในอาคารทั่วไป

5.6 การสรุปผลและการอภิปรายเชิงวิชาการ

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสรุปผลการศึกษาและอภิปรายผลเชิงวิชาการ โดยเชื่อมโยงผลการสังเคราะห์กับแนวคิดและทฤษฎีด้านทัศนศาสตร์ การส่งผ่านแสง และสมรรถนะของแสงธรรมชาติ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสอดคล้อง จุดเด่น และข้อจำกัดของแนวทางที่นำเสนอ รวมถึงแนวโน้มการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

6. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยและทฤษฎีด้านวิศวกรรมแสงสว่าง (Illumination Engineering) พบว่าการพัฒนาระบบนำแสงธรรมชาติในอาคารมีพื้นฐานอยู่บนแนวคิดและทฤษฎีสำคัญ 4 ประการ ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการกำหนดมิติทางเรขาคณิตของระบบและการเลือกคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่ใช้ในการนำและกระจายแสงจากแสงอาทิตย์ แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

6.1 ทฤษฎีทัศนศาสตร์ภาพและทัศนศาสตร์ไม่ใช่ภาพ (Imaging and Non-Imaging Optics)

ทฤษฎีทัศนศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญของการออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติ โดยสามารถจำแนกออกเป็นทัศนศาสตร์ภาพ (Imaging Optics) และทัศนศาสตร์ไม่ใช่ภาพ (Non-Imaging Optics) [2], [12] ทัศนศาสตร์ภาพอาศัยการควบคุมทิศทางของแสงผ่านเลนส์หรือกระจกเงาตามกฎการสะท้อนและการหักเห เพื่อเปลี่ยนทิศทางแสงแดดโดยตรง

เข้าสู่อาคาร เช่น ระบบแผ่นตัดแสงด้วยเลเซอร์หรืออุปกรณ์สะท้อนแสงแบบปรับมุมได้

ในขณะที่ทัศนศาสตร์ไม่ใช่ภาพมุ่งเน้นการรวบรวมและส่งผ่านพลังงานแสงให้ได้มากที่สุดโดยไม่คำนึงถึงความคมชัดของภาพ โดยอาศัยหลักการของอุปกรณ์รวมแสงแบบพาราโบลาคู่ (Compound Parabolic Concentrator: CPC) ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในระบบ Anidolic Daylighting Systems เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวมแสงกระจายจากท้องฟ้าเข้าสู่พื้นที่ลึกภายในอาคาร

ทฤษฎีนี้มีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดรูปทรงเรขาคณิตของระบบนำแสง ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบนำแสงแต่ละประเภทในงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะในประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรงของระบบและประสิทธิภาพการนำแสง

6.2 หลักการส่งผ่านแสงด้วยการสะท้อนแบบกระจกเงาและการสะท้อนกลับหมด (Specular Reflection and Total Internal Reflection)

กลไกการส่งผ่านแสงในระบบนำแสงธรรมชาติสามารถอธิบายได้จากหลักการสะท้อนแสงสองรูปแบบหลัก ได้แก่ การสะท้อนแบบกระจกเงา (Specular Reflection) และการสะท้อนกลับหมด (Total Internal Reflection: TIR) [5], [13] ในระบบท่อนำแสงแบบกลวง แสงจะเคลื่อนที่ผ่านการสะท้อนแบบกระจกเงาซ้ำหลายครั้ง ซึ่งประสิทธิภาพรวมของการส่งผ่านแสงขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนของผิววัสดุและจำนวนครั้งของการสะท้อน โดยการสูญเสียแสงจะเพิ่มขึ้นตามความยาวของระบบ

ในทางตรงกันข้าม ระบบท่อนำแสงแบบตันหรือแกนนำแสงใสใช้หลักการสะท้อนกลับหมด ซึ่งช่วยกักเก็บและส่งผ่านแสงภายในวัสดุที่มีดัชนีหักเหสูงด้วยการสูญเสียพลังงานต่ำกว่า หลักการนี้ถูกใช้เป็นกรอบในการตีความผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของระบบนำแสง และการเลือกคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่เหมาะสมในงานวิจัยนี้

6.3 แนวคิดสมรรถนะของแสงธรรมชาติและแบบจำลองสภาพท้องฟ้า (Daylighting Performance and Sky Condition Models)

การออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติต้องคำนึงถึงความแปรปรวนของแหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ ซึ่งอธิบายได้ด้วยแบบจำลองสภาพท้องฟ้ามาตรฐานของคณะกรรมการนานาชาติด้านแสงสว่าง (CIE) ที่จำแนกท้องฟ้าออกเป็นท้องฟ้าแจ่มใส ท้องฟ้ากึ่งมีเมฆ และท้องฟ้ามืดครึ้ม [2], [3]

ตัวชี้วัดสมรรถนะที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ค่า Daylight Factor (DF) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างภายในอาคารและภายนอกภายใต้สภาพท้องฟ้ามืดครึ้ม แนวคิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพของระบบนำแสงแต่ละประเภทในการเพิ่มค่าความสว่างภายในอาคาร

6.4 ทฤษฎีความสบายทางสายตาและการกระจายแสง (Visual Comfort and Light Distribution Theory)

ทฤษฎีความสบายทางสายตาเน้นย้ำว่าคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงเพียงอย่างเดียว แต่ต้องพิจารณาประเด็นแสงจ้า ความสม่ำเสมอของการกระจายแสง และสภาพการมองเห็นของผู้ใช้อาคารร่วมด้วย [2], [14] การออกแบบระบบนำแสงที่เพิ่มค่าความสว่างมากเกินไปโดยขาดการควบคุมอาจส่งผลเชิงลบต่อการใช้งานจริงแนวคิดนี้ถูกนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการอภิปรายผลการศึกษาของงานวิจัยนี้ โดยเฉพาะในประเด็นการเลือกวัสดุกระจายแสงที่ปลายระบบนำแสง และการประเมินความเหมาะสมของระบบนำแสงในเชิงการใช้งานภายในอาคาร

7. ผลการวิจัย

จากตารางสังเคราะห์ผลการวิจัย (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2) พบว่าแนวโน้มด้านมิติทางเรขาคณิตและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุมีบทบาทสำคัญต่อสมรรถนะการนำแสงของระบบนำแสงธรรมชาติ โดยเฉพาะในระบบที่ต้องนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกภายในอาคาร เมื่อพิจารณาเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบนำแสงทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ระบบสะท้อนแสง (Reflective Systems) ระบบท่อนำแสง (Light Transport Systems) และระบบหักเหแสง/เชิงแสง (Refractive / Optical Systems) พบความแตกต่างเชิงสมรรถนะที่ชัดเจนดังนี้

7.1 ระบบสะท้อนแสง (Reflective Systems)

ระบบสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความสว่างบริเวณใกล้ช่องเปิดและพื้นที่ตื้นของอาคาร โดยสมรรถนะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของผิววัสดุเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อความลึกของพื้นที่เพิ่มขึ้น ทำให้ระบบประเภทนี้เหมาะสำหรับอาคารที่มีความลึกจำกัด หรือใช้เป็นองค์ประกอบเสริมร่วมกับช่องเปิดหลัก ทั้งนี้ ช่วงสัดส่วนความกว้างต่อความลึกที่เหมาะสมช่วยลดการสูญเสียแสงและเพิ่มความสม่ำเสมอของการกระจายแสงภายในอาคาร

7.2 ระบบท่อนำแสง (Light Transport Systems)

ระบบท่อนำแสงแสดงศักยภาพสูงในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคาร โดยสมรรถนะของระบบมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของระบบ อัตราส่วนความกว้างต่อความยาว และค่าการ

สะท้อนหรือการส่งผ่านแสงของวัสดุ ระบบที่ใช้หลักการสะท้อนกลับหมดหรือรูปทรงอนิโดลิกสามารถลดการสูญเสียแสงได้ดีกว่าระบบท่อนำแสงแบบกลวงทั่วไป การกำหนดช่วงค่า L/D ratio ที่เหมาะสมจึงมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพของระบบ

7.3 ระบบหักเหแสงและระบบเชิงแสง (Refractive / Optical Systems)

ระบบหักเหแสงและระบบเชิงแสงสามารถควบคุมทิศทางและการกระจายแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสภาพแสงแดดโดยตรง สมรรถนะของระบบขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุและรูปทรงเรขาคณิตขององค์ประกอบนำแสง ระบบประเภทนี้ช่วยลดปัญหาแสงจ้าและเพิ่มความสม่ำเสมอของความสว่างภายในอาคาร แม้จะมีความซับซ้อนในการออกแบบ แต่เหมาะสำหรับอาคารที่ต้องการควบคุมคุณภาพแสงอย่างละเอียด

7.4 การสังเคราะห์ผลการศึกษาเชิงเปรียบเทียบ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ามิติทางเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุทำงานร่วมกันในการกำหนดสมรรถนะการนำแสงอย่างชัดเจน ตารางที่ 1 ทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลเชิงสังเคราะห์ที่ช่วยระบุแนวโน้มและช่วงค่าที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติ ทั้งนี้ ไม่มีระบบใดเหมาะสมกับทุกบริบทอาคาร การเลือกใช้ระบบควรพิจารณาจากความลึกของพื้นที่ ลักษณะการใช้งาน และเป้าหมายด้านคุณภาพแสง โดยอาศัยช่วงค่าที่แนะนำจากข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นแนวทางเชิงออกแบบ

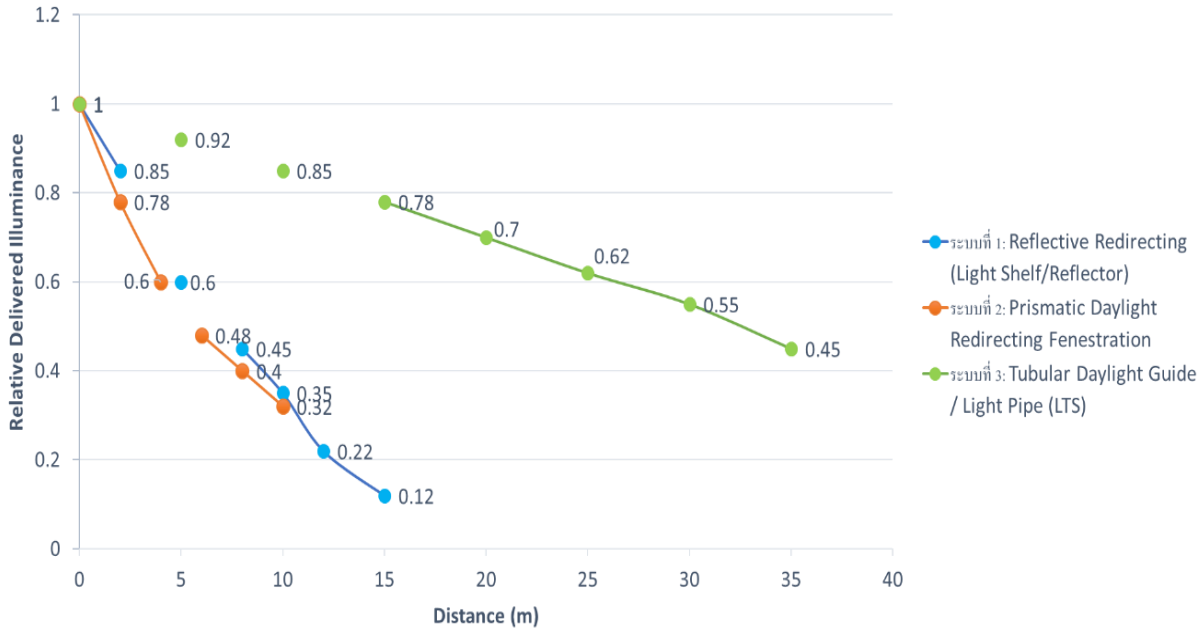
ตารางที่ 1 ตารางสังเคราะห์ข้อมูลจำเพาะและผลการศึกษาของระบบนำ

หมวดหมู่ระบบนำแสง (Category)	ระบบย่อย (Sub-system)	ผลการศึกษาเชิงมิติทางเรขาคณิต (Geometry & Dimensions – Results)	ผลการศึกษาเชิงวัสดุ (Material & Properties – Results)	ผลสัมฤทธิ์ด้านการนำแสง (Daylighting Performance – Results)
1. ระบบสะท้อนแสง (Reflective Systems)	หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)	ความลึกของหิ้งที่ให้ผลเหมาะสมอยู่ในช่วง 0.5–2.0 เท่าของความสูงช่องเปิด และการติดตั้งเหนือระดับสายตาพร้อมมุมเอียงประมาณ 30° ช่วยเพิ่มการกระจายแสงสู่พื้นที่ลึก	ผิวสะท้อนที่มีค่าการสะท้อนมากกว่า 80–90% ส่งผลให้การสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพ ขณะที่ผิวกระจายแสงด้านล่างช่วยลดแสงจ้า	เพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของห้องได้ประมาณ 1.5–2.0 เท่าของความสูงหน้าต่าง และลดผลกระทบจากแสงแดดโดยตรง
	แผ่นเกล็ดสะท้อนแสง (Reflective Louvers)	ความกว้างและรูปทรงของเกล็ดที่สัมพันธ์กับมุมตัดแสงมีผลต่อการควบคุมทิศทางแสง โดยรูปทรงโค้งเว้าช่วยนำแสงขึ้นเพดานได้ดี	วัสดุอะลูมิเนียมเคลือบเงินหรือขัดเงาที่มีค่าการสะท้อนมากกว่า 90% ให้ประสิทธิภาพการสะท้อนสูง	ลดปัญหาแสงจ้าและช่วยกระจายแสงอย่างสม่ำเสมอจากเพดานสู่พื้นที่ใช้งาน
2. ระบบท่อนำแสง (Light Transport Systems)	ท่อนำแสง (Light Pipes / TDDs)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทั่วไป 300–530 มม. และสัดส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10–20:1 ให้สมรรถนะเหมาะสม โดยประสิทธิภาพลดลงอย่างชัดเจนเมื่อความยาวเพิ่ม	ฟิล์มสะท้อนแสงคุณภาพสูง (ρ = 98–99.7%) และวัสดุโดมที่มีค่าการส่งผ่านแสงมากกว่า 90% ช่วยลดการสูญเสียแสง	สามารถนำแสงสู่พื้นที่ไม่มีช่องเปิดได้ลึกประมาณ 3–6 เมตร โดยมีประสิทธิภาพส่งผ่านแสงเฉลี่ยประมาณ 40–50% ในช่วงความยาวที่เหมาะสม
	เพดานนำแสงแบบอนิโดลิก (Anidolic Ceilings)	รูปทรงที่ออกแบบตามหลัก CPC ช่วยรวบรวมแสงและนำเข้าสู่ห้องลึกได้ถึง 5–7 เมตร	แผ่นอลูมิเนียม anodized ที่มีค่าการสะท้อนประมาณ 90% ร่วมกับกระจกใสพิเศษช่วยเพิ่มการรับแสงจากท้องฟ้า	เพิ่มค่า Daylight Factor ในพื้นที่ลึกของห้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ในสภาพท้องฟ้ามืดครึ้ม
3. ระบบหักเหแสง (Refractive / Optical Systems)	แผ่นปริซึม (Prismatic Panels)	มุมยอดปริซึมในช่วง 60°–70° หรือมุมออกแบบเฉพาะ ช่วยควบคุมทิศทางแสงแดดมุมสูงเข้าสู่เพดาน	วัสดุ PMMA ใสที่มีค่าการส่งผ่านแสงสูงและโครงสร้างระดับไมโครช่วยควบคุมทิศทางแสง	เพิ่มค่าความสว่างในโซนลึกของอาคารประมาณ 10–20% เมื่อเทียบกับกระจกใสทั่วไป
	แผ่นตัดแสงด้วยเลเซอร์ (Laser Cut Panels: LCP)	ระยะรอยตัด 4–6 มม. และมุมติดตั้งประมาณ 20°–40° ให้ประสิทธิภาพการเบี่ยงเบนแสงดีที่สุด	แผ่น PMMA ใสหนาประมาณ 6 มม. ให้การส่งผ่านแสงดีและสามารถควบคุมทิศทางแสง	ช่วยเบี่ยงเบนแสงแดดมุมชันเข้าสู่พื้นที่ลึก และให้ประสิทธิภาพสูงกว่ากระจกใสในช่วงแดดจัด

จากการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการจัดหมวดหมู่ระบบนำแสงธรรมชาติตามประเภทของกลไกการนำและกระจายแสง ผลการศึกษาสามารถสรุปและอภิปรายตามประเภทของระบบนำแสงได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 สรุปผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบระบบนำแสง

กลุ่มปัจจัย	พารามิเตอร์หลัก	ผลการศึกษาเชิงสังเคราะห์
ปัจจัยด้านรูปทรงและระยะ (Geometry Parameters)	สัดส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง (L/D Ratio)	ในระบบท่อนำแสง ค่า L/D ที่มากกว่า 10–20 ทำให้ประสิทธิภาพการส่งแสงลดลงอย่างรวดเร็วจากการสะท้อนซ้ำภายในท่อ
	มุมและรูปทรง (Angles & Geometry)	มุมปริซึมและมุมเอียงขององค์ประกอบสะท้อนต้องสอดคล้องกับมุมเงยของดวงอาทิตย์เพื่อเพิ่มการนำแสงและลดแสงจ้า
ปัจจัยด้านวัสดุ (Material Parameters)	ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance)	ระบบนำแสงระยะไกลต้องใช้วัสดุสะท้อนแบบเงาที่มีค่า 95–99% วัสดุทั่วไปที่มีค่า 70–80% ให้ประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
	ค่าการส่งผ่านแสง (Transmittance)	วัสดุครอบที่มีค่าการส่งผ่านแสงมากกว่า 90% เช่น PMMA หรือ Low-iron glass ช่วยเพิ่มปริมาณแสงเข้าสู่ระบบอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 1 กราฟการเปรียบเทียบระยะการนำแสง (Delivery Distance) ของทั้ง 3 ระบบ

ผลการวิจัยในส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่า ไม่มีระบบนำแสงประเภทใดที่เหมาะสมกับทุกสภาพอาคาร แต่การเลือกใช้ระบบควรพิจารณาจากความลึกของพื้นที่ ลักษณะการใช้งาน และเป้าหมายด้านคุณภาพแสง โดยอาศัยช่วงค่าที่แนะนำจากข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นแนวทางในการตัดสินใจเชิงออกแบบ

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยจากการสังเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า สมรรถนะของระบบนำแสงธรรมชาติในอาคารเป็นผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างมิติทางเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดด้านทัศนศาสตร์และสมรรถนะของแสงธรรมชาติที่ได้ทบทวนไว้

ระบบสะท้อนแสงเหมาะสำหรับพื้นที่ใกล้ช่องเปิด แต่มีข้อจำกัดเมื่อความลึกของพื้นที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ระบบท่อนำแสงสามารถนำแสงเข้าสู่พื้นที่ลึกของอาคารได้ดีกว่า โดยประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างและกลไกการส่งผ่านแสง ส่วนระบบหักเหแสงและระบบเชิงแสงมีศักยภาพสูงในการควบคุมทิศทางและคุณภาพของแสง โดยเฉพาะในสภาพแสงแดดมุมสูง

นอกจากนี้ การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนและการส่งผ่านแสงสูงเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยเฉพาะในระบบที่

ต้องนำแสงในระยะทางไกล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงสังเคราะห์จากเอกสาร ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นการสรุปแนวโน้มและช่วงค่าที่เหมาะสมจากงานวิจัยเดิม มิใช่ผลจากการทดลองหรือการจำลองโดยตรง

บทสรุป การวิจัยนี้ได้สังเคราะห์องค์ความรู้เชิงตัวเลขเกี่ยวกับระบบนำแสงธรรมชาติในอาคาร และแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงสมรรถนะระหว่างมิติทางเรขาคณิตของระบบ คุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุ และการเพิ่มค่าความสว่างภายในอาคาร ผลการศึกษาชี้ชัดว่าไม่มีระบบนำแสงประเภทใดที่เหมาะสมกับทุกบริบทอาคาร การเลือกใช้ระบบจำเป็นต้องพิจารณาความลึกของพื้นที่ ลักษณะการใช้งาน และเป้าหมายด้านคุณภาพแสงร่วมกัน

ตารางสังเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงอ้างอิงสำหรับการออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติ และสนับสนุนการออกแบบอาคารที่ลดการพึ่งพาระบบแสงสว่างไฟฟ้าในเวลากลางวัน อันนำไปสู่การประหยัดพลังงานและความยั่งยืนของอาคาร

ข้อเสนอแนะ ข้อเสนอแนะเชิงออกแบบ การออกแบบระบบนำแสงธรรมชาติควรพิจารณามิติทางเรขาคณิตของระบบและคุณสมบัติเชิงแสงของวัสดุควบคู่กัน โดยเฉพาะการควบคุมอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของระบบท่อนำแสง และการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนหรือการส่งผ่านแสงสูง

ข้อเสนอแนะเชิงการประยุกต์ใช้ ผู้ออกแบบควรเลือกประเภทของระบบนำแสงให้เหมาะสมกับตำแหน่งและความลึกของพื้นที่ เช่น ระบบสะท้อนแสงสำหรับพื้นที่ใกล้ช่องเปิด ระบบท่อนำแสงสำหรับพื้นที่ลึก และระบบหักเหแสงสำหรับพื้นที่ที่ต้องการควบคุมทิศทางแสงแดด สำหรับการวิจัยในอนาคต การศึกษาต่อไปควรขยายไปสู่การทดลองภาคสนามหรือการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อยืนยันผลการสังเคราะห์ในบริบทอาคารจริง รวมถึงการพิจารณาปัจจัยด้านภูมิอากาศ พฤติกรรมผู้ใช้อาคาร และสภาวะน่าสบายทางสายตาในระยะยาว

9.กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานนท์ อนันต์อาชา และรองศาสตราจารย์ ดร. ธนา อนันต์อาชา หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้คำแนะนำ และชี้แนวทางตลอดการดำเนินงาน พร้อมทั้งช่วยสนับสนุนในกระบวนการทำบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Wong, I. L. (2017). A review of daylighting design and implementation in buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74, 959–968.

[2] Ruck, N., et al. (2000). Daylight in buildings: A source book on daylighting systems and components (IEA SHC Task 21).

[3] Wu, Y., Jin, M., Liu, M., & Li, S. (2024). Integrated systems of light pipes in buildings: A state-of-the-art review. Buildings, 14, 425.

[4] Chirarattananon, S., & Taengchum, T. (2018). Application of light pipes to office buildings in Thailand. Asia-Pacific Journal of Science and Technology, 23(1).

[5] Malet-Damour, B., Bigot, D., & Boyer, H. (2020). Technological review of tubular daylight guide systems from 1982 to 2020.

[6] Callow, J. (2003). Daylighting using tubular light guide systems (Doctoral dissertation, University of Nottingham).

[7] Alzaed, A., & Balabel, A. (2020). Experimental investigations of Solatube daylighting system for smart city applications. Environmental Research, Engineering and Management, 76(3), 16–23.

[8] Upapong, S., & Chaiyakul, Y. (2013). Daylighting in building through a vertical light pipe. Journal of Architecture, Khon Kaen University, 12, 79–86.

[9] Mashaly, I. A., et al. (2017). A prismatic daylight redirecting fenestration system for southern skies. Renewable Energy, 102, 457–469.

[10] Tian, Z., et al. (2022). A study of daylight glare evaluation with prism daylight redirecting fenestrations. SSRN Electronic Journal.

[11] Callow, J. M. (2003). Daylighting performance of optical rods (Doctoral dissertation, University of Nottingham).

[12] Winston, R., Miñano, J. C., & Benítez, P. (2005). Nonimaging optics. Elsevier Academic Press.

[13] Commission Internationale de l'Éclairage. (2003). Spatial distribution of daylight—CIE standard general sky (CIE S 011/E:2003).

[14] Hopkinson, R. G., Petherbridge, P., & Longmore, J. (1975). Daylighting. Applied Science Publishers.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

หลังคาจากพลาสติกใช้แล้วเสริมเส้นใยธรรมชาติ

Roof from Recycled Plastic Reinforced with Natural Fiber

สิริพิมพ์อร นุชอนงค์ และ อรวลี อมรลีตระกูล*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: onvalee.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ขยะพลาสติก ถือเป็นหนึ่งวิกฤตสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดในปัจจุบันซึ่งพลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาย่อยสลายนานหลายร้อยปี งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการนำพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ขยะพลาสติก ทดแทนการเผาและฝังที่ทำให้เกิดมลพิษ ขยะพลาสติกจากฝาขวดนี้พัฒนาไปเป็นหลังคาพลาสติกใช้แล้วเสริมเส้นใยธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด ที่หาได้ง่าย มีปริมาณมาก เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ทั้งในการใช้งานและทั้งภาคการผลิต ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาขนาดและรูปแบบของเส้นใยพบว่าทั้งลักษณะเส้นใยและขนาดมีความแตกต่างกันอย่างมากในเชิงของกายภาพ ได้ทดสอบสมบัติเชิงกลของเส้นใยพบว่า เส้นใยไผ่ มีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.83 kN ซึ่งมากกว่า เส้นใยสับปะรดและเส้นใยมะพร้าว มีค่าการต้านทานแรงดึงเฉลี่ยเท่ากับ 0.407 kN และ 0.147 kN หลังจากนั้นทำการขึ้นรูปวัสดุต้นแบบด้วยเครื่องอัดความร้อน และทดสอบสมบัติเชิงกลของแผ่นพลาสติกและแผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยธรรมชาติ (เส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด) ผลการทดสอบพบว่า แผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรด มีค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 114.91 N ซึ่งมากกว่าแผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยมะพร้าว แผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยไผ่และแผ่นพลาสติกไม่เสริมเส้นใย มีค่าแรงดึงเฉลี่ย เท่ากับ 93.35 N, 89.63N และ 77.49 N ซึ่งผลทดสอบนี้ไม่สัมพันธ์กับการทดสอบเส้นใยในครั้งแรก ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบแผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยไผ่อีกครั้งโดยเตรียมเส้นใยไผ่ให้มีความยาว 10 ซม. แล้วทำตามกระบวนการอัดแผ่น หลังจากนั้นนำไปทดสอบแรงดึง ผลที่ได้มีค่าแรงดึงสูงสุด เท่ากับ 137.77 N ซึ่งมีแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 53.70%

คำสำคัญ: ขยะพลาสติก แผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยธรรมชาติ รีไซเคิล หลังคา

Abstract

Plastic waste is considered one of the most critical environmental crises today, as these plastics take hundreds of years to decompose. This research focuses on recycling used plastics to increase their value, replacing polluting methods like incineration and landfilling.The plastic waste from bottle caps was developed into recycled plastic roofing reinforced with natural fibers: specifically, bamboo, coconut, and pineapple fibers, which are readily available, abundant, and environmentally and human-friendly in both application and production. In this study, the size and form of the fibers were investigated, showing significant physical differences in both fiber characteristics and size. Mechanical properties of the fibers were tested, and it was found that: Bamboo fiber had the highest average tensile force at 0.83 kN.This was greater than pineapple fiber and coconut fiber, which had average tensile forces of 0.407 kN and 0.147 kN, respectively. Subsequently, prototype materials were formed using a hot-pressing machine, and the mechanical properties of the pure plastic sheets and the natural fiber-reinforced plastic sheets (bamboo, coconut, and pineapple fibers) were tested. The test results revealed that the pineapple fiber-reinforced plastic sheets had the highest average tensile strength at 114.91 N, which was greater than the coconut fiber-reinforced plastic sheets, the bamboo fiber-reinforced plastic sheets, and the non-reinforced plastic sheets, which had average tensile strengths of 93.35 N, 89.63 N, and 77.49 N, respectively. Since these results did not correlate with the initial fiber testing, the researchers re-tested the bamboo fiber-reinforced plastic sheets by preparing the bamboo fibers at a length of 10 cm and following the sheet compression process. Subsequently, tensile testing was conducted, and the results showed a maximum tensile strength of 137.77 N, representing a 53.70% increase in average tensile strength.

Keywords: Plastic Waste, Natural Fiber Reinforced Plastic Sheet, Recycle

1. บทนำ

ปัญหาขยะมูลฝอย โดยเฉพาะขยะพลาสติก ถือเป็นหนึ่งในวิกฤตสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่สุดในปัจจุบัน ทั้งในระดับโลกและระดับประเทศ ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษระบุว่า ในปี พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 27.20 ล้านตันต่อปี และมีสัดส่วนถึง 23% ของขยะทั้งหมดที่ไม่สามารถนำไปกำจัดได้อย่างถูกต้อง [1] ปัญหาหลักประการหนึ่งมาจากพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (Single-use plastics) ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในชีวิตประจำวัน เช่น ขวดน้ำพลาสติกและฝาขวด ซึ่งคนไทยแต่ละคนสร้างขยะพลาสติกในปริมาณที่สูงมากต่อวัน พลาสติกเหล่านี้ใช้เวลาย่อยสลายนานหลายร้อยปี และการจัดการที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการสะสมในสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศทางบกและทางทะเลอย่างรุนแรง ดังนั้น การนำพลาสติกกลับมาใช้ใหม่โดยผ่านกระบวนการรีไซเคิล (Recycle) และการใช้ซ้ำ (Reuse) เป็นทางเลือกที่ให้ประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในการแก้ปัญหาขยะพลาสติก [2]

พลาสติก HDPE (High Density Polyethylene) หรือสัญลักษณ์รีไซเคิลพลาสติกหมายเลข 2 เป็นพลาสติกที่พบเจอได้ในชีวิตประจำวันทั่วไป เช่น ฝาขวด ขวดนม ถุงพลาสติก เป็นต้น ซึ่งพลาสติกชนิดนี้สามารถนำกลับมาขึ้นรูปได้ง่าย ทนต่อความร้อน ทนทานต่อแรงกระแทก ไม่ดูดซึมน้ำ [3] จากการศึกษาสมบัติของพลาสติกประเภทนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งขององค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมได้นั่นคือวัสดุมุงหลังคา โดยวิธีการนำพลาสติกไปหลอมเหลวด้วยความร้อนแล้วขึ้นรูปใหม่ [5] เพื่อให้ได้วัสดุมีคุณสมบัติที่ดีขึ้น สามารถนำไปใช้งานได้จริง และเสริมความแข็งแรงให้กับวัสดุ โดยวัสดุเสริมแรงที่ใช้ในปัจจุบันคือเส้นใยสังเคราะห์ ได้แก่ เส้นใยแก้ว (Fiberglass) เป็นต้น ซึ่งมีต้นทุนการผลิตและยังเป็นมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาการนำเส้นใยจากธรรมชาติมาใช้ทดแทนเส้นใยสังเคราะห์โดยนำเส้นใยธรรมชาติที่มีมากในประเทศไทยและเลือกจากลักษณะเส้นใยที่มีความต่างกันทางกายภาพมาทดลองเสริมในวัสดุ ได้แก่ เส้นใยไผ่ เส้นมะพร้าว และเส้นใยสับปะรด

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าต้องมีการทำวิจัยและการพัฒนาหลังคาจากพลาสติกใช้แล้วเสริมเส้นใยธรรมชาติ เนื่องจากพลาสติก HDPE มีคุณสมบัติและลักษณะที่น่าสนใจหลายประการ ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ถูกนำไปพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างและผลิตภัณฑ์อีกมากมาย และคุณสมบัติของเส้นใยธรรมชาติที่ได้กล่าวมาข้างต้นก็มีคุณสมบัติที่น่าศึกษาและควรค่าแก่การพัฒนา ทั้งลักษณะทางกายภาพ ความเหนียวของเส้น การเป็นพืชเศรษฐกิจพบได้มากภายในประเทศ และการนำของเหลือจากผลผลิตทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จากคุณสมบัติทำให้ผลผลิตออกมามีประสิทธิภาพและคุณภาพ ช่วยลดปัญหาการกำจัดพลาสติกและลดมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำฝาขวดน้ำพลาสติกใช้แล้วมาผลิตเป็นแผ่นหลังคา

2.2 เพื่อพัฒนาและเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลของแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมด้วยเส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยสับปะรด

2.3 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นหลังคาที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

3. ขอบเขตและข้อจำกัดในงานวิจัย

3.1 ข้อจำกัดของพลาสติก HDPE เรื่องการทนต่อ UV และการทนไฟซึ่งต้องเติมสารป้องกัน UV และการเติมสารหน่วงไฟเข้าไปจึงจะทำให้หลังคาใช้งานกลางแจ้งได้ยาวนานถึง 15-50 ปีและผ่านมาตรฐานการลามไฟ UL94 [4]

3.2 การขึ้นรูปแผ่นพลาสติกมีข้อจำกัดเรื่องขนาดของแผ่น แผ่นต้องมีขนาดตามที่เครื่องอัดกำหนด

3.3 ผิวหน้าสัมผัสของชิ้นงานเพื่อให้เกิดความเรียบและการแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย ทางผู้วิจัยได้ใช้แผ่นเทปลอนมารองระหว่างชั้นพลาสติกและแผ่นแม่พิมพ์สแตนเลส

3.4 มาตรฐานมอก.612-2549 กำหนดให้ความต้านทานแรงดึงต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 50 MPa

4. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีการทดสอบสมบัติของตัวอย่าง 3 ประการ ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงกระแทกและค่าการนำความร้อน โดยในบทความนี้ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงการทดสอบความต้านทานแรงดึงประการเดียวเนื่องจากมีข้อจำกัดเรื่องเวลาและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ การทดสอบจะทดสอบความสามารถของเส้นใยในด้านการรับแรงดึง จากนั้นทดสอบแผ่นพลาสติก และ แผ่นพลาสติกเสริมเส้นใยในเรื่องรับแรงดึง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้

- เครื่องอัดร้อน ที่ส่วนวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ป่าไม้ กรมป่าไม้
- เครื่องวัดแรงดึง ยี่ห้อ TESTOMETRIC รุ่น M500-50 kN
- กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ BS-3026B2
- เครื่องบดพลาสติก ยี่ห้อ INNOVA TDAC รุ่น PC 180
- เครื่องแกะสลักและตัดด้วยเลเซอร์ CO^2 แบบผสม ยี่ห้อ HS LASER รุ่น HS-C0100
- เครื่องชั่งน้ำหนัก OHAUS รุ่น AR2140



รูปที่ 1 เครื่องอัดร้อน ที่ส่วนวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์ป่าไม้ กรมป่าไม้



รูปที่ 2 เครื่องวัดแรงดึง ยี่ห้อ TESTOMETRIC รุ่น M500-50 kN



รูปที่ 3 กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ BS-3026B2



รูปที่ 4 เครื่องบดพลาสติก ยี่ห้อ INNOVA TDAC รุ่น PC 180



รูปที่ 5 เครื่องแกะสลักและตัดด้วยเลเซอร์ CO^2 แบบผสม ยี่ห้อ HS LASER รุ่น HS-C0100

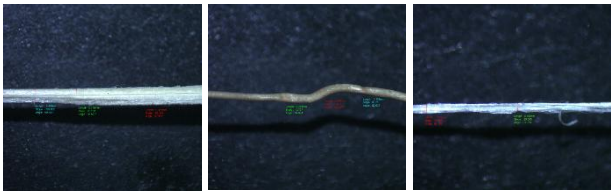


รูปที่ 6 เครื่องชั่งน้ำหนัก OHAUS รุ่น Adventure ARC 120

4.2 การทดลอง

4.2.1 การทดสอบเส้นใย

1. นำตัวอย่างเส้นใยไผ่ (B1-B5) เส้นใยมะพร้าว (C1-C5) และเส้นใยสับปะรด (Pi1-Pi5) ชนิดละ 5 ตัวอย่าง เข้ากล้องจุลทรรศน์เพื่อดูลักษณะทางกายภาพและขนาดความกว้างของเส้นใย



(ก) (ข) (ค)

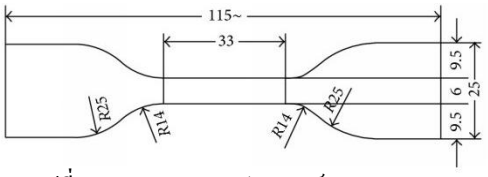
รูปที่ 7 ตัวอย่างภาพจากกล้องจุลทรรศน์ของ (ก) เส้นใยไผ่ (ข) เส้นใยมะพร้าว (ค) เส้นใยสับปะรด

ตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าลักษณะของเส้นใยแตกต่างกัน เส้นใยไผ่จะมีลักษณะตรง แข็งและมีความกว้างเฉลี่ยมากที่สุด เส้นใยมะพร้าวมีลักษณะหลายรูปแบบทั้งตรงและงอไปมา ขนาดมีความเล็กใหญ่ไม่เท่ากันในเส้นเดียว และเส้นใยสับปะรดมีลักษณะตรง บาง มีความยืดหยุ่น มีขนาดความกว้างเล็กที่สุดในสามเส้นใยนี้

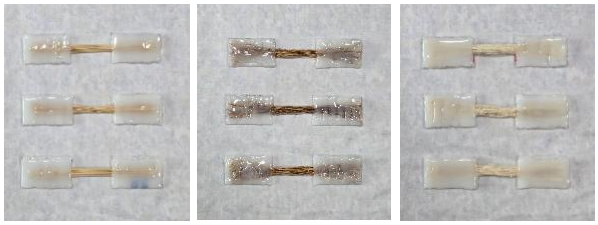
ตารางที่ 1 ประเภทและขนาดของเส้นใยธรรมชาติได้แก่ เส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยสับปะรด

ประเภทเส้นใย	ความกว้างของเส้นใย		
	Max (mm)	Min (mm)	Average (mm)
B1	0.482	0.348	0.415
B2	0.326	0.282	0.304
B3	0.365	0.325	0.345
B4	0.264	0.228	0.246
B5	0.450	0.438	0.444
C1	0.533	0.198	0.365
C2	0.230	0.198	0.214
C3	0.257	0.168	0.212
C4	0.276	0.249	0.262
C5	0.286	0.262	0.274
Pi1	0.119	0.091	0.105
Pi2	0.259	0.155	0.207
Pi3	0.247	0.120	0.183
Pi4	0.150	0.074	0.112
Pi5	0.151	0.116	0.133

2. นำตัวอย่างเส้นใยมาทดสอบแรงดึง คือ การทดสอบเพื่อหาค่าความเค้น (Stress) โดยให้ชิ้นทดสอบเส้นใยละ 3 ชิ้น โดยมีขนาดเท่ากับมาตรฐานรูปดัมเบลล์ TYPE Die C และทดสอบแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D638 (Standards for Tensile Strength Testing) [6] ความเร็วที่กำหนด 20 มม./นาที



รูปที่ 8 ขนาดมาตรฐานรูปดัมเบลล์ TYPE Die C



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 9 (ก) ชิ้นทดสอบเส้นใยไผ่ (ข) ชิ้นทดสอบเส้นใยมะพร้าว (ค) ชิ้นทดสอบเส้นใยสับปะรด

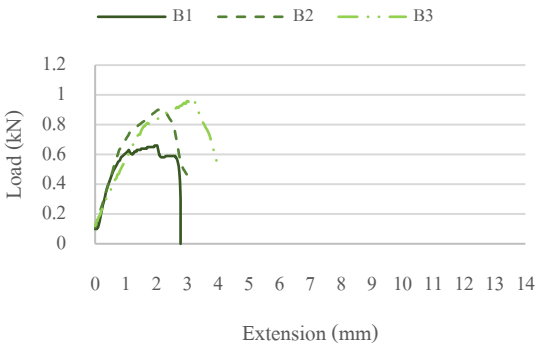


รูปที่ 10 ภาพตัวอย่างการทดสอบแรงดึงเส้นใย

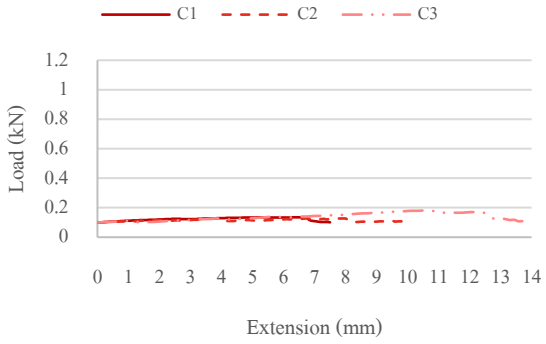
Load at Peak หรือค่าแรงดึงสูงสุดที่วัสดุสามารถทนทานได้ระหว่างทดสอบที่มีค่ามากที่สุดคือชิ้น B3 คือเส้นใยไผ่ และค่า Load at Peak น้อยที่สุดคือชิ้น C2 คือ เส้นใยมะพร้าว (ตารางที่2)

ตารางที่ 2 ตารางค่าทดสอบแรงดึงของเส้นใย

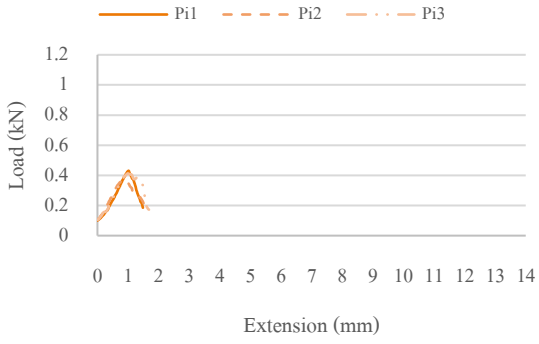
ชิ้นทดสอบ	Tensile test			
	Load@Peak (kN)			$\bar{x}$ (kN)
B1 , B2 , B3	0.67	0.90	**0.92**	**0.83**
C1 , C2 , C3	0.134	0.127	**0.180**	0.147
Pi1 , Pi2 , Pi3	**0.435**	0.368	0.42	0.407



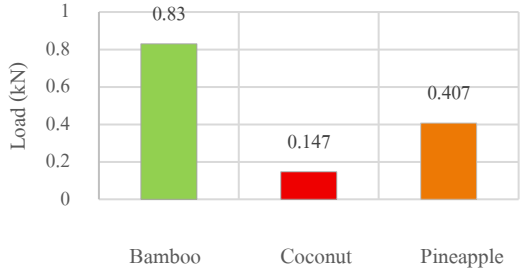
รูปที่ 11 ค่าการทดสอบแรงดึงเส้นใยไผ่



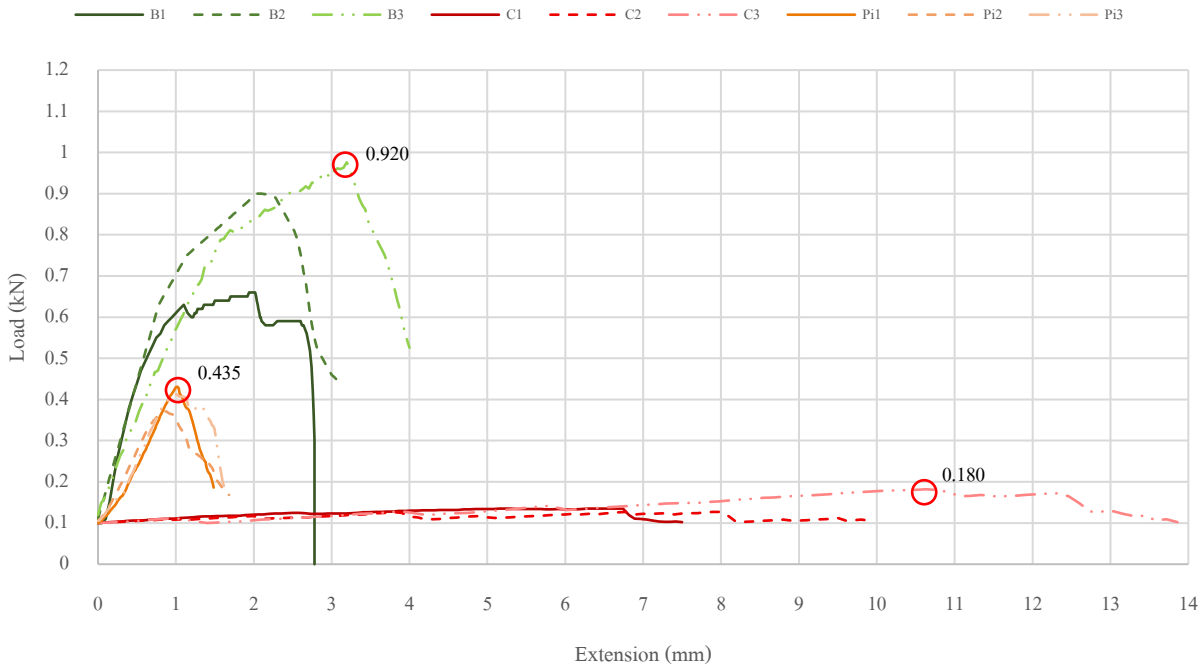
รูปที่ 12 ค่าการทดสอบแรงดึงเส้นใยมะพร้าว



รูปที่ 13 ค่าการทดสอบแรงดึงเส้นใยสับปะรด



รูปที่ 14 ค่าการทดสอบแรงดึงเฉลี่ยของแต่ละเส้นใย



รูปที่ 15 ค่าการทดสอบแรงดึงเส้นใยที่ทดสอบทั้งหมดได้แก่ เส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด

4.2.2 การทดลองอัดแผ่น

1. วัสดุและอุปกรณ์ในการวิจัย

ฝาขวด HDPE ล้างให้สะอาดและผึ่งลมให้แห้ง และนำเข้าเครื่องบดพลาสติก



รูปที่ 16 ฝาขวด HDPE



รูปที่ 17 พลาสติกที่บดละเอียดแล้ว

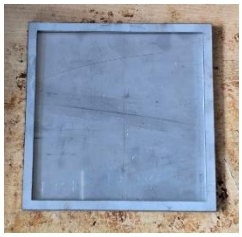
เส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าว และเส้นใยสับปะรด ตากให้แห้งและตัดเส้นใยให้มีความยาวไม่เกิน 1 ซม. [10]



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 18 (ก) เส้นใยไผ่ (ข) เส้นใยมะพร้าว (ค) เส้นใยสับปะรด

แม่พิมพ์สแตนเลสขึ้นรูปชิ้นงาน และชิ้นตัวอย่าง หนา 5 มม. และ 2 มม. เนื่องจากวัสดุหลังคาในท้องตลาด มีความหนาตั้งแต่ 2 -10 มม. จึงกำหนดให้แผ่นหลังคาที่วิจัยหนา 5 มม. 1 ชุดแม่พิมพ์ประกอบด้วยแผ่นสแตนเลสบาง 1 มม. 2 ชิ้น สำหรับประกอบด้านล่างและประกบด้านบน และกรอบสแตนเลส 1 ชิ้น



รูปที่ 19 แม่พิมพ์แผ่นล่างของสแตนและกรอบแตนเลส

2. การขึ้นรูปแผ่นหลังคาพลาสติกแบบไม่ผสมเส้นใย โดยใช้พลาสติกที่บดละเอียดแล้วปริมาณ 125 กรัม (ขนาดแม่พิมพ์กรอบหนา 5 มม.) เทพลาสติกลงบนแม่พิมพ์สแตนเลส ตั้งค่าเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นำแม่พิมพ์ไปวางบนแท่นของเครื่องอัด ระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นกดอัดใช้แรงดันที่ 50 kg/cm² เป็นเวลา 10 นาที



(ก) (ข)

รูปที่ 20 (ก) พลาสติกก่อนขึ้นรูป (ข) แผ่นพลาสติกที่แกะจากแม่พิมพ์แล้ว

3. การขึ้นรูปแผ่นหลังคาพลาสติกแบบผสมเส้นใย โดยใช้ปริมาณเส้นใยธรรมชาติ 10 % ของน้ำหนักทั้งหมด [11] โดยใช้พลาสติกที่บดละเอียดแล้วปริมาณ 113 กรัม ปริมาณเส้นใย 12 กรัม (ขนาดแม่พิมพ์กรอบหนา 5 มม.) เทลงบนแม่พิมพ์สแตนเลส ตั้งค่าเครื่องอัดความร้อนที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นำแม่พิมพ์ไปวางบนแท่นของเครื่องอัด ระยะเวลา 10 นาที หลังจากนั้นกดอัดใช้แรงดันที่ 50 kg/cm² เป็นเวลา 10 นาที



(ก) (ข)

รูปที่ 21 (ก) พลาสติกผสมเส้นใยไผ่ก่อนขึ้นรูป
(ข) แผ่นพลาสติกผสมเส้นใยไผ่ที่แกะจากแม่พิมพ์แล้ว



(ก) (ข)

รูปที่ 22 (ก) พลาสติกผสมเส้นใยมะพร้าวก่อนขึ้นรูป
(ข) แผ่นพลาสติกผสมเส้นใยมะพร้าวที่แกะจากแม่พิมพ์แล้ว



(ก) (ข)

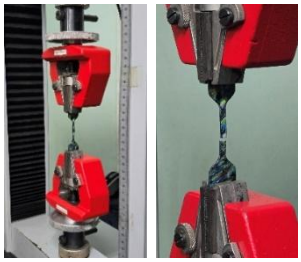
รูปที่ 23 (ก) พลาสติกผสมเส้นใยสับปะรดก่อนขึ้นรูป
(ข) แผ่นพลาสติกผสมเส้นใยสับปะรดที่แกะจากแม่พิมพ์แล้ว

4. การทดสอบแผ่น การทดสอบคุณสมบัติแผ่นหลังคาพลาสติก และ แผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยธรรมชาติ ใช้มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.612-2549 แผ่นพอลิเอสเตอร์เสริมใยแก้ว [7] และมาตรฐาน ASTM C518 [8]

การทดสอบแรงดึง คือ การทดสอบเพื่อหาค่าความเค้น (Stress) คือ เมื่อมีแรงที่มากระทำอยู่ในลักษณะของการดึง (Tensile) ภายใต้แรงดึงหรือการยืดในแนวแรงที่ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ วัสดุออกแรงต้านเพื่อไม่ให้เกิดการขาดออกจากกัน [9]



รูปที่ 24 ตัวอย่างชิ้นทดสอบแรงดึง



รูปที่ 25 การทดสอบแรงดึง

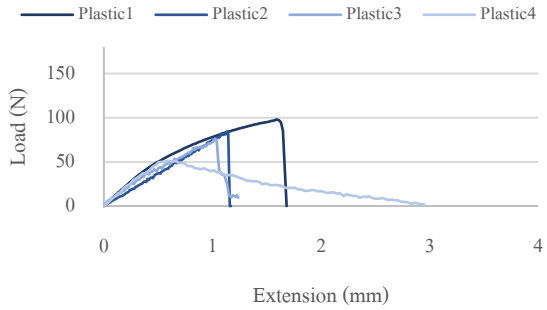
5. ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดสอบแรงดึง

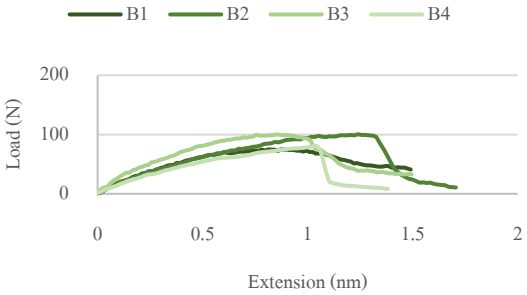
ตารางที่ 3 แสดงว่า Load at Peak หรือค่าแรงสูงสุดที่วัสดุสามารถทนทานได้ระหว่างทดสอบ ชิ้น Pineapple 1 หรือแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมใยสับปะรดมีค่าสูงที่สุด และค่า Load at Peak น้อยที่สุดคือชิ้น Plastic 4 หรือแผ่นหลังพลาสติกไม่เสริมเส้นใย

ตารางที่ 3 ผลทดสอบแรงดึงของหลังคาพลาสติกและหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใย

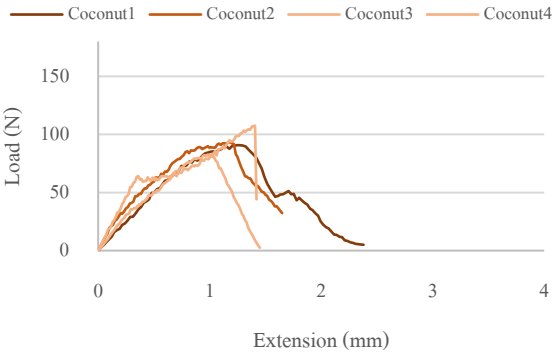
ชิ้นทดสอบ	Tensile test		
	Load@Peak (N)	Load@Yield (N)	σ Stress (MPa)
Plastic 1	**98.06**	54.42	8.17
Plastic 2	84.43	22.45	7.03
Plastic 3	76.29	**21.86**	6.35
Plastic 4	51.19	29.42	4.26
Plastic $\overline{x}$	**77.49**	32.03	6.45
Bamboo 1	76.49	32.85	6.37
Bamboo 2	**101.11**	38.83	8.42
Bamboo 3	100.03	**70.60**	8.33
Bamboo 4	80.90	33.14	6.74
Bamboo $\overline{x}$	**89.63**	43.85	7.46
Coconut 1	90.81	42.56	7.56
Coconut 2	93.26	35.01	7.77
Coconut 3	**107.48**	43.93	8.95
Coconut 4	81.88	**25.30**	6.82
Coconut $\overline{x}$	**93.35**	36.7	7.78
Pineapple 1	**138.47**	107.78	**11.53**
Pineapple 2	89.14	**36.38**	7.42
Pineapple 3	130.43	59.82	10.86
Pineapple 4	101.60	73.84	8.46
Pineapple $\overline{x}$	**114.91**	69.45	9.57



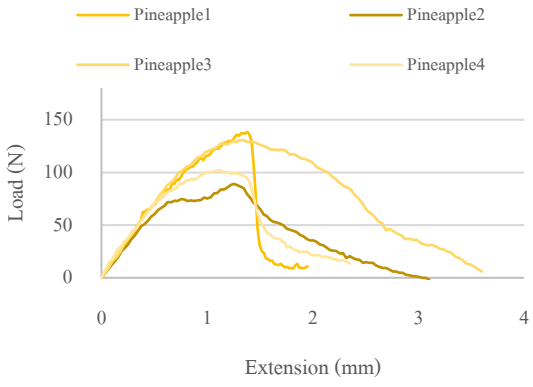
รูปที่ 26 ค่าการทดสอบแรงดึงแผ่นหลังคาพลาสติกไม่ผสมเส้นใย



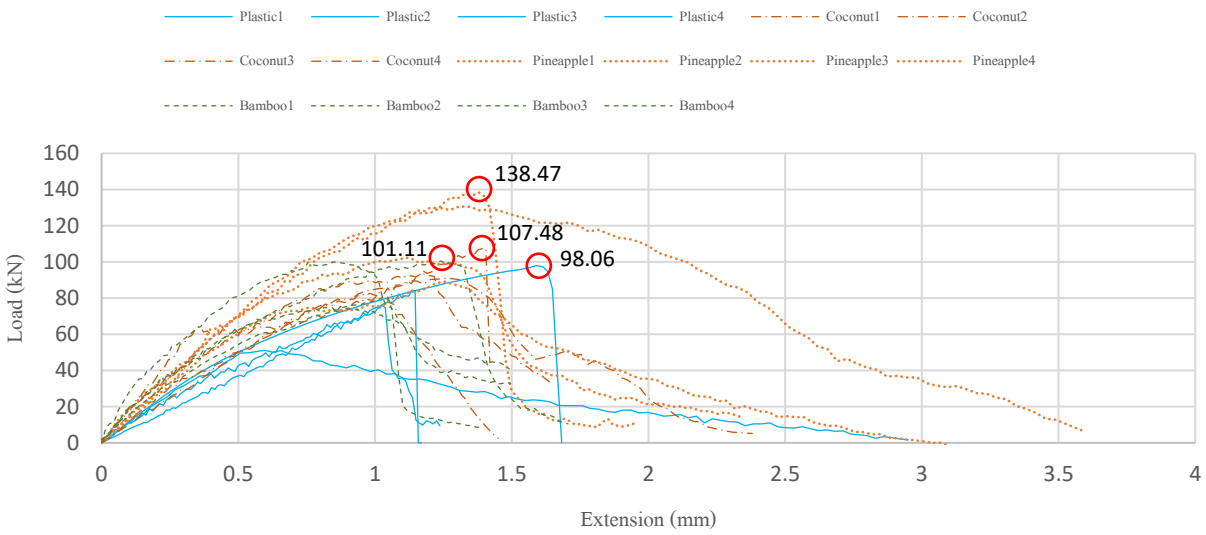
รูปที่ 27 ค่าการทดสอบแรงดึงแผ่นหลังคาพลาสติกผสมเส้นใยไผ่



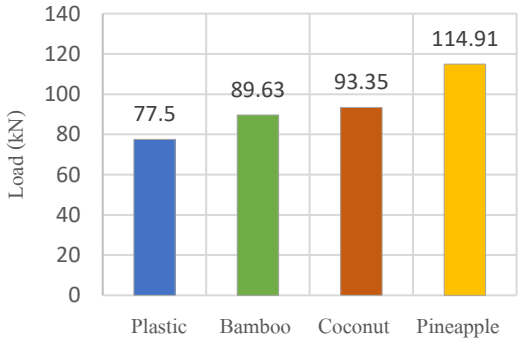
รูปที่ 28 ค่าการทดสอบแรงดึงแผ่นหลังคาพลาสติกผสมเส้นใยมะพร้าว



รูปที่ 29 ค่าการทดสอบแรงดึงแผ่นหลังคาพลาสติกผสมเส้นใยสับปะรด



รูปที่ 30 ค่าการทดสอบแรงดึงทั้งหมดของแผ่นพลาสติกไม่ผสมเส้นใยและผสมเส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด

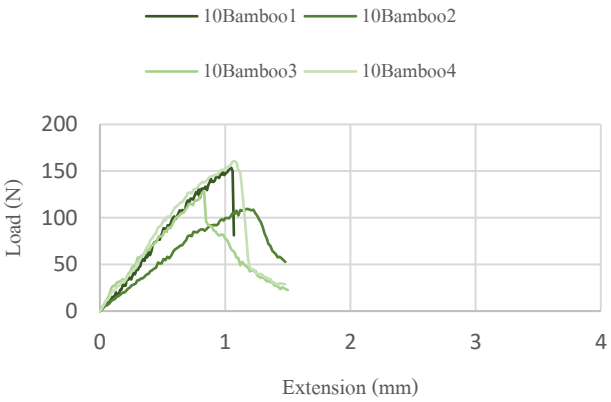


รูปที่ 31 ค่าการทดสอบแรงดึงเฉลี่ยของแผ่นพลาสติกไม่ผสมเส้นใยและผสมเส้นใยไผ่ เส้นใยมะพร้าวและเส้นใยสับปะรด

จากการทดสอบเส้นใยในการทดสอบแรก เส้นใยที่มีค่าแรงดึงสูงที่สุด ได้แก่ เส้นใยไผ่ แต่ผลการทดสอบแรงดึงของแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยพบว่า ผลทดสอบของเส้นใยไผ่มีค่าแรงดึงที่ต่ำกว่าเส้นใยมะพร้าวซึ่งไม่สอดคล้องกับการทดสอบแรก ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบเส้นใยไผ่อีกครั้ง โดยเตรียมเส้นใยไผ่ให้มีความยาว 10 ซม.แล้วทำตามกระบวนการอัดแผ่นเช่นเดิม หลังจากนั้นนำแผ่นหลังคานี้ไปทดสอบแรงดึง โดยมีชิ้นทดสอบ 4 ชิ้นดัมเบลตามมาตรฐานข้อ 4 พบว่าจากตารางที่ 4 Load at Peak หรือค่าแรงสูงสุดที่วัสดุสามารถทนทานได้ระหว่างทดสอบที่มีค่ามากที่สุดคือชิ้น 10 Bamboo 4 มีค่า 160 N เมื่อนำมาเทียบกับผลทดสอบแผ่นหลังคาพลาสติดเสริมเส้นใยไผ่ที่มีความยาว 1 ซม. แผ่นหลังคาพลาสติกเสริมใยไผ่ที่มีความยาว 10 ซม.มีแรงดึงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 53.70 %

ตารางที่ 4 ผลทดสอบแรงดึงของหลังคาพลาสติกและหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใย

ชิ้นทดสอบ	Tensile test		
	Load@Peak (N)	Load@Yield (N)	σ Stress (MPa)
10 Bamboo 1	153.57	144.16	12.79
10 Bamboo 2	109.44	23.93	9.12
10 Bamboo 3	128.07	32.65	10.67
10 Bamboo 4	**160**	110.23	13.33
$\bar{x}$	137.77	77.74	11.48



รูปที่ 32 ค่าการทดสอบแรงดึงของแผ่นพลาสติกเส้นใยไผ่ ความยาว 10 ซม.

6. สรุปผลการทดลอง

การเตรียมเส้นใยที่ความยาวไม่เกิน 1 ซม.ในขั้นตอนการจัดวางลงบนแม่พิมพ์ ในแต่ละเส้นใยจะมีอุปสรรคในการจัดวางเนื่องจากลักษณะของเส้นใยที่แตกต่างกันต้องระมัดระวังเรื่องปริมาณและการตกกระจายของเส้นใย

การทดสอบแรงดึงของเส้นใย ได้ค่าแรงดึงเฉลี่ยสูงสุดที่วัสดุสามารถทนทานได้ สูงที่สุดคือเส้นใยไผ่ 0.83 kN เส้นใยสับปะรด 0.407 kN และน้อยที่สุดเส้นใยมะพร้าว 0.147 kN

การทดสอบแรงดึงของแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยธรรมชาติ แผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรด มีสมบัติรับแรงดึงได้สูงสุด รองลงมาคือแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยมะพร้าว แผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยไผ่และรับแรงดึงได้น้อยที่สุดคือแผ่นหลังคาพลาสติกไม่เสริมเส้นใย พบว่าไม่สอดคล้องกับค่ารับแรงดึงของการทดสอบแรงดึงของเส้นใยจึงนำเส้นใยไผ่มาทดสอบใหม่โดยมีการเปลี่ยนความยาวเส้นใยและทดสอบแรงดึงใหม่อีกครั้ง พบว่ามีแรงดึง เพิ่มขึ้นกว่าครึ่งนึง คิดเป็น 53.70% แสดงให้เห็นว่าความยาวของเส้นใยอาจมีผลต่อการรับแรงดึงหรือไม่ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยแรงดึงของแผ่นหลังคาพลาสติกเสริมเส้นใยสับปะรดและไผ่ไปคำนวนและเปรียบเทียบกับความต้านแรงดึงในมาตรฐาน มอก.612-2549 พบว่าค่าความต้านแรงดึงยังไม่ถึง 50 MPa ตามมาตรฐานระบุ

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 การปรับปรุงให้เกิดการทนต่อรังสี UV และทนไฟซึ่งต้องเติมสารป้องกัน UV และการเติมสารหน่วงไฟเข้าไป

7.2 การปรับปรุงเรื่องสีของ HDPE อาจมีการแยกสีหรือผสมสีให้เกิดความสวยงามมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2568).รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2567. กรุงเทพฯ:บริษัท เอพี คอนเน็กซ์ จำกัด

[2] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560).(ร่าง) Roadmap การจัดการขยะพลาสติก พ.ศ.2561-2573. สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2020/05/pcdnew-2020-05-27_06-47-53_174751.pdf

[3] กรุงเทพธุรกิจ.(2567).สังเกตก่อนทิ้ง 7 ประเภท 'พลาสติก' ที่ 'รีไซเคิล' ได้.สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.bangkokbiznews.com/environment/1116839

[4] MDPI.(2019).Diffusion Mechanism of Aqueous Solutions and Swelling of Cellulosic Fibers in Silicone Non-Aqueous Dyeing System.สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2568,จาก https://www.mdpi.com/2073-4360/11/3/411

[5] แอล.เอ พลาสติก.กระบวนการกดอัดขึ้นรูป (Compression Molding Process). สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.laplastic.biz/compression-molding-process.html

[6] PACORR TESTIMG INSTRUMENTS.(2568).ASTM D638 and ISO 527 Standards for Tensile Strength Testimg.สืบค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน2568, จาก https://www.pacorr.com/blog/astm-d638-and-iso-527-standards-for-tensile-strength-testing/#:~:text=Testing%20Speed:%20ASTM%20D638%20typically%20recommends%20test,similar%20but%20more%20flexible%20data%20reporting%20requirements.

[7] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.(2550).แผ่นพอลิเอสเตอร์เสริมใยแก้ว.สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2568, จาก http://research.rid.go.th/vijais/moa/fulltext/TIS612-2549.pdf

[8] Intertek Total Quality.Assured.(2567). ASTM C518: Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties. สืบค้นเมื่อ 17 พฤศจิกายน 2568, จาก https://www.intertek.com/building/standards/astm-c518/

[9] การทดสอบแรงดึง: คู่มือทางวิทยาศาสตร์ฉบับสมบูรณ์ - TESTEX

[10] S Sugiman,PD Setyawan, B Anshari.(2019).Effect of fiber length on the mechanical properties and water absorption of bamboo fiber/polystyrene-modified unsaturated polyester composites.IOP Conference Series, IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering 532(2019)

[11] J.Ashok Babu,Ramidi Satya Mahipal Reddy.(2025).Optimization of Bamboo Fibre Reinforcement in Green Composites using Response Surface Methodology.Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology, 46 (3)

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การพัฒนากระเบื้องเซรามิกชนิดน้ำหนักเบาผสมเซโนสเฟียร์เพื่อการนำความร้อนต่ำ

Development of Lightweight Ceramic Tiles with Cenospheres for Reduced Thermal Conductivity Blended

หทัยชนก ศรีวิไล และ อรวลี อมรลีตระกูล*

สาขานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: onvalee.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนากระเบื้องเซรามิกชนิดน้ำหนักเบา และมุ่งเพิ่มศักยภาพด้านการนำความร้อนต่ำ โดยใช้แนวคิดด้านความยั่งยืน และนวัตกรรมวัสดุร่วมกับการเติมเซโนสเฟียร์ ซึ่งเป็นวัสดุรีไซเคิลจากอุตสาหกรรมพลังงาน เพื่อเพิ่มความพรุน และลดความหนาแน่นของเนื้อดิน EAC ตัวอย่างถูกขึ้นรูปด้วยการอัดแบบแห้ง เผาที่ประมาณ 1,200 °C และประเมินสมบัติตามมาตรฐาน ISO 10545 และ มอก. 2508-2555 ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และค่ากำลังดัด (MOR) ผลการทดสอบพบว่า การเติมเซโนสเฟียร์ทำให้การหดตัวอยู่ที่ 7.9-8.6% การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเป็นราว 2-3% และความหนาแน่นลดลงตามสัดส่วนเซโนสเฟียร์ ขณะที่ค่ากำลังดัดอยู่ในช่วง 34-47 MPa ซึ่งยังเหมาะสมต่อการใช้งานปูพื้น และบุผนัง โดยสูตรที่ใช้เซโนสเฟียร์ระดับปานกลางให้สมดุลดีที่สุด มีการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 3% ความหนาแน่นลดลงอย่างชัดเจน และค่ากำลังดัดมากกว่า 35 MPa จึงมีศักยภาพสำหรับพัฒนาต่อยอดเป็นกระเบื้องเซรามิกน้ำหนักเบา ผลดังกล่าวสะท้อนศักยภาพของการลดน้ำหนักวัสดุและภาระโครงสร้างอาคาร ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการออกแบบอาคารที่มุ่งเน้นประสิทธิภาพด้านพลังงาน การศึกษาในขั้นถัดไปจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วย SEM และทดสอบค่าการนำความร้อนด้วยเทคนิค Laser Flash Analysis; LFA เพื่ออธิบายกลไกความพรุน และสมบัติฉนวนความร้อนอย่างเป็นระบบ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบสมบัติภายในระบบเนื้อดินเดียวกัน เพื่อให้สามารถอธิบายผลของการเติมเซโนสเฟียร์ต่อการลดน้ำหนักและสมบัติของกระเบื้องได้อย่างชัดเจน ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นกรอบแนวทางในการประยุกต์พัฒนาสูตรเนื้อดินของผู้ผลิตได้ โดยไม่มุ่งเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์โดยตรง

คำสำคัญ: กระเบื้องเซรามิก เซโนสเฟียร์ รูพรุน ค่ากำลังดัด ฉนวนความร้อน

Abstract

This research aims to develop lightweight ceramic tiles for reduced thermal conductivity by integrating sustainability principles with material innovation through the addition of cenospheres, a recycled waste from the energy industry. The incorporation of cenospheres was intended to increase porosity and reduce the bulk density of EAC clay bodies. Tile specimens were formed using a dry pressing technique, fired at approximately 1,200 °C, and evaluated in accordance with ISO 10545 and TIS 2508-2555 standards, including firing shrinkage, water absorption, bulk density, and modulus of rupture (MOR).The results indicated that the introduction of cenospheres resulted in firing shrinkage ranging from 7.9 to 8.6%, while water absorption increased to between 2 and 3%, and proportionally reduced density relation with increasing cenosphere content. MOR values ranged from 34 to 47 MPa, which remain suitable for interior floor and wall applications. Formulations containing a moderate cenosphere content demonstrated the best overall performance, exhibiting water absorption at less than 3%, noticeably lower density, and MOR values exceeding 35 MPa. These results indicate the potential for material weight reduction and reduced structural load, which are important considerations in energy-efficient building design.Future work will include microstructural analysis using scanning electron microscopy (SEM) and direct evaluation of thermal conductivity using the laser flash analysis (LFA) technique to clarify pore formation mechanisms and systematically validate thermal insulation performance.

This study focuses on a controlled comparison within a single clay system to clearly identify the effect of cenosphere addition on weight reduction and material properties. The findings can serve as a guideline for adapting lightweight ceramic tile formulations to different clay systems in practical manufacturing contexts, rather than direct benchmarking against commercial products.

Keywords: Ceramic Tile, Cenospheres, Porosity, Modulus of Rupture (MOR), Thermal Insulation

1. บทนำ

อุตสาหกรรมเซรามิก และวัสดุก่อสร้างมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองต่อความต้องการด้านที่อยู่อาศัย และอาคารสมัยใหม่ เนื่องจากมีความแข็งแรง ทนทาน และดูแลรักษาง่าย กระเบื้องเซรามิกเป็นวัสดุที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในงานสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะกระเบื้องชนิดเนื้อแน่นที่นำมาใช้ในงานปูพื้น และบุผนังภายในอาคาร ซึ่งมีความแข็งแรงสูงแต่มีน้ำหนักมาก [1] และค่าการนำความร้อนค่อนข้างสูง ส่งผลให้เกิดภาระต่อโครงสร้างอาคาร และการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยเฉพาะในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ทำให้ระบบทำความเย็นต้องทำงานหนัก และสิ้นเปลืองพลังงาน จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อตอบโจทย์ด้านพลังงาน

เซโนสเฟียร์ (Cenosphere) เป็นไมโครสเฟียร์ที่เป็นของเสียจากโรงไฟฟ้าถ่านหิน เซโนสเฟียร์มีโครงสร้างเป็น โพรงกลวงภายใน (Hollow Microsphere) มีสมบัติน้ำหนักเบา ค่าการนำความร้อนต่ำ และมีความแข็งแรงเชิงกลที่เหมาะสมต่อการประยุกต์ใช้เป็นสารเติมแต่งเพื่อลดความหนาแน่น และเพิ่มความพรุนของเนื้อดินในกระเบื้องเซรามิก [2] การนำเซโนสเฟียร์มาใช้เป็นวัสดุเติมแต่งในงานวิจัยนี้ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลของโครงสร้างอนุภาคกลวงต่อสมบัติของเนื้อกระเบื้องภายใต้ระบบเนื้อดินเดียวกัน โดยควบคุมตัวแปรด้านวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตให้คงที่ แนวทางนี้ช่วยให้ได้วัสดุที่มีศักยภาพด้านฉนวนความร้อนดีกว่าเนื้อเซรามิกทั่วไปซึ่งโดยทั่วไปมีค่าการนำความร้อนสูงกว่า อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดการใช้วัสดุรีไซเคิล และการพัฒนาตามหลักความยั่งยืน หากไม่ได้รับการนำกลับมาใช้จะต้องถูกกำจัดด้วยวิธีฝังกลบซึ่งเพิ่มภาระต่อสิ่งแวดล้อม

การเพิ่มสมบัติด้านฉนวนความร้อนในกระเบื้องสามารถช่วยลดภาระการทำงานของระบบทำความเย็นในอาคาร ซึ่งเป็นหนึ่งในต้นทุนพลังงานสำคัญของอาคารสมัยใหม่ การใช้เซโนสเฟียร์จึงเป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ทั้งด้านสมรรถนะ และสิ่งแวดล้อม ช่วยลดการใช้ทรัพยากรใหม่ ลดของเสียจากอุตสาหกรรมไฟฟ้า ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) โดยนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ จึงมีความสำคัญทั้งในมุมมองของสิ่งแวดล้อม และการประหยัดพลังงานในระยะยาว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนากระเบื้องเซรามิกผสมด้วยเซโนสเฟียร์ที่มีน้ำหนักเบา และมีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนดีขึ้น โดยใช้กระบวนการอัดขึ้นรูปแบบแห้ง (Dry Pressing) เพื่อให้ได้โครงสร้างเนื้อดินที่มีความหนาแน่นเหมาะสม สอดคล้องกับเป้าหมายด้านพลังงาน ประสิทธิภาพการใช้งาน และความยั่งยืนของวัสดุสมัยใหม่

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาผลของการเติมเซโนสเฟียร์ในเนื้อดิน EAC ต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของกระเบื้องเซรามิก

2.2 เพื่อศึกษา และพัฒนากระเบื้องเซรามิกน้ำหนักเบาที่มุ่งเพิ่มศักยภาพด้านการเป็นฉนวนความร้อน จากกลไกความพรุนที่เกิดจากการเติมเซโนสเฟียร์

2.3 เพื่อให้ได้แนวทางในการใช้เซโนสเฟียร์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาเป็นวัสดุเติมแต่งเพื่อลดน้ำหนักของกระเบื้องเซรามิก และสามารถประยุกต์ใช้กับสูตรเนื้อดินของผู้ผลิตในการผลิตจริงได้

3. การออกแบบ และเตรียมชิ้นงาน

3.1 หลักการ และแนวคิดที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยนี้ออกแบบการทดลองโดยควบคุมชนิดเนื้อดินตั้งต้น (ดิน EAC) ให้เหมือนกันทุกสูตร เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของสมบัติที่เกิดขึ้นสามารถสะท้อนผลของการเติมเซโนสเฟียร์ได้โดยตรง การเพิ่มอนุภาคกลวงในเนื้อดินมีผลต่อการเพิ่มความพรุน และลดความหนาแน่นของวัสดุ ซึ่งตามหลักการของวัสดุพรุน การลดความหนาแน่นย่อมส่งผลต่อการลดน้ำหนัก และแนวโน้มการลดการนำความร้อนของวัสดุ ขณะเดียวกันอาจส่งผลให้สมบัติเชิงกลลดลง จึงต้องพิจารณาความสมดุลระหว่างน้ำหนัก และความแข็งแรง

3.2 การออกแบบ

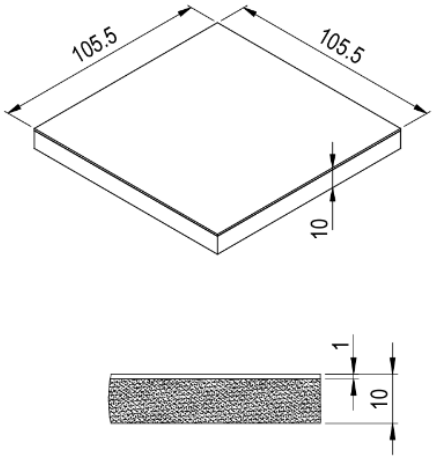
แนวคิดในการออกแบบแผ่นกระเบื้องเซรามิกน้ำหนักเบาในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นการสร้างโครงสร้างรูพรุนภายในเนื้อกระเบื้องด้วยการเติมเซโนสเฟียร์ และขึ้นรูปด้วยกระบวนการอัดแบบแห้ง โดยกำหนดขนาดของแผ่นกระเบื้องที่ 105.5 × 105.5 มิลลิเมตร และมีความหนา 11 มิลลิเมตร ใช้แม่พิมพ์ที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)

กระบวนการขึ้นรูปถูกออกแบบให้เป็นการอัดแบบสองชั้น โดยชั้นแรกเป็นการอัดผงดินที่ผสมเซโนสเฟียร์ให้ยุบตัวลงไปจากขอบแม่พิมพ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของเนื้อกระเบื้อง และช่วยสร้างความพรุนเพื่อลดน้ำหนักของชิ้นงาน

ชั้นที่สองทำการเติมเนื้อดินล้วนลงในแม่พิมพ์เพื่อใช้เป็นชั้นผิวหน้าของกระเบื้อง เนื่องจากต้องการความเรียบผิวหน้าสำหรับการเคลือบ

การออกแบบโครงสร้างกระเบื้องแบบสองชั้นดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมสมดุลระหว่างการลดน้ำหนักของเนื้อกระเบื้อง และการคงคุณภาพผิวหน้าที่เรียบสม่ำเสมอ ซึ่งมีความสำคัญต่อการเคลือบ และการใช้งานในเชิงสถาปัตยกรรมภายในอาคาร (รูปที่ 1)

Unit: mm.



รูปที่ 1 มิติ และการแบ่งของชั้นดิน

3.3 วัสดุอุปกรณ์

3.3.1 ดิน EAC เป็นดินเอิร์ทเทิร์นแวร์ในรูปดินผงสำเร็จรูปที่มีความเหนียวเหมาะสำหรับการขึ้นรูปกระเบื้องแบบอัดแห้ง หรือ ปั๊มกระเบื้องแบบไฮดรอลิก กระเบื้องตกแต่ง และกระเบื้องลายศิลปะเคลือบแก้ว เผาที่อุณหภูมิ 1,200 -1,230 °C แบบออกซิเดชั่น เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์กระเบื้องที่ต้องการการดูดซึมน้ำต่ำ แข็งแรง ทนทานต่อการใช้งานปูพื้น และผนัง

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของดิน EAC ที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติทางกายภาพ / Physical Properties	
ความชื้นผงดิน	3.5-5.5 %
ความหนาแน่นผงดิน	0.900-1.000 g/cm^3
ขนาดเม็ดผงดิน 500 ไมครอน	1.0-6.0 %
ขนาดเม็ดดินผงเฉลี่ย	300-425 micron
ความแข็งแรงก่อนเผา	20-30 kg/cm^3
อุณหภูมิในการเผา	1230 °C Oxidation
การหดตัวหลังเผา	8.00-10.00 %
การดูดซึมน้ำ	0.50-2.00 %
ความแข็งแรงหลังเผา	250-450 kg/cm^2
สีหลังเผา L	72.46-76.80
a	0.10-1.97
b	10.64-13.73

หมายเหตุ: ข้อมูลจากเอกสารข้อมูลทางเทคนิคของบริษัทผู้ผลิต (Compound clay company limited)

3.3.2 เซโนสเฟียร์ อนุภาคกลมกลวงน้ำหนักเบาที่พบในเถ้าลอย (Fly ash) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน มีองค์ประกอบหลักเป็นซิลิกอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) และอะลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminum Oxide) มีสมบัติเด่นคือเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ทนแรงอัดสูง และทนสารเคมี ทำให้ถูกนำไปใช้เป็นสารตัวเติม (filler) เพื่อลดน้ำหนัก เพิ่มความแข็งแรง และปรับปรุงคุณสมบัติในวัสดุหลากหลาย เช่น พลาสติก คอนกรีต สี และวัสดุกันไฟ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 เซโนสเฟียร์

ตารางที่ 2 เอกสารรับรองคุณภาพ (COA)

Cenosphere		Size (mesh)	150
Item	Item	Unit	Result
1	Particle Size(D50)	μm	100
2	Bulk Density	kg/m^3	300
3	Floating Rate	%	98
4	Sieve Analysis(+40mesh)	%	0.45
5	Particle Density	g/cm^3	0.55
6	SiO_2	%	55-65
7	Al_2O_3	%	27-33
8	CaO	%	0.8-1.9
9	MgO	%	0.5-1.7
10	Fe_2O_3	%	1-3
11	Na_2O	%	0.1-0.2
12	K_2O	%	0.2-0.5
13	C	%	0.85
14	Deposition(sinkers)	%	3 max
15	Surface Moisture	%	0.5 max
16	Hardness	/	5
17	Thermal Conductivity	Wm-1·K-1	0.11
18	Melting point	≥1700 °C	1750 °C

หมายเหตุ: ข้อมูลสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของเซโนสเฟียร์ในตารางนี้ได้มาจากเอกสารรับรองคุณภาพ (Certificate of Analysis; COA) ของบริษัทผู้ผลิต (Shijiazhuang huabang mineral products company limited)

3.3.3 แม่พิมพ์โลหะทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง ชุบแข็ง เพื่อลดการสึกหรอการเสียดสีผิวหน้าจากเซโนสเฟียร์ที่มีความแข็ง โดยใช้ควบคู่กับเครื่องอัดไฮดรอลิกในการขึ้นรูปกระเบื้องเซรามิกแบบอัดแห้ง (Dry pressing) โดยแม่พิมพ์นี้ประกอบด้วยชุดฐาน (Die base) ชุดเสานำเลื่อน (Guide post) ชุดปลอกพิมพ์ (Die cavity) และชุดกดอัด (Punch press) ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่ออัดเนื้อดินให้ได้แผ่นกระเบื้องตามขนาดและความหนาที่กำหนด (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แม่พิมพ์ High cabon steel

3.3.4 เครื่องอัดไฮดรอลิกใช้ของเหลวในระบบไฮดรอลิกเพื่อสร้างแรงอัดที่มหาศาลโดยอาศัยหลักการของกฎของปาสกาล ใช้สำหรับงานที่ต้องการแรงบีบอัดสูง เช่น การขึ้นรูปโลหะ การดัด การปั๊ม หรือการอัดชิ้นงานต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถทำได้ด้วยแรงของมนุษย์ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 เครื่องอัดไฮดรอลิก AP Hydraulic 40 Ton

3.3.5 เครื่องบดละเอียดแบบหม้อบด (Pot mill) สำหรับบดสารให้เป็นผงละเอียด โดยใช้หลักการกระแทก และเสียดสี โดยภายในหม้อจะบรรจุลูกบด (Grinding media) และวัตถุดิบ จากนั้นหม้อจะถูกหมุนด้วยความเร็วเพื่อทำให้เกิดการกระทบกันระหว่างผนังหม้อ ลูกบด และวัตถุดิบจนละเอียด (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 เครื่องบดละเอียดแบบหม้อบด

3.3.6 เตาเผาเซรามิกสำหรับเผาชิ้นงานเครื่องปั้นดินเผา และเซรามิกที่อุณหภูมิสูงระหว่างประมาณ 800-1,280 °C เพื่อทำให้วัสดุแข็งแกร่ง ทั่วไปแล้วจะควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ และมีการออกแบบให้ความร้อนสม่ำเสมอภายในห้องเผา [3] (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 เตาเผาเซรามิกควบคุมด้วย PID Omron E5CC-RX2ASM-800

3.4 การเตรียมวัตถุดิบ

3.4.1 วัตถุดิบที่ใช้

- ดินสำเร็จรูปชนิด EAC
- เซโนสเฟียร์คัดขนาด แบบละเอียดขนาด 150 – 250 µm

3.4.2 การปรับความชื้น

- ปรับความชื้นดิน และเซโนสเฟียร์ให้มีความชื้นที่เหมาะสมในช่วง 5–7 % สำหรับการอัดแบบแห้ง (Dry Pressing) [4]

3.4.3 การผสมสูตรดิน

- ชั่งดิน EAC และเซโนสเฟียร์ ตามสัดส่วนที่กำหนดในสูตร

3.5 การขึ้นรูปกระเบื้อง

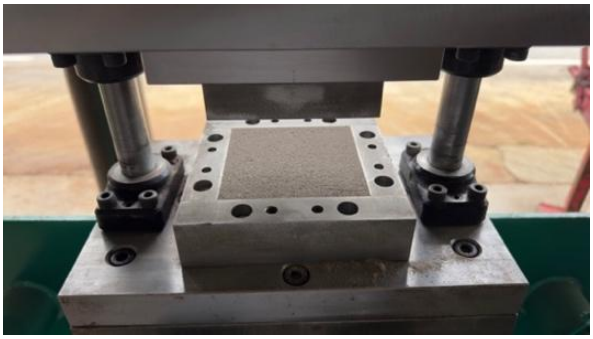
3.5.1 เตรียมแม่พิมพ์

- ใช้แม่พิมพ์เหล็กกล้า ขนาดโพรง 105 x 105 มิลลิเมตร
- ความลึกโพรง 21 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้ความหนาหลังอัด 10-11 มิลลิเมตร

- ทำความสะอาดโพรง-หัวกดทุกครั้งก่อนเตรียมอัด

3.5.2 การเติมผงดินลงในแม่พิมพ์

- ชั่งดินพร้อมส่วนผสมที่ผสมแล้วสูตรละ 220 กรัม
- โรยผงดินลงในโพรงให้เต็ม และกระจายตัว
- เกลี่ยผิวหน้าดินให้เรียบด้วยไม้ปาด เพื่อให้ความหนาแน่นสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่น (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 การเกลี่ยดินลงในโพรงก่อนอัด

3.5.3 การอัดด้วยแรงกด

- การอัดรอบแรกจะอัดผงดินที่ผสมแล้ว ให้ยุบลงไปจากขอบพิมพ์ 2 มิลลิเมตร
- ทำการเติมเนื้อดินล้วนลงในแม่พิมพ์เพื่อใช้เป็นชั้นหน้าของกระเบื้อง เนื่องจากต้องการความเรียบที่ผิวหน้าด้านสำหรับเคลือบ เพราะดินที่ผสม เซโนสเฟียร์ จะเกิดรูพรุน และการละลายตัวจะส่งผลกระทบต่อการเคลือบผิว
- กำหนดแรงอัดที่ 330 Kg/cm^2 [5] ตามมาตรฐานสำหรับการอัดแบบแห้ง
- กดอัดด้วยก้านสูบไฮดรอลิกลงบนแม่พิมพ์
- เมื่อได้แรงดันที่กำหนด ค้างหัวกดไว้ 3-5 วินาที เพื่อให้ผงดินยุบตัวสม่ำเสมอ

3.5.4 การปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

- ใช้กระบอกไฮดรอลิกด้านล่างดันแผ่นรองขึ้นพร้อมกับแผ่นดินที่ถูกอัด

3.5.5 ตรวจสภาพชิ้นงาน

- ตรวจความเรียบ
- วัดขนาดก่อนเผา
- ชั่งน้ำหนักก่อนเผา

3.6 ขั้นตอนการเผาชิ้นงาน และเคลือบ

3.6.1 การเผาบิสก์ (Biscuit Firing) (รูปที่ 8)

- ตั้งโปรแกรมการเผาบิสก์ที่ 976 °C [6]
- อัตราการเร่งอุณหภูมิ 100-150 °C/ชั่วโมง
- แช่ (Soak) ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 15 นาที เพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา [7]

3.6.2 การเคลือบ (Glazing)

- ใช้เคลือบสำเร็จรูปจากบริษัท คอมพาวด์เคลย์ จำกัด สีขาว รหัส 0223
- บดเคลือบด้วยหม้อบดให้ละเอียด
- ผสมสารปรับความหนืด CMC (Carboxymethyl cellulose)
- ใช้ตะแกรงกรองขนาด 200 Mesh
- ปรับความถ่วง (Specific gravity) สำหรับการพ่น 1.40-1.55
- พ่นเคลือบเปียกให้ได้ความหนาประมาณ 0.2-0.3 มิลลิเมตร

3.6.3 การเผาเคลือบ (Glaze firing) (รูปที่ 9)

- ตั้งโปรแกรมการเผาเคลือบที่ 1204 °C [8]
- อัตราการเร่งอุณหภูมิ 100-150 °C/ชั่วโมง
- แช่ (Soak) ที่อุณหภูมิเป้าหมาย 10 นาที เพื่อให้ความร้อนกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา
- ตรวจสอบ Heat work ภายในเตา ด้วย Pyrometric cone และ Buller Ring



รูปที่ 8 แผ่นกระเบื้องหลังการเผาบิสก์



รูปที่ 9 แผ่นกระเบื้องหลังการเผาเคลือบ

4. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเติมเซโนสเฟียร์ในเนื้อดิน EAC ต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของกระเบื้องเซรามิก โดย

ออกแบบการทดลองให้เปรียบเทียบผลภายในระบบเนื้อดินเดียวกัน เพื่อสะท้อนผลของการเติมเซโนสเฟียร์ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของวัสดุอย่างแท้จริง โดย 1 ชุด ตัวอย่างประกอบด้วย 6 สูตรการทดลอง ผลการทดลองถูกประเมินตามมาตรฐาน ISO 10545 และกรอบการจัดกลุ่มตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 2508-2555 ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่ใช้อ้างอิงในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกโดยทั่วไป โดยเบื้องต้นได้ทำการทดสอบการหดตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และความแข็งแรงดัด การทดสอบการนำความร้อน และการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดอยู่ในขั้นต่อไป

เนื่องจากกระเบื้องเซรามิกเชิงพาณิชย์ของแต่ละผู้ผลิตมีสูตรเนื้อดินดั้งต้น และองค์ประกอบภายในที่แตกต่างกัน และข้อมูลดังกล่าวไม่ได้ถูกเปิดเผยอย่างชัดเจน การนำผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดมาใช้เปรียบเทียบโดยตรงอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตีความผลลัพธ์เชิงกลไก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการเปรียบเทียบผลการทดลองภายในระบบเนื้อดินเดียวกัน (ดิน EAC) โดยควบคุมตัวแปรด้านวัตถุดิบ และกระบวนการผลิตให้คงที่ เพื่อให้สามารถอธิบายผลของการเติมเซโนสเฟียร์ต่อสมบัติของกระเบื้องได้อย่างชัดเจน และเป็นระบบ

งานวิจัยนี้ไม่ได้ทดสอบสมบัติของชั้นเคลือบ เนื่องจากวัตถุประสงค์มุ่งเน้นการพัฒนาเนื้อกระเบื้องให้มีน้ำหนักเบา แข็งแรง และนำความร้อนต่ำ ซึ่งเป็นสมบัติที่เกิดจากเนื้อดินเป็นหลัก ขณะที่ชั้นเคลือบมีความบางมาก และไม่ส่งผลต่อค่า MOR ความหนาแน่น หรือการดูดซึมน้ำอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งเคลือบที่ใช้เป็นเคลือบสำเร็จรูปที่มีคุณภาพคงที่ ดังนั้นการทดสอบจึงเน้นเฉพาะส่วนเนื้อเพื่อให้ผลลัพธ์สะท้อนสมบัติที่แท้จริงของวัสดุที่ทำการวิจัย

4.1 เครื่องมือ และวิธีการทดสอบ

4.1.1 การหดตัว (Shrinkage) มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงขนาดของเนื้อกระเบื้องหลังผ่านกระบวนการเผา ซึ่งมีผลต่อความแม่นยำมิติ และความโก่งงอของชิ้นงาน เครื่องมือที่ใช้ คือ เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ค่าความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร โดยทำการวัดขนาดชิ้นงานก่อนเผาเป็นค่า L_0 จากนั้นเผาชิ้นงานถึงอุณหภูมิเป้าหมาย ปล่อยให้เย็นในเตา แล้วนำออกมาวัดขนาดหลังเผาเป็นค่า L_1 ก่อนคำนวณเปอร์เซ็นต์การหดตัวด้วยสมการ

$$Shrinkage\ \% = \frac{L_0 - L_1}{L_0}\ x\ 100 \qquad (1)$$

ค่าที่ได้จะนำไปใช้เปรียบเทียบระหว่างสูตรดินแต่ละสูตร และอุณหภูมิการเผาที่ต่างกัน เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการหดตัว และความเสี่ยงการโก่งตัวของกระเบื้องในกระบวนการผลิตจริง

4.1.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption test) ตาม ISO 10545-3 เพื่อประเมินระดับความพรุนเปิด (Open porosity) ของเนื้อกระเบื้อง ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับความทนทาน ความแข็งแรง และการจัดกลุ่มประเภทกระเบื้องตามมาตรฐาน มอก. เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย เตาอบลมร้อนสำหรับทำให้ชิ้นงานแห้งสนิท หม้อสำหรับต้ม และแช่น้ำ เครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.1 กรัม วิธีการ อบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 110–120°C จนกระทั่งน้ำหนักคงที่แล้วชั่งเป็นน้ำหนักแห้ง W_1 จากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำ 24 ชั่วโมง แล้วนำไปต้มในน้ำเดือด 2 ชั่วโมง แช่ไว้ในน้ำหลังต้ม 4 ชั่วโมง เพื่อให้เนื้อกระเบื้องอิ่มน้ำ แล้วซับน้ำส่วนเกินบนผิวให้หมาดและชั่งน้ำหนักเป็นน้ำหนักเปียก W_2 ก่อนคำนวณค่าการดูดซึมน้ำด้วยสมการ

$$WA(\%) = \frac{W_2 - W_1}{W_1}\ x\ 100 \qquad (2)$$

โดยค่าที่ต่ำบ่งชี้ถึงเนื้อกระเบื้องที่หนาแน่น และมีความพรุนเปิดต่ำ

4.1.3 การทดสอบความหนาแน่นปรากฏ (Bulk Density Test) เพื่อประเมินความอัดแน่น และน้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของเนื้อกระเบื้องหลังการเผา ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญของความเบา ของผลิตภัณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับกระเบื้องทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยเครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.1 กรัม และภาชนะใส่น้ำสำหรับหาปริมาตรโดยวิธีอาร์คิมิดีส โดยเริ่มจากการนำกระเบื้องที่อิ่มน้ำจากทดสอบการดูดซึมน้ำเป็น W_2 จากนั้นนำชิ้นงานที่อิ่มน้ำแล้วมาชั่งใต้น้ำเป็น W_3 เพื่อคำนวณปริมาตร V จากความต่างของน้ำหนักตามสมการ

$$V = W_2 - W_3 \qquad (3)$$

เมื่อน้ำมีความหนาแน่นประมาณ 1 g/cm³ แล้วคำนวณความหนาแน่นรวมของชิ้นงานด้วยสมการ

$$\rho = \frac{W_1}{V} \qquad (4)$$

หน่วยเป็น g/cm³ โดยนำค่าไปใช้เปรียบเทียบผลของการเติมเซโนสเฟียร์และส่วนผสมอื่นต่อการลดน้ำหนักของกระเบื้อง (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ ความละเอียด 0.1 กรัม

4.1.4 การทดสอบความแข็งแรงดัด (Modulus of Rupture; MOR) ตาม ISO 10545-4 เพื่อหาค่าความแข็งแรงเชิงกลของกระเบื้องภายใต้การรับแรงดัด ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินความเหมาะสมในการใช้งานจริงตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. ใช้เครื่องทดสอบกำลัง (Universal Testing Machine; UTM) พร้อมชุดทดสอบแบบดัดสามจุด (Three Point Bending) ที่กำหนดระยะสแปน 80 มิลลิเมตร และหัวกดทรงกระบอก 30 มิลลิเมตร รวมถึงอุปกรณ์วัดขนาดของชิ้นงาน เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วิธีการคือวางชิ้นงานบนจุดรองรับสองด้านโดยมีแผ่นยางหนา 3 มิลลิเมตร ความแข็ง 50±5 Shore A รองหน้าสัมผัส กำหนดระยะสแปน L ให้คงที่ วัดความกว้าง b และความหนา d ของชิ้นงานบริเวณกึ่งกลาง จากนั้นใช้หัวกดกดลงที่จุดกึ่งกลางด้วยอัตราเร็ว 0.5 มิลลิเมตร/นาที จนชิ้นงานแตก เครื่องจะบันทึกแรงสูงสุดที่จุดแตกหักเป็น F_{max} แล้วคำนวณค่า MOR ด้วยสมการ

$$\sigma = \frac{3F_{max}L}{2bd^2} \quad (5)$$

โดยหน่วยของผลลัพธ์เป็น MPa ค่า MOR ที่ได้จะนำไปเปรียบเทียบระหว่างสูตรต่าง ๆ เพื่อเลือกสูตรที่มีความแข็งแรงเพียงพอในขณะที่ยังคงน้ำหนักเบา (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 การทดสอบความแข็งแรงดัด UTM Model: WDW-100Y

5. ผลการทดลอง และการวิเคราะห์

ผลการทดลองด้านสมบัติทางกายภาพ และทางกลของกระเบื้องเซรามิกจากดิน EAC ผสมเซโนสเฟียร์ในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยประเมินผลตามวิธีทดสอบในมาตรฐาน ISO 10545 ซึ่งครอบคลุมทั้งอัตราการหดตัวหลังเผา ค่าการดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และค่าความแข็งแรงดัด (MOR) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณเซโนสเฟียร์ต่อพฤติกรรมของเนื้อดิน ผลที่ได้ยังถูกพิจารณาเปรียบเทียบกับกรอบการจำแนกกระเบื้องตาม มอก. 2508-2555 ซึ่งจัดแยกกลุ่มประเภทตามค่าการดูดซึมน้ำ (ตารางที่ 5)

ผลการทดลองของชุดตัวอย่าง GA01–GA06 แสดงให้เห็นแนวโน้มที่สอดคล้องกับพฤติกรรมของวัสดุพรุน โดยการเพิ่มสัดส่วนของเซโนสเฟียร์ทำให้เกิดช่องว่างภายในเนื้อดินมากขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นลดลง ค่าการดูดซึมน้ำสูงขึ้น และค่าความแข็งแรงดัดลดลงตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบช่วงสัดส่วนที่สมดุลระหว่างน้ำหนักเบาและความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานจริง

ตารางที่ 3 อัตราส่วนการผสมกันระหว่างดิน และเซโนสเฟียร์โดยน้ำหนัก

สูตร	ดิน EAC	Cenosphere 150–250 µm
GA01	100	-
GA02	98	2
GA03	96	4
GA04	94	6
GA05	92	8
GA06	90	10

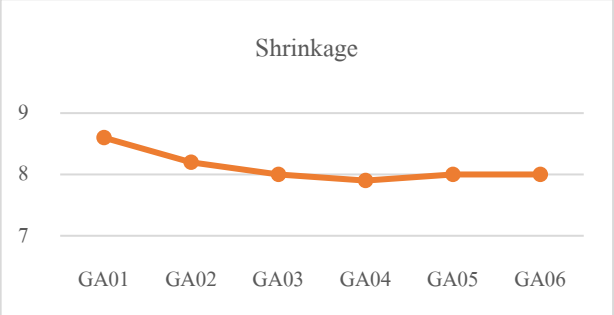
5.1 การหดตัว

ตารางที่ 4 ผลทดสอบการหดตัว (Shrinkage)

สูตร	การหดตัว (%)
GA01	8.6
GA02	8.2
GA03	8
GA04	7.9
GA05	8
GA06	8

ผลการทดสอบการหดตัวหลังการเผาพบว่าอัตราการหดตัวของตัวอย่างอยู่ในช่วง 7.9–8.6% โดยสูตร GA01 ซึ่งเป็นเนื้อดินล้วนไม่มีการเติมเซโนสเฟียร์ให้ค่าหดตัวสูงสุดที่ 8.6% ขณะที่สูตร GA03–GA06

มีค่าหดตัวลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อปริมาณเซโนสเฟียร์เพิ่มขึ้น สะท้อนว่าการเติมอนุภาคกลวงในเนื้อดินช่วยลดการยุบตัวของวัสดุ ทั้งนี้อัตราการหดตัวที่ลดลงบ่งชี้ถึงเสถียรภาพเชิงมิติที่ดีขึ้นหลังเผา เนื่องจากมีส่วนของเนื้อจริงลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณรูพรุนรวม ซึ่งช่วยลดโอกาสการโก่งงอ หรือ บิดตัวของชิ้นงานระหว่างการผลิต (รูปที่ 12)



รูปที่ 12 ค่าการทดสอบการหดตัว

5.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ

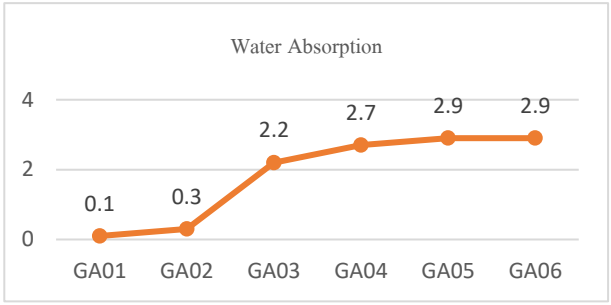
ตารางที่ 5 การแบ่งกลุ่มตามค่าการดูดซึมน้ำ และความแข็งแรงดัด ตาม มอก. 2508-2555

สัญลักษณ์	การดูดซึมน้ำ (%)	MOR (MPa)	ประเภท
BI a	≤ 0.5	≥ 35	ดูดซึมน้ำต่ำ
BI b	0.5 - 3	≥ 30	
BII a	3 - 6	≥ 22	ดูดซึมน้ำปานกลาง
BII b	6 - 10	≥ 18	
BIII	≥ 10	≥ 15	ดูดซึมน้ำสูง

ตารางที่ 6 ผลทดสอบการทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water Absorption Test)

สูตร	การดูดซึมน้ำ (%)
GA01	0.1
GA02	0.3
GA03	2.2
GA04	2.7
GA05	2.9
GA06	2.9

ค่าการดูดซึมน้ำมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตามสัดส่วนการเติมเซโนสเฟียร์ โดยสูตร GA01 แสดงค่าการดูดซึมน้ำต่ำที่สุดเพียง 0.1% ในขณะที่สูตร GA03–GA06 มีค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเป็น 2.2–2.9% การเพิ่มขึ้นของค่าการดูดซึมน้ำสะท้อนการเกิดรูพรุนเปิดที่เพิ่มขึ้นภายในเนื้อดิน เนื่องจากเซโนสเฟียร์เป็นอนุภาคกลวงที่ก่อให้เกิดช่องว่างหลังผ่านกระบวนการเผา ผลดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนากระเบื้องน้ำหนักเบา แต่ยังต้องควบคุมให้ค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 3% เพื่อให้ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกลุ่ม BI b หรือ BII a ตาม มอก. การที่สูตร GA03 และ GA04 ยังมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 3% พอสมควรแสดงว่าสามารถตอบสนองทั้งด้านน้ำหนักเบา และความคงทนอย่างเหมาะสม (รูปที่ 13)



รูปที่ 13 ค่าการดูดซึมน้ำ

5.3 การทดสอบความหนาแน่น

ตารางที่ 7 ตัวอย่างอ้างอิงค่าความหนาแน่นของกระเบื้องแต่ละชนิด

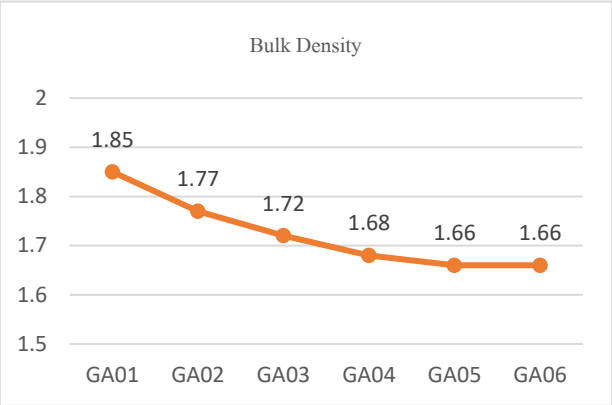
Material	Density (Approx.)	Typical Thickness	Weight Per Sq Ft (Range)
Ceramic	1.8-2.3 g/cm^3	5-10 mm	2.5-5 lb
Porcelain	2.3-2.6 g/cm^3	6-12 mm	3-6 lb
Marble	2.6-2.8 g/cm^3	10-20 mm	7-10 lb
Granite	2.6-2.8 g/cm^3	10-30 mm	6-12 lb
Glass	2.4-2.6 g/cm^3	4-8 mm	2-4 lb
Porcelain Thin Panel	2.3-2.6 g/cm^3	3-6 mm	2-3 lb

หมายเหตุ: ข้อมูลในตารางนี้เป็นค่าประมาณจากเอกสารอ้างอิง [9] ใช้เพื่อแสดงช่วงค่าทั่วไปของวัสดุปูพื้นแต่ละประเภทเท่านั้น

ตารางที่ 8 ผลทดสอบความหนาแน่นปรากฏ (Bulk Density Test)

สูตร	ความหนาแน่น (g/cm^3)
GA01	1.85
GA02	1.77
GA03	1.72
GA04	1.68
GA05	1.66
GA06	1.66

ผลทดสอบความหนาแน่นแสดงให้เห็นว่าการเติมเซโนสเฟียร์ช่วยลดความหนาแน่นของเนื้อดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสูตร GA01 มีความหนาแน่นสูงสุดที่ 1.85 g/cm³ ในขณะที่สูตร GA03–GA06 ลดลงเหลือเพียง 1.66–1.72 g/cm³ แสดงถึงผลของโครงสร้างกลวงที่ช่วยลดมวลรวมของชิ้นงานได้อย่างชัดเจน ความหนาแน่นที่ลดลงยังสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าการดูดซึมน้ำซึ่งเกิดจากรูพรุนรวมที่มากขึ้น ทำให้สูตรที่มีเปอร์เซ็นต์เซโนสเฟียร์ระดับปานกลาง เช่น GA03 และ GA04 มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากสามารถลดน้ำหนักวัสดุได้มากโดยไม่กระทบกับค่าความแข็งแรงจนเกินไป (รูปที่ 14)



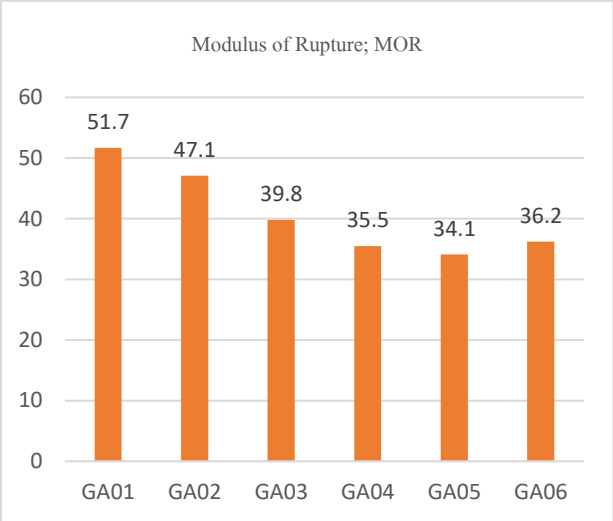
รูปที่ 14 ค่าความหนาแน่น

5.4 การทดสอบความแข็งแรงดัด

ตารางที่ 9 ผลทดสอบความแข็งแรงดัด Modulus of Rupture; MOR

สูตร	ความแข็งแรงดัด MOR (MPa)
GA01	51.7
GA02	47.1
GA03	39.8
GA04	35.5
GA05	34.1
GA06	36.2

ค่าความแข็งแรงดัดลดลงตามอัตราการเติมเซโนสเฟียร์ เป็นผลมาจากความพรุนที่เพิ่มขึ้นซึ่งทำให้เนื้อวัสดุมีความต่อเนื่องลดลง โดยสูตร GA01 มีค่า MOR สูงสุดที่ 51.7 MPa และลดลงเป็น 34–36 MPa ในสูตร GA04–GA06 แม้ค่าความแข็งแรงดัดจะลดลงตามพฤติกรรมของวัสดุพรุน แต่สูตร GA03 และ GA04 ยังคงมีค่า MOR สูงกว่า 35 MPa แต่เมื่อจัดกลุ่มร่วมกับค่าการดูดซึมน้ำแล้วจะอยู่ในกลุ่ม BI b (ตารางที่ 3) (รูปที่ 15)



รูปที่ 15 ค่าความแข็งแรงดัด

6. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของการเติมเซโนสเฟียร์ในดิน EAC เพื่อลดน้ำหนัก และปรับปรุงสมบัติของกระเบื้องเซรามิก โดยประเมินค่าการหดตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น และความแข็งแรงดัดตามมาตรฐาน ISO 10545 ผลการทดลองพบว่าการเพิ่มปริมาณเซโนสเฟียร์ทำให้ความหนาแน่นลดลง และค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนการเกิดรูพรุนภายในเนื้อดิน ขณะเดียวกันค่าความแข็งแรงดัดมีแนวโน้มลดลงตามความพรุนที่เพิ่มขึ้น แต่ยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้งานในบางสูตร โดยสูตร GA03 และ GA04 ให้สมดุลดีที่สุด โดยมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า 3% ความหนาแน่นลดลงอย่างชัดเจน และค่าความแข็งแรงดัดมากกว่า 35 MPa จัดอยู่ในประเภทดูดซึมน้ำต่ำ (BI b) ทำให้เหมาะสมต่อการใช้งานเป็นกระเบื้องภายในอาคาร และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอด งานวิจัยแนะนำให้มีการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วย SEM และทดสอบค่าการนำความร้อนด้วยวิธี Laser Flash Analysis; LFA เพื่อสนับสนุนการประเมินสมบัติเชิงฉนวนความร้อนของวัสดุในขั้นต่อไป

แม้ว่าในงานวิจัยนี้จะยังไม่มีการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับกระเบื้องเชิงพาณิชย์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดโดยตรง เนื่องจากข้อจำกัดด้านความแตกต่างของสูตรเนื้อดินตั้งต้น และข้อมูลกระบวนการผลิตที่ไม่เปิดเผย อย่างไรก็ตาม การลดลงของความหนาแน่นภายในระบบเนื้อดินเดียวกันสะท้อนแนวโน้มการลดน้ำหนักวัสดุ ซึ่งมีศักยภาพในการลดภาระโครงสร้างอาคาร และอาจส่งผลต่อการลดพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง และการใช้งานในระดับอาคาร ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นกรอบในการประเมินผลด้านพลังงาน และต้นทุนร่วมกับข้อมูลกระเบื้องเชิงพาณิชย์ในอนาคต เพื่อเพิ่มความเป็นรูปธรรมของผลการวิจัย

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ควรศึกษาสัดส่วนการเติมเซโนสเฟียร์เพิ่มเติมในช่วงต่ำกว่า 6% และช่วง 7–12% เนื่องจากผลการทดลองพบว่าสัดส่วนในระดับปานกลางให้สมดุลของสมบัติดีที่สุด ดังนั้น การทดสอบในช่วงเปอร์เซ็นต์ที่ละเอียดขึ้นจะช่วยให้สามารถระบุสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดต่อการลดน้ำหนัก และการรักษาความแข็งแรงของกระเบื้องได้อย่างชัดเจน

7.2 ควรศึกษาผลของอุณหภูมิการเผาที่ต่ำลง เช่น ช่วง 1,100–1,150 °C เพื่อประเมินผลกระทบต่อค่าการดูดซึมน้ำ (WA) ความหนาแน่น (Density) ความแข็งแรงดัด (MOR) และโครงสร้างจุลภาค ซึ่งอาจช่วยลดการใช้พลังงาน และต้นทุนการผลิต พร้อมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดด้านความยั่งยืนในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

7.3 ควรศึกษาผลของแรงอัดในการขึ้นรูป (Pressing pressure) เนื่องจากแรงอัดที่สูงเกินไปอาจทำให้เนื้อดินมีความหนาแน่นมากเกินความจำเป็น และลดปริมาณรูพรุนที่ต้องการ การทดสอบแรงอัดในหลายระดับ เช่น 150, 200 และ 250 kg/cm² จะช่วยให้สามารถกำหนดช่วงแรงอัดที่เหมาะสม ซึ่งให้สมดุลระหว่างน้ำหนักเบา และความแข็งแรงของกระเบื้อง

7.4 ควรทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคของกระเบื้องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาลักษณะและการกระจายตัวของรูพรุน รวมถึงการยึดเกาะระหว่างเซโนสเฟียร์และเนื้อดิน ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการอธิบายกลไกที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ และเชิงกลของวัสดุได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

7.5 สามารถนำผลการวิจัยไปต่อยอดศึกษาผลกระทบด้านการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต การขนส่ง และการใช้งานในระดับอาคาร ซึ่งอาจนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายในระยะยาว และสนับสนุนการพัฒนาวัสดุก่อสร้างตามแนวคิดด้านความยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] Flooring Clarity. (2025, September 29). Tile weight per square foot: How to calculate tile weight for installation. https://www.flooringclarity.com/tile-weight-per-square-foot-how-calculate-tile-weight/

[2] มนัสวี เชื้อรื่น. (2011). การศึกษาคุณลักษณะของเซโนสเฟียร์ในเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย). คลังปัญญาจุฬาฯ. https://doi.org/10.58837/CHULA.THE.2011.1607

[3] ธนากร วาสนาเพียรพงศ์. (2017). เซรามิกส์: เตาเผาและเทคนิคการเผา. https://www.thaiceramicsociety.or.th/Kiln%20and%20Firing%20Technique.pdf

[4] Lancellotti, I., & Santarelli, M. F. (2009). Porcelain tile: Almost 30 years of steady scientific-industrial progress. Ceramics International, 35(5), 1857–1866. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.03.004

[5] เลิศชัย นิยมวงศ์, พัชราภรณ์ ยุทธวงศ์, และ ศันสนีย์ ศรีสวัสดิ์. (2018). การกำหนดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อขนาดกระเบื้องพอร์ซเลนดูดซึมน้ำต่ำโดยวิธีแฟคตอเรียลเต็มรูปแบบ. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/kbej/article/view/112104/93761

[6] Oxford Clay. (2024). What is bisqueware in ceramics? https://www.oxfordclay.co.uk/blog-1/what-is-bisque-ware-in-ceramics

[7] ธวัชชัย ตุ้ยลำปาง, ศิริพร คูทอง, และ ศุภลักษณ์ กระถิน. (2012). การศึกษาอัตราการให้ความร้อนและระยะเวลาการเผาแช่ที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและทางกลของกระเบื้องปูพื้น (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).

[8] กรมวิทยาศาสตร์บริการ. (n.d.). กระบวนการผลิตกระเบื้องเซรามิก. https://elibrary.tsri.or.th/fullP/RDG61T0051/RDG61T0051_full.pdf

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การศึกษาภาคสนามพฤติกรรมการส่งผ่านเชิงความถี่ของสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ผ่านผนังกั้นในอาคาร

A Field Study on Frequency-Dependent Transmission of Fire Alarm Audio Signals through Interior Partitions in Building

ชุติกาญจน์ สินโสภา และ กันติทัต ทับสุวรรณ*

ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: kantitut.t@ku.th

บทคัดย่อ

สัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบความปลอดภัยในอาคาร โดยมาตรฐาน NFPA 72 กำหนดระดับเสียงขั้นต่ำเพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถรับรู้เหตุฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม วัสดุผนังกั้นภายในอาคารมีอิทธิพลต่อการลดทอนและพฤติกรรมเชิงความถี่ของเสียงแจ้งเหตุ ซึ่งอาจทำให้ระดับเสียงที่ส่งผ่านไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด แม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมเสียงในอาคารพักอาศัยอยู่บ้าง แต่การศึกษาผลของประเภทผนังกั้นต่อการลดทอนเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในบริบทของอาคารพักอาศัยยังมีอยู่อย่างจำกัด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของประเภทผนังกั้นต่อการส่งผ่านเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในเชิงความถี่ ผ่านการทดลองภาคสนามในอาคารจริง โดยการทดลองดำเนินการในห้องเรียนสำหรับผนังก่ออิฐมวลเบา และพื้นที่สำนักงานสำหรับผนังโครงเคร่ากระจก ภายในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของห้องนั่งเล่นและห้องนอนในอาคารพักอาศัย ทำการเปรียบเทียบผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังโครงเคร่ากระจกภายใต้สภาพการใช้งานจริง วัดระดับเสียงในย่านความถี่ 50-5,000 Hz และคำนวณค่าการลดทอนเสียงตามแนวทาง ASTM E336

ผลการศึกษาพบว่าผนังก่ออิฐมวลเบามีสมรรถนะการกั้นเสียงสูงกว่าผนังโครงเคร่ากระจกอย่างชัดเจน โดยผนังกั้นทั้งสองประเภทแสดงปรากฏการณ์ Coincidence valley ซึ่งทำให้สมรรถนะการกั้นเสียงลดลงในบางย่านความถี่ โดยปรากฏที่ประมาณ 160 Hz สำหรับผนังก่ออิฐมวลเบา และประมาณ 125 Hz สำหรับผนังโครงเคร่ากระจก ผลการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการพิจารณาการส่งผ่านเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในเชิงความถี่ควบคู่กับคุณสมบัติทางอะคูสติกของวัสดุก่อสร้าง เพื่อให้เกิดสมดุลระหว่างความปลอดภัยและคุณภาพการอยู่อาศัย

คำสำคัญ: เสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การลดทอนเสียง วัสดุผนัง ปรากฏการณ์โคอินซิเดนซ์วัลเลย์ มาตรฐาน NFPA 72

Abstract

Fire alarm sound signals are essential to building safety systems, with NFPA 72 specifying minimum sound pressure levels to ensure effective occupant notification during emergencies. However, internal partition wall materials influence sound attenuation and frequency-dependent transmission, potentially causing alarm sound levels to fall below required criteria. Despite existing studies on residential sound control, research specifically addressing the effects of partition wall types on fire alarm sound attenuation remains limited.

This study investigates the influence of partition wall types on the frequency-dependent transmission of fire alarm sound through field experiments in an actual building environment. Experiments were conducted in classrooms with autoclaved aerated concrete (AAC) walls and office spaces with glass partition walls within the Faculty of Architecture, Kasetsart University, representing living rooms and bedrooms in residential buildings. A comparative analysis was performed under real operating conditions, with sound pressure levels measured over the frequency range of 50-5,000 Hz and sound attenuation calculated in accordance with ASTM E336.

The results show that AAC walls provide significantly higher sound insulation than glass partition walls. Both wall types exhibit coincidence valleys, resulting in reduced sound insulation at specific frequencies, occurring at approximately 160 Hz for AAC walls and 125 Hz for glass partition walls. These findings emphasize the importance of considering frequency-dependent fire alarm sound transmission alongside the acoustic properties of building materials to balance life safety requirements and residential acoustic quality.

Keywords: Fire alarm sound, Noise reduction, Wall materials, Coincidence valley, NFPA 72

1. บทนำ

สัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้มีบทบาทสำคัญในการแจ้งเตือนและกระตุ้นการอพยพของผู้ใช้อาคาร มาตรฐาน NFPA 72 กำหนดให้พื้นที่ใช้งานทั่วไปต้องมีระดับเสียงไม่น้อยกว่า 65 dBA หรือสูงกว่าเสียงพื้นหลังอย่างน้อย 5 dB และสำหรับห้องนอนต้องมีระดับเสียงไม่น้อยกว่า 75 dBA ที่ตำแหน่งหมอนนอน รวมถึงแนะนำให้ใช้สัญญาณเสียงความถี่ต่ำเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ระหว่างการนอนหลับ นอกจากนี้ ยังแนะนำให้ใช้สัญญาณเสียงความถี่ต่ำที่ 520 เฮิรตซ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปลุกผู้อยู่อาศัยที่กำลังหลับ [1]

งานวิจัยด้านการรับรู้เสียงระบุว่าความไวในการได้ยินของมนุษย์แตกต่างกันตามช่วงอายุและสภาพร่างกาย โดยเฉพาะผู้สูงอายุมีแนวโน้มสูญเสียการรับรู้เสียงในย่านความถี่สูง ส่งผลให้สัญญาณแจ้งเหตุที่มีพลังงานหลักในย่านความถี่ดังกล่าวอาจไม่เพียงพอ งานวิจัยของ Bruck และ Thomas [2] และ Halliwell และ Sultan [3] แสดงให้เห็นว่าสัญญาณเสียงความถี่ต่ำมีแนวโน้มให้ผลด้านการปลุกและการรับรู้ที่ดีกว่าในกลุ่มผู้ใช้อาคารที่มีข้อจำกัดด้านการได้ยิน นอกจากนี้ การศึกษาทางด้านประสาทสัมผัสและการยศาสตร์ยังพบว่าผู้สูงอายุมีความสามารถในการแยกแยะและตอบสนองต่อสัญญาณเสียงความถี่ต่ำได้ดีกว่าเสียงในย่านความถี่สูง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวนพื้นหลัง [4, 5]

ในบริบทของอาคารพักอาศัย งานวิจัยในประเทศไทยสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดในการบรรลุเกณฑ์ระดับเสียงตามมาตรฐาน NFPA 72 โดยศิลาน้อย [6] รายงานว่าระดับเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่วัดได้ในห้องนอนของอาคารพักอาศัยแนวสูงมีค่าอยู่ในช่วง 57.5-66.5 dBA ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำตามมาตรฐาน NFPA 72 สาเหตุสำคัญมาจากการลดทอนเสียงเมื่อสัญญาณเสียงส่งผ่านผนังและประตู ส่งผลให้การติดตั้งลำโพงแจ้งเหตุเพลิงไหม้เฉพาะในโถงทางเดินหรือพื้นที่ส่วนกลางไม่สามารถให้การแจ้งเตือนที่เพียงพอภายในห้องพักอาศัยได้ ปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยในต่างประเทศที่ระบุว่าคุณสมบัติทางอะคูสติกของผนังกั้นมีอิทธิพลอย่างมากต่อการลดทอนและการกระจายของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ [7, 8] งานวิจัยของศิลาน้อยจึงมุ่งเสนอแนวทางด้านการเพิ่มจำนวนหรือปรับตำแหน่งอุปกรณ์แจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยยังขาดการวิเคราะห์เชิงลึกเกี่ยวกับอิทธิพลของย่านความถี่เสียงที่เหมาะสมกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้จริงในบริบทของประเทศไทย

ในขณะเดียวกัน แนวคิดการออกแบบอาคารร่วมสมัยให้ความสำคัญกับคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคารมากขึ้น โดยเชื่อมโยงกับมาตรฐานด้านความยั่งยืนและคุณภาพชีวิต เช่น LEED และ WELL ซึ่งกำหนดเกณฑ์ด้านคุณภาพทางอะคูสติกในพื้นที่พักอาศัย [9, 10] อาคารพักอาศัยสมัยใหม่จึงให้ความสำคัญกับการควบคุมเสียง เนื่องจากเสียงรบกวนส่งผลต่อความสบายและประสิทธิภาพการใช้งานพื้นที่ภายในอาคาร การเลือกชนิดผนังเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะด้านเสียงขององค์ประกอบอาคาร โดยเฉพาะผนังอิฐมวลเบา (Lightweight Concrete Block) ซึ่งเป็นวัสดุน้ำหนักเบาที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีคุณสมบัติในการลดการส่งผ่านเสียงในบางช่วงความถี่ [11, 12] และผนังกระจกพาร์ติชัน (Glass Partition) ซึ่งแม้จะเอื้อต่อการรับแสงธรรมชาติ แต่สมรรถนะการกันเสียงขึ้นอยู่กับความหนา ระบบกรอบ และการติดตั้งซีล ซึ่งส่งผลต่อค่าการลดเสียงตามมาตรฐานสากล เช่น STC หรือ Rw

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มสมรรถนะการกั้นเสียงเพื่อความเป็นส่วนตัวอาจส่งผลต่อการส่งผ่านเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ผ่านมาเน้นการเพิ่มจำนวนหรือปรับตำแหน่งอุปกรณ์แจ้งเหตุ โดยยังขาดการวิเคราะห์เชิงความถี่ที่เชื่อมโยงกับคุณสมบัติของวัสดุก่อสร้างที่ใช้จริง โดยเฉพาะช่วงความถี่ที่ผนังกั้นเกิดปรากฏการณ์ Coincidence Valley ซึ่งเป็นช่วงที่การถ่ายโอนพลังงานเสียงจากอากาศไปสู่การสั่นของผนังเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้สมรรถนะการกั้นเสียงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ [3, 13] และอาจส่งผลต่อความเพียงพอของระดับเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในพื้นที่พักอาศัย

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาพฤติกรรมเชิงความถี่ของการส่งผ่านเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ผ่านผนังกั้นภายในอาคาร โดยเปรียบเทียบวัสดุที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทย เพื่อสนับสนุนการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่สอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงของอาคารพักอาศัย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาผลของประเภทผนังกั้นต่อการลดทอนเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในเชิงความถี่

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการส่งผ่านเสียงของผนังก่ออิฐมวลเบาและผนังโครงเคร่ากระจก

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 การศึกษานี้จำกัดอยู่ในบริบทของ อาคารพักอาศัย (Residential scenario) โดยมุ่งศึกษาการส่งผ่านเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ระหว่างห้องที่อยู่ติดกันภายในอาคาร ไม่ครอบคลุมอาคารประเภทอื่น เช่น โรงพยาบาล โรงแรม หรืออาคารอุตสาหกรรม

3.2 การทดลองดำเนินการในห้องเรียนและพื้นที่สำนักงานภายในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งถูกเลือกใช้เป็นพื้นที่ทดสอบแทนลักษณะการใช้งานของห้องนั่งเล่นและห้องนอนในอาคารพักอาศัย พื้นที่ทดสอบไม่ได้จำลองสภาพห้องพักอาศัยจริงโดยตรง แต่เน้นการศึกษาการส่งผ่านของสัญญาณเสียงผ่านผนังกั้นภายในอาคาร พื้นที่ทดสอบแบ่งเป็น 4 ห้อง ได้แก่

- ห้องที่ 1 และห้องที่ 2 เป็นห้องเรียนที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนจำนวน 3 ด้าน โดยผนังกั้นระหว่างห้องต้นกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง

เป็นผนังก่ออิฐมวลเบา และมีผนังกระจก 1 ด้านที่ติดกับภายนอกอาคาร มีขนาดกว้าง 5.85 เมตร ยาว 4.85 เมตร และสูง 2.60 เมตร

- ห้องที่ 3 เป็นห้องสำนักงานที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนจำนวน 2 ด้าน โดยผนังกั้นระหว่างห้องต้นกำเนิดเสียงและห้องรับเสียงเป็นผนังโครงเคร่ากระจก มีขนาดกว้าง 3.80 เมตร ยาว 4.50 เมตร และสูง 3.00 เมตร

- ห้องที่ 4 เป็นพื้นที่สำนักงานที่มีผนังก่ออิฐฉาบปูนจำนวน 2 ด้าน และผนังกระจก 1 ด้านที่ติดกับภายนอกอาคาร โดยผนังกั้นระหว่างห้องต้นกำเนิดเสียงและห้องรับเสียงเป็นผนังโครงเคร่ากระจก มีขนาดกว้าง 4.40 เมตร ยาว 4.45 เมตร และสูง 3.20 เมตร

3.3 วัสดุผนังกั้นที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ผนังก่ออิฐมวลเบา (ห้องที่ 1 และ 2) และผนังโครงเคร่ากระจก (ห้องที่ 3 และ 4) โดยไม่ครอบคลุมผนังกั้นชนิดอื่น เช่น ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก หรือผนังที่มีวัสดุดูดซับเสียงเพิ่มเติม

3.4 การวิเคราะห์มุ่งเน้นการส่งผ่านเสียงผ่าน ผนังกั้นภายในอาคาร รวมถึงการส่งผ่านบางส่วนผ่านฝ้าเพดาน โดยมีเสียงจากภายนอกอาคารเป็นเสียงพื้นหลัง

3.5 การทดสอบดำเนินการภายใต้ เสียงรบกวนพื้นหลังจากระบบปรับอากาศ และจำกัดช่วงเวลาการวัดในวันเสาร์ เวลา 09.00–16.00 น. เพื่อควบคุมสภาพแวดล้อมให้มีความสม่ำเสมอ

3.6 การทดลองใช้ชุดอุปกรณ์เพียงหนึ่งชุด (ตามมาตรฐาน ASTM E336) ได้แก่ ลำโพงกระจายเสียงรอบทิศทาง เครื่องขยายเสียง และเครื่องวัดระดับความดันเสียง โดยลำโพงที่ใช้มีระดับความดันเสียงสูงสุดไม่เกิน 95 dB ซึ่งเป็นข้อจำกัดของงานวิจัย

3.7 ผลลัพธ์ของการวิจัยมุ่งนำเสนอ ข้อเสนอแนะเชิงวิศวกรรม สำหรับการประเมินการส่งผ่านเสียงและการเลือกย่านความถี่ของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยไม่ครอบคลุมการออกแบบหรือพัฒนาอุปกรณ์ใหม่

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ดำเนินการในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาการส่งผ่านและการลดทอนของสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้จากลำโพงที่ติดตั้งบนเพดาน เมื่อเสียงส่งผ่านผนังกั้นภายในอาคาร โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ย่านความถี่ที่เกิดปรากฏการณ์ Coincidence Valley ของผนังกั้นแต่ละประเภท ขั้นตอนการดำเนินงานสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

4.1 การเลือกพื้นที่ทดสอบและลักษณะผนังกั้นที่ใช้ในการศึกษา

การทดลองดำเนินการในห้องเรียนภายในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยคัดเลือกห้องที่มีผนังกั้นร่วมกันเป็นห้องต้นกำเนิดเสียงและห้องรับเสียง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของห้องนั่งเล่นและห้องนอนในอาคารพักอาศัย ผนังกั้นที่ศึกษาเป็นวัสดุที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทย ได้แก่ ผนังก่ออิฐมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete: AAC) และผนังโครงเคร่ากระจก โดยทำการทดสอบภายใต้สภาพการใช้งานจริงโดยไม่เสริมวัสดุดูดซับเสียงเพิ่มเติม เพื่อสะท้อนพฤติกรรมการส่งผ่านเสียงที่ใกล้เคียงกับสภาวะการใช้งานจริงมากที่สุด

4.2 การติดตั้งและจัดตำแหน่งอุปกรณ์วัดเสียง

4.2.1 ลำโพงกระจายเสียงรอบทิศทาง (Omnidirectional speaker) ถูกติดตั้งในห้องส่งเสียงที่ระดับความสูง 1.5 เมตรจากพื้น ตามแนวทางของมาตรฐาน ASTM E336

4.2.2 เครื่องวัดระดับความดันเสียงถูกติดตั้งในทั้งห้องส่งเสียงและห้องรับเสียงที่ระดับความสูง 1.2 เมตรจากพื้น โดยกำหนดตำแหน่งวัดห้องละ 5 ตำแหน่งเพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวแทนของสนามเสียงภายในห้อง

4.3 การควบคุมและตรวจสอบสภาพอะคูสติกของห้อง

ก่อนการวัดการส่งผ่านเสียง ทำการวัดค่าการก้องของเสียง (RT60) ภายในห้องรับเสียง เพื่อยืนยันว่าลักษณะทางอะคูสติกของห้องอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกับสภาพการใช้งานจริงของอาคารพักอาศัย และลดผลกระทบจากความแปรปรวนของห้องต่อผลการทดลอง

4.4 การสร้างแหล่งกำเนิดเสียงและการวัดข้อมูล

ใช้สัญญาณ Pink Noise เป็นแหล่งกำเนิดเสียงเพื่อสร้างสนามเสียงแบบกระจาย ทำการวัดระดับเสียงในห้องส่งเสียง ระดับเสียงในห้องรับเสียง และระดับเสียงพื้นหลัง โดยบันทึกข้อมูลในย่านความถี่ 1/3-octave band ช่วง 50-5,000 เฮิรตซ์ และทำการวัดซ้ำหลายรอบเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล

4.5 การประมวลผลและคำนวณผลการวัด

ข้อมูลระดับเสียงที่ได้ถูกนำมาคำนวณค่าการลดทอนเสียงระหว่างห้อง และปรับแก้ผลตามเวลาการก้องของห้องรับเสียงตามวิธีการที่กำหนดในมาตรฐาน ASTM E336 เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลระหว่างผนังกั้นแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสม

4.6 การวิเคราะห์ย่านความถี่ของการส่งผ่านเสียง

ผลการวิเคราะห์ถูกประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ NTi Sound Insulation Reporter เพื่อคำนวณค่าการลดทอนเสียงและดัชนีการกั้นเสียงตามแนวทางมาตรฐาน ASTM E336 และนำเสนอในรูปกราฟย่านความถี่แบบ 1/3-octave band เพื่อระบุช่วงความถี่ที่มีการลดทอนเสียงต่ำอย่างเด่นชัด ซึ่งสะท้อนการเกิดปรากฏการณ์ Coincidence Valley ของผนังกั้นแต่ละประเภท จากนั้นจึงนำผลเชิงความถี่ดังกล่าวมาอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างชนิดผนังกั้นกับการส่งผ่านสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เพื่อประเมินแนวโน้มความเพียงพอของระดับเสียงที่ผู้ใช้อาคารได้รับเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของมาตรฐาน NFPA 72

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 การแพร่กระจายและการส่งผ่านของเสียงภายในอาคาร

การแพร่กระจายของเสียงภายในอาคารเกิดจากการส่งผ่านพลังงานเสียงผ่านอากาศและองค์ประกอบอาคารไปยังพื้นที่ข้างเคียง โดยในอาคารพักอาศัย เสียงสามารถส่งผ่านระหว่างห้องผ่านผนังกั้นภายในซึ่งระดับเสียงในห้องรับเสียงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผนังและลักษณะการใช้งานพื้นที่ [13, 14]

ในบริบทของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ การส่งผ่านเสียงมีความสำคัญต่อความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร เนื่องจากเสียงเตือนต้องสามารถรับรู้ได้ในทุกพื้นที่ที่มีผู้อยู่อาศัย แม้แหล่งกำเนิดเสียงจะติดตั้งอยู่ในพื้นที่ส่วนกลางหรือห้องข้างเคียง [7, 15]

5.2 การลดทอนเสียงของผนังกั้นภายในอาคาร

การลดทอนเสียงของผนังกั้นหมายถึงความสามารถของผนังในการลดระดับพลังงานเสียงที่ส่งผ่านจากห้องต้นทางไปยังห้องปลายทาง โดยทั่วไปประเมินจากความแตกต่างของระดับความดันเสียงระหว่างสองห้องภายใต้สภาพการใช้งานจริงตามมาตรฐาน ASTM E336 หรือ ISO 16283-1 [16, 17]

มาตรวัดหลักคือ Level Difference (D) ตามมาตรฐาน ISO 16283-1 หรือ Noise Reduction (NR) ตามาตรฐาน ASTM E336 ซึ่งเป็นผลต่างระหว่างระดับเสียงฝั่งต้นทางกับฝั่งรับสัญญาณ

$$D(f) = L_1(f) - L_2(f)$$

หรือ

$$NR(f) = L_1(f) - L_2(f)$$

โดยที่

$L_1(f)$ = ระดับเสียงในห้องต้นทาง (dB)

$L_2(f)$ = ระดับเสียงในห้องรับสัญญาณ (dB)

ค่าที่ได้แสดงถึงความสามารถในการลดทอนเสียงของผนังหรือวัสดุกั้นเสียง ยิ่งค่า D(f) หรือ NR(f) สูงยิ่งสะท้อนความสามารถของฉากกั้นในการลดทอนพลังงานเสียงได้ดี

ค่าความแตกต่างระดับเสียงมาตรฐานใช้ประเมินสมรรถนะการกั้นเสียงทางอากาศของผนัง โดยใช้ตัวชี้วัดหลักคือ Standardized Level Difference (DnT) ตาม ISO 16283-1 หรือ Normalized Noise Reduction (NNR) ตาม ASTM E336 ซึ่งคำนวณจากความแตกต่างของระดับความดันเสียงระหว่างห้องต้นกำเนิดและห้องรับเสียง และปรับแก้ด้วยค่าเวลาเสียงก้อง (RT) มาตรฐาน 0.5 วินาที เพื่อสะท้อนระดับเสียงที่คงเหลือในห้องรับเสียงหลังการส่งผ่านผนัง

$$D_{nT} = D + 10\log_{10}\frac{T}{T_0}$$

หรือ

$$NNR = NR + 10\log_{10}\frac{T}{T_0}$$

โดยที่

D หรือ NR = ค่าความแตกต่างของระดับเสียง (dB)

T = ค่า RT ที่วัดได้จริงในห้องรับเสียง (s)

T_0 = ค่า RT มาตรฐาน = 0.5 s

ค่าที่ได้จากหลายย่านความถี่ (octave หรือ 1/3-octave band) จะถูกปรับด้วยโดยถ่วงน้ำหนักตามมาตรฐาน ISO 717-1 [18] หรือ ASTM E413 [19] เพื่อสรุปเป็นค่าเดียว เรียกว่า Weighted Standardized Level Difference (DnT,w) ตามมาตรฐาน ISO 717-1 หรือ Noise Isolation Class (NIC) ตามมาตรฐาน ASTM E413 หากค่า DnT,w หรือ NIC สูงขึ้นหมายถึงผนังหรือระบบกั้นเสียงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ผนังกั้นที่มีคุณสมบัติต่างกัน เช่น ผนังอิฐมวลเบาและผนังกระจก แสดงพฤติกรรมการลดทอนเสียงที่แตกต่างกันในเชิงความถี่ เนื่องจากความแตกต่างด้านมวล ความแข็ง และการสั่นของโครงสร้าง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อระดับเสียงที่ผู้ใช้อาคารได้รับในห้องรับเสียง [14, 20]

5.3 การวิเคราะห์การลดทอนเสียงในเชิงความถี่

การประเมินการลดทอนเสียงในเชิงความถี่นิยมแสดงผลในรูปแบบย่านความถี่แบบ 1/3-octave band ตามมาตรฐาน IEC 61260-1 ซึ่งสอดคล้องกับการรับรู้เสียงของมนุษย์และใช้เป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ด้านอะคูสติกอาคาร [21]

การแสดงผลในลักษณะดังกล่าวช่วยให้สามารถระบุช่วงความถี่ที่ผนังมีประสิทธิภาพในการลดทอนเสียงต่ำกว่าปกติ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินการส่งผ่านของเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่มีองค์ประกอบของเสียงในหลายย่านความถี่ [3, 7]

5.4 ปรากฏการณ์ Coincidence Valley ของผนังกั้น

ผนังกั้นที่มีลักษณะเป็นแผ่นวัสดุแสดงพฤติกรรมการลดทอนเสียงที่ไม่สม่ำเสมอในทุกย่านความถี่ โดยเฉพาะในบางช่วงความถี่ที่เกิดการลดทอนเสียงต่ำอย่างเด่นชัด ซึ่งเรียกว่า ปรากฏการณ์ Coincidence Valley ปรากฏการณ์ดังกล่าวสัมพันธ์กับพฤติกรรมการสั่นของผนังและการถ่ายโอนพลังงานเสียงจากอากาศเข้าสู่โครงสร้างผนัง [13]

การเกิด Coincidence Valley ส่งผลให้เสียงสามารถส่งผ่านผนังกั้นได้มากกว่าปกติในย่านความถี่นั้น ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการประเมินประสิทธิภาพของเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยเฉพาะในอาคารพักอาศัยที่ใช้ผนังกั้นน้ำหนักเบาหรือผนังกระจกเป็นจำนวนมาก [3, 20]

5.5 ลักษณะทางเสียงของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้

สัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ถูกออกแบบให้มีระดับความดังและลักษณะสเปกตรัมที่เอื้อต่อการรับรู้ของผู้ใช้อาคาร โดยประสิทธิภาพของสัญญาณไม่ได้ขึ้นอยู่กับความดังเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นกับย่านความถี่และสภาพแวดล้อมทางอะคูสติกของอาคารด้วย [4, 22]

เมื่อเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องส่งผ่านผนังกั้น ย่านความถี่ที่ตรงกับช่วง Coincidence Valley ของผนังอาจทำให้ระดับเสียงในห้องรับ

เสียงต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ ส่งผลต่อการรับรู้ของผู้อยู่อาศัย โดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนหรือขณะหลับ [3, 15]

5.6 เกณฑ์การได้ยินเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ตามมาตรฐาน

มาตรฐาน NFPA 72 กำหนดให้ระดับเสียงสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องมีความเพียงพอต่อการได้ยินในพื้นที่ใช้งาน โดยเฉพาะในห้องนอนซึ่งต้องมีระดับเสียงไม่น้อยกว่า 75 dBA ที่ตำแหน่งหมอนนอน และต้องสูงกว่าเสียงรบกวนพื้นหลังอย่างน้อย 15 dB [1]

ตารางที่ 1 เกณฑ์ระดับเสียงขั้นต่ำตาม NFPA 72

ประเภทพื้นที่ใช้อาคาร	เกณฑ์ขั้นต่ำ (Sound Level)	เงื่อนไขการกำหนด
พื้นที่ทั่วไป	≥ 15 dB เหนือระดับเสียงพื้นหลัง	พื้นที่สาธารณะทั้งหมดในอาคาร
อาคารสำนักงาน	≥ 65 dBA หรือ ≥ 5 dB เหนือระดับเสียงพื้นหลัง	ห้องทำงาน สำนักงาน ห้องประชุม
อาคารเรียน	≥ 65 dBA หรือ ≥ 5 dB เหนือระดับเสียงพื้นหลัง	ห้องเรียน ห้องบรรยาย ห้องปฏิบัติการ
ห้องนอน	≥ 75 dBA ที่ตำแหน่งหมอนนอน	สามารถปลุกผู้นอนให้ตื่นได้
พื้นที่พิเศษ (เช่น ห้องเครื่อง, โถง, โถงบันได)	≥ 15 dB เหนือระดับเสียงพื้นหลัง	พื้นที่เปลี่ยนผ่านที่เชื่อมการอพยพ

ในบริบทของประเทศไทย งานวิจัยภาคสนามพบว่าระดับเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ภายในห้องนอนหลายกรณียังต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าว เนื่องจากการลดทอนเสียงจากผนังและประตู ทำให้เกิดข้อจำกัดในการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในอาคารพักอาศัย [6]

จากการทบทวนแนวคิดและทฤษฎีพบว่า สมรรถนะการกั้นเสียงของผนังกั้นมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเชิงความถี่ของวัสดุ โดยเฉพาะในย่านที่เกิดปรากฏการณ์ Coincidence Valley ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกั้นเสียงลดลงและอาจส่งผลต่อระดับและความชัดเจนของสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในบริบทของประเทศไทยยังขาดการวิเคราะห์เชิงความถี่ที่เชื่อมโยงกับวัสดุก่อสร้างที่ใช้จริง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของประเภทผนังกั้นต่อการลดทอนเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในย่านความถี่ต่าง ๆ

5.7 วัสดุผนังที่ใช้ในอาคาร

อิฐมวลเบา (Lightweight Concrete Block หรือ Autoclaved Aerated Concrete: AAC) เป็นคอนกรีตมวลเบาที่มีฟองอากาศกระจายทั่วเนื้อวัสดุ ส่งผลให้มีความหนาแน่นต่ำและน้ำหนักเบาเมื่อเทียบกับคอนกรีตทั่วไป อีกทั้งฟองอากาศภายในช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการต้านการถ่ายเทเสียงและความร้อน จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นผนังที่ไม่รองรับแรงโครงสร้างหลักในอาคารหลากหลายประเภท [23] โครงสร้างภายในของ AAC ที่มีความพรุนสูงส่งผลให้สมรรถนะการลดการส่งผ่านเสียงขึ้นอยู่กับปริมาณและการจัดเรียงของช่องอากาศ รวมถึงความหนาของผนัง ซึ่งมีอิทธิพลต่อค่าการดูดซับเสียงของวัสดุ [24]

ผนังโครงเคร่ากระจก โดยทั่วไปมีความหนาตั้งแต่ประมาณ 8-12 มม. ในงานอาคารพาณิชย์และที่อยู่อาศัย โดยเฉพาะเมื่อใช้สำหรับแบ่งพื้นที่ภายใน กระจกดังกล่าวให้คุณสมบัติ โปร่งแสงสูง และช่วยนำแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อจำกัดด้านการควบคุมเสียง เนื่องจากวัสดุแก้วแผ่นเดียวให้ค่าการกันเสียงจำกัดในย่านความถี่ที่เกี่ยวข้องกับเสียงพูดและเสียงรบกวนทั่วไปตามการทดลองในห้องปฏิบัติการสำหรับแผ่นกระจกบาง ๆ (Single-glazed) [25]

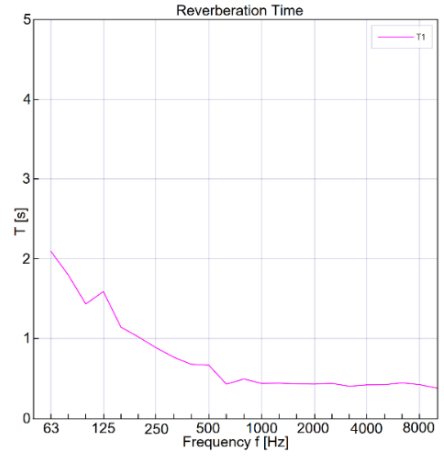
6. ผลการวิจัย

ผลการทดลองภาคสนามแสดงค่าการลดทอนเสียงระหว่างห้อง (Airborne sound insulation) ของผนังกั้นอิฐมวลเบาและผนังโครงเคร่ากระจก โดยวัดตามมาตรฐาน ASTM E336 และประเมินค่าดัชนีตาม ASTM E413 ในรูปแบบ 1/3-octave band สามารถสรุปผลสำคัญได้ดังนี้

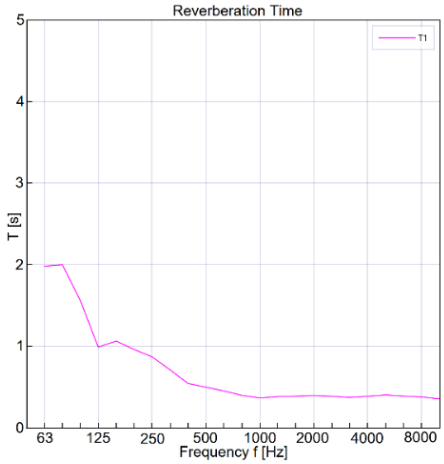
6.1 การวิเคราะห์สภาพอะคูสติกและเวลาเสียงก้อง (RT60)

จากกราฟค่าเวลาเสียงก้อง (RT60) พบว่าห้องที่กั้นด้วยผนังก่ออิฐมวลเบามีค่า RT60 เฉลี่ยในย่านความถี่กลางอยู่ในช่วงประมาณ 0.44-0.53 วินาที โดยค่า RT60 ในช่วงความถี่ต่ำ (63-125 Hz) มีค่าสูงกว่าย่านอื่น สะท้อนการสะท้อนเสียงในย่านความถี่ต่ำ ขณะที่ในช่วงความถี่กลาง (250-1,000 Hz) ค่า RT60 ลดลงและมีความสม่ำเสมอ สอดคล้องกับการใช้งานเป็นห้องเรียน ซึ่งภายในประกอบด้วยเก้าอี้เดี่ยวประมาณ 10 ที่นั่ง โต๊ะประชุมกลางห้อง 4 โต๊ะ โต๊ะบรรยาย อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และจอแสดงผลติดผนังขนาด 55 นิ้ว ซึ่งช่วยดูดซับและกระจายพลังงานเสียง ส่งผลให้ค่า RT60 อยู่ในระดับที่เหมาะสม สำหรับช่วงความถี่สูง (2,000-8,000 Hz) ค่า RT60 มีค่าต่ำและค่อนข้างคงที่

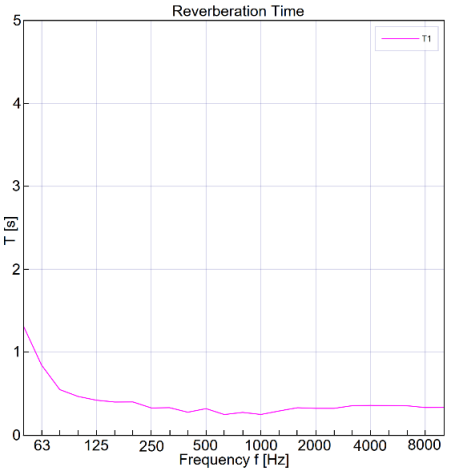
ในขณะที่ห้องที่กั้นด้วยผนังโครงเคร่ากระจกมีค่า RT60 ต่ำกว่าชัดเจน โดยอยู่ในช่วงประมาณ 0.28-0.47 วินาที จากกราฟพบว่าค่า RT60 ในช่วงความถี่ต่ำลดลงรวดเร็ว และในช่วงความถี่กลางถึงสูงมีค่าต่ำและสม่ำเสมอ ห้องดังกล่าวเป็นพื้นที่สำนักงานสำหรับเจ้าหน้าที่ 2 ท่าน ภายในมีอุปกรณ์สำนักงาน เอกสาร และเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยเพิ่มการดูดซับเสียง ส่งผลให้เวลาเสียงก้องลดลงอย่างชัดเจน



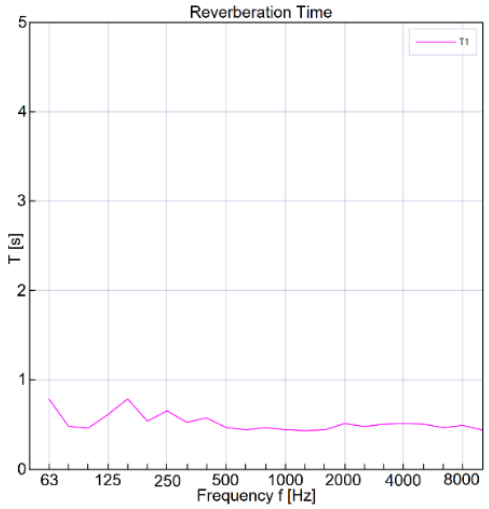
รูปที่ 1 ค่าเวลาเสียงก้องของห้องผนังก่ออิฐมวลเบา ห้องที่ 1



รูปที่ 2 ค่าเวลาเสียงก้องของห้องผนังก่ออิฐมวลเบา ห้องที่ 2



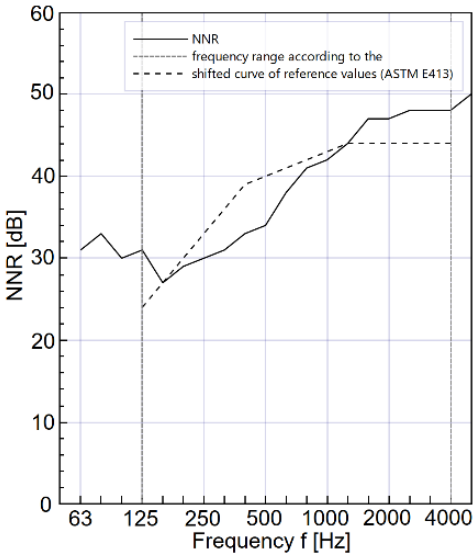
รูปที่ 3 ค่าเวลาเสียงก้องของห้องผนังโครงเคร่ากระจก ห้องที่ 3



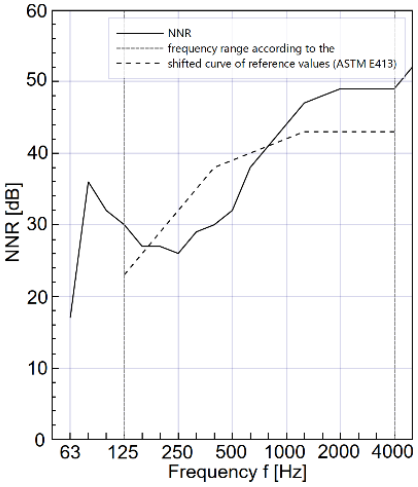
รูปที่ 4 ค่าเวลาเสียงก้องของห้องผนังโครงเคร่ากระจก ห้องที่ 4

6.2 ผลการทดลองการส่งผ่านเสียงผ่านผนังก่ออิฐมวลเบา

ผลการวัดภาคสนามของผนังก่ออิฐมวลเบาพบว่ามีค่า Noise Isolation Class (NIC) อยู่ในช่วง 38-39 dB และค่า Normalized Noise Isolation Class (NNIC) อยู่ที่ 39-40 dB เมื่อพิจารณาเชิงความถี่ พบว่าค่าการลดทอนเสียง (NR) เพิ่มขึ้นตามความถี่ โดยมีค่าสูงถึง 50.0-52.0 dB ในย่านความถี่สูง (5,000 Hz) อย่างไรก็ตาม ในช่วงความถี่ต่ำ 80-160 Hz พบค่า NR ต่ำสุดประมาณ 11.0-24.0 dB ซึ่งสะท้อนถึงการเกิดปรากฏการณ์ Coincidence Valley และเป็นจุดอ่อนของสมรรถนะการกั้นเสียงในย่านความถี่ต่ำของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้



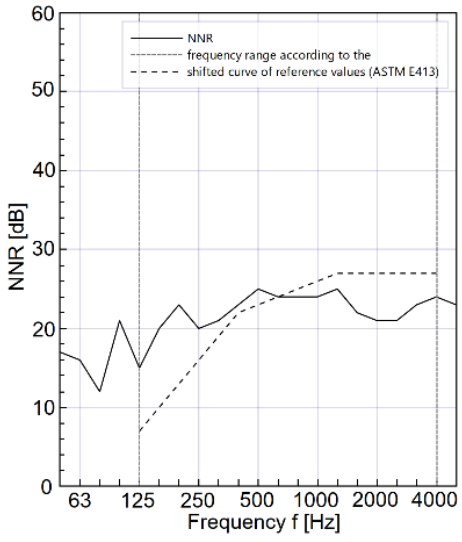
รูปที่ 5 กราฟ Normalized noise reduction (ASTM-E336) ของผนังก่ออิฐมวลเบา ห้องที่ 1



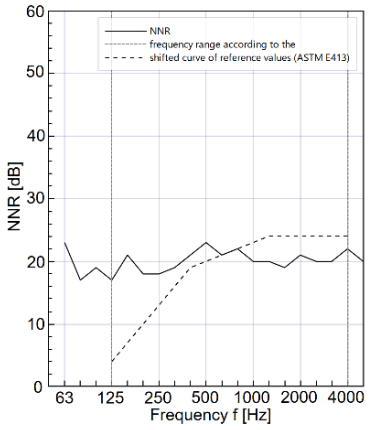
รูปที่ 6 กราฟ Normalized noise reduction (ASTM-E336) ของผนังก่ออิฐมวลเบา ห้องที่ 2

6.3 ผลการทดลองการส่งผ่านเสียงผ่านผนังโครงเคร่ากระจก

ผนังโครงเคร่ากระจกมีสมรรถนะการกั้นเสียงต่ำกว่าผนังก่ออิฐมวลเบาอย่างชัดเจน โดยมีค่า NIC อยู่ในช่วง 21-25 dB และค่า NNIC อยู่ที่ 20-23 dB พฤติกรรมเชิงความถี่แสดงให้เห็นว่าค่าการลดทอนเสียงอยู่ในระดับต่ำเกือบทุกย่านความถี่ โดยเฉพาะที่ 125 Hz และ 2,500 Hz ซึ่งมีค่า NR เพียง 15.0 dB และ 21.0 dB ตามลำดับ ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับพฤติกรรมของวัสดุแผ่นที่มีความยืดหยุ่นสูง ส่งผลให้ผนังกระจกมีข้อจำกัดในการควบคุมเสียงภายในพื้นที่พักอาศัย แต่เอื้อต่อการแพร่ผ่านของสัญญาณเสียงแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไปยังพื้นที่ข้างเคียงมากขึ้น



รูปที่ 7 กราฟ Normalized noise reduction (ASTM-E336) ของผนังโครงเคร่ากระจก ห้องที่ 3



รูปที่ 8 กราฟ Normalized noise reduction (ASTM-E336) ของผนังโครงเคร่ากระจก ห้องที่ 4

7. อภิปรายผล

ผลการทดสอบภาคสนามแสดงให้เห็นความแตกต่างของสมรรถนะการกั้นเสียงระหว่างผนังทั้งสองประเภทอย่างชัดเจนผ่านดัชนีเชิงตัวเลขเดียว โดยผนังก่ออิฐมวลเบามีค่า NIC อยู่ในช่วง 38-39 dB และเมื่อปรับผลกระทบจากเวลาเสียงก้องด้วยค่า NNR พบว่ามีค่า 39-40 dB ซึ่งอยู่ในเกณฑ์การกั้นเสียงรบกวนทั่วไปได้ดี อย่างไรก็ตาม การพิจารณาเชิงความถี่พบว่าค่าการลดทอนเสียงลดลงอย่างชัดเจนในย่าน 125-160 Hz (NR ประมาณ 24-27 dB) เนื่องจากการสั่นพ้องของผนังจากปรากฏการณ์ Coincidence Valley ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้หากมีความถี่หลักอยู่ในย่านดังกล่าว

ในทางตรงกันข้าม ผนังโครงเคร่ากระจกมีสมรรถนะการกั้นเสียงต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า NIC อยู่ที่ 21-25 dB และค่า NNR อยู่ที่ 20-23 dB ทั้งนี้ ในบางกรณีพบว่า NNR ต่ำกว่า NIC ซึ่งสะท้อนอิทธิพลของสภาพอะคูสติกภายในห้องรับเสียง โดยเฉพาะค่า RT60 ที่ค่อนข้างสั้น (เฉลี่ยประมาณ 0.28 วินาที) อันเกิดจากองค์ประกอบดูดซับเสียงภายในห้อง

เมื่อเปรียบเทียบโดยรวม ผนังก่ออิฐมวลเบามีค่า NIC สูงกว่าผนังกระจกเฉลี่ย 14-17 dB ความแตกต่างดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการออกแบบการได้ยินของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยอาคารที่ใช้ผนังก่ออิฐมวลเบาเป็นหลักควรพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุภายในห้องโดยตรง แทนการพึ่งพาการส่งผ่านเสียงผ่านผนัง เพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยในภาวะฉุกเฉิน

แม้ NFPA 72 จะแนะนำการใช้สัญญาณความถี่ต่ำ 520 Hz เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลุกผู้ใช้อาคาร แต่ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการส่งผ่านเสียงในย่านความถี่ต่ำยังคงได้รับอิทธิพลจาก Coincidence Valley ของผนังกั้น ซึ่งอาจลดทอนประสิทธิภาพของสัญญาณในบางสภาพผนัง

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าสมรรถนะการกั้นเสียงของผนังภายในอาคารพักอาศัยส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

- ผนังก่ออิฐมวลเบา มีสมรรถนะการกั้นเสียงสูง (NIC 38–39 dB, NNR 39–40 dB) สามารถลดเสียงรบกวนได้ดี แต่มีจุดอ่อนในย่านความถี่วิกฤตประมาณ 160 Hz ซึ่งอาจลดทอนสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ย่านความถี่ต่ำ

- ผนังโครงเคร่ากระจก มีสมรรถนะการกั้นเสียงต่ำอย่างมีนัยสำคัญ (NIC 21-25 dB, NNR 20-23 dB) ต่ำกว่าเกณฑ์ WELL V2 [10] สำหรับพื้นที่ระหว่างโถงทางเดินและพื้นที่ใช้งานประจำ และมีจุดอ่อนเด่นในย่านความถี่ประมาณ 125 Hz

- ปัจจัยด้านสภาพอะคูสติก ค่า NNR ที่ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าค่า NIC ในผนังกระจกสะท้อนอิทธิพลของค่า RT60 ที่สั้น ซึ่งไม่เอื้อต่อการสะสมพลังงานเสียง แม้จะช่วยลดเสียงก้อง แต่ส่งผลให้ระดับความดังและความชัดเจนของสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ลดลง โดยค่า RT60 ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบดูดซับเสียงภายในห้อง

จากการค้นพบในงานวิจัยนี้ สามารถนำข้อเสนอแนะไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและกำหนดมาตรฐานอาคารได้ดังนี้

- การเลือกวัสดุผนังสำหรับอาคารที่ต้องการความเป็นส่วนตัวและประสิทธิภาพการแจ้งเตือนภัยควรเลือกผนังก่ออิฐมวลเบาที่มีค่า NIC ไม่น้อยกว่า 38 dB และออกแบบระดับความดังของลำโพงทางเดินให้ชดเชยการลดทอนในย่าน 125 Hz

- การออกแบบระบบแจ้งเหตุสำหรับอาคารที่ใช้ผนังก่ออิฐมวลเบา ไม่ควรพึ่งพาการส่งผ่านเสียงจากโถงทางเดินเพียงอย่างเดียว ควรติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเหตุภายในห้องเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 72

- การประเมินระดับเสียงจริง การคำนวณระดับความดังควรพิจารณาค่า NNR ร่วมกับค่า RT60 ของห้อง เพื่อสะท้อนระดับความดันเสียงที่ผู้ใช้อาคารได้รับจริง ไม่ควรพิจารณาเฉพาะระดับเสียงของแหล่งกำเนิด

- งานวิจัยในอนาคต ควรศึกษาสมรรถนะ NIC และ NNR ของผนังผสมหรือผนังที่เสริมวัสดุซับเสียง เพื่อประเมินความเหมาะสมระหว่างสมรรถนะการกั้นเสียงและความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร

เอกสารอ้างอิง

[1] National Fire Protection Association. (2022). NFPA 72: National fire alarm and signaling code.

[2] Thomas, I., & Bruck, D. (2008). Awakening of sleeping people: A decade of research. Fire Technology, 46(3), 743–761. https://doi.org/10.1007/s10694-008-0065-5

[3] Halliwell, R., & Sultan, M. (1986). Attenuation of smoke detector alarm signals in residential buildings. Fire Safety Science, 1, 689–697. https://doi.org/10.3801/iafss.Fss.1-689

[4] von der Linde, M., Herbster, C., Dobel, C., Festag, S., & Thielsch, M. T. (2023). Creating safe environments: Optimal acoustic alarming of laypeople in fire prevention. Ergonomics, 66(12), 2193–2211. https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2191915

[5] Maschke, C., & Niemann, H. (2007). Health effects of annoyance induced by neighbour noise. Noise Control Engineering Journal, 55(3). https://doi.org/10.3397/1.2741308

[6] ศิลาน้อย, ส. (2018). การวิเคราะห์เสียงแจ้งเตือนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในอาคารพักอาศัย (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์).

[7] Robinson, D. A. (1988). Sound attenuation in buildings: Implications for fire alarm system design. Fire Safety Journal, 14(1), 5–12. https://doi.org/10.1016/0379-7112(88)90040-9

[8] Noumeur, A., Md Said, M. S., Baharudin, M. R., Mohamed Yusoff, H., & Mohd Tohir, M. Z. (2025). Predicting spatial sound attenuation in buildings with machine learning: Implications for fire alarm placement. Process Safety and Environmental Protection, 199, 107314. https://doi.org/10.1016/j.psep.2025.107314

[9] Fiorini, C. V., Di Matteo, M., Tarsitano, A., & Vallati, A. (2025). Acoustic performance in accommodation buildings: From LEED and WELL application to the development of an acoustic classification method and a priority index. Applied Acoustics, 236, 110649. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2025.110649

[10] International WELL Building Institute. (2025). WELL v2: Sound concept (Q2 2025). https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/sound

[11] Haan, C. H., & Hong, S. S. (2016). Improvement of sound insulation performance of ALC walls using mock-up experiments. GSTF Journal of Engineering Technology, 3(3). https://doi.org/10.7603/s40707-014-0018-y

[12] Ahn, O.-C., Kim, Y.-H., & Kee, S.-H. (2023). Sound insulation performances of the wall profiles using autoclaved lightweight concrete block. INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings.

[13] Long, M. (2006). Architectural acoustics. Academic Press.

[14] Hongisto, V., Mäkilä, M., & Suokas, M. (2015). Satisfaction with sound insulation in residential dwellings: The effect of wall construction. Building and Environment, 85, 309–320. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.12.010

[15] Butler, H., Kew, J., & Bowyer, A. (1981). Locating fire alarm sounders for audibility. Building Services Research and Information Association.

[16] ASTM International. (2010). ASTM E336/E413: Standard test method for STC/IIC ratings.

[17] International Organization for Standardization. (2014). ISO 16283-1:2014. Acoustics—Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Airborne sound insulation.

[18] International Organization for Standardization. (2013). ISO 717-1:2013. Acoustics—Rating of sound insulation in buildings and of building elements—Part 1: Airborne sound insulation.

[19] ASTM International. (2010). ASTM E413: Classification for rating sound insulation.

[20] Dümen, A. S., & Rasmussen, B. R. (2020). Verification of sound insulation performance of housing by field measurements and/or calculations: A case study. In Proceedings of the 49th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering.

[21] International Electrotechnical Commission. (2014). IEC 61260-1:2014. Electroacoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters—Part 1: Specifications.

[22] Bruck, D., & Thomas, I. (2008). Towards a better smoke alarm signal: An evidence-based approach. Fire Safety Science, 9, 403–414. https://doi.org/10.3801/iafss.Fss.9-403

[23] Fudge, C., Fouad, F., & Klingner, R. (2019). Autoclaved aerated concrete. In S. Mindess (Ed.), Developments in the formulation and reinforcement of concrete (2nd ed., pp. 345–363). Woodhead Publishing.

[24] Laukaitis, A., & Fiks, B. (2006). Acoustical properties of aerated autoclaved concrete. Applied Acoustics, 67(3), 284–296. https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.07.003

[25] Tadeu, A. J. B., & Mateus, D. M. R. (2001). Sound transmission through single, double and triple glazing: Experimental evaluation. Applied Acoustics, 62(3), 307–325. https://doi.org/10.1016/S0003-682X(00)00032-3

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

ผลกระทบของอายุวัสดุหลังคาโปร่งแสงต่อการปลูกผักสลัดในโรงเรือนของประเทศไทย

Effects of Translucent Roofing Material Aging on Lettuce Cultivation in Greenhouses in Thailand

วาสิตา เจริญสัตยธรรม และ กันติทัต ทับสุวรรณ*

ภาคนวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: Kantitut.t@ku.th

บทคัดย่อ

การปลูกผักสลัดในโรงเรือนจำเป็นต้องควบคุมปริมาณและคุณภาพของแสงอย่างเหมาะสม เนื่องจากแสงมีผลโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง วัสดุโปร่งแสงที่ใช้เป็นหลังคาโรงเรือน ได้แก่ ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และแผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC) ซึ่งนิยมใช้ในประเทศไทย อย่างไรก็ตาม การใช้งานกลางแจ้งภายใต้สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นทำให้วัสดุเกิดการเสื่อมสภาพและค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VLT) ลดลง ส่งผลต่อระดับแสงภายในโรงเรือน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการเสื่อมสภาพด้านแสงของวัสดุ PE และ PC ต่อสภาพแสงภายในโรงเรือนปลูกผักสลัด โดยศึกษาวัสดุทั้งในสภาพใหม่และวัสดุที่ผ่านการใช้งานกลางแจ้งเป็นระยะเวลา 2 ปี การศึกษาประกอบด้วยการตรวจวัดค่า VLT ของวัสดุ และนำค่าที่ได้ไปใช้เป็นคุณสมบัติวัสดุในการจำลองแสงด้วยโปรแกรม DIALux evo การจำลองพิจารณารูปทรงโรงเรือน 2 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนทรงจั่วและโรงเรือนทรงโค้ง โดยเลือกวันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม เป็นวันตัวแทนของฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับช่วงครีษมายันและเหมายัน อันเป็นช่วงที่มีกลางวันยาวนานและสั้นที่สุดตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่าวัสดุ PE ให้ค่า VLT สูงกว่า PC ทั้งในสภาพใหม่และหลังการใช้งาน โดยค่า VLT ของ PE ลดลงประมาณ 4% และ PC ลดลงประมาณ 3% หลังใช้งาน 2 ปี การเสื่อมสภาพของวัสดุส่งผลให้ค่า PPFD และ DLI ลดลงประมาณ 2–4% โดยโรงเรือนที่ใช้วัสดุ PE ให้ค่า DLI สูงกว่า PC อย่างสม่ำเสมอประมาณ 8–10% นอกจากนี้ ค่า DLI ในวันที่ 21 ธันวาคมต่ำกว่าวันที่ 21 มิถุนายนประมาณ 24–25% การประเมินความเหมาะสมของแสงต่อผักสลัดชี้ให้เห็นว่าฤดูร้อนมีแนวโน้มให้แสงเกินความต้องการ ขณะที่ฤดูหนาวภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆมากอาจไม่เพียงพอสำหรับผักสลัดที่ต้องการแสงสูง เช่น บัตเตอร์เฮด ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการเลือกวัสดุหลังคา การวางแผนบำรุงรักษา และการกำหนดชนิดพืชปลูกให้สอดคล้องกับระดับแสงและฤดูกาลในบริบทภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย

คำสำคัญ: วัสดุหลังคาโปร่งแสง การเสื่อมสภาพของวัสดุ การจำลองแสงธรรมชาติ ค่าการส่งผ่านแสง ผักสลัด

Abstract

Lettuce cultivation in greenhouses requires appropriate control of both the quantity and quality of light, as light directly influences the photosynthetic process and crop performance. Common translucent roofing materials used in greenhouses in Thailand include polyethylene (PE) film and polycarbonate (PC) sheets. However, prolonged outdoor exposure under hot and humid climatic conditions leads to material degradation and a reduction in visible light transmission (VLT), which may affect light availability within the greenhouse.

This study aims to evaluate the effects of optical aging of PE and PC roofing materials on the indoor light environment of lettuce greenhouses. Both new materials and materials exposed to outdoor conditions for two years were investigated. The study involved measuring the VLT of the materials and applying the measured values as material properties in daylight simulations using DIALux evo. Two greenhouse geometries were considered: a gable-roof greenhouse and an arched greenhouse. Simulations were conducted for 21 June and 21 December, representing summer and winter conditions, respectively, corresponding to the summer and winter solstices, which represent the longest and shortest daylight periods of the year.

The results indicate that PE exhibits higher VLT than PC in both new and aged conditions. After two years of exposure, VLT decreased by approximately 4% for PE and 3% for PC. Material aging resulted in a reduction of photosynthetic photon flux density (PPFD) and daily light integral (DLI) by approximately 2–4%. Greenhouses roofed with PE consistently achieved higher DLI values than those using PC by about 8–10%. Seasonal effects were pronounced, with DLI on 21 December being approximately 24–25% lower than on 21 June. The assessment of light suitability for lettuce cultivation suggests that summer light levels tend to exceed crop requirements, whereas winter conditions under cloudy skies may result in insufficient light for high-light-demand cultivars, such as butterhead lettuce. The findings provide useful guidance for roofing material selection,

maintenance planning, and crop selection in greenhouse cultivation under Thailand's tropical climate.

Keywords: Greenhouse roofing materials, Material degradation, Visible light transmission, Daylight simulation, DIALux evo, lettuce

1. บทนำ

การปลูกผักสลัดในโรงเรือนแบบเปิดโล่งด้านข้างได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะในระบบการผลิตแนวเกษตรอินทรีย์หรือกึ่งอินทรีย์ เนื่องจากอาศัยการระบายอากาศตามธรรมชาติและลดการพึ่งพาระบบควบคุมเชิงกล อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านแสงยังคงเป็นข้อจำกัดสำคัญ เนื่องจากแสงที่ไม่เหมาะสมส่งผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสง ลักษณะการเจริญเติบโต และคุณภาพผลผลิตของผักสลัด วัสดุโปร่งแสงที่ใช้เป็นหลังคาโรงเรือนในประเทศไทย เช่น ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และแผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC) มักถูกเลือกจากต้นทุนและความสะดวกในการติดตั้ง โดยมีสมมติฐานว่าวัสดุสามารถส่งผ่านแสงได้เพียงพอตลอดอายุการใช้งานตราบใดที่ยังไม่เกิดความเสียหายทางกายภาพ อย่างไรก็ตาม วัสดุเหล่านี้เมื่อใช้งานกลางแจ้งจะเสื่อมสภาพจากรังสีอัลตราไวโอเลต ความร้อน และความชื้น ส่งผลให้ค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VLT) ลดลงก่อนจะปรากฏความเสียหายที่มองเห็นได้ การลดลงของการส่งผ่านแสงดังกล่าวอาจทำให้ปริมาณแสงที่พืชได้รับไม่สอดคล้องกับความต้องการของผักสลัด โดยเฉพาะในช่วงที่รังสีดวงอาทิตย์ต่ำ หากไม่มีการประเมินเชิงปริมาณ การจัดการปัญหามักอาศัยการแก้ไขเฉพาะหน้า เช่น การเพิ่มสแลนหรือแสงประดิษฐ์ ซึ่งเพิ่มต้นทุนและไม่ตอบโจทย์เชิงระบบ

แม้ว่าจะมีงานวิจัยเกี่ยวกับวัสดุคลุมโรงเรือนอยู่แล้ว แต่ส่วนใหญ่ดำเนินการในภูมิอากาศเขตอบอุ่น และไม่ได้มุ่งวิเคราะห์การเสื่อมสภาพด้านแสงตามอายุการใช้งานจริงในบริบทประเทศไทย ส่งผลให้ยังขาดกรอบการประเมินที่เชื่อมโยงอายุวัสดุกับความเพียงพอของแสงสำหรับการปลูกผักสลัด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลกระทบของอายุการใช้งานวัสดุหลังคาโปร่งแสงต่อสภาพแสงภายในโรงเรือนปลูกผักสลัดแบบเปิดโล่งด้านข้าง เพื่อสร้างฐานข้อมูลเชิงปริมาณสำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์การวิจัยและการตัดสินใจด้านวัสดุและการจัดการแสงในบริบทของประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VLT) ของวัสดุหลังคาโปร่งแสงชนิดฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และแผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC) โดยเปรียบเทียบระหว่างวัสดุใหม่และวัสดุที่ผ่านการใช้งานจริงกลางแจ้งเป็นระยะเวลา 2 ปี

2.2 เพื่อวิเคราะห์ผลของการลดลงของค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุหลังคาต่อสภาพแสงภายในโรงเรือนปลูกผักสลัดแบบเปิดโล่งด้านข้าง โดยใช้ตัวชี้วัดด้านแสงที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช

2.3 เพื่อจำลองและเปรียบเทียบปริมาณแสงที่พืชได้รับภายในโรงเรือนภายใต้รูปทรงโรงเรือนหลักที่ใช้งานจริงในประเทศไทย ได้แก่ โรงเรือนทรงจั่วและโรงเรือนทรงโค้ง โดยเชื่อมโยงกับชนิดวัสดุหลังคาที่ใช้

2.4 เพื่อเสนอแนวทางเชิงปริมาณสำหรับการประเมินความเหมาะสมของการใช้งานวัสดุหลังคาโปร่งแสงตามอายุการใช้งาน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านการเลือกวัสดุ การจัดการแสง และการวางแผนการใช้งานโรงเรือนปลูกผักสลัดในบริบทประเทศไทย

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ศึกษาเฉพาะวัสดุหลังคาโปร่งแสงที่นิยมใช้ในโรงเรือนเกษตรแบบเปิดโล่งด้านข้างในประเทศไทย ได้แก่ ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และแผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC) โดยพิจารณาวัสดุใหม่และวัสดุที่ผ่านการใช้งานจริงกลางแจ้งเป็นระยะเวลา 2 ปี

3.2 กำหนดรูปทรงโรงเรือนที่ใช้ในการศึกษา 2 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนทรงจั่ว (ใช้วัสดุ PE และ PC) และโรงเรือนทรงโค้ง (ใช้วัสดุ PE)

3.3 การวิเคราะห์มุ่งเน้นเฉพาะตัวแปรด้านแสง ได้แก่ ค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (VLT) และปริมาณแสงที่พืชได้รับภายในโรงเรือน โดยอาศัยการจำลองแสงด้วยโปรแกรม DIALux evo

3.4 การจำลองแสงอ้างอิงบริบทภูมิอากาศของประเทศไทย โดยใช้พิกัดกรุงเทพมหานครเป็นฐานข้อมูลสภาพรังสีดวงอาทิตย์ และเลือกวันตัวแทน คือ วันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม อันเป็นช่วงที่มีกลางวันยาวนานกับสั้นที่สุด

3.5 งานวิจัยไม่ครอบคลุมการวิเคราะห์ด้านอุณหภูมิ ความชื้น การระบายอากาศเชิงกล การเจริญเติบโตจริงของพืช ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ หรือความแข็งแรงเชิงกลของวัสดุ โดยมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบด้านแสงเป็นหลัก

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งประเมินผลของอายุการใช้งานวัสดุหลังคาโปร่งแสงต่อสภาพแสงภายในโรงเรือนปลูกผักสลัดแบบเปิดโล่งด้านข้าง โดยแบ่งกระบวนการศึกษาออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

4.1 การคัดเลือกและเตรียมวัสดุโปร่งแสง

4.1.1 ประเภทวัสดุที่ศึกษา: เลือกศึกษาวัสดุหลังคาโปร่งแสงที่นิยมใช้ในโรงเรือนเกษตรของประเทศไทย ได้แก่ ฟิล์มโพลีเอทิลีน (Polyethylene: PE) สูตรมาตรฐานชนิด UV-protect clear film ความหนา 200 ไมครอน และแผ่นโพลีคาร์บอเนตแบบ twin-wall (Polycarbonate: PC) ความหนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นวัสดุที่พบได้ทั่วไปในโรงเรือน



รูปที่ 1 วัสดุ PE (ซ้าย) และ PC (ขวา)

4.1.2 สภาพอายุการใช้งานของวัสดุ: วัสดุแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) วัสดุใหม่ที่ยังไม่ผ่านการใช้งานและ (2) วัสดุที่ผ่านการใช้งานกลางแจ้งเป็นระยะเวลา 2 ปี โดยเก็บตัวอย่างจากโรงเรือนที่ใช้งานจริง ตัวอย่างวัสดุถูกทำความสะอาดด้วยผ้าไมโครไฟเบอร์ชุบน้ำผสมแอลกอฮอล์เจือจาง เพื่อลดผลกระทบจากฝุ่นและคราบสกปรก และสะท้อนการเสื่อมสภาพที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

4.2 การวัดค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุ (VLT)

4.2.1 ทำการวัดค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VLT) ของวัสดุทุกตัวอย่างภายใต้แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ โดยใช้หลอดไฟ LED PAR30S กำลังไฟ 10 W อุณหภูมิสี 5000 K และค่า CRI ประมาณ 82 แหล่งกำเนิดแสงถูกจัดวางให้มีระยะห่างจากเซ็นเซอร์วัดความสว่าง 20 ซม. ภายในกล่องทดสอบทึบแสงขนาด 15 × 15 × 15 ซม. ซึ่งผนังภายในเคลือบสีดำด้านเพื่อลดการสะท้อนแสง ทำการวัดค่าความสว่างตั้งต้นก่อนติดตั้งวัสดุ และวัดซ้ำเมื่อปิดทับด้วยวัสดุใหม่และวัสดุอายุ 2 ปี โดยแต่ละกรณีทำซ้ำ 5 ครั้ง และใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณค่า VLT เพื่อการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบและการจำลองแสง

4.2.2 การประมวลผลข้อมูล VLT: ค่าการส่งผ่านแสงที่ได้จากการวัดถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างชนิดวัสดุและช่วงอายุการใช้งาน เพื่อระบุแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสมบัติด้านแสงที่เกิดจากการใช้งานจริงกลางแจ้ง

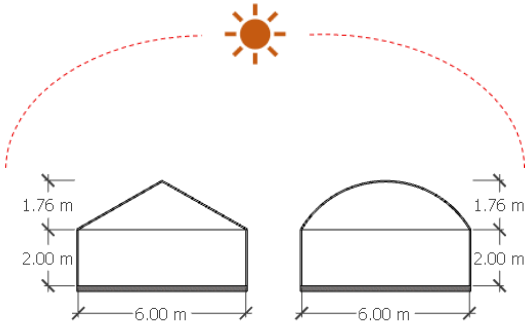
4.3 การสร้างแบบจำลองโรงเรือนและการตั้งค่าการจำลองแสง

4.3.1 สร้างแบบจำลองโรงเรือนแบบเปิดโล่งด้านข้าง (open-sided greenhouse) ในโปรแกรม DIALux evo จำนวน 2 รูปแบบ ได้แก่ โรงเรือนทรงจั่วและโรงเรือนทรงโค้ง โดยกำหนดขนาดและสัดส่วนให้สอดคล้องกับโรงเรือนที่ใช้งานจริงในประเทศไทย ดังนี้

- ขนาดโรงเรือน (กว้าง × ยาว): 6.00 × 24.00 เมตร

-การวางแนวโรงเรือน: แนวเหนือ–ใต้ โดยด้านยาวหันไปทางทิศตะวันออก–ตะวันตก

- ความสูงโรงเรือนรวมหลังคา: 3.76 เมตร



รูปที่ 2 รูปแบบโรงเรือน

4.3.2 การกำหนดวัสดุหลังคาในแบบจำลอง: นำค่าการส่งผ่านแสง (VLT) ที่ได้จากการวัดไปกำหนดเป็นคุณสมบัติของวัสดุหลังคาในโปรแกรม DIALux evo โดยกำหนดให้โรงเรือนทรงจั่วสามารถใช้ได้ทั้งวัสดุ PE และ PC ขณะที่โรงเรือนทรงโค้งใช้เฉพาะวัสดุ PE ให้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติในการก่อสร้างโรงเรือนจริง

4.3.3 ตั้งค่าการจำลองแสงโดยอ้างอิงพิกัดกรุงเทพมหานคร เพื่อแทนบริบทสภาพรังสีดวงอาทิตย์ของภาคกลางประเทศไทย เลือกวันตัวแทน 2 วัน ได้แก่ วันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งสอดคล้องกับช่วงมุมดวงอาทิตย์สูงสุดและต่ำสุดของปี จำลองผลทุก 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 06.00–18.00 น.

4.4 การกำหนดเงื่อนไขการจำลองและการวิเคราะห์สภาพแสงภายในโรงเรือน

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพของโรงเรือนและตำแหน่งตรวจวัดแสง: กำหนดระนาบตรวจวัดแสง (Calculation plane) ที่ระดับความสูงของทรงพุ่มผักสลัดเฉลี่ยจากพื้นโรงเรือน ได้แก่ 0.50 เมตร สำหรับการปลูกบนดิน และ 1.00 เมตร สำหรับการปลูกบนโต๊ะ เพื่อสะท้อนปริมาณแสงที่พืชได้รับโดยตรง

4.4.2 เงื่อนไขด้านแสงธรรมชาติ: พิจารณาเฉพาะแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์และท้องฟ้า โดยไม่รวมแสงประดิษฐ์และไม่พิจารณาผลกระทบจากสิ่งปลูกสร้างโดยรอบ เพื่อมุ่งวิเคราะห์ผลของวัสดุหลังคาและรูปทรงโรงเรือนเป็นหลัก ทั้งนี้ตั้งค่าสภาพท้องฟ้า 3 รูปแบบ ได้แก่ Clear sky, Average sky และ Overcast sky

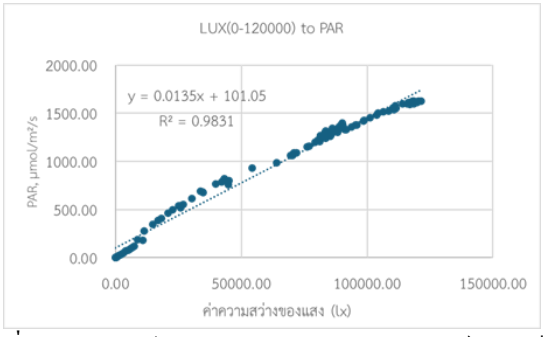
4.4.3 การแปลงค่าความสว่างจากหน่วยลักซ์เป็นค่า PPFD: ผลการจำลองแสงจากโปรแกรม DIALux evo ซึ่งรายงานค่าแสงในหน่วยความสว่าง (Illuminance; lux) ถูกนำมาแปลงเป็นค่าความเข้มแสงสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density: PPFD) โดยใช้สมการเชิงเส้นที่พัฒนาขึ้นจากการตรวจวัดภายใต้สภาพแสงธรรมชาติกลางแจ้งตลอดช่วงเวลากลางวัน การตรวจวัดภาคสนามดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดค่าความสว่าง (Illuminance meter; lx) และเครื่องวัดความหนาแน่นฟลักซ์โฟตอนสังเคราะห์แสง (PPFD; $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) ทำการวัดพร้อมกัน ณ ตำแหน่งเดียวกัน โดยติดตั้งอุปกรณ์ HOBO Photosynthetic

Light (PAR) Smart Sensor และเครื่องวัดความสว่าง Kimo AMI 310 พร้อมหัววัดลักซ์ (lux meter) และบันทึกข้อมูลทุก 5 นาที

ข้อมูลค่าลักซ์และค่า PPFD ที่ได้จากการตรวจวัดตลอดช่วงเวลากลางวันถูกนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) เพื่อสะท้อนความสัมพันธ์เชิงเฉลี่ยระหว่างความสว่างและความเข้มแสงสังเคราะห์แสงภายใต้สภาพแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา แม้ว่าค่าความสว่างในช่วงเที่ยงวันจะมีค่าค่อนข้างสูงและมีความแปรผันของสเปกตรัมแสงตามตำแหน่งดวงอาทิตย์ แต่การใช้ข้อมูลตลอดช่วงเวลาการตรวจวัดช่วยให้สมการที่พัฒนาขึ้นสามารถแทนพฤติกรรมของแสงจริงในรอบวันได้อย่างครอบคลุมและเหมาะสมกับการประเมินค่าแสงเชิงบูรณาการ เช่น ค่า PPFD และปริมาณแสงรวมรายวัน (Daily Light Integral: DLI) สมการแปลงค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นแสดงดังสมการที่ (1)

$$y = 0.0135x + 101.05 \quad (1)$$

โดยที่ x คือค่าลักซ์ และ y คือค่า PPFD ($\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)



รูปที่ 3 สมการเชิงเส้นสำหรับการแปลงค่าความสว่างลักซ์ (Lux) เป็น PPFD ทั้งช่วงเวลากลางวัน

4.4.4 ตัวชี้วัดด้านแสงและการประมวลผลผลลัพธ์: ประเมินสภาพแสงภายในโรงเรือนโดยใช้ค่า PPFD และปริมาณแสงรวมรายวัน (Daily Light Integral: DLI) เป็นตัวชี้วัดหลัก และนำผลการจำลองมาเปรียบเทียบระหว่างชนิดวัสดุ อายุการใช้งาน และรูปทรงโรงเรือน เพื่อใช้ในการตีความและอภิปรายผลการวิจัย

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แสงธรรมชาติเป็นปัจจัยพื้นฐานต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเกิดขึ้นภายใต้รังสีในช่วง Photosynthetically Active Radiation (PAR) ระหว่าง 400–700 นาโนเมตร ความเพียงพอของแสงประเมินด้วยค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD; $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) ซึ่งแสดงความเข้มแสง ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง และค่า Daily Light Integral (DLI; $mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$) ซึ่งแสดงปริมาณแสงสะสมรายวัน โดยค่า DLI เป็นตัวชี้วัดหลักเนื่องจากสะท้อนทั้งความเข้มและระยะเวลาการได้รับแสง [1-3] ความสัมพันธ์ระหว่าง PPFD และ DLI สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$DLI = (PPFD \times \text{เวลา})/1{,}000{,}000 \quad (2)$$

โดยที่ PPFD มีหน่วยเป็น $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ และเวลาเป็นวินาที

ผักสลัดเป็นพืชที่ต้องการแสงในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง หากได้รับแสงต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมจะส่งผลให้พืชยืดตัว ใบซีด และให้ผลผลิตต่ำ [4, 5] ขณะที่แสงในระดับสูงเกินไปภายใต้สภาพอากาศร้อนชื้นอาจก่อให้เกิดความเครียดและลดคุณภาพผลผลิต [6, 7] ดังนั้นการควบคุมปริมาณแสงให้เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการปลูกผักสลัดในโรงเรือน

วัสดุโปร่งแสงที่ใช้เป็นหลังคาโรงเรือนมีบทบาทโดยตรงต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่พื้นที่เพาะปลูก เมื่อวัสดุเกิดการเสื่อมสภาพจากการใช้งานกลางแจ้ง ค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VLT) จะลดลง ส่งผลให้ปริมาณแสงที่พืชได้รับลดลงตามไปด้วย การเสื่อมสภาพดังกล่าวเกิดจากการสัมผัสรังสีอัลตราไวโอเลต ความร้อน และความชื้น ซึ่งทำให้โครงสร้างของวัสดุโพลิเมอร์เปลี่ยนแปลง งานวิจัยก่อนหน้า [8] รายงานว่าวัสดุฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และโพลีโพรพิลีน (PP) มีค่า VLT ลดลงจากการเพิ่มขึ้นของความเหลืองหลังการใช้งานกลางแจ้ง ขณะที่วัสดุโพลีคาร์บอเนต (PC) [9] พบว่ารังสี UV เร่งการเสื่อมสภาพของพันธะคาร์บอเนตและเพิ่มการดูดกลืนแสงในช่วงที่สำคัญต่อการสังเคราะห์แสง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ [10]

นอกจากชนิดวัสดุแล้ว รูปทรงของโรงเรือนยังมีผลต่อการกระจายแสงภายในพื้นที่เพาะปลูก งานวิจัย [11, 12] ระบุว่ารูปทรงและมุมหลังคามีอิทธิพลต่อการรับแสงและการเกิดเงา โดยโรงเรือนทรงจั่ว (Gable Roof: GR) ที่มีมุมหลังคาประมาณ 30 องศาให้สมดุลระหว่างการรับแสงและการระบายอากาศ ขณะที่โรงเรือนทรงโค้ง (Curved Roof: CR) ช่วยลดการเกิดเงาและทำให้แสงกระจายสม่ำเสมอกว่า งานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษารูปทรงโรงเรือนทั้งสองประเภทภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน

การจำลองสภาพแสงภายในโรงเรือนดำเนินการด้วยโปรแกรม DIALux evo ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับงานวิจัยด้านแสง จากการศึกษาของ [13] พบว่า DIALux evo ให้ผลใกล้เคียงกับซอฟต์แวร์อ้างอิงอย่าง Radiance โดยมีความคลาดเคลื่อนในระดับที่ยอมรับได้ โปรแกรมสามารถกำหนดเงื่อนไขท้องฟ้าและคุณสมบัติของวัสดุโปร่งแสง เช่น ค่า VLT ได้โดยตรง จึงเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ผลของวัสดุหลังคาและรูปทรงโรงเรือนต่อการกระจายแสงภายในอย่างเป็นระบบ

6. ผลการวิจัย

6.1 การวัดค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุ (VLT)

ทำการวัดค่า VLT ของวัสดุหลังคาโรงเรือน ได้แก่ ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) และแผ่นโพลีคาร์บอเนต (PC) โดยเปรียบเทียบวัสดุใหม่และวัสดุอายุการใช้งาน 2 ปี ภายใต้แสงประดิษฐ์ แต่ละกรณีวัดซ้ำ 5 ครั้ง และคำนวณค่า VLT จากค่าความสว่างก่อนและหลังติดตั้งวัสดุ ผลรายงานเป็นค่าเฉลี่ย ± SD ได้แก่ PC-0Y: 85.56 ± 0.33%, PC-2Y: 82.54 ± 0.51%, PE-0Y: 94.61 ± 0.42% และ PE-2Y: 90.70 ± 0.53% โดยค่าที่ใช้ในการจำลองแสงถูกปัดเป็นจำนวนเต็มตามข้อจำกัดของโปรแกรม ผลสรุปแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าการส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (VLT) ของวัสดุโปร่งแสง

วัสดุโปร่งแสง	สภาพวัสดุ	รหัส	ค่าการส่งผ่านแสง VLT (%)
ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE)	วัสดุใหม่	PE-0Y	94
	ใช้งาน 2 ปี	PE-2Y	90
โพลีคาร์บอเนต (PC)	วัสดุใหม่	PC-0Y	85
	ใช้งาน 2 ปี	PC-2Y	82

จากผลการวัดพบว่า วัสดุ PE ให้ค่า VLT สูงกว่า PC ทั้งในสภาพใหม่และหลังการใช้งาน 2 ปี โดยค่า VLT ของ PE ลดลงประมาณ 4% ขณะที่ PC ลดลงประมาณ 3% เมื่อเทียบกับวัสดุใหม่

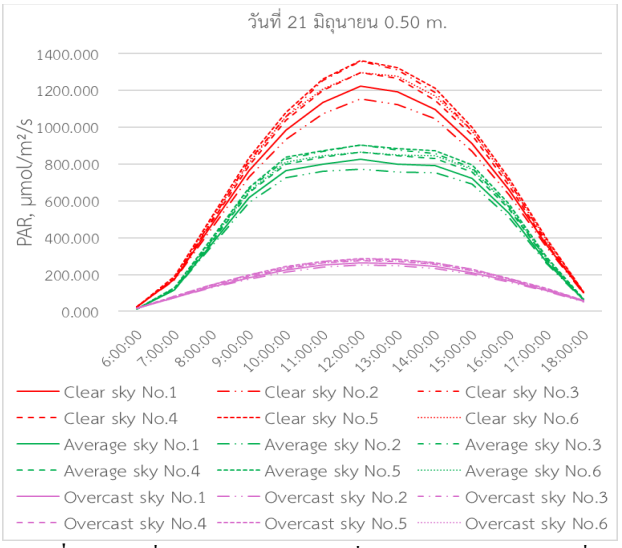
6.2 ผลการจำลองแสงภายในโรงเรือน (PPFD / DLI)

กำหนดหมายเลขแบบจำลอง (Model No.) เพื่อใช้อ้างอิงรูปทรงโรงเรือน ชนิดวัสดุ และค่า VLT ของแต่ละกรณี โดยสรุปรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลำดับโมเดลที่ใช้ในการจำลอง

ลำดับโมเดล	รูปทรงโรงเรือน	รหัสวัสดุ	VLT (%)
No.1	โรงเรือนทรงจั่ว (Gable Roof: GR)	PC-0Y	85
No.2		PC-2Y	82
No.3		PE-0Y	94
No.4		PE-2Y	90
No.5	โรงเรือนทรงโค้ง (Curved Roof: CR)	PE-0Y	94
No.6		PE-2Y	90

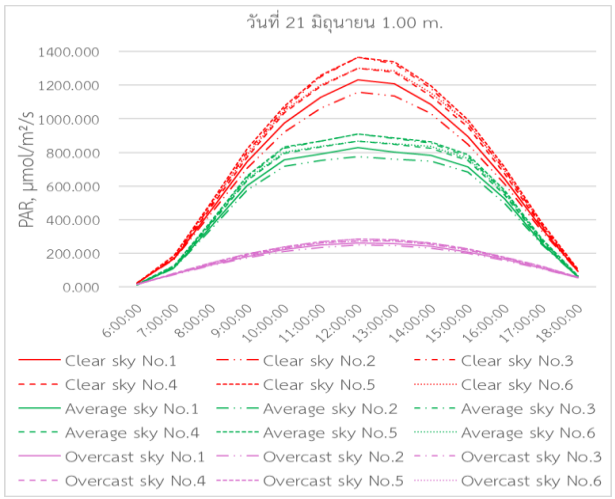
จากนั้นทำการจำลองการกระจายแสงภายในโรงเรือน โดยประเมินค่าความเข้มแสงสังเคราะห์แสง (PPFD) และปริมาณแสงรวมรายวัน (Daily Light Integral: DLI) ภายใต้สภาพท้องฟ้า 3 รูปแบบ ได้แก่ ท้องฟ้าโปร่ง ท้องฟ้ามีเมฆปานกลาง และท้องฟ้ามีเมฆมาก การจำลองดำเนินการสำหรับวันที่ 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม ระหว่างเวลา 06.00–18.00 น. โดยแสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 3–6 และรูปที่ 4–7



รูปที่ 4 การเปลี่ยนแปลงค่า PPFD รายชั่วโมงภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันในวันที่ 21 มิถุนายน ความสูงระดับ 0.50 m.

ตารางที่ 3 ค่า DLI รายวันแยกตามสภาพอากาศ วันที่ 21 มิถุนายน ที่ความสูงระดับ 0.50 m.

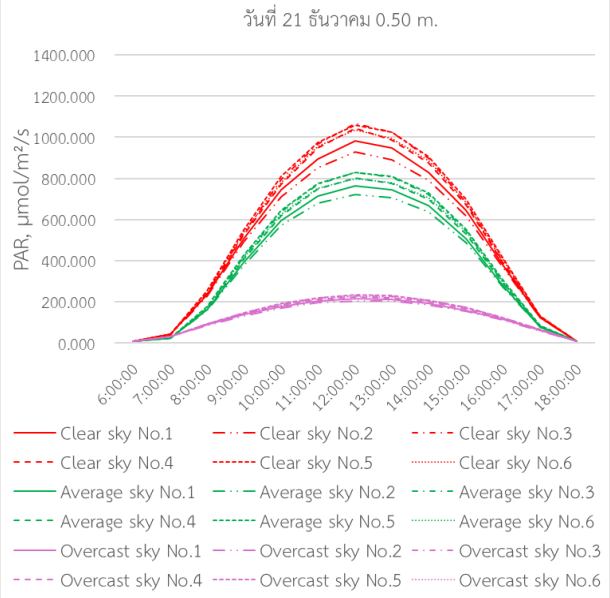
ลำดับที่	Clear sky	Average sky	Overcast sky
No.1	27.31	21.18	9.71
No.2	26.22	20.38	9.47
No.3	29.25	22.55	10.13
No.4	28.45	21.96	9.96
No.5	29.69	22.80	10.17
No.6	28.87	22.23	10.00



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงค่า PPFD รายชั่วโมงภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันในวันที่ 21 มิถุนายน ความสูงระดับ 1.00 m.

ตารางที่ 4 ค่า DLI รายวันแยกตามสภาพอากาศ วันที่ 21 มิถุนายน ที่ความสูงระดับ 1.00 m.

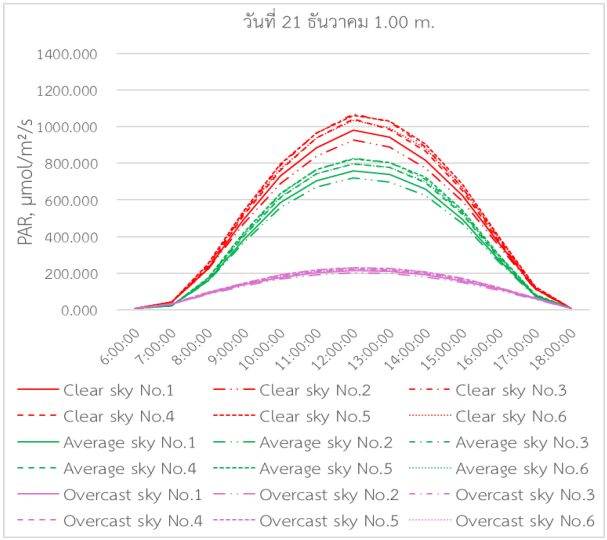
ลำดับที่	Clear sky	Average sky	Overcast sky
No.1	27.07	21.00	9.65
No.2	25.88	20.16	9.38
No.3	29.14	22.47	10.10
No.4	28.27	21.84	9.91
No.5	29.52	22.67	10.10
No.6	28.66	22.05	9.92



รูปที่ 6 การเปลี่ยนแปลงค่า PPFD รายชั่วโมงภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันในวันที่ 21 ธันวาคม ความสูงระดับ 0.50 m.

ตารางที่ 5 ค่า DLI รายวันแยกตามสภาพอากาศ วันที่ 21 ธันวาคม ที่ความสูงระดับ 0.50 m.

ลำดับที่	Clear sky	Average sky	Overcast sky
No.1	19.96	16.39	7.86
No.2	19.23	15.83	7.68
No.3	21.13	17.34	8.16
No.4	20.72	16.95	8.03
No.5	21.35	17.48	8.19
No.6	20.92	17.08	8.06



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงค่า PPFD รายชั่วโมงภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันในวันที่ 21 ธันวาคม ความสูงระดับ 1.00 m.

ตารางที่ 6 ค่า DLI รายวันแยกตามสภาพอากาศ วันที่ 21 ธันวาคม ที่ความสูงระดับ 1.00 m.

ลำดับที่	Clear sky	Average sky	Overcast sky
No.1	19.68	16.20	7.81
No.2	18.89	15.59	7.62
No.3	20.97	17.22	8.13
No.4	20.49	16.80	8.00
No.5	21.19	17.34	8.14
No.6	20.70	16.91	8.00

6.3 เปรียบเทียบผลตามชนิดวัสดุและฤดูกาล

เพื่อสังเคราะห์ภาพรวมของผลการจำลองแสง ได้ทำการเปรียบเทียบค่า PPFD และ DLI ตามปัจจัยหลัก ได้แก่ ฤดูกาล อายุการใช้งานวัสดุ ชนิดวัสดุคลุมหลังคา และระดับความสูงของระนาบปลูก โดยอาศัยผลการจำลองในวันที่ 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกัน แนวโน้มผลการเปรียบเทียบสรุปแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แนวโน้มการเปรียบเทียบค่า PPFD และ DLI จำแนกตามฤดูกาล อายุการใช้งานวัสดุ ชนิดวัสดุ และระดับความสูงของระนาบปลูก

ประเด็นเปรียบเทียบ	แนวโน้มผลลัพธ์
ฤดูกาล (21 มิ.ย. vs 21 ธ.ค.)	ค่า PPFD และ DLI ในวันที่ 21 ธันวาคมต่ำกว่าวันที่ 21 มิถุนายนประมาณ 24–25% สะท้อนผลของมุมดวงอาทิตย์ที่ต่ำและระยะเวลารับแสงที่สั้นลง

ตารางที่ 7 (ต่อ)

อายุการใช้งานวัสดุ (ใหม่ vs 2 ปี)	การเสื่อมสภาพในช่วง 2 ปีแรกส่งผลต่อ DLI ประมาณ 2–4% โดย PC มีอัตราการลดลงของแสง ช้ากว่า PE เล็กน้อย
ชนิดวัสดุ (PE vs PC)	โรงเรือนที่ใช้ฟิล์ม PE ให้ค่า DLI สูงกว่า PC อย่างสม่ำเสมอประมาณ 8–10%
ระดับความสูงของระนาบปลูก (0.50 m vs 1.00 m)	ค่า PPFD และ DLI แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย (<2%) และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

เพื่อแสดงอิทธิพลของปัจจัยแต่ละตัวในระดับแบบจำลอง ได้เปรียบเทียบค่า DLI ระหว่างคู่ของ Model No. ที่แตกต่างกันเพียงปัจจัยเดียว ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลค่า DLI ระหว่างแบบจำลอง

คู่เปรียบเทียบ	**ตัวแปรที่เปลี่ยน**	**ผลที่สังเกตได้จาก DLI**
No.1 vs No.2	อายุ PC (ใหม่ ⟶ 2 ปี)	ลดลง ~2–4%
No.3 vs No.4	อายุ PE (ใหม่ ⟶ 2 ปี)	ลดลง ~3–4%
No.3 vs No.1	ชนิดวัสดุ (PE vs PC)	PE สูงกว่า ~8–10%
No.5 vs No.3	รูปทรง (CR vs GR)	CR สูงกว่าเล็กน้อย
No.6 vs No.4	รูปทรงภายใต้วัสดุเสื่อม	CR รักษา DLI ได้ดีกว่า

จากการเปรียบเทียบพบว่า ชนิดวัสดุเป็นปัจจัยหลักที่กำหนดระดับ DLI ภายในโรงเรือน รองลงมาคืออายุการใช้งานของวัสดุ ขณะที่รูปทรงโรงเรือนมีบทบาทเชิงเสริม โดยโรงเรือนทรงโค้งสามารถรักษาระดับ DLI ได้ดีกว่าโรงเรือนทรงจั่ว โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้วัสดุที่ผ่านการใช้งานแล้ว

6.4 การประเมินความเหมาะสมของแสงต่อผักสลัด

การประเมินนี้จำกัดเฉพาะผักสลัดในเชิงวิชาการ ได้แก่ พืชวงศ์ Asteraceae สกุล Lactuca ชนิด Lactuca sativa L. โดยไม่รวมพืชใบจากวงศ์อื่น โดยจัดกลุ่มผักสลัดตามช่วงค่าความต้องการ DLI ที่ใกล้เคียงกัน เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการประเมินความเหมาะสมของระดับแสงภายใต้การเสื่อมสภาพของวัสดุหลังคาเป็นระยะเวลา 2 ปี ดังนี้

6.4.1 ผักสลัดกลุ่ม 1 ค่า DLI ที่แนะนำ 6.9 – 11.5 ($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$) [2] ได้แก่ มิซูน่า

6.4.2 ผักสลัดกลุ่ม 2 ค่า DLI ที่แนะนำ 6.9 – 12.7 ($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)[7] ได้แก่ กรีนโครอล / เรดโครอล / กรีนโอ๊ค / เรดโอ๊ค

6.4.3 ผักสลัดกลุ่ม 3 ค่า DLI ที่แนะนำ 8.6 – 11.5 ($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$) [14] ได้แก่ ผักกาดหอมคริปส์เฮด / ฟิลเลย์ไอซ์เบิร์ก

6.4.4 ผักสลัดกลุ่ม 4 ค่า DLI ที่แนะนำ 9.2 – 13.8 ($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$)[3] ได้แก่ ผักคอส / กรีนคอส

6.4.5 ผักสลัดกลุ่ม 5 ค่า DLI ที่แนะนำ 17 ($mol \cdot m^{-2} \cdot day^{-1}$) [5] ได้แก่ บัตเตอร์เฮด

ตารางที่ 9 ช่วงความต้องการแสงของผักสลัดและระดับความเหมาะสมในแต่ละสภาพอากาศ

ผักสลัด	Clear sky		Average sky		Overcast sky	
	21/6	21/12	21/6	21/12	21/6	21/12
กลุ่ม 1	✓	✓	✓	✓	△	△
กลุ่ม 2	✓	✓	✓	✓	△	△
กลุ่ม 3	✓	✓	✓	✓	△	×
กลุ่ม 4	✓	✓	✓	✓	△	×
กลุ่ม 5	✓	✓	✓	△	△	×

หมายเหตุ: ระดับความเหมาะสมของแสงจำแนกเป็น 3 ระดับ แสดงด้วยสัญลักษณ์ โดย ✓ = เกินความต้องการ, △ = เพียงพอ, × = ไม่เพียงพอ

7. อภิปรายผล

ผลการจำลองแสงแสดงให้เห็นว่าสภาพแสงภายในโรงเรือนขึ้นอยู่กับสมบัติด้านแสงของวัสดุหลังคาและฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญ โดยการเสื่อมสภาพของวัสดุภายหลังการใช้งาน 2 ปีส่งผลให้ค่า PPFD และ DLI ลดลงประมาณ 2–4% สอดคล้องกับกลไกการเสื่อมสภาพของวัสดุโพลิเมอร์ภายใต้สภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น[8-10] เมื่อพิจารณาชนิดวัสดุ ฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) ให้ระดับแสงสูงกว่าวัสดุโพลีคาร์บอเนต (PC) อย่างต่อเนื่อง สะท้อนความเหมาะสมเชิงออกแบบสำหรับโรงเรือนที่ต้องการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติ โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาวหรือสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ขณะที่วัสดุ PC แม้ให้ระดับแสงเริ่มต้นต่ำกว่า แต่มีความเสถียรด้านการส่งผ่านแสงในระยะยาวมากกว่า จึงเหมาะกับโรงเรือนที่มุ่งเน้นอายุการใช้งานและลดภาระการบำรุงรักษา นอกจากนี้ ผลการจำลองวันที่ 21 ธันวาคมให้ค่า DLI ต่ำกว่าวันที่ 21 มิถุนายนประมาณ 24–26% ในทุกกรณี สะท้อนบทบาทของฤดูกาลในฐานะข้อจำกัดหลักของความเพียงพอของแสง ขณะที่โรงเรือนทรงโค้งช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของแสงและสามารถชดเชยผลของการเสื่อมสภาพของวัสดุหลังคาได้บางส่วน อย่างไรก็ตาม การอภิปรายนี้ยังอิงจากการจำลองแสงและไม่รวมการตอบสนองจริงของพืช

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าวัสดุหลังคาโปร่งแสงมีอิทธิพลโดยตรงต่อระดับ PPFD และ DLI ภายในโรงเรือนปลูกผักสลัด โดยฟิล์มโพลีเอทิลีน (PE) ให้ระดับแสงสูงกว่าโพลีคาร์บอเนต (PC) อย่างสม่ำเสมอ ขณะที่อายุการใช้งานของวัสดุ 2 ปีส่งผลให้ค่า PPFD และ DLI

ลดลงประมาณ 2–4% สะท้อนผลของการเสื่อมสภาพด้านแสงของวัสดุหลังคาและมีนัยต่อการตัดสินใจเชิงออกแบบ การประเมินความเหมาะสมของแสงพบว่าผักสลัดเป็นพืชที่ต้องการแสงระดับปานกลางถึงสูง โดยในฤดูร้อน (21 มิถุนายน) ระดับแสงภายในโรงเรือนมีแนวโน้มสูงกว่าความต้องการภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งและมีเมฆปานกลาง ขณะที่สภาพท้องฟ้ามีเมฆมากให้ระดับแสงอยู่ในช่วงเพียงพอ จึงควรมุ่งจัดการแสงส่วนเกินมากกว่าการเพิ่มแสง ในฤดูหนาว (21 ธันวาคม) ระดับแสงลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ผักสลัดที่มีความต้องการค่า DLI สูง โดยเฉพาะกลุ่ม 3–5 มีแนวโน้มได้รับแสงไม่เพียงพอมากที่สุด ในเชิงการประยุกต์ใช้ การออกแบบควรเลือกชนิดพืช วัสดุหลังคา และรูปทรงโรงเรือนให้เหมาะสมกับฤดูกาล เพื่อรักษาความเพียงพอและความสม่ำเสมอของแสงภายในโรงเรือน สำหรับการศึกษาต่อไป ควรมีการทดลองปลูกจริงร่วมกับปัจจัยด้านอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการนำผลไปใช้ในทางปฏิบัติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Gao, W., He, D., Ji, F., Zhang, S., & Zheng, J. (2020). Effects of daily light integral and LED spectrum on growth and nutritional quality of hydroponic spinach. Agronomy, 10(8), 1082. https://doi.org/10.3390/agronomy10081082

[2] Palmer, S., & van Iersel, M. W. (2020). Increasing growth of lettuce and mizuna under sole-source LED lighting using longer photoperiods with the same daily light integral. Agronomy, 10(11), 1659. https://doi.org/10.3390/agronomy10111659

[3] Matysiak, B., Ropelewska, E., Wrzodak, A., Kowalski, A., & Kaniszewski, S. (2022). Yield and quality of romaine lettuce at different daily light integral in an indoor controlled environment. Agronomy, 12(5), 1026. https://doi.org/10.3390/agronomy12051026

[4] Johnson, R. E., Kong, Y., & Zheng, Y. (2020). Elongation growth mediated by blue light varies with light intensities and plant species: A comparison with red light in arugula and mustard seedlings. Environmental and Experimental Botany, 169, 103898. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103898

[5] Givens, S. R., Del Moro, D. S., Parker, S. E., Renny, A. G., Sams, C. E., & Walters, K. J. (2023). Light intensity during green-leaf butterhead lettuce propagation influences yield and carotenoids at harvest. Horticulturae, 9(2), 223. https://doi.org/10.3390/horticulturae9020223

[6] Shi, M., et al. (2022). Phytochemicals, nutrition, metabolism, bioavailability, and health benefits in lettuce: A comprehensive review. Antioxidants, 11(6), 1158. https://doi.org/10.3390/antiox11061158

[7] Jin, W., Formiga Lopez, D., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (2022). Light use efficiency of lettuce cultivation in vertical farms compared with greenhouse and field. Food and Energy Security, 12(1), e391. https://doi.org/10.1002/fes3.391

[8] Dehbi, A., Mourad, A.-H. I., & Bouaza, A. (2011). Ageing effect on the properties of tri-layer polyethylene film used as greenhouse roof. Procedia Engineering, 10, 466–471. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.079

[9] de Brouwer, H., van den Bogerd, J., & Hoover, J. (2015). Color stability of polycarbonate for optical applications. European Polymer Journal, 71, 558–566. https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2015.08.031

[10] Korkmaz, C., & Tezcan, N. Y. (2025). The temporal variation of some physical and mechanical properties of different polycarbonate greenhouse covering materials and the detection of aging using thermal imaging. Infrared Physics & Technology, 150, 105979. https://doi.org/10.1016/j.infrared.2025.105979

[11] Krit, & Thepa, T. (2014). Reducing the air temperature inside the simple structure greenhouse using roof angle variation. Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2), 136–151. https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001274

[12] Wangkahart, S., et al. (2022). Using greenhouse modelling to identify the optimal conditions for growing crops in northeastern Thailand. Mathematical Modelling of Engineering Problems, 9(6), 1648–1658. https://doi.org/10.18280/mmep.090626

[13] Davoodi, A., Johansson, P., & Enger, J. (2014). Comparison of lighting simulation tools with focus on lighting quality. In Proceedings of the Improving Energy Efficiency in Commercial Building Conference (IEECB'14). http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-24047

[14] Gavhane, K. P., Hasan, M., Singh, D. K., Kumar, S. N., Sahoo, R. N., & Alam, W. (2023). Determination of optimal daily light integral (DLI) for indoor cultivation of iceberg lettuce in an indigenous vertical hydroponic system. Scientific Reports, 13(1), 10923. https://doi.org/10.1038/s41598-023-36997-2

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

อิฐตกแต่งผนังภายในจากเศษวัสดุก่อสร้าง

Decorative Interior Wall Bricks Made from Construction Waste

ปริญญา วงษ์แจ้ง ณัฏฐรี ศรีดารานนท์ และ โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์*

ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

* E-mail: sopa.v@ku.th

บทคัดย่อ

การขยายตัวอย่างต่อเนื่องของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง อันเป็นผลมาจากการขยายตัวของชุมชนเมืองและความต้องการด้านที่อยู่อาศัย ส่งผลให้เกิดปริมาณเศษวัสดุก่อสร้างเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านการจัดการของเสีย การใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างสิ้นเปลือง และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอิฐตกแต่งผนังจากเศษวัสดุก่อสร้าง โดยมุ่งเน้นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เพื่อเพิ่มมูลค่า ลดปริมาณของเสีย และสนับสนุนแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยเศษอิฐมอญ เศษคอนกรีตบล็อก และเศษคอนกรีตมวลเบา ซึ่งนำมาบดให้มีขนาดละเอียดและผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามอัตราส่วนที่แตกต่างกัน จากนั้นนำไปขึ้นรูปเป็นอิฐตกแต่งผนังตัวอย่าง โดยตัวอย่างที่ผลิตได้ถูกนำไปบ่มเป็นระยะเวลา 28 จากนั้นนำไปทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ได้แก่ ค่าความหนาแน่นและค่าการรับกำลังแรงอัด

ผลการทดสอบพบว่าอิฐตกแต่งผนังที่ผลิต เศษอิฐมอญมีค่าความหนาแน่นและค่าการรับกำลังแรงอัดสูงที่สุด และเศษคอนกรีตมวลเบา มีค่าการรับกำลังแรงอัดต่ำที่สุด โดยค่าการรับแรงกำลังอัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความหนาแน่น ในการเปรียบเทียบกับมาตรฐานสำหรับอิฐประดับ (มอก.168-2546) พบว่าก้อนตัวอย่างจากเศษวัสดุทั้ง 3 ชนิด ที่มีอัตราส่วนของเศษวัสดุ : ปูนซีเมนต์ : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 : 2 (โดยปริมาตร) มีค่าการรับกำลังแรงอัดเป็นไปตามมาตรฐาน ($\geq$ 17.0 MPa หรือ 173.4 ksc) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของการนำเศษวัสดุก่อสร้างกลับมาแปรรูปเป็นวัสดุตกแต่งผนังที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสามารถสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมการก่อสร้างในอนาคต

คำสำคัญ: เศษวัสดุก่อสร้าง อิฐตกแต่งผนัง วัสดุคาร์บอนต่ำ วัสดุทางเลือก เทคโนโลยีที่เหมาะสม

Abstract

The continuous expansion of the construction industry, driven by urbanization and increasing housing demand, has led to a significant rise in construction and demolition waste. This has resulted in challenges related to waste management, excessive consumption of natural resources, and environmental impacts. This study aims to develop decorative wall bricks from construction waste materials by emphasizing waste reutilization to add value, reduce waste volume, and support sustainable development in the construction industry.

The materials used in this study include clay brick waste, concrete block waste, and lightweight concrete waste. These materials were crushed into fine particles and mixed with Type I Portland cement at different proportions. The mixtures were then molded into decorative wall brick specimens. All specimens were cured for 28 days before being tested for physical and mechanical properties, including density and compressive strength.

The results indicated that bricks produced from clay brick waste showed the highest density and compressive strength, while those made from lightweight concrete waste showed the lowest compressive strength. A positive correlation between density and compressive strength was observed.

When compared with the standard for decorative bricks (TIS 168-2546), it was found that specimens made from all three types of waste materials with a mix ratio of waste: cement: water equal to 1 : 1 : 2 (by volume) achieved compressive strength values that met the required standard ($\geq$ 17.0 MPa or173.4 ksc). The findings demonstrate the potential of recycling construction waste into environmentally friendly decorative wall materials, contributing to sustainable development in the construction industry.

Keywords: Construction waste, Decorative wall bricks, Low-carbon materials, Alternative materials, Appropriate technology

1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการก่อสร้าง มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากความต้องการของผู้บริโภค การขยายตัวของชุมชนเมือง และการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง ส่งผลให้ความต้องการสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นทั้งในระดับการก่อสร้างขนาดเล็ก และขนาดกลาง การขยายตัวดังกล่าวก่อให้เกิดปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากการก่อสร้างเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งกลายเป็นปัญหาสำคัญด้านการจัดการของเสียและสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ (2563) รายงานการทิ้งเศษวัสดุก่อสร้างในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีเฉลี่ยประมาณวันละ 300 ตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 0.5 ของปริมาณขยะทั้งหมด และเศษวัสดุก่อสร้างดังกล่าวยังไม่ได้รับการจัดการอย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ การนำเศษวัสดุก่อสร้างกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องกำจัด ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และส่งเสริมแนวคิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง (กรมควบคุมมลพิษ, 2563) รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2563 กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีการนำเศษคอนกรีตจากงานรื้อถอนงานก่อสร้าง มาผลิตเป็นคอนกรีตที่ใช้เป็นมวลรวมในวัสดุก่อสร้างประเภทคอนกรีตและผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (Poon & Chan, 2007; Silva et al., 2014) โดยในปัจจุบัน แนวทางการรีไซเคิลเศษคอนกรีตจากการก่อสร้างได้รับความสนใจ และมีการพัฒนาอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้เป็นมวลรวมทดแทนในคอนกรีตและวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ (Tam et al., 2018; Debieb & Kenai, 2008)

ชญาภรณ์ โฆษิตสกุล (2566) พัฒนาแผ่นผนังหินขัดเทอร์ราซโซจากเซรามิกเหลือทิ้ง เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแผ่นผนังสำเร็จรูป โดยพบว่าอัตราการทดแทนมวลรวมที่ทำให้คุณสมบัติด้านกายภาพและความแข็งแรง สามารถนำไปใช้งานจริงได้อยู่ที่ร้อยละ 60 - 80 เปอร์เซ็นต์

Kou และ Poon (2009) ศึกษาคอนกรีตไหลตัวเอง (Self-Compacting Concrete: SCC) ที่ใช้มวลรวมคอนกรีตรีไซเคิล (Recycled Concrete Aggregates: RCA) ทั้งแบบหยาบและแบบละเอียดแทนมวลรวมธรรมชาติ โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ RCA จะส่งผลให้ความสามารถในการไหลตัวและกำลังอัดมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตาม หากมีการออกแบบส่วนผสมและควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อวัสดุ อย่างเหมาะสม คอนกรีตยังคงมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ทั้งในสถานะสดและสถานะแข็งตัว

งานวิจัยดังกล่าวในข้างต้นจะสะท้อนให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของการนำวัสดุเหลือทิ้งจากการก่อสร้างหลากหลายชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยพัฒนาเป็นวัสดุก่อสร้างในรูปแบบต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การนำเศษวัสดุก่อสร้างจากการรื้อถอนอาคารมาพัฒนาเป็นอิฐตกแต่งผนังภายใน โดยเฉพาะการวิเคราะห์ผลของอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกันต่อสมบัติของวัสดุ ยังมีอยู่อย่างจำกัด

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาวัสดุตกแต่งผนัง โดยใช้เศษวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ เศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตซึ่ง นอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์แล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุตกแต่งผนัง ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนของอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ทั้งยังส่งเสริมการใช้วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

2.1 พัฒนาต้นแบบอิฐตกแต่งผนังภายในอาคาร จากเศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา

2.2 ทดสอบเปรียบเทียบคุณสมบัติของอิฐตกแต่งผนังจากเศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา ด้านความหนาแน่น และการรับกำลังแรงอัด ของแผ่นวัสดุตัวอย่างที่มีอัตราส่วนผสมแตกต่างกัน

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 งานวิจัยนี้ใช้เศษวัสดุอิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา จากการก่อสร้างบ้านพักอาศัยขนาดเล็กและ ขนาดกลางในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมลฑลฯ

3.2 ผลิตก้อนตัวอย่างที่มีขนาดความกว้าง x ยาว x ความสูง เท่ากับ 50 x 50 x 50 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้ในการทดสอบค่าการรับกำลังแรงอัด

4. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

4.1 แนวคิดที่เกี่ยวข้อง

กรมโยธาธิการและผังเมือง (2562) อธิบายถึงแนวคิดในการจัดการเศษวัสดุก่อสร้าง ที่มุ่งเน้นการลดปริมาณของเสีย ที่เกิดจากกระบวน การก่อสร้าง รื้อถอน และปรับปรุงอาคาร โดยใช้หลักการ 3R ได้แก่ การลดการใช้ทรัพยากร (Reduce) การนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) และการนำกลับมาแปรรูปใหม่ (Recycle) การนำเศษวัสดุก่อสร้างกลับมารีไซเคิลเป็นวัสดุก่อสร้างใหม่ เช่น อิฐหรือวัสดุตกแต่งผนัง ที่ช่วยลดปริมาณขยะ ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แนวคิดการจัดการเศษวัสดุก่อสร้างตามหลัก 3R ดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนา "อิฐตกแต่งผนังภายใน" ได้อย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในขั้นตอนการนำเศษวัสดุ เช่น เศษอิฐมอญ เศษคอนกรีต หรือเศษวัสดุผนังเดิม มาผ่านกระบวนการบดและคัดขนาดให้เหมาะสมเพื่อใช้เป็นมวลรวมทดแทนในส่วนผสมของวัสดุอิฐตกแต่ง

การดำเนินการดังกล่าวช่วยลดการใช้มวลรวมธรรมชาติ เช่น ทรายและหิน ซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีจำกัด และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้เศษวัสดุก่อสร้างและสนับสนุนแนวทางการพัฒนาวัสดุก่อสร้างอย่างยั่งยืนในบริบทของงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัย

พิชญา บุญญฤทธิ์ (2560) กล่าวถึง การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development) ในอุตสาหกรรมก่อสร้างมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และคำนึงถึงผลกระทบในระยะยาวต่อสังคมและเศรษฐกิจ การพัฒนาวัสดุก่อสร้างจากวัสดุเหลือใช้ถือเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญที่ช่วยสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยเฉพาะการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้ทรัพยากรใหม่การใช้วัสดุทดแทนจากวัสดุเหลือใช้ในงานสถาปัตยกรรม

แนวคิดการใช้วัสดุทดแทนและวัสดุเหลือใช้ในงานก่อสร้างยังเชื่อมโยงกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดตลอดวัฏจักรชีวิตของวัสดุ โดยลดการเกิดของเสียตั้งแต่ต้นทาง และส่งเสริมให้วัสดุสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง แนวทางดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีการใช้ทรัพยากรจำนวนมาก และก่อให้เกิดของเสียในปริมาณสูง การนำเศษวัสดุก่อสร้าง เช่น เศษอิฐ เศษคอนกรีต และวัสดุเหลือใช้ประเภทอื่น มาผ่านกระบวนการบด คัดขนาด และปรับปรุงคุณสมบัติ สามารถพัฒนาเป็นมวลรวมทดแทนในวัสดุก่อสร้างรูปแบบใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในงานสถาปัตยกรรมและวัสดุตกแต่งที่ไม่ต้องรับน้ำหนักมาก ซึ่งเปิดโอกาสให้สามารถใช้วัสดุรีไซเคิลในสัดส่วนที่สูงขึ้น ทั้งนี้ การออกแบบส่วนผสมที่เหมาะสมยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยควบคุมสมบัติด้านความแข็งแรง ความหนาแน่น และความทนทานของวัสดุให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง

ดังนั้น การประยุกต์ใช้วัสดุเหลือทิ้งในรูปแบบของอิฐตกแต่งผนังภายใน จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับทั้งหลักการ 3R และการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยไม่เพียงช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรมใหม่ให้กับวัสดุก่อสร้างในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 การคำนวณค่าความหนาแน่น (Density)

ความหนาแน่น (Density) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่แสดงถึงมวลของวัสดุต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างภายในของวัสดุ โดยวัสดุที่มีความหนาแน่นสูงมักมีช่องว่างภายในน้อย ส่งผลให้มีความแข็งแรงและความต้านทานต่อแรงอัดที่ดีกว่า การคำนวณค่าความหนาแน่นสามารถแสดงได้ตามสมการ

$$P = \frac{m}{V}$$

เมื่อ

P = ความหนาแน่นของวัสดุ (g/cm^3 หรือ kg/m^3)

m = มวลของตัวอย่าง (g หรือ kg)

v = ปริมาตรของตัวอย่างวัสดุ (cm^3 หรือ m^3)

ค่าความหนาแน่นที่ได้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด และใช้เป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ผลการทดลองด้านความแข็งแรงและความทนทานของวัสดุ

4.3 การคำนวณค่าความต้านแรงอัด (Compressive Strength)

ค่าความต้านแรงอัด (Compressive Strength) เป็นสมบัติเชิงกลที่แสดงถึงความสามารถของวัสดุในการรับแรงอัดก่อนเกิดการวิบัติ ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของวัสดุก่อสร้างประเภทอิฐ โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้เป็นผนังหรือวัสดุตกแต่ง

การคำนวณค่าความต้านแรงอัดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f_c = \frac{P}{A}$$

เมื่อ

f = ค่าความต้านทานแรงอัด (kg/cm^2 หรือ Mpa)

P = แรงกดสูงสุดที่กระทำต่อชิ้นงานทดสอบ (kg หรือ N)

A = พื้นที่หน้าตัดของชิ้นงานทดสอบ (cm^2 หรือ mm^2)

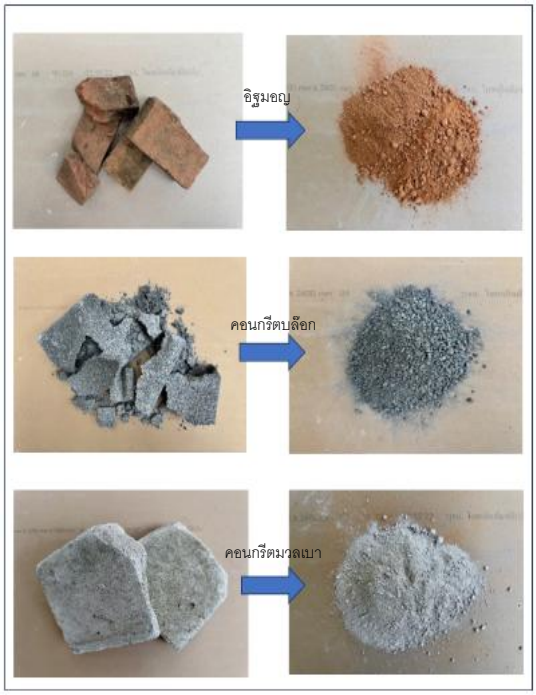
ค่าความต้านแรงอัดที่ได้สามารถนำมาใช้ประเมินความเหมาะสมของวัสดุต่อการใช้งานในเชิงโครงสร้าง

5. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของเศษวัสดุก่อสร้างแต่ละประเภทในการนำกลับมาผลิตเป็นอิฐตกแต่งผนังภายใน โดยการทดสอบค่าความต้านแรงอัดของอิฐตกแต่งผนังดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M-23 ใช้เครื่องทดสอบกำลังอัดโดยเพิ่มแรงกดในอัตราคงที่จนกระทั่งชิ้นทดสอบเกิดการวิบัติ จากนั้นนำค่าแรงสูงสุดที่กระทำต่อชิ้นทดสอบมาคำนวณค่าความต้านแรงอัด เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดสมรรถนะเชิงกลและความเหมาะสมของอิฐตกแต่งผนังต่อการใช้งาน

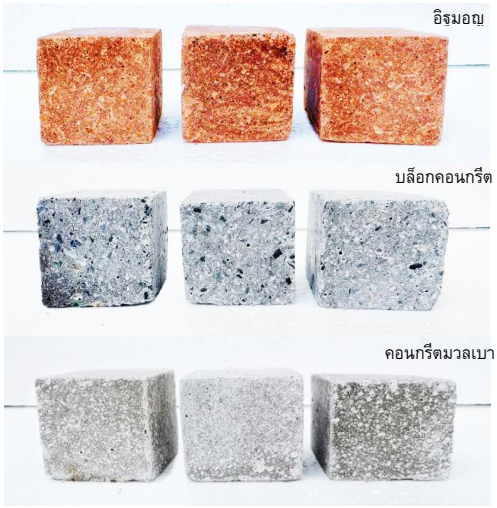
5.1 เก็บรวมรวมเศษวัสดุก่อสร้าง โดยแยกประเภทเศษวัสดุก่อสร้าง ได้แก่ เศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา

5.2 นำเศษวัสดุดังกล่าวมาทำการบดละเอียด และนำมาผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 6 หรือขนาดหินเกล็ด (Fine gravel) ขนาดราว 2–4 มม. (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 เศษวัสดุก่อสร้างบดละเอียด และนำมาผ่านตะแกรงร่อนเบอร์ 6

5.3 นำเศษวัสดุก่อสร้างมาผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ในอัตราส่วนของเศษวัสดุก่อสร้างต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 เป็น 1 : 1 และปรับลดอัตราส่วนปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ลงเหลือ อัตราส่วน 1 : 0.5 และอัตราส่วน 1 : 0.25 โดยปริมาตร และใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ (Water–cement ratio) (โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 0.5 ทำการขึ้นรูปเป็นลูกบาศก์ ที่มีขนาด 5 x 5 x 5 เซนติเมตร จำนวน 27 ตัวอย่าง (ตัวอย่างละ 3 ก้อน) เทส่วนผสมตามอัตราส่วนต่าง ๆ ลงในแม่แบบ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำออกจากแม่แบบ ทิ้งไว้เป็นเวลา 28 วัน ก่อนนำไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานที่ขึ้นรูปเป็นลูกบาศก์ขนาด 50×50×50 มิลลิเมตร

5.4 นำก้อนวัสดุตัวอย่างไปคำนวณหาค่าความหนาแน่น และนำไปทดสอบ ความแข็งแรงด้วย เครื่องทดสอบค่ากำลังอัด (Compressive Strength Testing Machine 20T) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การทดสอบค่ากำลังอัด (Compressive strength)

6. ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

ผลการทดสอบด้านความหนาแน่น และการรับกำลังแรงอัดของวัสดุตัวอย่างจากเศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา ที่มีอัตราส่วนผสมของปูนซีเมนต์ที่แตกต่างกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ผลการทดสอบด้านความหนาแน่น

จากผลการทดสอบความหนาแน่นของวัสดุตัวอย่างที่ผลิตจากเศษวัสดุก่อสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ เศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา ภายใต้อัตราส่วนผสมเศษวัสดุก่อสร้างต่อปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 จำนวน 3 ระดับ คือ 1:1, 1:0.5 และ 1:0.25 (ตารางที่ 1 และรูปที่ 4)

พบว่า ชนิดของวัสดุและอัตราส่วนผสมมีอิทธิพลต่อค่าความหนาแน่นของวัสดุตัวอย่าง โดยเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวประสานลดลง ค่าความหนาแน่นของวัสดุมีแนวโน้มลดลงอย่างเป็นระบบในทุกประเภทวัสดุ

วัสดุที่ใช้เศษอิฐมอญเป็นส่วนผสมให้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม โดยที่อัตราส่วน 1:1 มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 2.85 ± 0.12 g/cm³ และลดลงเป็น 2.36 ± 0.16 และ 1.84 ± 0.11 g/cm³ เมื่อปรับอัตราส่วนผสมเป็น 1:0.5 และ 1:0.25 ตามลำดับ แนวโน้มดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการลดปริมาณตัวประสานส่งผลให้ความสามารถในการยึดเกาะของเนื้อวัสดุลดลง เกิดช่องว่างภายในเพิ่มขึ้น และนำไปสู่การลดลงของค่าความหนาแน่นอย่างชัดเจน

วัสดุจากเศษคอนกรีตบล็อก พบว่าค่าความหนาแน่นเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอื่น โดยมีค่า $2.34 \pm$

0.07 g/cm³ ที่อัตราส่วน 1:1 และลดลงเป็น 1.87 ± 0.02 และ 1.45 ± 0.08 g/cm³ ที่อัตราส่วน 1:0.5 และ 1:0.25 ตามลำดับ ซึ่งแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ ลักษณะเนื้อวัสดุของคอนกรีตบล็อกซึ่งมีโครงสร้างกึ่งพรุน เป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าความหนาแน่นอยู่ระหว่างเศษอิฐมอญและเศษคอนกรีตมวลเบา

วัสดุที่ผลิตจากเศษคอนกรีตมวลเบา พบว่ามีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม โดยมีค่า 1.84 ± 0.05 g/cm³ ที่อัตราส่วน 1:1 และลดลงเป็น 1.54 ± 0.05 และ 1.28 ± 0.06 g/cm³ เมื่อปรับลดปริมาณปูนซีเมนต์ ซึ่งแสดงถึงลักษณะโครงสร้างภายในที่มีความพรุนสูง ส่งผลให้วัสดุมีน้ำหนักเบาและมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้เป็นวัสดุตกแต่งผนังภายใน โดยเฉพาะในงานที่ต้องการลดน้ำหนักโครงสร้างอาคาร

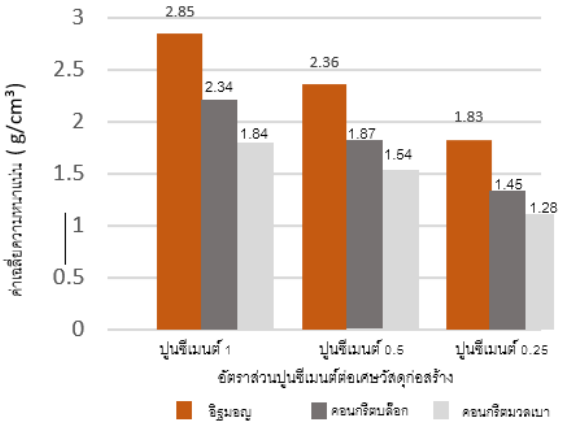
ผลการศึกษาชี้ให้เห็นแนวโน้มค่าความหนาแน่นที่ลดลงตามการลดปริมาณปูนซีเมนต์เนื่องจาก ปูนซีเมนต์ที่ทำหน้าที่ประสานตัวเศษวัสดุมีปริมาณที่ลดลงทำให้การยึดเกาะระหว่างตัวเศษวัสดุ ทำให้ให้เกิดช่องว่างภายในโครงสร้างมากขึ้น โครงสร้างที่มีความพรุนสูงขึ้นดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของวัสดุ โดยเฉพาะค่าการรับกำลังแรงอัด ที่มีแนวโน้มลดลงตามไปด้วย ปริมาณปูนซีเมนต์จึงมีบทบาทสำคัญในการควบคุมโครงสร้างภายในและคุณสมบัติของอิฐตกแต่งผนัง โดยการเลือกสัดส่วนที่เหมาะสมจะช่วยให้วัสดุมีความหนาแน่น ความแข็งแรง และความทนทานที่สอดคล้องกับการใช้งานจริงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่น ของเศษวัสดุก่อสร้างที่มันอัตราส่วนผสมต่อปูนซีเมนต์ (โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 1, 1 : 0.5 และ 1 : 0.25

ชนิดวัสดุตัวอย่าง	อัตราส่วนเศษวัสดุ : ปูนซีเมนต์ โดยปริมาตร	ความหนาแน่น (g/cm³)	ความหนาแน่นเฉลี่ย ± SD (g/cm³)
อิฐมอญ	1 : 1	2.72	2.85 ± 0.12
	1 : 1	2.96	
	1 : 1	2.86	
	1 : 0.5	2.36	2.36 ± 0.16
	1 : 0.5	2.52	
	1 : 0.5	2.21	
	1 : 0.25	1.87	1.84 ± 0.11
	1 : 0.25	1.93	
	1 : 0.25	1.72	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดวัสดุตัวอย่าง	อัตราส่วนเศษวัสดุ : ปูนซีเมนต์ โดยปริมาตร	ความหนาแน่น	ความหนาแน่นเฉลี่ย
คอนกรีตบล็อก	1 : 1	2.42	2.34 ± 0.07
	1 : 1	2.28	
	1 : 1	2.31	
	1 : 0.5	1.89	1.87 ± 0.02
	1 : 0.5	1.86	
	1 : 0.5	1.87	
	1 : 0.25	1.53	1.45 ± 0.08
	1 : 0.25	1.44	
	1 : 0.25	1.38	
คอนกรีตมวลเบา	1 : 1	1.88	1.84 ± 0.05
	1 : 1	1.79	
	1 : 1	1.86	
	1 : 0.5	1.58	1.54 ± 0.05
	1 : 0.5	1.49	
	1 : 0.5	1.54	
	1 : 0.25	1.32	1.28 ± 0.06
	1 : 0.25	1.23	
	1 : 0.25	1.28	



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ของเศษวัสดุก่อสร้างที่มันอัตราส่วนผสมต่อปูนซีเมนต์ (โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 1, 1 : 0.5 และ 1 : 0.25

6.2 ผลการทดสอบด้านการรับกำลังแรงอัด

จากการทดสอบค่าการรับกำลังแรงอัด ของตัวอย่างอิฐที่ผลิตจากเศษวัสดุก่อสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ เศษอิฐมอญ เศษคอนกรีต

บล็อก และเศษคอนกรีตมวลเบา เมื่อชิ้นตัวอย่างมีอายุ 28 วัน (ตารางที่ 2 และรูปที่ 5) ในอัตราส่วนผสมเศษวัสดุต่อปูนซีเมนต์ 3 ระดับ คือ 1:1, 1:0.5 และ 1:0.25 พบว่า ชนิดของวัสดุและอัตราส่วนผสมมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อค่ากำลังอัดของวัสดุ โดยแนวโน้มโดยรวมแสดงให้เห็นว่าเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ลดลง ค่าการรับกำลังแรงอัด เฉลี่ยของวัสดุมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกประเภทวัสดุ

ตัวอย่างวัสดุที่ใช้เศษอิฐมอญเป็นส่วนผสมให้ค่าการรับกำลังแรงอัด เฉลี่ยสูงที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม โดยมีค่าเฉลี่ย 249.17 ± 3.03 ksc ที่อัตราส่วน 1:1 และลดลงเป็น 176.30 ± 5.55 ksc และ 134.43 ± 5.20 ksc ที่อัตราส่วน 1:0.5 และ 1:0.25 ตามลำดับ

ตัวอย่างวัสดุจากเศษบล็อกคอนกรีตมีค่าการรับกำลังแรงอัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 218.63 ± 4.85, 158.47 ± 5.46 และ 122.63 ± 3.76 ksc ตามลำดับ

ตัวอย่างวัสดุจากเศษคอนกรีตมวลเบา พบว่ามีค่าการรับกำลังแรงอัด เฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกอัตราส่วนผสม โดยมีค่า 204.93 ± 3.88, 112.00 ± 6.87 และ 79.27 ± 2.69 ksc ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะโครงสร้างภายในที่มีความพรุนสูง ส่งผลให้ความสามารถในการรับกำลังแรงอัดลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับวัสดุประเภทอื่น

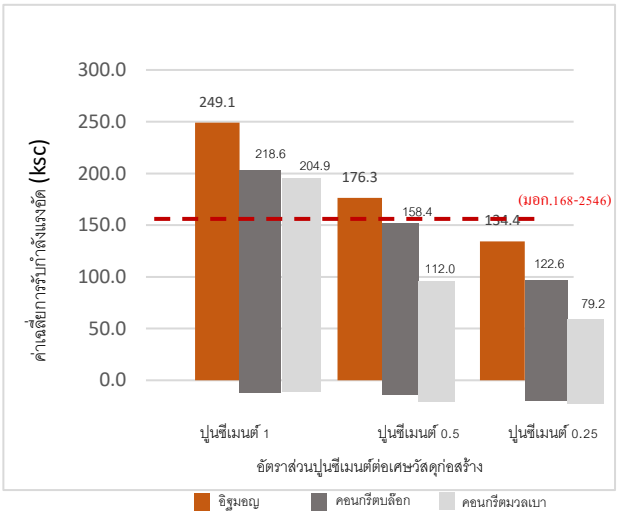
ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าปริมาณปูนซีเมนต์ในส่วนผสมมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนากำลังอัดของวัสดุ เนื่องจากมีผลต่อการยึดประสานและความต่อเนื่องของโครงสร้างภายใน ขณะที่ชนิดของเศษวัสดุก่อสร้างส่งผลต่อสมบัติเชิงกลแตกต่างกัน โดยเศษอิฐมอญมีศักยภาพสูงสุด และเศษคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าการรับกำลังแรงอัดต่ำที่สุด

ตารางที่ 2 ค่าการรับกำลังแรงอัด ของเศษวัสดุก่อสร้างที่มันอัตราส่วนผสมต่อปูนซีเมนต์ (โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 1, 1 : 0.5 และ 1 : 0.25

ชนิดวัสดุตัวอย่าง	อัตราส่วนเศษวัสดุ : ปูนซีเมนต์ โดยปริมาตร	ค่าการรับกำลังแรงอัด (ksc)	ค่าการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ย ± SD (ksc)
อิฐมอญ	1 : 1	252.4	249.17 ± 3.03 ผ่าน มอก. (173.4 ksc)
	1 : 1	248.7	
	1 : 1	246.4	
	1 : 0.5	178.8	176.30 ± 5.55 ผ่าน มอก.
	1 : 0.5	184.3	
	1 : 0.5	173.2	
	1 : 0.25	139.6	134.43 ± 5.20
	1 : 0.25	129.2	
	1 : 0.25	134.5	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ชนิดวัสดุตัวอย่าง	อัตราส่วนเศษวัสดุ : ปูนซีเมนต์ โดยปริมาตร	ค่าการรับกำลังแรงอัด (ksc)	ค่าการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ย ± SD (ksc)
คอนกรีตบล็อก	1 : 1	224.2	218.63 ± 4.85 ผ่าน มอก.
	1 : 1	215.3	
	1 : 1	216.4	
	1 : 0.5	163.4	158.47 ± 5.46
	1 : 0.5	152.6	
	1 : 0.5	159.4	
	1 : 0.25	126.8	122.63 ± 3.76
	1 : 0.25	119.5	
	1 : 0.25	121.6	
คอนกรีตมวลเบา	1 : 1	209.3	204.93 ± 3.88 ผ่าน มอก.
	1 : 1	203.6	
	1 : 1	201.9	
	1 : 0.5	117.5	112.00 ± 6.87
	1 : 0.5	104.3	
	1 : 0.5	114.2	
	1 : 0.25	82.4	79.27 ± 2.69
	1 : 0.25	78.6	
	1 : 0.25	76.8	



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยการรับกำลังแรงอัด ของเศษวัสดุก่อสร้างที่มันอัตราส่วนผสมต่อปูนซีเมนต์ (โดยปริมาตร) เท่ากับ 1 : 1, 1 : 0.5 และ 1 : 0.25

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบความหนาแน่น (Density) และค่าการรับกำลังแรงอัด (Compressive Strength) ของตัวอย่างวัสดุอิฐตกแต่งผนังจากเศษอิฐมอญ อิฐบล็อกคอนกรีต และคอนกรีตมวลเบา พบว่าชนิดของวัสดุมีผลโดยตรงต่อสมรรถนะเชิงกลของอิฐอย่างมีนัยสำคัญ

จากผลการทดสอบค่าการรับกำลังแรงอัดของวัสดุตัวอย่างที่ผลิตจากเศษวัสดุก่อสร้าง 3 ประเภท ได้แก่ เศษอิฐมอญ เศษบล็อกคอนกรีต และเศษคอนกรีตมวลเบา ภายใต้อัตราส่วนผสมเศษวัสดุต่อปูนซีเมนต์ 3 ระดับ คือ 1:1, 1:0.5 และ 1:0.25 พบว่า อัตราส่วนผสมและชนิดของวัสดุมีอิทธิพลโดยตรงต่อค่ากำลังอัดของวัสดุ โดยค่ากำลังอัดมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณปูนซีเมนต์ลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างวัสดุที่ใช้เศษอิฐมอญให้ค่ากำลังอัดเฉลี่ยสูงที่สุด โดยมีค่า 249.17 ± 3.03 ksc (1:1), 176.30 ± 5.55 ksc (1:0.5) ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 168-2546 (173.4 ksc)

ตัวอย่างวัสดุจากเศษคอนกรีตบล็อก ให้ค่าการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ยเท่ากับ 218.63 ± 4.85 ksc (1:1), 158.47 ± 5.46 ksc (1:0.5) และ 122.63 ± 3.76 ksc (1:0.25) โดยพบว่าอัตราส่วน 1:1 สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 168-2546 (173.4 ksc) ได้เพียงอัตราส่วนเดียว ขณะที่อัตราส่วน 1:0.5 และ 1:0.25 มีแนวโน้มอยู่ในระดับใกล้เคียงเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 168-2546

ตัวอย่างวัสดุจากเศษคอนกรีตมวลเบา มีค่ากำลังอัดเฉลี่ย 204.93 ± 3.88 ksc (1:1), 112.00 ± 6.87 ksc (1:0.5) และ 79.27 ± 2.69 ksc (1:0.25) โดยพบว่าเฉพาะอัตราส่วน 1:1 เท่านั้นที่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน มอก. 168-2546 (173.4 ksc) ได้อย่างชัดเจน ส่วนอัตราส่วน 1:0.5 และ 1:0.25 มีค่ากำลังอัดต่ำกว่ามาตรฐาน มอก. 168-2546

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนผสมที่มีปูนซีเมนต์ในระดับสูง (1:1) เป็นสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัสดุทุกประเภทในการให้ค่าการรับกำลังแรงอัดที่ผ่านมาตรฐาน มอก. 168-2546 ขณะที่อัตราส่วน 1:0.5 ยังสามารถใช้งานได้ในบางประเภทวัสดุ เช่น เศษอิฐมอญและเศษบล็อกคอนกรีต ส่วนอัตราส่วน 1:0.25 มีความเหมาะสมจำกัด เนื่องจากค่ากำลังอัดลดลงต่ำกว่ามาตรฐาน

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดวัสดุ พบว่าค่าการรับกำลังแรงกำลังอัดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าความหนาแน่นโดยรวม โดยเรียงลำดับสมรรถนะการรับกำลังแรงกำลังอัดจากมากไปน้อย คือ อิฐมอญ อิฐบล็อกคอนกรีต และคอนกรีตมวลเบา

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นศักย์ภาพในการนำเศษวัสดุก่อสร้างไปพัฒนาเป็นอิฐตกแต่งผนังได้ ในการต่อยอดงานวิจัยและการนำไปใช้ในเชิงพานิชย์ ควรศึกษาการปรับอัตราส่วนผสม โดยการผสมเศษวัสดุก่อสร้างทั้ง 3 ชนิดเข้าด้วยกันในอัตราส่วนเท่ากัน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2548). *สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2548*. สืบค้นจาก http://www.pcd.go.th

[2] กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2562). *มาตรฐานงานก่อสร้างอาคาร*. กระทรวงมหาดไทย.

[3] กวี หวังนิเวศน์กุล, & เสกสรร ปัญญางาม. (2556). การจัดการขยะที่เกิดจากการก่อสร้างรถไฟฟ้า (มุมมองของฝ่ายผู้รับจ้าง). *วารสารวิชาการและงานวิจัย มทร.พระนคร, 7*(1).

[4] จิรานุวัฒน์ จันทร์จร. (2545). *การศึกษาแนวทางการจัดการเศษวัสดุก่อสร้างในประเทศไทย* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ).

[5] ชญาภรณ์ โฆษิตสกุล. (2566). *การพัฒนาแผ่นผนังไมโครเทอร์ราซโซที่ผสมเศษเซรามิกเหลือทิ้งเพื่อประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรม* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

[6] โชคดี ยี่แพร่. (2554). *การจัดการขยะจากการก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการบริหารงานก่อสร้าง, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีปทุม).

[7] ปฏิคม ฟุ้งญาณวัฒน์. (2554). *การจัดการของเสียในงานก่อสร้างอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษาโครงการบ้านแสนงาม อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์).

[8] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). *มอก. 168-2546: อิฐประดับ*. กระทรวงอุตสาหกรรม.

[9] ASTM International. (2023). *ASTM C39/C39M-23: Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*. ASTM International.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

แนวทางการพัฒนาอิฐบล็อกผนังเชิงสถาปัตยกรรมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

Development Guidelines for Architectural Wall Blocks in Tropical Climate

พัชรินทร์ มณีรัตน์ อานนท์ อนันต์อาชา และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

อิฐบล็อกหรือบล็อกผนังเป็นวัสดุก่อสร้างที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากความสะดวกในการก่อสร้างและต้นทุนที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการพัฒนาบล็อกผนังในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นด้านสมรรถนะเชิงโครงสร้างและความประหยัดเป็นหลักส่งผลให้ศักยภาพด้านรูปแบบ การจัดองค์ประกอบ และการประยุกต์ใช้เชิงสถาปัตยกรรมยังถูกใช้ประโยชน์อย่างจำกัด การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์แนวทางการพัฒนาบล็อกผนังในฐานะองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมโดยมุ่งค้นคว้าบล็อกผนังที่สมควรได้รับการพัฒนาในด้านใดบ้างเพื่อให้สามารถรองรับทั้งข้อจำกัดด้านการก่อสร้าง เศรษฐศาสตร์และคุณค่าทางสถาปัตยกรรมในบริบทอาคารเขตร้อน โดยการดำเนินการด้วยวิธีการวิจัยเอกสาร ทบทวนบทความวิชาการ งานวิจัย และกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับบล็อกผนังและระบบผนังอาคารในงานสถาปัตยกรรมร่วมสมัย จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบด้านคุณสมบัติวัสดุ รูปแบบทางกายภาพ วิธีการจัดเรียง การใช้งาน และต้นทุนการลงทุน เพื่อนำไปสู่การประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของบล็อกผนังที่มีจำหน่ายทั่วไป

โดยผลการศึกษาพบว่าแนวทางการพัฒนาบล็อกผนังสามารถจำแนกออกเป็น 5 ด้านหลัก ๆ คือ 1) ด้านคุณสมบัติวัสดุและสมรรถนะที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศเขตร้อน 2) ด้านราคาและระดับการลงทุนซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความเป็นไปได้ในการใช้งานจริง 3) ด้านขนาด สัดส่วนที่มีผลต่อการก่อสร้างและยืดหยุ่นในการออกแบบ 4) ด้านรูปแบบและการจัดเรียงองค์ประกอบซึ่งส่งเสริมคุณค่าทางสถาปัตยกรรมและภาพลักษณ์อาคาร 5) ด้านการใช้งานและปัจจัยอื่น ๆ เช่น การระบายอากาศ แสงธรรมชาติ การบำรุงรักษา โดยแนวทางดังกล่าวสามารถใช้เป็นกรอบการพัฒนาและออกแบบบล็อกผนังให้เหมาะสมกับอาคารในบริบทเขตร้อนและสนับสนุนการประยุกต์ใช้บล็อกผนังในฐานะองค์ประกอบสถาปัตยกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อิฐบล็อก บล็อกผนัง คอนกรีตบล็อก สถาปัตยกรรมเขตร้อน

Abstract

Wall blocks, or concrete blocks, have been widely used in architectural construction due to their standardized production, ease of installation, and cost- effectiveness. However, their development has traditionally emphasized structural performance and economic efficiency, resulting in limited exploration of architectural form, spatial potential, and design adaptability. This study examined the origins, design concepts, and typologies of wall blocks used in construction, with particular attention given to physical form, material characteristics, and assembly configurations**.** The research analyzed the role of wall blocks as architectural elements that influence spatial organization, visual expression, and functional performance**.**

The methodology was based on a comprehensive literature review and an analysis of selected architectural case studies, together with an assessment of the limitations identified in commercially available wall block products. The findings indicated that development guidelines for wall blocks could be categorized into five key aspects, material performance suitability, cost efficiency, dimensional appropriateness, form and compositional arrangement, and functional application along with related design considerations. These aspects demonstrated clear potential for application as building wall components capable of responding to both architectural and environmental requirements**.** Based on these findings, the study proposed a conceptual framework for advancing wall block design beyond conventional structural applications toward enhanced architectural relevance and adaptability.

Keywords: wall block, Concrete block, Concrete masonry block, Tropical architecture

1. บทนำ

อิฐบล็อกหรือบล็อกผนัง (Wall Block) เป็นวัสดุก่อสร้างที่มีพัฒนาการโดยสามารถนำมาใช้งานอย่างต่อเนื่องในงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากเป็นวัสดุสำเร็จรูปที่สามารถผลิตในรูปแบบมาตรฐาน มีความสะดวกในการก่อสร้าง และมีต้นทุนต่ำที่เหมาะสมต่อการใช้งานในอาคารหลากหลายประเภทตั้งแต่อาคารพักอาศัยไปจนถึงอาคารสาธารณะ โดยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาการพัฒนาบล็อกผนังส่วนใหญ่มุ่งเน้นด้านโครงสร้าง ความแข็งแรง และการลดต้นทุนการก่อสร้างเป็นหลักส่งผลให้มิติด้านรูปแบบทางสถาปัตยกรรมการจัดองค์ประกอบของช่องว่างและศักยภาพในการประยุกต์ใช้เชิงออกแบบยังไม่ได้รับการพัฒนาอย่างเต็มที่

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาประเภทและคุณสมบัติของอิฐบล็อกผนังที่มีจำหน่ายทั่วไป

2.2 เพื่อวิเคราะห์เชิงแนวคิด (Conceptual analysis) ด้านรูปแบบ การระบายอากาศ และความร้อน

2.3 เพื่อสังเคราะห์แนวทางการพัฒนาอิฐบล็อกเชิงสถาปัตยกรรม

3. ขอบเขตของการศึกษา

3.1 เป็นการวิจัยเชิงเอกสารและการสังเคราะห์เปรียบเทียบ

3.2 ไม่มีการทดลองภาคสนามหรือทดสอบเชิงโครงสร้าง

การศึกษาโดยทบทวนเอกสารและตัวอย่างกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาบล็อกผนังในงานสถาปัตยกรรมรวมถึงการวิเคราะห์รูปแบบเรขาคณิตและการจัดวางบล็อกผนังที่ส่งผลต่อการใช้งาน พื้นที่ภาพลักษณ์ของอาคาร และศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น โดยคำนึงถึงประเด็นด้านความร้อนและการระบายอากาศในฐานะเงื่อนไขประกอบของการออกแบบ ผลการศึกษาคาดว่าสามารถสังเคราะห์แนวทางการออกแบบและพัฒนาบล็อกผนังที่ตอบสนองต่อทั้งมิติทางสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างจริง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบผนังสำหรับอาคารในบริบทปัจจุบันและอนาคต [1-2]

4. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บล็อกผนังหรืออิฐบล็อกเป็นวัสดุก่อสร้างที่ทำจากปูนซีเมนต์ผสมทรายเพื่อนำมาประกอบเป็นกำแพงหรือส่วนต่างๆ ของอาคารมีรูตรงกลางทำให้มีน้ำหนักเบาและติดตั้งง่าย บล็อกผนังมีความแข็งแรงทนทาน และมีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน เช่น ผนังรับน้ำหนัก ผนังตกแต่งหรือกำแพงกันดิน [3] มีคุณสมบัติเด่นคือ แข็งแรงทนทาน ราคาถูก มีจำหน่ายตามท้องตลาด ทำงานง่าย เหมาะสำหรับงานก่อผนังทั่วไป ผนังกั้นห้อง มีหลายขนาดให้เลือกตามมาตรฐาน มอก. 58-2560 ขนาดที่นิยมใช้ เช่น 7x19x39 ซม. 9x19x39 ซม. 19x19x39 ซม. 9x19x19 ซม. และรูปแบบอื่น ๆ โดยวัสดุและรูปแบบบล็อกผนังที่ตอบสนองต่อบริบทภูมิอากาศเขตร้อนชื้น [4] ซึ่งยังมีข้อจำกัดบางส่วนจากการใช้งานประเภทต่าง ๆ

จากการทบทวนงานวิจัยของ Shinohara (2023) ซึ่งศึกษาการพัฒนารูปแบบบล็อกผนังเจาะช่องลม (Breeze blocks) ในฐานะองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อรูปแบบ วัสดุ และการระบายอากาศ [5] รวมถึงกรณีศึกษาโครงการสถาปัตยกรรมในประเทศโคลอมเบียที่ประยุกต์ใช้บล็อกคอนกรีตเจาะช่องลม (Perforated Concrete Units) เพื่อส่งเสริมการไหลเวียนอากาศตามธรรมชาติและลดการรับความร้อนจากผนังด้านทิศตะวันตกอย่างมีประสิทธิภาพ [6, 9] พบว่าวัสดุและระบบผนังดังกล่าวสะท้อนแนวคิดการออกแบบที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศเขตร้อนอย่างชัดเจน โดยการวิเคราะห์เอกสารและกรณีศึกษาข้างต้นสามารถจำแนกแนวคิดหลักจากวัสดุและระบบผนังและเสนอแนะออกเป็น 2 แนวคิดสำคัญได้แก่

- แนวคิดผนังโปร่งและการระบายอากาศ (Permeable Wall and Natural Ventilation Concept) ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบช่องเปิดรูปแบบบล็อก และการจัดเรียงองค์ประกอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทอากาศและลดการสะสมความร้อน

- แนวคิดการออกแบบแบบธรรมชาติในเขตร้อนชื้น (Passive Design in Hot–Humid Climate) ซึ่งใช้รูปแบบผนังเป็นเชิงกลควบคุมสภาพแวดล้อมภายในอาคารโดยลดการพึ่งพาพลังงานจากระบบไฟฟ้าและเครื่องกลเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานตามธรรมชาติ

โดยแนวคิดทั้งสองประการนี้ได้มาจากการสังเคราะห์ผลการทบทวนงานวิจัยและกรณีศึกษาทางสถาปัตยกรรม ทั้งนี้ในเชิงสถาปัตยกรรม บล็อกผนังระบายอากาศยังถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สามารถรวมทั้งการตกแต่งภายนอก (Façade aesthetics) และเชิงความร้อน ระบายอากาศได้ พร้อมทั้งลดความซับซ้อนของระบบและเพิ่มคุณภาพอากาศภายใน (Indoor air quality) [7] และจากงานวิจัยของ Zhang et al. (2023) ที่ศึกษาช่องอาคารแบบให้อากาศไหลผ่าน (Air-permeable Building Envelopes: APBEs) พบว่า ผนังที่มีการไหลผ่านของอากาศภายในเนื้อวัสดุหรือผ่านช่องว่างที่ออกแบบไว้ สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (U-value) ได้อย่างมีนัยสำคัญ พร้อมทั้งมีประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองมากกว่า 90% [8, 14] แนวคิดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการพัฒนาบล็อกผนังระบายอากาศ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและคุณภาพอากาศภายในอาคาร



รูปที่ 1 บล็อกผนังหรืออิฐบล็อกคอนกรีตตามท้องตลาด [10]



รูปที่ 2 ผนังบล็อกช่องลมอาคารที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด [10]

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยในงานวิจัยนี้ดำเนินการโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 สำรวจเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

5.2 จัดกลุ่มประเภทและข้อมูลของอิฐบล็อก

5.3 วิเคราะห์และเปรียบเทียบเชิงแนวคิดด้านต่าง ๆ

5.4 เสนอแนะแนวทางการพัฒนาอิฐบล็อก

จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานที่มาและปัญหาเดิมของบล็อกผนัง ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าสามารถจำแนกประเภทของบล็อกคอนกรีตออกเป็น 6 ประเภทหลัก ได้แก่

- อิฐบล็อกกลวงไม่รับน้ำหนัก
- อิฐบล็อกกลวงรับน้ำหนัก
- อิฐบล็อกตัน
- อิฐบล็อกเจาะช่องลม
- อิฐบล็อกสมรรถนะเฉพาะ
- อิฐบล็อกเชิงสถาปัตยกรรม

ซึ่งแต่ละประเภทมีข้อจำกัดและศักยภาพในการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกัน ทั้งด้านโครงสร้าง เศรษฐศาสตร์ และการออกแบบอาคารในบริบทเขตร้อน

ตารางที่ 1 คุณสมบัติอิฐบล็อกคอนกรีต กลุ่มตัวอย่างในท้องตลาด [11]

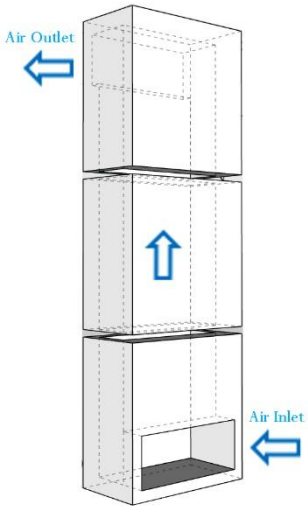
อิฐบล็อกคอนกรีตทั่วไป และแบบมีช่องกลวง
7 ซม. ~0.436 W/m·K
9 ซม. ~0.456 W/m·K
อิฐคอนกรีตบล็อกตันชนิดเบา มีเนื้อแน่นกว่า ดูดซึมน้ำต่ำ เป็นฉนวนที่ดีกว่า
อิฐเบา ค่า K ต่ำ (เช่น 0.19 W/m·K)
อิฐตันทั่วไป: ค่า K > 1 W/m·K (สะสมความร้อนสูงกว่า)
อิฐบล็อก Hollow Block
9x19x39 ซม.: 0.1780 ± 0.014 W/m·K
14x19x39 ซม.: 0.1530 ± 0.027 W/m·K
19x19x39 ซม.: 0.1133 ± 0.047 W/m·K

อิฐบล็อกคอนกรีตทั่วไปทั้งชนิดตันและชนิดมีช่องกลวง มีค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity: k หรือ K) แตกต่างกันตามความหนาและโครงสร้างภายในวัสดุ โดยอิฐบล็อกคอนกรีตที่มีความหนา 7 ซม. มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.436 W/m·K ขณะที่ความหนา 9 ซม. มีค่าการนำความร้อนประมาณ 0.456 W/m·K ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความหนาที่เพิ่มขึ้นเพียงอย่างเดียวไม่จำเป็นต้องส่งผลให้สมรรถนะด้านฉนวนความร้อนดีขึ้นเสมอไป หากโครงสร้างภายในวัสดุยังคงมีการสะสมความร้อนสูง ในขณะที่อิฐคอนกรีตบล็อกตันชนิดเบาซึ่งมีเนื้อวัสดุแน่นสม่ำเสมอและมีอัตราการดูดซึมน้ำต่ำ แสดงสมรรถนะด้านการเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่า โดยอิฐเบามีค่าการนำความร้อนต่ำประมาณ 0.19 W/m·K เมื่อเปรียบเทียบกับอิฐตันทั่วไป ซึ่งมีค่าการนำความร้อนมากกว่า 1 W/m·K และมีแนวโน้มสะสมความร้อนสูงกว่า สำหรับอิฐบล็อกคอนกรีตชนิดมีช่องกลวง (Hollow Block) พบว่าขนาดของบล็อกมีผลโดยตรงต่อค่าการนำความร้อน โดยอิฐบล็อกขนาด 9 × 19 × 39 ซม. มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 0.1780 ± 0.014 W/m·K ขณะที่ขนาด 14 × 19 × 39 ซม. มีค่า 0.1530 ± 0.027 W/m·K และ ขนาด

19 × 19 × 39 ซม. มีค่าต่ำสุดที่ 0.1133 ± 0.047 W/m·K ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาตรช่องว่างอากาศภายในบล็อกมีบทบาทสำคัญในการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง

จากตารางที่ 1 ค่าจากเอกสารอ้างอิงผลการศึกษาสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผนังอาคาร โดยอาศัยหลักการพาความร้อน (Convection) ควบคู่กับการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง เพื่อจำลองสมรรถนะของผนังคอนกรีตบล็อกในลักษณะผนังระบายอากาศ และใช้เป็นกรอบในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนผ่านผนังคอนกรีตบล็อกตามสมมุติฐานการวิจัย โดยมุ่งเน้นการลดอุณหภูมิภายในอาคารด้วยกลไกการพาความร้อน การใช้ลมและการระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural ventilation) ร่วมกับแนวคิดการออกแบบอาคารแบบพึ่งพาสภาพแวดล้อม (Passive design) ในเขตร้อนชื้น (Tropical zone) มีบทบาทสำคัญในการขยายขอบเขตของช่วงสภาวะน่าสบาย (Comfort zone) ของผู้อยู่อาศัย โดยการระบายอากาศที่เหมาะสมไม่เพียงช่วยลดภาระความร้อนของอาคารเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคารด้านสุขอนามัย เช่น การลดกลิ่นไม่พึงประสงค์ การลดความเข้มข้นของจุลชีพในอากาศ การลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการระบายความชื้นส่วนเกินภายในอาคาร [6]

อีกแนวทางบล็อกผนังที่มีช่องระบายอากาศ (Hollow-block ventilated wall) ได้รับการศึกษาในงานวิจัยว่าเป็นแนวทางลดภาระความร้อนในอาคาร โดยอากาศภายนอกถูกพัดผ่านช่องว่างในบล็อกซึ่งช่วยแลกเปลี่ยนความร้อนกับมวลผนังทำให้ลดอุณหภูมิที่ผิวภายในได้อย่างมีนัยสำคัญ [12] โดยจากรูปที่ 3 แนวคิดพัฒนาบล็อกผนังระบายอากาศ



รูปที่ 3 แนวทางการลดความร้อนระบายอากาศผ่านช่องในอิฐบล็อก

ตารางที่ 2 แนวทางการเลือกใช้อิฐบล็อกแต่ละประเภท [11]

การเลือกใช้อิฐบล็อกแต่ละประเภท และความหนา
อิฐบล็อก 7 ซม. ธรรมดา ตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไปขนาดจริงความหนาแค่ 6.5 ซม. ไม่ได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรมผนังเปลือกบล็อกจึงบางมาก น้ำหนักเบา เพื่อลดต้นทุนให้มากที่สุด ใช้กับงานผนังทั่วไป ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น ผนังรั้วบ้าน ผนังกั้นห้องภายในบ้าน แบบหล่อฐานราก
อิฐบล็อก 7 ซม มอก. หรือที่เรียกกันว่าคอนกรีตบล็อกนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ มอก.57-2560 และ มอก.58-2560
มอก.57-2560 เป็นผนังคอนกรีตรับน้ำหนัก ใช้สำหรับผนังภายนอกหรือภายในอาคาร ที่คำนวณโครงสร้างให้ผนังคอนกรีตบล็อกรับน้ำหนักด้วยคอนกรีตบล็อกมาตรฐานซึ่งมีความแข็งแรงมากรับน้ำหนักได้มากกว่า 50 -100 ตัน ต่อ 1 ก้อนขึ้นอยู่กับความหนาของอิฐบล็อกที่เลือกใช้ ผนังอาคารที่เลือกใช้ ส่วนใหญ่เป็นงานราชการขนาดใหญ่ เช่น ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน ผนังอาคารผู้โดยสารสนามบิน ผนังอาคารห้องเครื่อง
ในแต่ละมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก.ยังแบ่งออกเป็นควบคุมความชื้นและไม่ควบคุมความชื้นซึ่งถ้าควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายนอกที่ต้องโดนฝน แดด สภาพอากาศต่างๆ ซึ่งส่วนไม่ควบคุมความชื้นเหมาะกับผนังภายในอาคารที่ไม่โดนสภาพอากาศภายนอก
อิฐบล็อก 9 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงาน อาคารเก็บของขนาดเล็ก อาคารสินค้าหรือ รั้วกำแพงที่ต้องการความแข็งแรงสูง
อิฐบล็อก 14 ซม. เหมาะสำหรับผนังโรงงานอาคารที่ต้องการความแข็งแรงสูงป้องกันผนังจากการกระทบกับเครื่องจักร เช่น ผนังโรงสี ผนังอาคารเก็บสินค้าขนาดใหญ่ ตัวอย่างเช่น ผนังอาคารคลังสินค้าและผนังอาคารสนามบิน
อิฐบล็อก 19 ซม. เป็นอิฐบล็อกขนาดมาตรฐานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดสำหรับผนังที่ต้องการความแข็งแรงสูงสุดใช้ในผนังบ้านหรือผนังอาคารที่ก่อสร้างโดยไม่ใช่เสาตัวอย่าง ผนังอาคารรถไฟฟ้าใต้ดิน
อิฐคอนกรีตตัน (Solid Concrete Block) หรืออิฐฟาสต์บริค (Fast Brick) ใช้ทดแทนผนังอิฐมอญซึ่งต้นทุนสูงขึ้นตรงข้ามกับคุณภาพที่ต่ำลงเนื่องจากวัตถุดิบที่ทำเชื้อเพลิงมีราคาแพงขึ้นฟาสต์บริคจึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทดแทนอิฐมอญผลิตจากคอนกรีตคุณภาพสูงทึบทั้งก้อนบ่มในห้องบ่มอุณหภูมิสูงผนังที่ได้ จึงมีคุณภาพที่สูงกว่าอิฐมอญใช้กับผนังภายในบ้าน อาคาร คอนโดมิเนียม ตัวอย่างโครงการที่ใช้ผนังกั้นห้องโรงแรม

6. ผลการศึกษา

ผลการศึกษานี้เป็นการสังเคราะห์เชิงแนวคิดโดยผลวัสดุผนังชนิดอิฐบล็อกที่นิยมเลือกใช้วัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาดสามารถจำแนกแนวทางการพัฒนาอิฐบล็อกออกเป็น 5 ด้านดังนี้

6.1 ความเหมาะสมด้านคุณสมบัติวัสดุ

อิฐบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มีความหนาแน่นของเนื้อคอนกรีตค่อนข้างต่ำ และมีผิวสัมผัสที่มีลักษณะรูพรุน ส่งผลให้เกิดปัญหาการซึมผ่านของน้ำ โดยเฉพาะในกรณีการใช้งานแบบผิวเปลือยโดยไม่ฉาบปูนทับ ดังนั้น แนวทางการพัฒนาวัสดุควรมุ่งเน้นการเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อวัสดุและการปรับปรุงคุณภาพผิวคอนกรีต เพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ ควบคู่กับการเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานของวัสดุในระยะยาว

6.2 ความเหมาะสมด้านราคา

เมื่อเปรียบเทียบราคาอิฐบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาด พบว่ายังอยู่ในระดับไม่สูงมากนัก อย่างไรก็ตามการพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรให้ความสำคัญกับการเพิ่มสมรรถนะของอิฐบล็อกภายใต้ระดับราคาเดิม โดยอาศัยการปรับปรุงกระบวนการผลิต การออกแบบให้ใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ และการบริหารจัดการต้นทุนที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มความคุ้มค่าในการใช้งานโดยไม่เพิ่มภาระด้านต้นทุนการก่อสร้าง

6.3 ความเหมาะสมด้านขนาด

อิฐบล็อกบางประเภทมีขนาดที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) และไม่สัมพันธ์กับขนาดมาตรฐานของโครงสร้างวงกบประตูและหน้าต่าง ส่งผลให้เกิดการตัดแต่งอิฐบล็อกหน้างานและก่อให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการก่อสร้าง และการควบคุมคุณภาพ ดังนั้นควรมีการปรับปรุงขนาดอิฐบล็อกให้เป็นไปตามมาตรฐาน โดยแยกประเภทการใช้งานระหว่างอิฐบล็อกชนิดฉาบผิวและชนิดผิวเปลือย ทั้งนี้ การเลือกใช้ขนาดที่เหมาะสมจะช่วยลดปริมาณขยะจากการก่อสร้าง เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานหน้างาน และลดระยะเวลาในการก่อสร้าง

6.4 ความเหมาะสมด้านรูปแบบ

อิฐบล็อกในท้องตลาดส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการออกแบบโดยคำนึงถึงการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องกลวงภายในบล็อกอย่างเพียงพอ ส่งผลให้สมรรถนะด้านการป้องกันความร้อนของผนังอาคารยังมีข้อจำกัด ดังนั้น ควรพัฒนารูปทรงและโครงสร้างภายในของอิฐบล็อกให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการนำความร้อน (Conduction Heat Transfer) ผ่านผนังอาคาร เช่น การปรับรูปแบบช่องกลวงหรือการเพิ่มองค์ประกอบภายในที่ช่วยชะลอการถ่ายเทความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับบริบทของภูมิอากาศร้อนชื้น

6.5 ความเหมาะสมด้านการใช้งานและด้านอื่น ๆ

อิฐบล็อกควรได้รับการพัฒนาให้สามารถตอบสนองการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบผนังที่สามารถนำแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคาร และส่งเสริมการระบายอากาศตามธรรมชาติ การออกแบบอิฐบล็อกในลักษณะดังกล่าวจะช่วยยกระดับคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ลดการพึ่งพาพลังงาน การปล่อยคาร์บอนต่ำ และสนับสนุนแนวคิดการออกแบบอาคารอย่างยั่งยืน (Sustainable Design)

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าอิฐบล็อกที่มีจำหน่ายในท้องตลาดยังมีศักยภาพในการพัฒนาในหลายมิติ ทั้งด้านคุณสมบัติวัสดุ ราคา ขนาด รูปแบบ และการใช้งาน การพัฒนาอิฐบล็อกอย่างเป็นระบบและสอดคล้องกับบริบทด้านสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม จะช่วยยกระดับสมรรถนะของวัสดุผนังให้เหมาะสมกับการใช้งานในอาคารเขตร้อนชื้น และตอบสนองแนวคิดการออกแบบอาคารอย่างยั่งยืนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์อิฐบล็อกหรือบล็อกผนัง ซึ่งจัดเป็นวัสดุสำเร็จรูปที่มีความคุ้มค่าในด้านต้นทุน มีความสะดวกและรวดเร็วในการก่อสร้าง พบว่าวัสดุประเภทนี้มีศักยภาพในการพัฒนาและประยุกต์ใช้งานได้อย่างหลากหลาย ทั้งในมิติด้านโครงสร้าง สถาปัตยกรรม และสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ความเหมาะสมในการเลือกใช้อิฐบล็อกควรพิจารณาควบคู่กับการกำหนดระยะในแบบก่อสร้างหรือหน้างานให้สอดคล้องกับขนาดของวัสดุตามแนวคิดระบบประสานทางพิกัด (Modular System) เพื่อช่วยลดการตัดแต่งวัสดุหน้างาน ลดปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้ง และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้าง

ในด้านการใช้งานอิฐบล็อกที่นำมาใช้เป็นผนังอาคารควรมีการแต่งผิวหรือฉาบผิว เพื่อเพิ่มความเรียบร้อยด้านสุนทรียภาพและลดปัญหาการซึมผ่านของน้ำ โดยเฉพาะในกรณีการใช้งานแบบผิวเปลือย สำหรับการใช้งานเป็นผนังรับน้ำหนัก ควรเลือกอิฐบล็อกที่มีความหนาและกำลังรับแรงที่เหมาะสม รวมถึงสามารถออกแบบให้เทกรอกคอนกรีตเสริมภายในช่องกลวงเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างได้

ในมิติด้านการป้องกันความร้อนอิฐบล็อกหรือบล็อกผนังสามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์จากช่องว่างอากาศ (Air gap) ภายในบล็อกซึ่งทำหน้าที่เป็นฉนวนความร้อนตามธรรมชาติ และสามารถส่งเสริมกลไกการพาความร้อน (Convection) เพื่อช่วยระบายอากาศและลดการสะสมความร้อนภายในอาคาร อันสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบอาคารแบบธรรมชาติ (Passive design) ที่เหมาะสมกับบริบทภูมิอากาศร้อนชื้น

จากผลการศึกษาสามารถสังเคราะห์เป็นแนวทางการพัฒนาสำหรับผู้ผลิตผลิตภัณฑ์และผู้ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ด้านคุณสมบัติวัสดุ ผู้ผลิตควรให้ความสำคัญกับการเพิ่มความหนาแน่นของเนื้อคอนกรีตและการปรับปรุงคุณภาพผิววัสดุ เพื่อเพิ่มความสามารถในการป้องกันการซึมผ่านของน้ำ โดยเฉพาะกรณีอิฐบล็อกที่ออกแบบให้ใช้งานแบบผิวเปลือยโดยไม่ฉาบปูนทับอีกชั้น

- ด้านราคาและความคุ้มค่า แม้อิฐบล็อกในท้องตลาดจะมีราคาที่ยังไม่สูงมากนัก แต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ควรมุ่งเน้นการเพิ่มสมรรถนะของวัสดุภายใต้ระดับราคาเดิม ผ่านการปรับปรุงกระบวนการผลิตและการบริหารต้นทุน เพื่อเพิ่มความคุ้มค่าในการใช้งานโดยไม่เพิ่มภาระต้นทุนแก่ผู้ใช้งาน

- ด้านขนาดและมาตรฐาน ควรปรับขนาดอิฐบล็อกให้สอดคล้องกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.57-2560 และ มอก. 58-2560) และสัมพันธ์กับระบบโครงสร้างผนัง รวมถึงขนาดมาตรฐานของวงกบประตูและหน้าต่าง พร้อมทั้งแยกประเภทการใช้งานระหว่างอิฐบล็อกชนิดฉาบผิวและชนิดผิวเปลือยอย่างชัดเจน แนวทางดังกล่าวจะช่วยลดการตัดแต่งวัสดุหน้างาน ลดปริมาณขยะจากการก่อสร้าง และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการก่อสร้างโดยรวม

- ด้านรูปแบบและสมรรถนะเชิงความร้อน ผู้ผลิตควรพัฒนารูปแบบและโครงสร้างภายในของอิฐบล็อกให้สามารถลดการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีธรรมชาติ โดยอาศัยการออกแบบช่องกลวงเดิมหรือองค์ประกอบภายในที่ช่วยลดการนำความร้อน และส่งเสริมการพาความร้อนอย่างเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น

- ด้านการใช้งานและคุณภาพสภาพแวดล้อมอาคาร ควรส่งเสริมการพัฒนาอิฐบล็อกสำเร็จรูปที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบผนังที่เอื้อต่อการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคาร และสนับสนุนการระบายอากาศตามธรรมชาติ เพื่อยกระดับคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร และสอดรับกับแนวคิดการออกแบบอาคารอย่างยั่งยืน

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ธนา อนันต์อาชา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อานนท์ อนันต์อาชา อาจารย์ที่ปรึกษาในการศึกษาวิจัย และนักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ รวมถึงผู้สนับสนุนแหล่งข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Musa, K. A., Abu Bakar, B. H., & Abd Manan, T. S. (2022). A review on masonry hollow block walls: Materials and construction. IEM Journal, 83(2). https://doi.org/10.54552/v83i2.126

[2] Shruthi, H. G., Puneeth, K., & Jyothi, D. N. (2023). A review of various masonry blocks employed in wall construction. Journal of Propulsion Technology, 44(3). https://www.propulsiontechjournal.com/index.php/journal/article/view/2728

[3] Drysdale, R. G., Hamid, A. A., & Baker, L. R. (1999). Masonry structures: Behavior and design (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

[4] Khedari, J., Rungsiyopas, M., Sarachitti, R., & Hirunlabh, J. (2004). A new type of vented concrete block for zero cooling energy. Building and Environment, 39(10), 1193–1197.

[5] Shinohara, H. (2023). Rethinking breeze blocks: A study of form and ventilation. In Proceedings of the 28th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA).

[6] Khedari, J., Rachapradit, N., & Hirunlabh, J. (2003). Field study of performance of solar chimney for enhancing natural ventilation in buildings. Building and Environment, 38(3), 455–465.

[7] Kindangen, J. I., Koerniawan, M. D., & Sangkertadi. (2022). Attic ventilation and radiant heat barriers in naturally ventilated zinc-roof buildings. Architectural Engineering and Design Management.

[8] Bamdad, K., et al. (2023). Cool roofs for mitigation and adaptation: A global assessment. Building and Environment. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110298

[9] Baraya, S. (2020). Ventilation and shade: Permeable walls in Colombian architecture. ArchDaily. https://www.archdaily.com/

[10] RCM 88 Co., Ltd. (n.d.). Product details. Retrieved December 10, 2025, from https://www.rcm88.com/

[11] WK Block. (2017, February 11). Brick type usage guide: How to choose different types of concrete and brick blocks. WK Block Blog. https://www.wkblock.com

[12] Yu, J., Yang, J., & Xiong, C. (2015). Study of dynamic thermal performance of hollow block ventilated wall. Renewable Energy, 84, 596–606.

[13] Builk.com. (n.d.). Image of ventilation block wall. Retrieved December 10, 2025, from https://www.builk.com/

[14] Zhang, C., et al. (2023). Air-permeable building envelopes for building ventilation and energy savings: A comprehensive review. Buildings, 14(1), 42.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การศึกษาวัสดุผนังทึบอาคารและเกณฑ์การเลือกใช้เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนในอาคารเรียน กรณีศึกษา : ตึก41 คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มจพ.

A Study of Building Wall Materials and Selection Criteria for Reducing Heat Transfer in Educational Buildings Case Study: Building 41, Faculty of Architecture and Design, KMUTNB

สุปรียา ผ่องใส* และ ธัญวรัตม์ ศิลวัฒนาวงศ์

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: Supreeya.p11@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio; WWR) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC) เพื่อประเมินแนวทางการปรับปรุงผนังทึบแสงของอาคารเรียนที่เปิดใช้งานแล้ว โดยใช้ตึก 41 คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือเป็นกรณีศึกษา การศึกษาพิจารณาเฉพาะผนังด้านทิศใต้ชั้น 3-8 ซึ่งเป็นผนังภายนอกที่ติดกับพื้นที่ปรับอากาศ ทำการสำรวจพื้นที่ผนังและคำนวณค่า WWR จากข้อมูลอาคารกรณีศึกษา รวมถึงกำหนดระดับ WWR ที่ 10–35% เพื่อวิเคราะห์ผลต่อค่า OTTV พร้อมเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการปรับปรุงวัสดุผนังทึบแสงด้วยฉนวนโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam) หนา 50 มม. ในรูปแบบผนังประกอบ 3 รูปแบบ ผลการศึกษาพบว่าอาคารกรณีศึกษามีค่า WWR เท่ากับ 30.36% และมีค่า OTTV รายชั้นอยู่ในช่วง 65.705–96.176 W/m² ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ BEC (OTTV ≤ 50 W/m²) เมื่อวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขวัสดุเดิมพบว่าอาคารสามารถผ่านเกณฑ์ได้เมื่อ WWR ลดลงเหลือ 10% (OTTV = 42.865 W/m²) ขณะที่ WWR ที่ 15% ยังไม่ผ่านเกณฑ์ (OTTV = 53.780 W/m²) สำหรับกรณีปรับปรุงผนังทึบแสงพบว่าผนังประกอบรูปแบบ C ที่ติดตั้งโฟมโพลียูรีเทนที่ภายในช่องว่างอากาศ หนา 50 มม. ของทั้งผนังพรีแคส + ช่องว่างอากาศ + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว และ ผนังพรีแคส + ช่องว่างอากาศ + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา ให้ผลดีที่สุด โดยสามารถทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ได้ที่ WWR เท่ากับ 20% (OTTV = 49.594 W/m²) อย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับค่า WWR ของอาคารกรณีศึกษาปัจจุบันที่มีค่า 30.36% พบว่าการปรับปรุงเฉพาะผนังทึบแสงยังไม่เพียงพอให้ผ่านเกณฑ์ BEC งาน

คำสำคัญ: อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสง การลดความร้อน การปรับปรุงอาคาร

Abstract

This research aims to study the relationship between the window-to-wall ratio (WWR) and the overall thermal transfer value (OTTV) of building walls according to the Building Energy Code (BEC) standard, and to evaluate improvement approaches for opaque walls of an existing educational building. The case study is Building 41, Faculty of Architecture and Design, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. The study focuses only on the south façade on floors 3–8, which is an exterior wall adjacent to air-conditioned areas. The wall areas were surveyed and the WWR was calculated based on the case study building data. In addition, WWR levels of 10–35% were defined to analyze their effects on OTTV. The results before and after improving the opaque wall materials were compared by applying 50 mm thick polyurethane foam (PU Foam) insulation in three wall assembly configurations. The results show that the case study building has a WWR of 30.36%, and the OTTV values of each floor range from 65.705 to 96.176 W/m², which does not meet the BEC requirement (OTTV ≤ 50 W/m²). Under the original material condition, the building can meet the standard when the WWR is reduced to 10% (OTTV = 42.865 W/m²), while a WWR of 15% still does not meet the standard (OTTV = 53.780 W/m²). For the opaque wall improvement case, wall assembly configuration C provides the best performance, and the OTTV can meet the standard at a WWR of 20% (OTTV = 49.594 W/m²). However, when compared with the current WWR of the case study building, which is 30.36%, it is found that improving only the opaque wall is still insufficient for meeting the BEC standard.

Keywords: WWR, Heat reduction, Building renovation

1. บทนำ

อาคารเป็นสาเหตุสำคัญของปัญหาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน จากการใช้พลังงานเป็นจำนวนมากในการระบายอากาศ แสงสว่าง และอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้อาคาร [1] โดยสาเหตุหนึ่งของการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพมาจากการที่อาคารไม่ได้ถูกออกแบบให้มีการคำนึงถึงการประหยัดพลังงานตั้งแต่ต้นและการปรับปรุงอาคารภายหลัง (Retrofit) นั้นทำได้ยาก ส่งผลให้มีการใช้พลังงานภายในอาคารยังค่อนข้างสูง [2] กระทรวงพลังงานได้ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานภายในอาคารพบว่า ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีสัดส่วนการใช้พลังงาน 65% และ ร้อยละ 25% ตามลำดับ ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานในอาคารส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การลดใช้พลังงานในการดำเนินกิจกรรมในอาคาร (Operation) การออกแบบระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยในการบรรลุเป้าหมายการประหยัดพลังงานได้อย่างยั่งยืน [3] อย่างไรก็ตามการปรับปรุงและบำรุงอาคารให้เป็นอาคารประหยัดพลังงานและมีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้การใช้พลังงานในอาคารลดลงได้

ในประเทศไทยที่มีตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร ส่งผลให้ความร้อนถ่ายเทผ่านกรอบอาคารในระดับสูงเกือบตลอดทั้งปี ในกรณีที่อาคารมีการใช้เครื่องปรับอากาศความร้อนนี้จะส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ การให้ความสำคัญกับกรอบอาคารเพื่อป้องกันภาระความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศและนำไปสู่การลดใช้พลังงานในอาคารได้ ซึ่งภาระการปรับอากาศมักเกิดจากการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารมีสัดส่วนที่สูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร [4] จากการศึกษาพบว่าชนิดของวัสดุประกอบอาคารทั้งวัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสง รวมไปถึงอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดอาคารต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to Wall Area Ratio; WWR) ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ นอกจากนี้อาคารที่ยังไม่ได้เปิดใช้งานเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับอาคารที่เปิดใช้งานแล้ว ยังมีข้อจำกัดต่าง ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ทั้งทางด้านโครงสร้าง การดำเนินการ และ ผลกระทบต่อการใช้งานอาคาร สำหรับอาคารเปิดเปิดใช้งานแล้วการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารสำหรับการปรับปรุงผนังอาคารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ โดยเฉพาะวัสดุที่สมารถเพิ่มเติมหรือทดแทนวัสดุเดิมได้โดยไม่กระทบถึงโครงสร้างหลักของอาคาร อย่างไรก็ตามการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องพิจารณาจากคุณสมบัติทางความร้อนควบคู่กับความเหมาะสมในการใช้งานจริง [4]

กระทรวงพลังงานได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC) เพื่อเป็นแนวทางควบคุมสมรรถนะของอาคาร โดยเฉพาะระบบเปลือกอาคารที่มีผลต่อความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านผนังและช่องเปิด ซึ่งสามารถประเมินได้จากค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) ทั้งนี้อาคารประเภทสถานศึกษาเป็นหนึ่งในประเภทอาคารที่ต้องปฏิบัติตามเกณฑ์ดังกล่าว โดยกำหนดให้ค่า OTTV ต้องไม่เกินกำหนดให้ค่า OTTV ต้องไม่เกิน 50 W/m² [5] การประเมินค่า OTTV จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ผลกระทบของวัสดุผนังและสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อภาระความร้อนของอาคารในเชิงปริมาณ

จากการศึกษาอาคาร 273 แห่งของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่า วัสดุที่ใช้สำหรับประกอบเปลือกอาคารมีหลากหลายชนิด และสามารถจัดกลุ่มเปลือกอาคารตามวัสดุหลักที่ใช้ในการก่อสร้าง พบว่า วัสดุผนังทึบที่มีจำนวนการใช้งานมากที่สุด คือ ผนังชั้นเดียวก่อสร้างด้วยอิฐจำนวน 143 แห่ง รองลงมาเป็นผนังชั้นเดียวก่อสร้างด้วยคอนกรีตจำนวน 66 แห่ง และเมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่าวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน และหากพิจารณาโดยอาศัยเกณฑ์ในด้านการถ่ายเทความร้อน วัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังทึบแสงอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ วัสดุที่ไม่มีความเป็นฉนวน และ วัสดุที่มีความเป็นฉนวน

บทความนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาผลของอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร ผ่านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดอาคารต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) กับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) ตามเกณฑ์มาตรฐาน BEC โดยอาศัยข้อมูลวัสดุผนังอาคารเดิมและวัสดุทางเลือกที่สามารถปรับใช้กับอาคารกรณีศึกษา เพื่อนำไปสู่การเสนอแนวทางในการปรับปรุงวัสดุผนังอาคารเรียนให้สอดคล้องกับข้อกำหนดด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า WWR กับค่า OTTV ของอาคารกรณีศึกษา ตามเกณฑ์ BEC

2.2 เพื่อประเมินผลของการปรับปรุงผนังทึบแสงด้วยฉนวนโพลียูรีเทนโฟมต่อค่า OTTV ภายใต้ระดับค่า WWR ที่แตกต่างกัน

3. ขอบเขตการศึกษา

บทความนี้มุ่งเน้นการศึกษาและวิเคราะห์วัสดุประกอบอาคารที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความร้อนผ่านผนังอาคารเรียน โดยใช้กรณีศึกษาเป็นอาคารเรียนที่เปิดใช้งานแล้ว การศึกษาครอบคลุมเฉพาะระบบผนังอาคารทั้งผนังทึบแสงและผนังโปร่งแสง ไม่รวมการพิจารณา

อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ทั้งนี้ การวิเคราะห์อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) พิจารณาเฉพาะผนังด้านทิศใต้ชั้นที่ 3-8 ของอาคารกรณีศึกษาเท่านั้น ซึ่งเป็นผนังภายนอกด้านยาวของอาคารที่ติดกับพื้นที่ปรับอากาศ โดยกำหนดให้วัสดุผนังโปร่งแสงคงสภาพเดิม เพื่อมุ่งเน้นการประเมินผลจากการปรับปรุงวัสดุผนังทึบแสงเป็นหลัก

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงปริมาณโดยใช้กรณีศึกษาเป็นอาคารเรียนที่เปิดใช้งานแล้ว มุ่งเน้นการประเมินผลกระทบของอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC) ภายใต้เงื่อนไขวัสดุผนังอาคารที่แตกต่างกัน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 การรวบรวมข้อมูลของอาคารกรณีศึกษา

การรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคารที่จำเป็นสำหรับการศึกษาแนวทางวัสดุผนังอาคารสำหรับการปรับปรุงผนังอาคารเรียนเพื่อลดความร้อนที่ผ่านเข้าสู่ผนังอาคารของตึก 41 คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ

4.1.1 ที่ตั้งของอาคาร ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร สิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคาร

4.1.2 ลักษณะของอาคาร ได้แก่ รูปลักษณ์ของอาคาร ความสูงของอาคาร พื้นที่ผนังทึบแสงของอาคาร พื้นที่ผนังโปร่งแสงของอาคาร

4.1.3 วัสดุประกอบอาคาร ได้แก่ ส่วนประกอบผนังทึบแสง ส่วนประกอบผนังโปร่งแสง

4.2 การคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) และกรอบการกำหนดค่า WWR สำหรับการคำนวณ

คำนวณอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio; WWR) ของผนังด้านทิศใต้ในสภาพอาคารเดิม จากนั้นกำหนดระดับค่า WWR สำหรับการวิเคราะห์โดยเริ่มต้นอ้างอิงจาก WWR ของอาคารเดิม และกำหนดกรอบค่า WWR ลดลงครั้งละ 5% อ้างอิงตาม [8] เพื่อใช้เป็นสถานการณ์เปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer - Value; OTTV) ที่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC)

4.3 จำลองผนังประกอบทางเลือก

จากการศึกษาพบว่าฉนวนชนิดโฟมโพลียูรีเทน (PU Foam) มีค่าการนำความร้อน (K-value) ที่ต่ำ ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 0.020-0.025 W/(m.°c) และมีการติดตั้งที่เหมาะสำหรับอาคารรีโนเวทที่มีระบบผนังเป็นช่องว่างอากาศ ผู้วิจัยจึงเลือกโฟมโพลียูรีเทน ความหนาแน่น 35 Kg/m^3 มาติดตั้งเพิ่มเติมในระบบผนังเดิม และนำไปหาค่า WWR ซึ่งใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) ตามเกณฑ์ของมาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Building Energy Code; BEC)

4.4 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล

เปรียบเทียบค่า OTTV ที่คำนวณได้ในแต่ละระดับ WWR กับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ใน BEC เพื่อวิเคราะห์ช่วงค่า WWR สูงสุดที่ยังสามารถผ่านเกณฑ์ภายใต้เงื่อนไขวัสดุผนังเดิม และภายหลังการเปลี่ยนวัสดุผนังทึบแสง

4.5 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกของอาคาร

4.5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTV) มีสมการดังนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (1)$$

โดยที่

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (W/m²·°C)

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และ หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียเท่า (Equivalent Temperature Difference)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส (W/m²·°C)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

$SHGC$ = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ หรือ ผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

4.5.2 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน มีสมการดังนี้

$$U = \frac{1}{R} \quad (2)$$

โดยที่

R = ค่าความต้านทานความร้อนรวม (Total Thermal Resistance, m²·°C/W)

4.4.3 ค่าความต้านทางความร้อน (R) มีสมการดังนี้

$$R = \frac{\triangle x}{k} \quad (3)$$

โดยที่

$\Delta\chi$ = ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น เมตร (m)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส ((W/(m.°c))

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 ปัจจัยภายในต่อการออกแบบคารอนุรักษ์พลังงาน [5]

ระบบเปลือกอาคาร พิจารณาองค์ประกอบของอาคารในส่วนที่เป็นวัสดุผนังและหลังคา เพื่อคำนวณเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value; OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value; RTTV) ซึ่งจะมีผลมาจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

5.1.1 สมบัติด้านความร้อน

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบแสง และผนังโปร่งแสง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ความหนาของวัสดุ และค่าการนำความร้อนของวัสดุที่เลือกใช้ หากค่า U-value น้อย จะทำให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยลง

- ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก (Solar Heat Gain Coefficient; SHGC) ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคารนั้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดวัสดุของผนังโปร่งแสง หากวัสดุนั้นมีค่า SHGC น้อย จะทำให้ความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารได้น้อยลง

5.1.2 อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (Window to Wall Ratio; WWR)

การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานนอกจากการเลือกใช้วัสดุแล้ว ต้องคำนึงถึงอัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดด้วย เนื่องจากความร้อนที่ผ่านผนังโปร่งแสงเข้าสู่อาคารจะมากกว่าผนังทึบแสง 5 เท่า ดังนั้นหากอาคารมีอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงน้อย ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารจะน้อยลงด้วย

5.1.3 การติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารจะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคารได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดแนวตั้งจะได้ผลดีเมื่อใช้ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก และอุปกรณ์บังแดดแนวนอนจะมีผลดีเมื่อใช้ในทิศเหนือและทิศใต้ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient; SC) คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ลอดผ่านอุปกรณ์บังแดดไปตกกระทบยังส่วนผนังโปร่งแสง

5.1.4 สีทาผนังอาคาร สีทาผนังอาคารควรเลือกใช้สีขาวหรือสีโทนอ่อน เนื่องจากจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์ที่น้อย ส่งผลให้ความร้อนเข้าสู่อาคารได้น้อยกว่าสีเข้มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีแสงอาทิตย์มาก

5.1.5 การติดฉนวนกับความร้อน จะช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคาร มีค่าสมบัติการนำความร้อนน้อย โดยขึ้นอยู่กับชนิด และความหนาของฉนวนกันความร้อน

5.1.6 การเลือกใช้วัสดุหลังคา วัสดุหลังคาอาคารใช้สีโทนอ่อน มีช่องว่างอากาศใต้หลังคาอย่างน้อย 10 ซม. และติดตั้งฉนวนกันความร้อน

5.2 การทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับช่องว่างอากาศกับการลดความร้อนเข้าสู่อาคารพบว่า ผนังคอนกรีตบล็อกระบายอากาศที่มีช่องว่างภายในผนังมีประสิทธิภาพในการต้านทางความร้อนผ่านผนังอาคารได้ดีกว่าผนังคอนกรีตบล็อก เนื่องจากช่องว่างอากาศภายในผนังช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อน [6] ความหนาที่เหมาะสมของช่องว่างอากาศในผนังสองชั้น ยิ่งช่องว่างอากาศกว้างขึ้นจะยิ่งลดการรับความร้อนได้มากขึ้น จากการทดลองความหนาของช่องว่างอากาศที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 ซม. ความหนาที่ 6 ซม. เป็นความหนาที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองคือ 6 ซม. ซึ่งช่วยลดการรับความร้อนได้ดีกว่าช่องว่างขนาด 1 ซม. ถึงเกือบ 20% [7] การศึกษาค่าการต้านทานความร้อนของผนังภายนอกอาคาร เพื่อวางแนวทางในการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและประเมินความคุ้มค่าด้านการลงทุนในฉนวนความร้อนแต่ละชนิด พบว่าสำหรับอาคารที่มีการใช้งาน 9 และ 12 ชั่วโมงต่อวัน หากใช้วัสดุผนังก่ออิฐ 2 ด้าน ช่องอากาศ 10 ซม. อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) เท่ากับ 25% [8]

6. ผลการวิจัย

6.1 ข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

6.1.1 ที่ตั้ง ตึก 41 อาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มจพ. ตั้งอยู่บนถนนประชาราษฎร์1 เขตบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร (13.819698, 100.516345)

ทิศเหนือ ติดกับอาคารเรียนสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมยานยนต์ และติดต่อกับสนามกีฬา

ทิศตะวันออก ติดกับ ชุมชนบ้านพักอาศัย แขวงวงศ์สว่าง

ทิศตะวันตก ติดกับ ถนนภายในมหาวิทยาลัย

ทิศใต้ ติดกับ คลองบางเขนใหม่ อาคาร 42 (อาคารโยธา) และสถาบันนวัตกรรมเทคโนโลยีไทย-ฝรั่งเศส



รูปที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งตึก 41
ปรับปรุงจาก : https://www.google.com/maps

6.1.2 ลักษณะทั่วไป เป็นอาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก อาคารเดิมมีทั้งหมด 9 ชั้น ปัจจุบันมีการต่อเติมพื้นที่เพิ่มชั้นที่ 10 และ 11 โดยมีลักษณะการจัดการใช้งานพื้นที่ภายในอาคาร ดังนี้

ทิศเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางเดิน

ทิศตะวันออก และทิศใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นห้องเรียนปรับอากาศ

ทิศใต้ตะวันตก พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นห้องบริการนักศึกษาและห้องพักอาจารย์

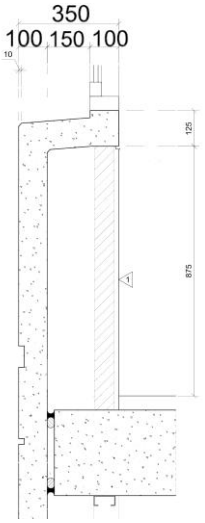


รูปที่ 2 ทัศนียภาพตึก 41

6.1.3 รายละเอียดวัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษา

ชั้น 3-8 ของตึก41 อาคารคณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบมีรายละเอียดวัสดุผนังอาคารซึ่งประกอบไปด้วยส่วนประกอบผนังทึบแสง และผนังโปร่งแสง ได้แก่

- ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว เป็นวัสดุผนังอาคารที่ติดตั้งอยู่บนพื้น โดยมีความสูงขึ้นมาจากพื้น 0.875 ม.



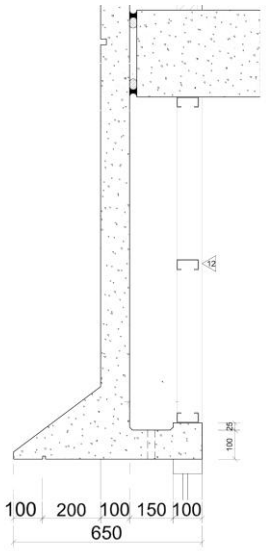
รูปที่ 2 ตัวอย่างรูปตัด ผนังพรีแคส หนา 10 ซม.
+ ช่องว่างอากาศ 15 ซม .+ ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว

ตารางที่ 1 คุณสมบัติผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว [9]

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	k W/(m.°c)	ρ kg/m^3	C_p kJ/(kg.°c)
คอนกรีตสแลบ	10.00	1.442	2400	0.92
ช่องว่างอากาศ	15.00	พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง		
อิฐมอญ	7.00	0.498	1651	0.79
ปูนฉาบ	1.50	0.72	1860	0.84

จากตารางที่ 3 ผนังผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ อยู่ที่ 1.866 W/m²·°C

- ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ทาสีอะคริลิก เป็นวัสดุอาคารที่ติดตั้งบนหน้าต่าง หรือบนผนังผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว



รูปที่ 3 ตัวอย่างรูปตัด ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังยิปซั่มบอร์ด 12 มม. ทาสีอะคริลิก

ตารางที่ 2 คุณสมบัติผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. [9]

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	k W/(m.°c)	ρ kg/m^3	C_p kJ/(kg.°c)
คอนกรีตสแลบ	10.00	1.442	2400	0.92
ช่องว่างอากาศ	15.00	พื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง		
ยิปซั่มบอร์ด	1.20	0.282	800	1.09

จากตารางที่ 4 ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบอยู่ที่ 2.192 W/m²·°C

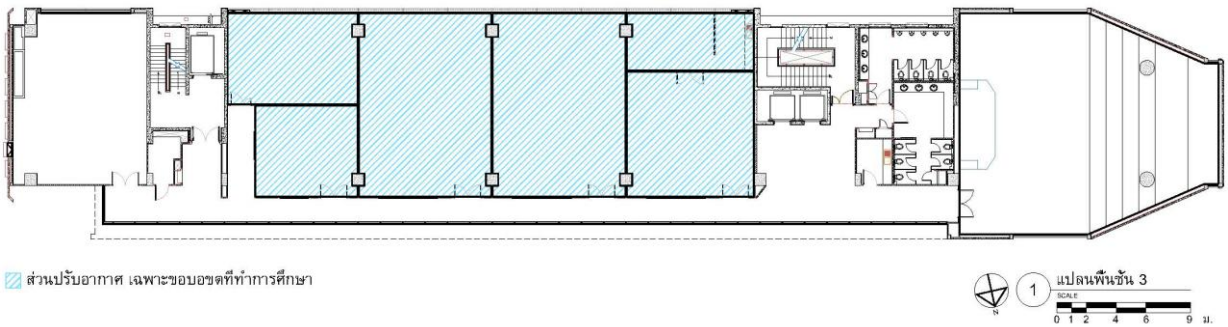
- วัสดุผนังโปร่งแสง

กระจกโฟลตสีเขียวลามิเนต หนา 4+4 มม.

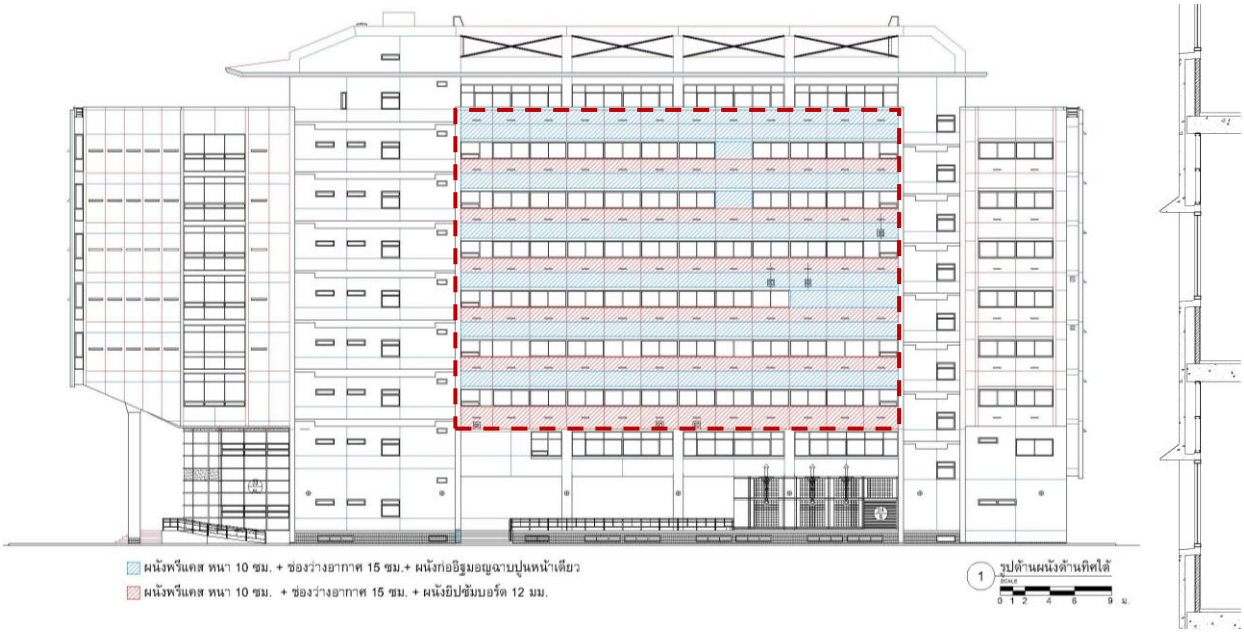
ตารางที่ 4 คุณสมบัติกระจกโฟลตใสลามิเนต หนา 4+4 มม. [10]

วัสดุ	ความหนา (ซม.)	U-value W/(m.°c)	SHGC
กระจกโฟลตโฟลตใสลามิเนต หนา 4+4 มม.	0.8	5.620	0.77

6.2 การคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR)



รูปที่ 4 ตัวอย่างส่วนปรับอากาศที่ติดกับผนังด้านทิศใต้



รูปที่ 5 ด้านผนังทิศใต้ และแบบขยายรูปตัดผนังอาคารด้านทิศใต้

จากการศึกษาผนังด้านทิศใต้ ชั้น 3-8 ของตึก 41 เฉพาะช่วงที่ผนังภายนอกติดกับพื้นที่ปรับอากาศพบว่าอาคารนี้มีผนังโปร่งแสง 276.58 ตร.ม. และมีพื้นที่ผนังทั้งหมด 911 ตร.ม. ดังนั้นอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) อยู่ที่ 30.36% ซึ่งผนังทึบประกอบไปด้วยผนัง 2 ประเภท ได้แก่ ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว มีพื้นที่ 264.06 ตร.ม. และผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ 15 ซม. + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม. มีพื้นที่ 314.18 ตร.ม. ส่วนปรับอากาศเฉพาะผนังส่วนที่ศึกษา (ชั้น 3-8) มีพื้นที่ 3,070 ตร.ม.

ตารางที่ 5 ค่า OTTV ของผนังแต่ละชั้น

ชั้น	WWR	OTTV	Building OTTV Status
		W/m^2	
3	30%	86.541	failed
4	35%	96.176	failed
5	26%	77.758	failed
6	35%	96.176	failed
7	32%	89.955	failed
8	21%	65.705	failed

จากตารางที่ 5 แสดงค่า OTTV แต่ละชั้น พบว่าค่า WWR ของชั้นที่ 4 และ 6 มีค่าสูงที่สุดอยู่ที่ 35% และมีค่า OTTV อยู่ที่ 96.768 W/m^2 ส่วนค่า WWR ชั้น 8 มีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 21% มีค่า OTTV อยู่ที่ 66.691 W/m^2 ซึ่งทุกชั้นยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC

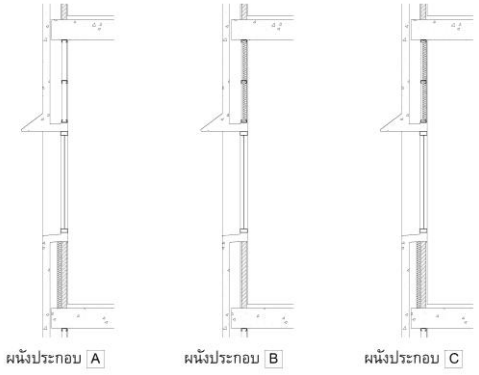
หากต้องการให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบการกำหนดค่า WWR เพิ่มเติมได้แก่ 10% และ 15% แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่า OTTV ของผนังที่มีค่า WWR 10% และ 15%

WWR	OTTV	Building OTTV Status
	W/m^2	
15%	53.780	failed
10%	42.865	Passed

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่า OTTV ของอัตราส่วนผนังโปร่งแสงต่อผนังทั้งหมด (WWR) ที่ 10% ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC โดยยังคงวัสดุเดิมของอาคาร

6.3 จำลองผนังประกอบทางเลือก



รูปที่ 6 ผนังประกอบทางเลือก A, B และ C

การจำลองผนังประกอบทางเลือกผู้วิจัยเลือกใช้ฉนวนชนิดโฟมโพลียูรีเทน ความหนาแน่น 32 kg/m^3 นำมาใช้ติดตั้งร่วมกับระบบผนังเดิม แบ่งออกเป็น 3 ทางเลือก ได้แก่

6.3.1 ผนังประกอบ A เลือกติดตั้งโฟมโพลียูรีเทนที่ภายในช่องว่างอากาศ หนา 50 มม. ของผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว

6.3.2 ผนังประกอบ B เลือกติดตั้งโฟมโพลียูรีเทนที่ภายในช่องว่างอากาศ หนา 50 มม. ของผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.

6.3.3 ผนังประกอบ C เลือกติดตั้งโฟมโพลียูรีเทนที่ภายในช่องว่างอากาศ หนา 50 มม. ของทั้ง ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ + ผนังก่ออิฐมอญฉาบปูนหน้าเดียว และ ผนังพรีแคส หนา 10 ซม. + ช่องว่างอากาศ + ผนังยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.

ตารางที่ 7 ค่า OTTV ของผนังประกอบ A, B และ C

WWR	OTTV	Building OTTV Status
	W/m^2	
ผนังประกอบ A		
35%	91.226	failed
30%	80.561	failed
25%	69.896	failed
20%	59.231	failed
15%	48.567	Passed
10%	37.902	Passed
ผนังประกอบ B		
35%	89.072	failed
30%	77.531	failed
25%	65.990	failed
20%	54.449	failed
15%	42.908	Passed
10%	31.367	Passed
ผนังประกอบ C		
35%	84.217	failed
30%	72.676	failed
25%	61.135	failed
20%	49.594	Passed
15%	38.053	Passed
10%	26.513	Passed

ผลการวิจัยพบว่าการติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนโฟมส่งผลให้ประสิทธิภาพการกันความร้อนของผนังดีขึ้นเมื่อเทียบกับผนังเดิม โดยในผนังประกอบ A ที่ติดตั้งฉนวนในช่องว่างของผนังพรีแคสร่วมกับผนังก่ออิฐมอญ และ ผนังประกอบ B ที่ติดตั้งฉนวนร่วมกับผนังยิปซั่มบอร์ด พบว่าทั้งสองรูปแบบจะสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC (ค่า OTTV ไม่เกิน 50 W/m^2) ได้ก็ต่อเมื่อมีการลดอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสง (WWR) ลงมาอยู่ 15% หรือต่ำกว่าเท่านั้น โดยผนังประกอบ B จะให้ค่า OTTV ที่ต่ำกว่าผนังประกอบ A เล็กน้อย

ในส่วนของผนังประกอบ C ซึ่งเป็นการติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนโฟมในช่องว่างอากาศของผนังทึบทั้งสองประเภทพร้อมกัน ถือเป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดจากทั้ง 3 ทางเลือก เนื่องจากเป็นรูปแบบเดียวที่สามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC ได้ในขณะที่มีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสง (WWR) สูงถึง 20% โดยมีค่า OTTV อยู่ที่ 49.594 W/m^2 ในขณะที่หากใช้ผนังเดิมของอาคารจะต้องลดค่า WWR ลงไปถึง 10% จึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ได้

7. อภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของอัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด (WWR) ต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) ตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (BEC) โดยใช้ตึก 41 คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มจพ. เป็นกรณีศึกษา และพิจารณาเฉพาะผนังด้านทิศใต้ชั้น 3-8 ที่ติดกับพื้นที่ปรับอากาศ ผลการศึกษาพบว่าอาคารกรณีศึกษามีพื้นที่ผนังโปร่งแสง 276.58 ตร.ม. และมีค่า WWR เฉลี่ยเท่ากับ 30.36% โดยเมื่อคำนวณค่า OTTV รายชั้นพบว่าอยู่ในช่วง 65.705–96.176 W/m² ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ BEC (OTTV $\leq$ 50 W/m²) ส่งผลให้อาคารไม่ผ่านมาตรฐานในสภาพวัสดุเดิม จากการวิเคราะห์ระดับค่า WWR พบว่าหากคงวัสดุเดิมอาคารจะผ่านเกณฑ์ BEC ได้เมื่อ WWR ลดลงเหลือ 10% (OTTV = 42.865 W/m²) ขณะที่ WWR ที่ 15% ยังไม่ผ่านเกณฑ์ (OTTV = 53.780 W/m²)

นอกจากนี้ งานวิจัยได้จำลองผนังประกอบทางเลือกโดยติดตั้งฉนวนโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam) หนา 50 มม. ในช่องว่างอากาศของผนังเดิม จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ A, B และ C ผลการคำนวณพบว่าผนังประกอบ A และ B สามารถทำให้อาคารผ่านเกณฑ์ BEC ได้เมื่อ WWR ลดลงเหลือ 15% ขณะที่ผนังประกอบ C ให้ผลดีที่สุด โดยสามารถผ่านเกณฑ์ได้แม้มี WWR สูงถึง 20% (OTTV = 49.594 W/m²) แม้ว่าการปรับปรุงผนังทึบแสงด้วยการติดตั้งฉนวนตามผนังประกอบรูปแบบ C จะเป็นทางเลือกที่ให้ผลดีที่สุดและสามารถทำให้อาคารผ่านเกณฑ์ BEC ได้ที่ค่า WWR ไม่เกิน 20% อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า WWR ของอาคารกรณีศึกษาปัจจุบันซึ่ง

มีค่าเท่ากับ 30.36% พบว่าการเพิ่มฉนวนเพียงอย่างเดียวยังไม่เพียงพอให้ค่า OTTV ลดลงจนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน BEC ได้ เนื่องจากสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงยังคงเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อค่า OTTV อย่างมีนัยสำคัญ

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงอาคารควรพิจารณามาตรการเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับผนังโปร่งแสงร่วมด้วย เช่น การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SHGC ต่ำ การติดตั้งฟิล์มลดความร้อน หรือการปรับปรุงระบบช่องเปิดให้เหมาะสม ทั้งนี้หากไม่สามารถลดพื้นที่ช่องเปิดได้ ควรพิจารณาการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกเพื่อช่วยลดความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคาร

9. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ ระดับชาติของคณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

[1] สถาบันอาคารเขียวไทย (TGBI), Thai Rating of Energy and Environmental Sustainability (TREES-NC), Version 1.1, กรุงเทพฯ: สถาบันอาคารเขียวไทย, 2567. เข้าถึงเมื่อ: 12 ก.ค. 2568. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://tgbi.or.th/wp-content/uploads/2024/12/2017_03_TREES-NC-Eng.pdf

[2] สถาบันอาคารเขียวไทย, Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for Existing Building: Operation and Maintenance (TREES-EB), Version 1.0, กรุงเทพฯ: สถาบันอาคารเขียวไทย, 2563. เข้าถึงเมื่อ: 12 ก.ค. 2568. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.tgbi.or.th/trees-eb.pdf

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "อาคารต้นแบบประหยัดพลังงานภาครัฐ," กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ, ประเทศไทย, 2558. เข้าถึงเมื่อ: 20 ม.ค. 2568. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://berc.dede.go.th/wp-content/uploads/2018/05/GuideLine-SPD57.pdf

[4] ทองคำสมุทร ช., "อิทธิพลของฉนวนต้านทานความร้อนและการระบายอากาศ ด้วยวิธีธรรมชาติต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังอาคาร", arch-KKU-BEI, ปี 12, ฉบับที่ 1, น. 100–111, ธ.ค. 2015.

[5] ประเทศไทย, กระทรวงพลังงาน (2552). ประกาศกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552, ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 126 ตอนพิเศษ 122 ง. เข้าถึงเมื่อ: 24 มกราคม 2569. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://download.asa.or.th/03media/04law/eca/ma52-02.pdf

[6] พ. คีรีวงก์, ป. สกุลมีศักดิ์ และ พ. นิยะสม, "การประยุกต์ใช้คอนกรีตบล็อกระบายอากาศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร," วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, ปีที่ 6, ฉบับที่ 1, หน้า 9-22, ม.ค.-มิ.ย. 2565.

[7] H. K. Abdullah and S. H. Faraj, "Experimental study for the effect of air gap in building walls on heat gain reduction," Materials Today: Proceedings, vol. 61, pp. 1043-1051, 2022.

[8] จ. เดชจิระกุล, "ประสิทธิภาพการลดการถ่ายเทความร้อนในระบบผนังด้วยฉนวน โดยพิจารณาอัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด," วิทยานิพนธ์ สถ.ม., ภาควิชาสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 2561

[9] " BEC Web-Based,"กระทรวงพลังงาน. https://bec.energy.in.th/dashboard (accessed Nov. 19, 2568).

[10] ณัฐภาส อิงปัญจลาภ, "แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน: กรณีศึกษาหอสมุดป๋วย อึ๊งภากรณ์," มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2565. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:306147

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรของอาคาร: กรณีศึกษาแบบบ้านสำเร็จรูปเฌอร่า

Life Cycle Carbon Footprint Assessment of Building: A Case Study of SHERA Knockdown

เดชาชัย วรรณศิลป์ และ ธนภูมิ วงษ์บำหรุ*

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมนวัตกรรมสร้างสรรค์เพื่อความยั่งยืน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
*E-mail: twongbumru@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรของอาคาร กรณีศึกษาแบบบ้านสำเร็จรูปเฌอร่า โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) การศึกษาครอบคลุมระยะการผลิตวัสดุ (Cradle-to-Gate), โดยมีสมมติฐานการขนส่งที่ระยะ 10 กิโลเมตร ระยะการก่อสร้าง 45 วัน และช่วงระยะเวลาการอยู่อาศัยในการใช้งานผ่านกิจกรรมต่าง ๆ 1 ปี (สำหรับผู้อยู่อาศัย 1 คน) ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมจากแบบบ้านสำเร็จรูปเฌอร่า (Embodied Carbon) มีค่าประมาณ 6,236.8008 kg CO_2e โดยมาจากการผลิตวัสดุร้อยละ 71.25 ได้แก่ อะลูมิเนียม คอนกรีต และเหล็ก ในส่วนของคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากระยะการใช้งานอาคาร (Operational Carbon) มีค่าประมาณ 723 kg CO_2e ผลการประเมินแสดงให้เห็นความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุที่มีคาร์บอนต่ำ และการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดของเสียในช่วงใช้งานจากการปรับพฤติกรรมของผู้ใช้งานอาคารจะมีความสำคัญต่อการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาคอาคารและสิ่งก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ การประเมินวัฏจักรชีวิต อาคารสำเร็จรูป วัสดุก่อสร้าง เฌอร่า

Abstract

This article presents a whole-life carbon footprint assessment of a building, utilizing a "Shera" prefabricated house as a case study and employing the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. The scope of the study encompasses the material production phase (Cradle-to-Gate), incorporating assumptions of a 10-kilometer transportation distance, a 45-day construction period, and a one-year operational residency period involving various activities (calculated based on a single occupant).

The assessment results indicate that the cumulative carbon dioxide emissions, or Embodied Carbon, of the Shera prefabricated house model are approximately 6,236.8076 kg CO_2e Material production accounts for 71.25% of these emissions, with the primary contributors being aluminum, concrete, and steel. Regarding the Operational Carbon footprint during the building's usage phase, the value is estimated at approximately 723 kg CO_2e.

These findings underscore the critical importance of selecting low-carbon materials. Furthermore, improving energy efficiency and minimizing waste during the operational phase through occupant behavioral adjustments are essential strategies for effectively mitigating the carbon footprint within the building and construction sector.

Keywords: Carbon footprint, Life cycle assessment (LCA), Prefabricated building, Construction materials, SHERA

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas: GHG) ถือเป็นประเด็นสำคัญเร่งด่วนในระดับโลก โดยมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์บ่งชี้ว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก [1] ทั้งนี้ภาคส่วนอาคารและการก่อสร้างนับเป็นหนึ่งในภาคส่วนหลักที่มีการใช้ทรัพยากร พลังงาน และปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ทั้งในระยะการก่อสร้าง ซึ่งรวมถึงพลังงานและคาร์บอนที่ปล่อยออกมาในการผลิต การขนส่ง และการติดตั้งวัสดุก่อสร้าง (Embodied Carbon) และในระยะการใช้งานอาคาร จากการใช้พลังงานเพื่อแสงสว่าง การปรับอากาศ และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ (Operational Carbon) [2-3] ในบริบทของประเทศไทยภาคพลังงานเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) ที่ใหญ่ที่สุด [4] ซึ่งรวมถึงการใช้พลังงานในอาคารและการผลิตวัสดุ

โดยแนวทางของการใช้งานอาคารสำเร็จรูป (Prefabricated Buildings) สามารถลดการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมได้โดย:

1) ลดปริมาณคาร์บอนสะสม (Embodied carbon) เนื่องจากกระบวนการผลิตในโรงงานมีความแม่นยำสูง ลดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้วัสดุ [5] 2) ลดคาร์บอนจากการดำเนินงาน (Operational carbon) โดยอาคารมักถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น และสามารถนำชิ้นส่วนกลับมาใช้ใหม่ได้ง่ายในระยะสิ้นสุดอายุการใช้งาน [6] ปัจจุบันอาคารสำเร็จรูป (Prefabricated buildings) ในประเทศไทยได้รับความนิยมแพร่หลายมากขึ้นจากผู้ประกอบการต่าง ๆ ในฐานะทางเลือกของอาคารที่มีประสิทธิภาพและลดผลกระทบ ณ สถานที่ก่อสร้าง [7] เช่นบ้านสำเร็จรูปของ บริษัท เฌอร่า จำกัด (มหาชน) ซึ่งใช้วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์เป็นหลัก และจากการทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการวิเคราะห์พลังงานจากวัฏจักรอาคารในประเทศไทย เช่น กรณีศึกษาอาคารอเนกประสงค์ มหาวิทยาลัยศิลปากร [8] พบว่าพลังงานสะสม (Embodied Energy) และการปล่อย GHG ส่วนใหญ่มาจากวัสดุก่อสร้าง แต่ยังคงขาดการศึกษาที่มุ่งเน้นเฉพาะอาคารสำเร็จรูปขนาดเล็ก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เข้าใจถึงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคารภายใต้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ตามมาตรฐานสากล ISO 14040 และ ISO 14044 [9-10] ซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับการยอมรับในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบเพื่อให้ทราบแหล่งปล่อย GHG ที่สำคัญ และให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาอาคารสำเร็จรูปที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและบทบาทของภาคอาคารและสิ่งก่อสร้าง

สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ถือเป็นประเด็นสำคัญเร่งด่วนที่ประชาคมโลกกำลังเผชิญและต้องรีบแก้ไข โดยมีสาเหตุมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) จากกิจกรรมของมนุษย์ [11] ทั้งนี้ภาคส่วนอาคารและการก่อสร้าง (Building and Construction Sector) เป็นภาคส่วนสำคัญที่มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานอย่างมหาศาล และมีส่วนรับผิดชอบต่อการปล่อย GHG ในสัดส่วนที่สูงมาก รายงานจาก [12] ระบุว่าภาคส่วนนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปล่อย GHG ทั่วโลกเกือบร้อยละ 40

การปล่อย GHG จากอาคารสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ คาร์บอนจากการดำเนินงาน (Operational carbon) คือ GHG ที่ปล่อยออกมาจากการใช้พลังงานในระหว่างการใช้งานอาคาร เช่น การทำความร้อน ความเย็น แสงสว่าง และการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และ ปริมาณคาร์บอนสะสม (Embodied carbon) ทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากขั้นตอนก่อนการใช้งานอาคาร ได้แก่ การสกัดวัตถุดิบ การผลิต การขนส่งวัสดุ และกระบวนการก่อสร้าง [13-14] ในอดีตการประเมินมักมุ่งเน้นไปที่ Operational carbon แต่ในปัจจุบันความสำคัญของ Embodied carbon ได้รับการยอมรับมากขึ้น เนื่องจากเป็นผลกระทบที่เกิดขึ้น "ล่วงหน้า" ก่อนที่อาคารจะเริ่มใช้งาน

2.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint)

เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ประเมินปริมาณรวมของก๊าซเรือนกระจก (GHG) ที่ปล่อยออกมาทางตรงและทางอ้อมจากกิจกรรม องค์กร หรือผลิตภัณฑ์ ตลอดวัฏจักรชีวิตของสิ่งนั้น ๆ โดยจะถูกคำนวณและรายงานในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent: CO_2e) [15] แนวคิดนี้ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบของ GHG ต่างชนิดกันได้ โดยอาศัยการแปลงค่าด้วยศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) สำหรับภาคส่วนอาคารการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้ออกแบบและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียสามารถระบุแหล่งปล่อย GHG ที่สำคัญ และสามารถพัฒนากลยุทธ์ในการลดผลกระทบเพื่อก้าวไปสู่เป้าหมายอาคารคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Carbon Buildings)

2.3 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment)

2.3.1 หลักการและขั้นตอนของ LCA ตามมาตรฐาน ISO (ISO 14040 และ ISO 14044 (ISO, 2006a; ISO, 2006b) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

- การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and Scope Definition) กำหนดวัตถุประสงค์ หน่วยการทำงาน (Functional Unit) ขอบเขตของระบบ (System Boundary) และข้อจำกัดต่าง ๆ
- การวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory - LCI) รวบรวมข้อมูลนำเข้า เช่น วัตถุดิบ พลังงาน และข้อมูลส่งออก เช่น ผลิตภัณฑ์ การปล่อยมลพิษ ของเสีย ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการทำงาน
- การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นจากข้อมูล LCI โดยจำแนกประเภทผลกระทบ เช่น ภาวะโลกร้อน
- การแปลผล (Interpretation) สรุปผลลัพธ์จาก LCI และ LCIA ระบุประเด็นสำคัญ ประเมินความน่าเชื่อถือ ให้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

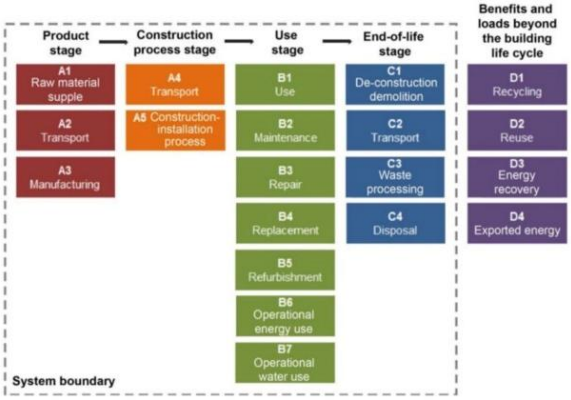
2.3.2 การประยุกต์ใช้ LCA กับอาคาร (LCA for Buildings)

EN 15978 [16] ได้กำหนดกรอบการประเมิน LCA สำหรับอาคาร โดยแบ่งวัฏจักรชีวิตออกเป็นระยะต่าง ๆ (ดังแสดงในรูปที่ 1) ได้แก่

- A1-A3 (Product Stage) การผลิตวัสดุ (Cradle-to-Gate)
- A4-A5 (Construction Process Stage) การขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง และกระบวนการก่อสร้าง
- B1-B7 (Use Stage) การใช้งาน การบำรุงรักษา การซ่อมแซม การเปลี่ยนทดแทน การปรับปรุง การใช้พลังงาน และการใช้น้ำ

- C1-C4 (End-of-Life Stage) การรื้อถอน การขนส่งซาก การแปรรูปของเสีย และการกำจัด

- D (Benefits and Loads Beyond) ศักยภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่ การรีไซเคิล หรือการนำพลังงานกลับคืน



รูปที่ 1 กรอบการประเมิน LCA สำหรับอาคาร

ที่มา : https://www.archdaily.com/

2.4 อาคารสำเร็จรูป (Prefabricated Buildings) หรืออาคารระบบโมดูลาร์ (Modular Buildings)

อาคารที่ผลิตองค์ประกอบหรือชิ้นส่วนหลักในโรงงานที่มีการควบคุมก่อนขนส่งและนำไปประกอบติดตั้ง ณ สถานที่ก่อสร้าง [17] แนวคิดนี้มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพการก่อสร้าง ลดระยะเวลา ลดของเสียในพื้นที่ก่อสร้าง และเพิ่มความแม่นยำในการทำงาน [18] อย่างไรก็ตามผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารสำเร็จรูปยังคงเป็นที่ถกเถียงและมีความซับซ้อน งานวิจัยของ M. Kamali and K. Hewage [6] และ Z. Luo, X. Yang, and J. Wang [19] ชี้ให้เห็นว่าแม้การก่อสร้างอาคารสำเร็จรูปอาจลดของเสียหน้างาน แต่อาจมีการใช้วัสดุที่เข้มข้นกว่าหรือมีผลกระทบจากการขนส่งชิ้นส่วนขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) จึงเป็นเครื่องมือหนึ่งที่จำเป็นในการเปรียบเทียบและยืนยันประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อมของอาคารสำเร็จรูปเมื่อเทียบกับการก่อสร้างแบบดั้งเดิมในแต่ละกรณี

2.5 การกักเก็บคาร์บอนวัสดุก่อสร้าง (Embodied Carbon)

วัสดุก่อสร้างทั่วไปและการกักเก็บคาร์บอน วัสดุก่อสร้างแต่ละชนิดมีปริมาณคาร์บอนสะสม (Embodied Carbon) ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าเหล่านี้ได้ถูกรวบรวมไว้ในฐานข้อมูลสากล เช่น Inventory of Carbon & Energy (ICE) [20] วัสดุที่ต้องผ่านกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานเข้มข้น เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก และซีเมนต์ มักมีคาร์บอนสะสมสูง ในทางกลับกัน วัสดุชีวภาพอย่างไม้ อาจมีคาร์บอนสะสมต่ำกว่า และยังมีความสามารถในการทำหน้าที่กักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration) ที่ถูกดูดซับจากบรรยากาศระหว่างการเจริญเติบโต [21], [8] ได้รวบรวมค่า Emission Factor (EF) ของวัสดุหลักที่ใช้ในประเทศ โดยอ้างอิงข้อมูลจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) เพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบปริมาณคาร์บอนสะสม

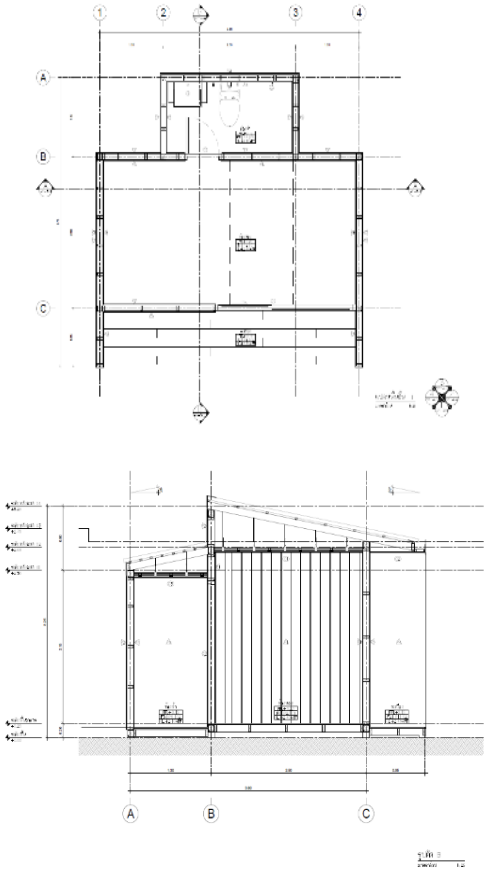
3. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

3.1 เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในช่วงระยะก่อสร้าง (Embodied carbon) โดยครอบคลุมการผลิตวัสดุ การขนส่ง และกระบวนการก่อสร้าง ณ สถานที่

3.2 เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ในช่วงระยะใช้งาน (Operational carbon) ของอาคาร สำหรับผู้อยู่อาศัย 1 คน

3.3 เพื่อระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญตลอดวัฏจักรที่ศึกษาของอาคารกรณีศึกษา

การวิจัยนี้กำหนดขอบเขตการศึกษามุ่งเน้นศึกษาเฉพาะอาคารสำเร็จรูป SHERA Knockdown Type A2 ตามแบบก่อสร้างที่ระบุเท่านั้น



รูปที่ 2 แบบบ้าน SHERA Knockdown Type A2

ที่มา : https://www.shera.com/blog/8-knock-down-wooden-house-designs

และใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Boundary) โดยอ้างอิงตามมาตรฐานสากล EN 15978 โดยไม่รวมขอบเขต B1-B5 (การบำรุงรักษา ซ่อมแซม และการเปลี่ยนทดแทน) ระยะ C (การรื้อถอน และกำจัดซากอาคาร) และระยะ D (การรีไซเคิล) จากข้อจำกัดด้านข้อมูล

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research) โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) เป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคารสำเร็จรูป โดยดำเนินงานตามขั้นตอนที่กำหนดในมาตรฐานสากล ISO 14040 (ISO, 2006) และ ISO 14044 (ISO, 2006) และแนวทางการประเมินอาคารตามมาตรฐาน EN 15978 [16] ที่มุ่งเน้นปริมาณคาร์บอนสะสม (Embodied Carbon) ก่อนอาคารจะถูกใช้งานจริงและระหว่างใช้งาน (ตารางที่ 1) ได้แก่

4. ก่อนการใช้งาน

4.1.1 ขั้นตอนการผลิตวัสดุ (Product Stage) (A1-A3) พิจารณาตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบไปจนถึงการผลิตวัสดุก่อสร้างทั้งหมดจนเสร็จสิ้นที่โรงงาน (เรียกว่า Cradle-to-Gate)

4.1.2 ขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Process Stage) (A4-A5) จากการขนส่งวัสดุจากโรงงานไปยังสถานที่ก่อสร้าง และ พลังงานรวมถึงทรัพยากรที่ใช้ในระหว่างขั้นตอนการติดตั้งและก่อสร้างจริง

4.1.3 ขั้นตอนการใช้งาน จากการใช้งานปีแรก (Use Stage – Operational Energy) (B6) คำนวณจากปริมาณ พลังงานไฟฟ้า ที่อาคารใช้ในการดำเนินงานในปีแรกที่มีการใช้งาน

ตารางที่ 1 ขอบเขตการประเมินของวัฏจักรชีวิต (System boundary)

ระยะ (Phase)	คำอธิบาย
A1-A3 (Product Stage)	การผลิตวัสดุก่อสร้าง (Cradle-to-Gate) ครอบคลุมการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง และการผลิตวัสดุก่อสร้างทั้งหมด
A4-A5 (Construction Process Stage)	การก่อสร้าง ครอบคลุมการขนส่งวัสดุมายังสถานที่ก่อสร้าง และการใช้พลังงาน/ทรัพยากรระหว่างกระบวนการก่อสร้าง
B6 (Use Stage - Operational)	การใช้งานอาคาร (ปีแรก) ครอบคลุมเฉพาะพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการดำเนินงานของอาคารในปีแรกเท่านั้น

4.1.4 การประเมินผลกระทบมุ่งเน้นไปที่ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) รายงานผลในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า kg CO_2e)

4.2 การใช้งานอาคาร

4.2.1 พิจารณากิจกรรมผู้อยู่อาศัย 1 คน เพื่อคำนวณปริมาณคาร์บอนจากการดำเนินงาน (Operational Carbon) เมื่ออาคารเริ่มถูกใช้งาน โดยตั้งสมมติฐานใน 1 สัปดาห์ ทำงานวันจันทร์ - ศุกร์ (8.00 – 16.00) และกลับถึงที่อยู่อาศัย 18.00 ทั้งนี้พักผ่อนที่บ้านในวันเสาร์-อาทิตย์ ตลอดทั้งวัน

4.2.2 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่องขนาด 12000 BTU เครื่องทำน้ำอุ่น 1 เครื่อง และเครื่องซักผ้า 1 เครื่อง

4.2.3 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF) ที่ใช้ในการคำนวณอ้างอิงจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ของประเทศไทย และจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับค่าที่ไม่มีในฐานข้อมูลไทยใช้ฐานข้อมูล LCI สากล (IPCC) โดยรายงานผลการปล่อยคาร์บอนทั้งหมดในหน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg CO_2e) โดยใช้การคำนวณดังนี้

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2e) = ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)

5. ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์บัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory - LCI) ผ่านการรวบรวมข้อมูลนำเข้า (Inputs) และข้อมูลส่งออก (Outputs) ของอาคารที่ทำการศึกษาโดยคิดปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการสร้างอาคาร (Bill of Quantities: BOQ) ของแบบก่อสร้างอาคาร SHERA Knockdown Type A2 พบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสม 4,189 kg CO_2e โดยเป็นปริมาณที่เกิดขึ้นจากวัสดุงานโครงสร้างมากที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณคาร์บอนสะสมในขั้นตอนการผลิตวัสดุ (A1-A3)

รายการ	ปริมาณ	น้ำหนัก (กก.)	EF (kg CO_2e / หน่วย)	ที่มา EF	รวม kg CO_2e
1. งานโครงสร้าง					
1.1 งานพื้นคอนกรีต					1,179.8200
- เหล็ก 9 มม.	135 กก.	135	0.4320	**	58.3200
- ทรายหยาบปรับพื้น	2 คิว	3,200.00	0.0080	*	25.6000
- คอนกรีต 240 ksc.	4 คิว	9,600.00	273.0000	**	1,092.0000
- ไม้แบบ ไม้กระดาน	8 แผ่น	40	0.0500	*	2.0000
- ไม้ 1.5"x3"x1m.	20 ท่อน	38	0.0500	*	1.9000
1.2 โครงเหล็กพื้นและผนัง					444.3092
- เพลท 6"x6" x9mm.	8 แผ่น	13.1	0.4320	**	5.6592
- เสาเหล็ก GI 4"x4"x2.3	5 เส้น	110	0.4320	*	47.52
- คาน เหล็กGI 4"x2"x2.3	5 เส้น	76.5	0.4320	**	33.0500
- ดงเหล็กGI 4"x2"x2.3	18 เส้น	275.4	0.4320	*	118.9700
- โครงผนังเหล็กGI 4"x2"x1.8	45 เส้น	553.5	0.4320	*	239.1100
1.3 เหล็กหลังคา					152.0640
- อะเสเหล็กGI 4"x4"x2.3	4 เส้น	88	0.4320	**	38.01600
- จันทันเหล็กGIตัว C 3"x1.5"x2.3	8 เส้น	120	0.4320	**	51.8400
- แปเหล็กGI 3"x1.5"x1.8	12 เส้น	144	0.4320	**	62.2080
1.4 ของตื่นเปลือง					35.5000
- ลวดเชื่อม	7 ห่อ	14	2.5000	*	35.0000
- ใบตัด/ขัดเหล็ก	15 แผ่น	< 1.0	0.5000	*	0.5000
รวม					**1,811.6932**

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	น้ำหนัก (กก.)	EF (kg CO_2e / หน่วย)	ที่มา EF	รวม kg CO_2e
2. งานสถาปัตยกรรม					
2.1 งานพื้น					828.8384
- แผ่นพื้นเฌอร่า 20mm	5 แผ่น	403.2	0.4	*	161.2800
- ปูนกระเบื้องแกรนนิโต้	14 ตร.ม.	280	1.3	*	364.0000
- ไม้พื้นเฌอร่า 2.5 cm	12 แผ่น	189	0.4	*	75.6000
- แผ่นพื้นเฌอร่า 20 mm	3 แผ่น	241.9	0.4	*	96.7600
- ปูนกระเบื้องเซรามิก	5 ตร.ม.	70	1.2		84.0000
- ปูนกาว (ปูนกระเบื้อง)	2 ถุง	40	0.96	**	38.4000
- กาวยาแนวเฌอร่า พียู 25	7 หลอด	2.6	1.8	*	4.6800
- สกรูปลายสว่านเฌอร่า	4 กล่อง	1.2	0.432	**	0.5184
- กาวอเนกประสงค์ 1 กก.	2 ถุง	2	1.8	*	3.6000
2.2 งานผนัง					697.6560
- แผ่นตกแต่งเฌอร่า 0.6 cm	15 แผ่น	352.8	0.4	*	141.1200
- ไม้ฝาเฌอร่า 0.8 cm	50 แผ่น	342.7	0.4	*	137.0800
- ไม้ฝาเฌอร่า 0.8 cm	18 แผ่น	123.4	0.4	*	49.3600
- แผ่นผนังเฌอร่า 0.6 cm	2 แผ่น	47	0.4	*	18.8000
- ไม้ฝาดีไลท์เฌอร่า 1 cm	1 แผ่น	9.2	0.4	*	3.6800
- แผ่นผนังเฌอร่า 0.9 cm	4 แผ่น	145.2	0.4	*	58.0800
- กุด้วยกระเบื้องเซลามิก	13 ตร.ม.	182	1.2	*	218.4000
- ปูนกาว (ปูนกระเบื้อง)	3 ถุง	60	0.96	**	57.6000
- กาวยาแนวเฌอร่า พียู 25	18 หลอด	6.8	1.8	*	12.2400
- สกรูปลายสว่านเฌอร่า	10 กล่อง	3	0.432	**	1.2960
2.3 งานฝ้า					108.2384
- ฝ้าเฌอร่า 0.4 cm	5 แผ่น	80.6	0.4	*	32.2400
- แผ่นฝ้าระบายอากาศ 0.8 cm	9 แผ่น	72.6	0.4	*	29.0400
- ไม้มอบฝ้าเฌอร่า	10 เส้น	54	0.4	*	21.6000
- ซีราย	18 เส้น	43.2	0.432	**	18.6624
- ฉากสังกะสี	10 เส้น	10	0.432	**	4.3200
- กิ๊บล็อค, สวค, สปริง	~1 ชุด	5	0.432	**	2.1600
- สกรูเกรียวปล่อย 1"	2 กล่อง	0.5	0.432	**	0.2160
2.4 งานหลังคา					200.0088
- หลังคาลอนคู่ห้าห่วง	45 แผ่น	292.5	0.4	*	117.0000
- แผ่นสะท้อนความร้อน	1 ม้วน	12	2	*	24.0000
- เฟลชชิ่ง สังกะสีเบอร์ 28	8 แผ่น	14.4	0.432	**	6.2208
- ไม้เชิงชายเฌอร่า 1.6 cm	7 แผ่น	125.4	0.4	*	50.1600
- สกรู (รวม 2.4)	3 กล่อง	1.5	0.432	**	0.6480
- กาวยาแนวเฌอร่า พียู 25	3 หลอด	1.1	1.8	*	1.9800
2.5 งานประตู-หน้าต่าง					435.6560
- ประตูเฌอร่า 3.5 cm	1 บาน	68.6	0.4	*	27.4400
- วงกบประตูเฌอร่า	1 วง	20	0.4	*	8.0000
- บานพับ 4"	3 อัน	0.5	0.432	*	0.2160
- ประตูอลูมิเนียม	1 บาน	50	8	*	400.0000
2.6 งานสุขภัณฑ์					72.0000
- ชักโครก, อ่าง, กระจก	~1 ชุด	60	1.2	*	72.0000
2.7 งานสี					97.5000
- สีย้อมไม้เฌอร่า	8 GL.	24	2.5	*	60.0000
- สีทาไม้เฌอร่า	5 GL.	15	2.5	*	37.5000
รวม					**2,439.8976**
3. งานไฟฟ้า					
- โคม, สวิท, ปลั๊ก, ตู้	~1 ชุด	10	1.5	*	15.0000
- สาย เมน เบอร์ 16	1 ม้วน	19	2.2	*	41.8000
- สาย เบอร์ 2.5 (รวม)	3 ม้วน	9.6	2.2	*	21.1200
- สาย เบอร์ 1.5 (รวม)	2 ม้วน	4.4	2.2	*	9.6800
- สาย เบอร์ 10	8 ม.	0.9	2.2	*	1.9800
- แท่งทองแดง	1 ชุด	2.5	1.5	*	3.7500
รวม					93.3300

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รายการ	ปริมาณ	น้ำหนัก (กก.)	EF (kg CO_2e / หน่วย)	ที่มา EF	รวม kg CO_2e
4. งานสุขาภิบาล - ประปา					
- ท่อ PVC (รวมทุกขนาด)	6 เส้น	14.8	1.6	*	23.6800
- ข้องอ, สามทาง, ต่อตรง	~1 ชุด	2	1.6	*	3.2000
- ถังแซท 700 ลิตร	1 ถัง	40	1.8	*	72.0000
รวม					**98.8800**

* [8], **[22]

จากตารางสามารถสรุปปริมาณคาร์บอนสะสมในขั้นตอนการผลิตวัสดุ (A1-A3) พบว่าปริมาณคาร์บอนสะสมในโครงการ พบว่า **งานสถาปัตยกรรม** มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 54.90 ของปริมาณคาร์บอนรวมทั้งหมด ในขณะที่งานโครงสร้างมีสัดส่วนรองลงมา และงานระบบอื่น ๆ (ไฟฟ้าและสุขาภิบาล) มีสัดส่วนรวมกันเพียงร้อยละ 4 โดยประมาณ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สรุปปริมาณคาร์บอนสะสมในขั้นตอนการผลิตวัสดุ (A1-A3)

ที่	รายการ	ปริมาณคาร์บอนสะสม (kg CO_2e)	(Percentage)
1	งานโครงสร้าง	1,811.6932	40.77
2	งานสถาปัตยกรรม	2,439.8976	54.91
3	งานไฟฟ้า	93.3300	2.10
4	งานสุขาภิบาล - ประปา	98.8800	2.23
	รวม	**4,443.8008**	**100.00**

ในขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction Process Stage) (A4-A5) จากการขนส่งวัสดุจากโรงงานไปยังสถานที่ก่อสร้าง และ พลังงานรวมถึงทรัพยากรที่ใช้ในระหว่างขั้นตอนการติดตั้งและก่อสร้างจริงทำการคำนวณจากรวบรวมจากน้ำหนักรวมของวัสดุที่ขนส่งประมาณ 16.65 ตัน และกำหนดระยะทางการขนส่งโดยประมาณการที่ 10 กิโลเมตร สำหรับระยะ A5 คือ กระบวนการก่อสร้าง รวบรวมจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 50 กิโลวัตต์/วัน การใช้น้ำประปาประมาณ 80 ลิตร/คน/วัน โดยมีช่างในการประกอบและติดตั้งประมาณ 5 คน ทั้งนี้กำหนดระยะเวลาก่อสร้าง 45 วัน โดยอ้างอิงข้อมูลระยะเวลาการติดตั้งตั้งแต่การทำโครงสร้างหลักจนถึงติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าและสุขาภิบาลที่ระบุไว้ในเว็บไซต์ [23] โดยพบว่ามีปริมาณคาร์บอนสะสม 1,070.0000 kg CO_2e (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณคาร์บอนสะสมในช่วงระยะการก่อสร้าง (A4-A5)

ระยะ	กิจกรรม (Activity)	รวม kg CO_2e	ที่มา EF	หมายเหตุ
A4	การขนส่งวัสดุ (10 กม., รถ 6 ล้อ) (Transport to site)	24.0000	**	คำนวณตามวิธี .(อบก.)
A5	การใช้พลังงาน/น้ำ ณ สถานที่ก่อสร้าง (45 วัน) (On-site construction)	1,046.0000	**	คำนวณตามวิธี .(อบก.) ไฟฟ้า: 1,032 กก. น้ำประปา: 14 กก.
รวมปริมาณคาร์บอนสะสมในระยะก่อสร้าง		**1,070.0000**		

**[22]

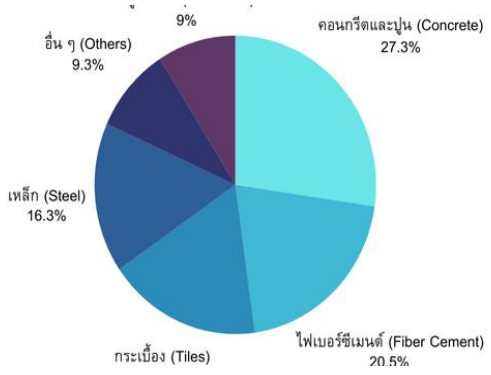
สำหรับขั้นตอนช่วงการใช้งาน (B6) คำนวณจากการใช้งานปีแรก (Use Stage – Operational Energy) ผ่านปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ โดยมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1,575 กิโลวัตต์/ปี ดังนั้นสามารถคำนวณปริมาณคาร์บอนสะสมเท่ากับ 723 kg CO_2e (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณคาร์บอนสะสมในช่วงการใช้งาน (B6)

ระยะ	กิจกรรม (Activity)	รวม kg CO_2e	ที่มา EF	หมายเหตุ
B6	การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร (Operational Energy Use)	723.0000	**	1,575 kWh/ปี
รวมปริมาณคาร์บอนสะสมในช่วงการใช้งาน		**723.0000**		

**[22]

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนสะสมส่วนใหญ่ ร้อยละ 71.25 เกิดขึ้นในระยะการผลิตวัสดุ (A1-A3) เมื่อเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนสะสมในช่วงการผลิตวัสดุถึงช่วงระยะการก่อสร้าง (A1-A5) พบว่าอยู่ที่ 270.2844 kg CO_2e/m^2 ซึ่งอยู่ในระดับปกติสำหรับอาคารขนาดเล็กและอาคารสำเร็จรูป และเมื่อเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ พบว่ามีค่าตั้งแต่ต่ำกว่า 200 kg CO_2e/m^2 ไปจนถึง 500 kg CO_2e/m^2 ขึ้นอยู่กับประเภทวัสดุและขอบเขตการศึกษา ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าปริมาณคาร์บอนสะสมคือการเลือกใช้วัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อะลูมิเนียม ที่มี Emission Factor (EF) สูงมาก ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญแม้ใช้ปริมาณน้อย ตามมาด้วยคอนกรีต และเหล็ก ซึ่งมีปริมาณการใช้งานสูง (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แผนภูมิแสดงปริมาณคาร์บอนสะสมของวัสดุ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าระยะก่อสร้าง (A5) มีสัดส่วนรองลงมาร้อยละ 16.77 ซึ่งอาจมีค่าผันแปรได้ขึ้นอยู่กับกระบวนการประกอบอาคารสำเร็จรูปตามสภาพที่ตั้งที่มีความแตกต่างกันในการปรับพื้นที่ ด้านการขนส่ง (A4) มีผลกระทบน้อยเนื่องจากมีระยะทางการขนส่งที่สั้น สำหรับปริมาณคาร์บอนสะสมจากการใช้งาน (Operational carbon) ในช่วงปีแรกมีค่าร้อยละ 11.59 และหากพิจารณาตลอดอายุอาคารที่ 20 ปี จะมีค่าเท่ากับ 14,460 kg CO_2e ซึ่งจะมีปริมาณนัยสำคัญถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารในระยะยาว

6. อภิปรายผล

ผลการประเมินพบว่าปริมาณคาร์บอนสะสมของแบบบ้านสำเร็จรูปเฉอร่าอยู่ในระดับที่พบได้ทั่วไปสำหรับการก่อสร้างอาคารขนาดเล็กและอาคารสำเร็จรูปที่ใช้โครงสร้างน้ำหนักเบา อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์จุดที่มีผลกระทบสูง (Hotspot analysis) พบว่าในระยะการผลิตวัสดุ (A1-A3) มีสัดส่วนปริมาณคาร์บอนสะสมที่สูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของอาคารจำนวนมากที่พบในระยะการผลิตวัสดุเช่นเดียวกัน [24], [8] ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมในระยะก่อนการใช้งาน (Upfront emissions) เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในระยะ A1-A3 (ตาราง 1) พบว่า วัสดุที่เป็นจุดที่มีผลกระทบสูง (Hotspots) ได้แก่

6.1 คอนกรีตและปูนร้อยละ 27.31 มีสัดส่วนสูงสุดเนื่องจากมีปริมาณการใช้งานที่มากในส่วนฐานราก

6.2 ไฟเบอร์ซีเมนต์ร้อยละ 20.48 และเหล็กร้อยละ 16.29 มีสัดส่วนรองลงมา สะท้อนถึงการเป็นวัสดุโครงสร้างและเปลือกอาคารหลัก

6.3 อะลูมิเนียมร้อยละ 9.00 ซึ่งมีปริมาณการใช้งานน้อยเมื่อเทียบกับวัสดุอื่น (ประมาณ 50 กก.) แต่กลับมีสัดส่วนผลกระทบสูงถึงร้อยละ 9.00 เนื่องจากค่า EF ที่สูงมากประมาณ 8.00 kg CO_2e /กก. ตามค่าอ้างอิง) [20] แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้วัสดุที่มีค่า EF สูงเพียงเล็กน้อยก็สามารถส่งผลกระทบต่อคาร์บอนสะสมรวมได้อย่างมีนัยสำคัญ

6.4 กระเบื้องร้อยละ 17.63 และอื่นๆงานระบบ ได้แก่งานไฟฟ้า ประปา งานสี สุขภัณฑ์ กาวและฉนวนร้อยละ 9.29

นอกจากนี้แบบบ้านสำเร็จรูปเฉอร่า กรณีศึกษา SHERA Knockdown Type A2 ใช้วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์ (Fiber Cement) เป็นองค์ประกอบหลักสำหรับผนัง พื้น และหลังคา วัสดุผสมนี้ผลิตจากปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซิลิก้า และเส้นใยเซลลูโลส แม้ไฟเบอร์ซีเมนต์จะมีความทนทานสูง แต่กระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้ปูนซีเมนต์ ซึ่งเป็นแหล่งปล่อย CO_2 หลักในอุตสาหกรรม รวมถึงต้องใช้พลังงานในการอบเพื่อให้วัสดุคงรูป และการศึกษาโดย L. Kosareo and R. Ries [25] พบว่าวัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์มีปริมาณคาร์บอนสะสม และค่าผลกระทบต่อ

ภาวะการเกิดภาวะโลกร้อน Global Warming Potential (GWP) ที่สูงกว่าวัสดุทดแทนที่มีส่วนประกอบของซีเมนต์น้อยกว่าหรือวัสดุชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนสะสมในระยะการผลิต (A1-A3) กับการก่อสร้างดั้งเดิมในประเทศไทยที่มีขนาดและฟังก์ชันการใช้งานใกล้เคียงกัน พบว่าปริมาณคาร์บอนสะสมของแบบบ้านสำเร็จรูปเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 217.83 kg CO_2e q/m² ซึ่งต่ำกว่าการก่อสร้างแบบดั้งเดิมซึ่งมีคาร์บอนสะสม 234-314 kg CO_2e q/m² คิดเป็นร้อยละ 7-30 Saelao [26] ปัจจัยหลักเกิดจากประสิทธิภาพของระบบสำเร็จรูปที่ช่วยลดความสูญเสียวัสดุและน้ำหนักโครงสร้างเมื่อเทียบกับระบบก่ออิฐฉาบปูน สะท้อนให้เห็นศักยภาพในการเป็นที่อยู่อาศัยคาร์บอนต่ำที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศ

ผลกระทบจากระยะการก่อสร้าง (A4-A5) ปริมาณคาร์บอนสะสมมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ซึ่งมีระดับค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับระยะเวลาการก่อสร้างใน 45 วัน ทั้งนี้ค่าจะน้อยลงเมื่ออาคารสำเร็จรูปใช้เวลาในการประกอบที่รวดเร็วจากการใช้พลังงานของเครื่องมือหนัก เช่นอุปกรณ์เชื่อมเหล็ก สว่านไฟฟ้า ที่กินกำลังวัตต์ไฟฟ้าสูง ในด้านการขนส่ง (A4) มีผลกระทบน้อยมากพียงร้อยละ 0.40 ซึ่งเป็นผลโดยตรงจากข้อสมมติฐานระยะทางที่สั้นหากแหล่งผลิตวัสดุหรือสถานที่ก่อสร้างมีระยะห่างที่มากขึ้นผลกระทบจาก A4 ย่อมจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วน ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตในงานวิจัยเกี่ยวกับอาคารสำเร็จรูป [6] ที่ประเมินการขนส่งพบว่าเป็นส่วนหนึ่งของการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนสะสมจากการก่อสร้าง

ในการวิเคราะห์คาร์บอนจากการใช้งาน (Operational Carbon: B6) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้งาน (Occupant activities) ด้านพลังงานจากการใช้ไฟฟ้าแม้ว่าเป็นสัดส่วนที่น้อยที่สุด (723 kg CO_2e) แต่มีความผันผวนสูงตามพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศและประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าดังนั้นพฤติกรรมของผู้ใช้ต้องมีการปรับตัวและเลือกใช้พลังงานทางเลือกในการใช้พลังงานเพื่อประสิทธิภาพสูงสุด

8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การดำเนินการประเมินปริมาณคาร์บอนสะสมตลอดวัฏจักรชีวิต (LCA) ของอาคารสำเร็จรูป SHERA Knockdown Type A2 ครอบคลุมระยะการผลิตวัสดุ (A1-A3) การก่อสร้าง (A4-A5) และการใช้งานปีแรก (B6) ทำให้ปริมาณคาร์บอนสะสม (Embodied Carbon - A1-A5) มีสัดส่วนค่อนข้างสูงโดยเฉลี่ย 270.2844 kg. CO_2e/m² ของพื้นที่ใช้สอยประมาณ 20.40 ตร.ม. ระยะการผลิตวัสดุ (A1-A3) มีสัดส่วนสูงถึง 71.25 % ของปริมาณคาร์บอนสะสมทั้งหมด โดยวัสดุที่ปล่อยปริมาณคาร์บอนสะสมอันดับแรก ได้แก่ คอนกรีต (27.31%) ไฟเบอร์ซีเมนต์ (20.48%) เหล็ก (16.29%) อะลูมิเนียม (9.00%) และกระเบื้อง (17.63%) ขณะที่ระยะการก่อสร้าง ณ สถานที่ (A5) มีสัดส่วน 16.77% และระยะการขนส่ง (A4) มีสัดส่วนเพียง 0.38% (ภายใต้สมมติฐานระยะทาง 10 กม.) ทั้งนี้คาร์บอนจากการใช้งาน (Operational Carbon - B6) มีค่า 11.59% เมื่อพิจารณาตลอดอายุอาคาร 20 ปี ปริมาณคาร์บอนสะสมจากการใช้งานประมาณ 14,460 kg.CO_2e ทั้งนี้ข้อเสนอแนะเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ได้แก่

8.1 ผู้ออกแบบและผู้ผลิตผู้ที่เกี่ยวข้องควรทบทวนวัสดุ (Material Re-evaluation) โดยเฉพาะอะลูมิเนียมรวมถึงการเลือกใช้วัสดุไฟเบอร์ซีเมนต์หรือกระเบื้องที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่ำและได้รับการรับรองฉลากคาร์บอน นอกจากนี้ควรใช้คอนกรีตผสมวัสดุทดแทนปูนซีเมนต์เพื่อลดการใช้ปูนซีเมนต์ลง หรือการใช้เหล็กที่มีสัดส่วนการรีไซเคิลสูง เพิ่มประสิทธิภาพของเปลือกอาคาร (Building envelope) เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อน หรือการออกแบบช่องเปิดเพื่อส่งเสริมการระบายอากาศตามธรรมชาติ เพื่อลดการพึ่งพาเครื่องปรับอากาศในระยะใช้งาน (B6)

8.2 สำหรับผู้ใช้งานการลดผลกระทบผู้อยู่อาศัยจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้งานเป็นสำคัญ พฤติกรรมการใช้พลังงาน รวมถึงการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง (เบอร์ 5) เพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้า (B6) ให้เหมาะสม

ทั้งนี้ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยเพื่อต่อยอดองค์ความรู้และการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารสำเร็จรูป ควรมีเน้นการใช้ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) จากผู้ผลิตวัสดุโดยตรง และเก็บข้อมูลการใช้พลังงานจริงในระหว่างการก่อสร้างและใช้งาน นอกจากนี้ขยายขอบเขตการศึกษา ให้ครอบคลุมตลอดวัฏจักรชีวิต (Whole Life Cycle) รวมถึงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง (Scenario Analysis) สำหรับระยะสิ้นสุดอายุขัย (C1-C4) และศักยภาพการรีไซเคิล (D)

เอกสารอ้างอิง

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

[2] United Nations Environment Programme. (2020). 2020 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. https://globalabc.org/resources/publications/2020-global-status-report-buildings-and-construction

[3] Röck, M., et al. (2020). Embodied GHG emissions of buildings—The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied Energy, 258, 114107. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107

[4] Energy Policy and Planning Office, Ministry of Energy. (n.d.). Energy situation. http://www.eppo.go.th/index.php/th/energy-information/situation-energy

[5] Li, Z., & Zhang, H. (2023). Reducing embodied carbon of prefabricated buildings: An optimization approach considering material selection and structural design. Sustainable Cities and Society, 96, 104689. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104689

[6] Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review and future research agenda. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62, 1171–1183. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.023

[7] Gunawardena, T., Mendis, P., Ngo, T., Aye, L., & Alfano, J. (2016). Sustainable prefabricated modular building construction: An Australian perspective. In Proceedings of the Creative Construction Conference 2016 (pp. 542–547).

[8] Surachotwet, T. (2018). Life cycle energy analysis of buildings: A case study of Sanam Chandra Palace multipurpose building (Master's thesis, Silpakorn University).

[9] International Organization for Standardization. (2006). Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework (ISO 14040:2006).

[10] International Organization for Standardization. (2006). Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines (ISO 14044:2006).

[11] Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Scoping embodied carbon: A proposal for a harmonised system boundary framework in life cycle assessment (LCA) of buildings. Journal of Cleaner Production, 167, 683–696. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.064

[12] Carbon Trust. (n.d.). Carbon footprinting guide. https://www.carbontrust.com/news-and-insights/guides-and-reports/carbon-footprinting-guide

[13] CEN. (2011). Sustainability of construction works—Assessment of environmental performance of buildings—Calculation method (EN 15978:2011).

[14] Bertram, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., & Woetzel, J. (2019, June). Modular construction: From projects to products. McKinsey & Company.

[15] Luo, Z., Yang, X., & Wang, J. (2022). The carbon emission assessment of a building with different prefabrication rates in the construction stage. International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(4), 2366. https://doi.org/10.3390/ijerph19042366

[16] Hammond, G. P., & Jones, C. I. (2011). Inventory of carbon & energy (ICE) (Version 2.0). Sustainable Energy Research Team, University of Bath.

[17] Buchanan, A. H., & Levine, S. B. (1999). Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions. Environmental Science & Policy, 2(6), 427–437. https://doi.org/10.1016/S1462-9011(99)00038-6

[18] Thailand Greenhouse Gas Management Organization. (n.d.). Emission factor database for carbon footprint of products (CFP). http://thaicarbonlabel.tgo.or.th

[19] Shera Public Company Limited. (2025). Title of the webpage/article. URL

[20] Hong, J., Shen, G. Q., Li, Z., Zhang, B., & Zhang, W. (2015). Greenhouse gas emissions during the construction phase of a building: A case study in China. Journal of Cleaner Production, 103, 249–259. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.037

[21] Kosareo, L., & Ries, R. (2007). Comparative environmental life cycle assessment of green roofs. Building and Environment, 42(10), 3574–3584. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.09.001

[22] Saelao, J. (2014). Embodied energy and embodied carbon of low income houses in Thailand (Research report, University of Warwick). https://warwick.ac.uk/fac/sci/eng/elith/publications/all_publications/elith-t05.pdf

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับศักยภาพของกรดอินทรีย์จากแหล่งชีวภาพและเชิงพาณิชย์ในการปรับสภาพคอนกรีตเพื่อการรีไซเคิล

A Preliminary Study on the Potential of Bio-derived and Commercial Organic Acids for Concrete Recycling

รัฐพงษ์ มนขุนทด ณัฏรี ศรีดารานนท์ และ โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์*

ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*E-mail: sopa.v@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของการใช้กรดอินทรีย์จากขยะผลไม้ในการปรับสภาพคอนกรีตเบื้องต้น เพื่อการลดความแข็งแรงของเศษคอนกรีต อันอาจนำไปสู่การลดพลังงานที่ใช้ในกระบวนการบดย่อยขยะคอนกรีตจากการก่อสร้างเพื่อการรีไซเคิล โดยมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากขยะผลไม้เขตร้อนในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณการผลิตสูง การออกแบบการทดลองคำนึงถึงระยะเวลาการพักเก็บเศษวัสดุคอนกรีตในโครงการก่อสร้างก่อนการขนย้ายและระยะเวลาการหมักผลไม้เพื่อสร้างกรดอินทรีย์ ซึ่งอยู่ในช่วง 4 สัปดาห์

การทดลองประกอบด้วยการเตรียมก้อนคอนกรีตตัวอย่าง ขนาด 50 × 50 × 50 มิลลิเมตร จำนวน 108 ตัวอย่าง และการเตรียมน้ำหมักจากเศษผลไม้ 4 ชนิด ได้แก่ สับปะรด กล้วย ส้ม และมะม่วง โดยหมักเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จากนั้นเติมกรดอินทรีย์ 3 ชนิดในอัตราส่วนร้อยละ 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยปริมาตร และหมักต่ออีก 1 สัปดาห์ เมื่อได้สารละลายที่เตรียมไว้แล้วจึงนำก้อนคอนกรีตตัวอย่างไปแช่เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปทดสอบการเปลี่ยนแปลงด้านน้ำหนัก ความหนาแน่น ลักษณะผิวหน้า และการรับกำลังแรงอัดของคอนกรีต

ผลการศึกษาพบว่า ในภาพรวมกรดอินทรีย์จากน้ำหมักเศษผลไม้มีผลทำให้น้ำหนักและความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงแต่ผลต่อการลดความแข็งแรงของคอนกรีตมีประสิทธิภาพจำกัดและแปรผันตามชนิดของกรดและความเข้มข้นที่ใช้ โดยผลลัพธ์ยังไม่สามารถสรุปแนวโน้มที่ชัดเจนได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอในฐานะการศึกษาเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : กรดอินทรีย์ ขยะผลไม้ การเสื่อมสภาพของคอนกรีต การรีไซเคิลคอนกรีต นวัตกรรมสีเขียว

Abstract

This study investigates the conditioning potential of bio-derived organic acids obtained from fruit waste for preliminary concrete conditioning, with the aim of assessing their feasibility in reducing concrete strength prior to recycling and, potentially, energy consumption during crushing processes. The study focuses on tropical fruit waste in Thailand, where availability is high, and aligns the experimental timeline with typical on-site concrete waste storage periods of approximately four weeks.

The experimental program involved 108 concrete cube specimens (50 × 50 × 50 mm) prepared to simulate approximately 70% of the compressive strength of ordinary Portland cement concrete. Fermented fruit extracts derived from pineapple, banana, orange, and mango wastes were prepared and combined with three types of organic acids at concentrations of 1.5%, 2.0%, and 2.5%. The concrete specimens were immersed in the fermented solutions for two weeks following fermentation, resulting in a total experimental duration of four weeks. Changes in mass, density, surface characteristics, and compressive strength were evaluated.

The results indicate limited effectiveness of the bio-derived organic acids in reducing concrete strength under the tested conditions, with observed effects varying depending on acid type and concentration. Overall, the findings remain inconclusive and suggest that the conditioning performance is highly condition-dependent. This study is therefore presented as a preliminary investigation, highlighting both the potential and limitations of using fruit-waste-derived organic acids for concrete conditioning and providing a basis for further optimization and future research.

Keywords: Organic acids, Fruit waste, Concrete deterioration, Concrete recycling, Green innovation

1. บทนำ

คอนกรีตเป็นวัสดุก่อสร้างที่ถูกใช้อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้เกิดขยะจากงานก่อสร้างและรื้อถอนในปริมาณสูง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจในกระบวนการจัดการของเสีย (Küpfer et al., 2023; Wang et al., 2025) จึงเกิดแรงผลักดันสู่แนวคิดการใช้ซ้ำและการจัดการทรัพยากรตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Chandrachoti et al., 2023; Neupane et al., 2025) อย่างไรก็ตามหนึ่งขั้นตอนสำคัญในการนำเศษคอนกรีตกลับมาใช้คือกระบวนการบดย่อย แม้การจัดการในระดับไซต์งานจะช่วยลดการขนส่ง แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการใช้พลังงานสูง (Nedeljković et al., 2023) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

ในทางเคมี คอนกรีตมีโครงสร้างภายในที่มีความหนาแน่นจากปฏิกิริยาไฮเดรชันของซีเมนต์และความเป็นด่างสูงจากแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในขณะที่การสัมผัสกับกรดจะทำให้เกิดการละลายของแคลเซียม ส่งผลให้โครงสร้างภายในเสื่อมสภาพและอ่อนตัวลง งานวิจัยหลายฉบับระบุว่ากรดอินทรีย์บางชนิดส่งผลกระทบเชิงลบต่อคุณสมบัติของคอนกรีตได้ (Aiken, 2021; Berger et al., 2022; Hilbig et al., 2024) กรดดังกล่าวสามารถผลิตได้ด้วยกระบวนการชีวภาพจากการหมักผลไม้โดยจุลินทรีย์ธรรมชาติ (Ismail et al., 2024) แม้ว่าจะมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาผลของกรดอินทรีย์ต่อการเสื่อมสภาพของคอนกรีต แต่การประยุกต์ใช้กรดอินทรีย์ที่ผลิตจากกระบวนการชีวภาพในการทำให้คอนกรีตเสื่อมสภาพเพื่อช่วยลดพลังงานในกระบวนการรีไซเคิลคอนกรีตยังมีอยู่อย่างจำกัด

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น มีแนวโน้มการเกิดขยะผักและผลไม้ในปริมาณสูงเช่นเดียวกับหลายประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แม้จะมีแนวทางการใช้ประโยชน์หลากหลาย แต่ยังคงมีขยะจากผลไม้จำนวนมากที่ถูกทิ้งโดยไม่จำเป็น (Rai, 2025) งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาแนวทางการใช้กรดอินทรีย์จากเศษผลไม้ในการปรับสภาพเศษคอนกรีตให้มีความแข็งแรงลดลงและง่ายต่อการบดย่อย เพื่อสนับสนุนกระบวนการรีไซเคิล ลดการใช้พลังงาน ลดการใช้ทรัพยากรดั้งเดิม และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรหมุนเวียนตามแนวคิดการก่อสร้างอย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาวิธีการใช้กรดอินทรีย์จากขยะผลไม้ร่วมกับกรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์ในการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของขยะคอนกรีตจากการก่อสร้าง

2.2 เพื่อทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตที่บ่มในน้ำหมักกรดอินทรีย์จากเศษผลไม้ร่วมกับกรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ผลไม้ที่ใช้ในการผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งเป็นผลไม้ที่หาได้ง่ายในประเทศไทยและมีความหลากหลายขององค์ประกอบที่สร้างกรดอินทรีย์ และใช้กรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์ที่นิยมใช้กันทั่วไป ได้แก่ กรดอะซิติก กรดซิตริก และ กรดแลคติก

3.2 ก้อนตัวอย่างวัสดุคอนกรีต ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทหนึ่ง (OPC) โดยมีส่วนผสมและอัตราส่วนผสมที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ 1:2:4 (ปูนซีเมนต์ : ทราย : หิน)

3.3 กระบวนการหมักเศษผลไม้ เป็นการหมักภายในร่มภายใต้สภาพภูมิอากาศตามธรรมชาติ

3.4 ตัวอย่างคอนกรีตถูกบ่มเป็นเวลา 7 วันก่อนการทดลองเพื่อให้คอนกรีตพัฒนากำลังอัดในระดับหนึ่งและจำลองสภาพของเศษคอนกรีตที่เกิดจากการรื้อถอนโครงสร้าง

4. วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาผลของกรดอินทรีย์จากน้ำหมักเศษผลไม้ต่อการลดความแข็งแรงของคอนกรีต โดยมีขั้นตอนหลัก ดังนี้ (รูปที่ 1)

4.1 เตรียมก้อนคอนกรีตตัวอย่าง

คอนกรีตที่ใช้ในการทดลองถูกออกแบบเป็นคอนกรีตงานทั่วไป กำหนดสัดส่วนผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 (Ordinary Portland Cement: OPC) ต่อทราย ต่อหิน ในอัตราส่วน 1 : 2 : 4 โดยน้ำหนัก และใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซิเมนต์โดยน้ำหนัก เท่ากับ 0.5 : 1 หล่อเป็นลูกบาศก์ขนาด 50 × 50 × 50 มิลลิเมตร ตัวอย่างละ 3 ก้อน รวม 108 ตัวอย่าง

4.2 เตรียมน้ำหมักเศษผลไม้และกรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์

กระบวนการเตรียมสารละลายกรดอินทรีย์แบ่งออกเป็นสองขั้นตอน โดยขั้นแรกเป็นการหมักเศษผลไม้ร่วมกับยีสต์เป็นระยะเวลา 7 วัน เพื่อให้เกิดสภาพกรดเริ่มต้นและสะท้อนลักษณะของกรดอินทรีย์ที่ได้จากขยะอินทรีย์จริง จากนั้นในขั้นที่สองได้เติมกรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์ตามอัตราส่วนที่กำหนด เพื่อควบคุมชนิดและความเข้มข้นของกรดให้มีความสม่ำเสมอระหว่างชุดทดลอง ทั้งนี้เพื่อแยกผลของความเข้มข้นกรดต่อคุณสมบัติคอนกรีตออกจากความแปรปรวนของกระบวนการหมัก เศษผลไม้ถูกเตรียมจากเศษผลไม้ 4 กลุ่ม คือ กล้วย (B) มะม่วง (M) ส้ม (O) และ สับปะรด (P) โดยกำหนดสัดส่วน เศษผลไม้ ต่อ น้ำสะอาด ในอัตราส่วน 1 : 3 โดยน้ำหนัก เศษผลไม้ถูกให้ความร้อนร่วมกับน้ำจนเดือด จากนั้นปล่อยให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องก่อนกระบวนการหมักเพื่อลดจุลินทรีย์เริ่มต้น จากนั้นเติมยีสต์ชนิด Saccharomyces cerevisiae (LALVIN EC-1118)ในอัตราส่วน 0.3% โดยน้ำหนักของเศษผลไม้ ใช้เวลา 7 วัน ตามที่กล่าวข้างต้นในขั้นตอนแรก ในขั้นตอนที่สอง ได้ทำการ

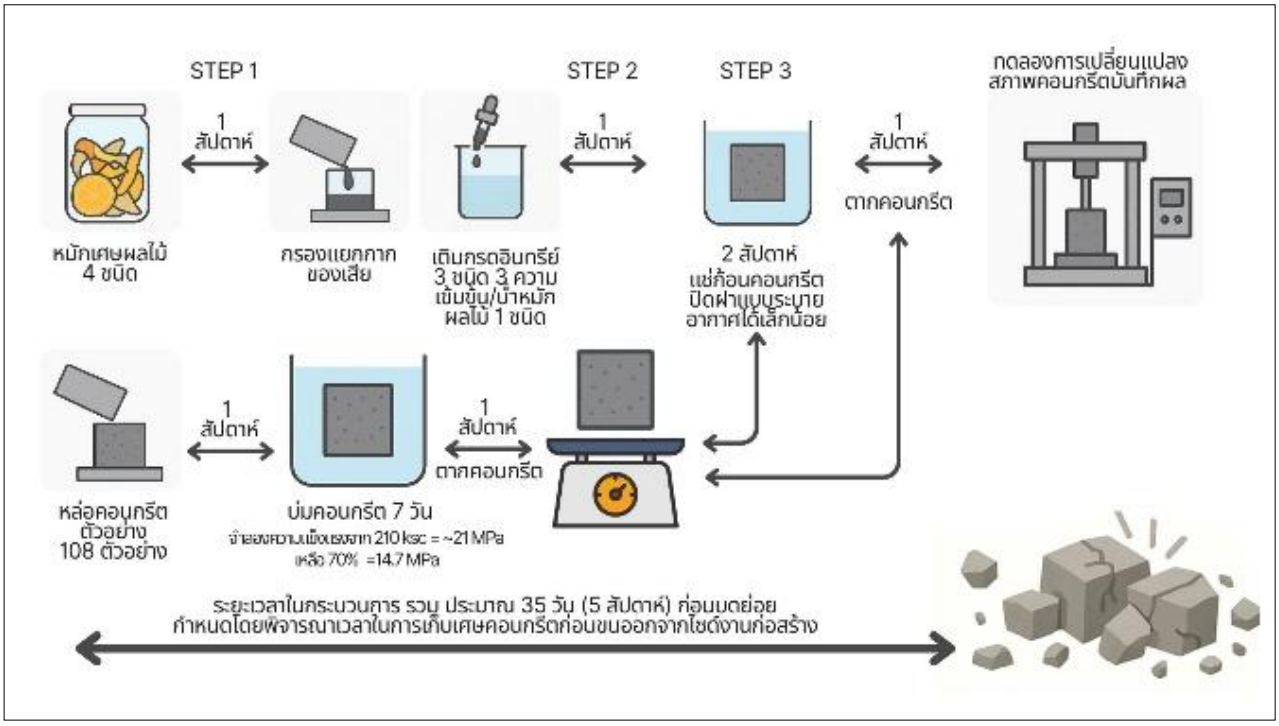
แยกกรองเศษกากผลไม้ออกจากของเหลวหมัก จากนั้นเติมกรดอินทรีย์เชิงพาณิชย์จำนวน 3 ชนิด (กรดอะซิติก กรดแลคติก และ กรดซิตริก) ลงในสารละลายที่ได้ โดยกำหนดอัตราส่วนของกรดเท่ากับร้อยละ 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยปริมาตร หลังการเติมกรด สารละลายถูกเก็บไว้ในถังที่ปิดด้วยฟิล์มพลาสติกความหนาประมาณ 8-11 ไมโครเมตร (μm) และฝาแบบระบายอากาศเล็กน้อยเป็นเวลา 7 วัน เพื่อปรับสภาวะของสารละลายให้มีความเสถียรก่อนนำไปใช้แช่คอนกรีตตัวอย่างในการทดสอบต่อไป

4.3 แช่ก้อนคอนกรีตในน้ำหมัก

ก้อนคอนกรีตตัวอย่างถูกแช่ในน้ำหมักเศษผลไม้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เพียงพอให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์กับเฟสของแคลเซียมในเนื้อคอนกรีต โดยยังคงสามารถควบคุมระดับการเสื่อมสภาพของวัสดุได้ตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ระยะเวลารวมของกระบวนการทดลองตั้งแต่ขั้นตอนการหมักน้ำหมักเศษผลไม้จนถึงการแช่คอนกรีตตัวอย่างกำหนดไว้ทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาการพักเก็บเศษคอนกรีตในสถานที่ก่อสร้างก่อนการขนย้ายไปสู่กระบวนการกำจัดหรือรีไซเคิลตามแนวปฏิบัติทั่วไป

4.4 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล

เมื่อครบระยะเวลาการแช่ ก้อนคอนกรีตตัวอย่างถูกนำมาทดสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกล ได้แก่ น้ำหนัก ความหนาแน่น ลักษณะผิวหน้า และการรับกำลังแรงอัด โดยใช้เครื่องชั่ง กล้องจุลทรรศน์ และเครื่องทดสอบ Universal Testing Machine: UTM ดำเนินการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C39/C39M จากนั้นนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกรดอินทรีย์จากน้ำหมักเศษผลไม้ในการลดความแข็งแรงของคอนกรีต



รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดลอง

5. ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบเมื่อนำตัวอย่างคอนกรีตแช่ในน้ำหมักเศษสับปะรดกล้วย ส้ม และ มะม่วง ร่วมกับกรดอะซิติก ซิตริก และ แลคติก เพื่อให้คอนกรีตเกิดการเสื่อมสภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการบดย่อยสำหรับการรีไซเคิล โดยทำการทดสอบคุณสมบัติของคอนกรีต ด้านความหนาแน่น (ตารางที่ 1) ลักษณะผิวหน้า (รูปภาพที่ 2) และการรับกำลังแรงอัด (ตารางที่ 2 และ รูปภาพที่ 3) พบว่า ตัวอย่าง Ola 2.5 แสดงการลดลงของความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 3.56 รองลงมาคือกลุ่ม MAc และ MCi ซึ่งมีค่าการลดลงของความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 3.26 และ 2.92 ตามลำดับ

สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่แช่ในสารละลายกรดแลกติกที่ความเข้มข้น 1.5% พบว่าโดยรวมไม่ส่งผลต่อความหนาแน่นของคอนกรีตในทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง ยกเว้นกลุ่ม M ซึ่งมีการลดลงของความหนาแน่นเล็กน้อยอยู่ที่ร้อยละ 0.94 นอกจากนี้ ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่าง OCi ไม่แสดงผลกระทบต่อความหนาแน่นของคอนกรีตในทุกระดับความเข้มข้นของกรดซิตริกที่ทำการศึกษา

การสังเกตลักษณะพื้นผิวคอนกรีตด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่น้ำหมักมีการเปลี่ยนแปลงของร่องรอยและสีพื้นผิวแตกต่างจากตัวอย่างควบคุมในระดับเล็กน้อย โดยตัวอย่างในกลุ่ม B ปรากฏลักษณะพื้นผิวสีขาวคล้ายการตกตะกอนของสารประกอบบริเวณผิวหน้า ขณะที่ตัวอย่างในกลุ่ม M มีลักษณะสีพื้นผิวตั้งแต่สีเทาเข้มจนถึงสีดำ

ผลการทดสอบการรับกำลังแรงอัด พบว่าตัวอย่างคอนกรีต PLa1.5 และ PLa2.0 ที่มีค่าการรับกำลังแรงอัดที่ 4.98% และ 9.64% ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างอื่นทั้งหมดแสดงค่าการรับกำลังแรงอัดเพิ่มขึ้น โดยตัวอย่าง PLa2.5 มีค่าการเพิ่มขึ้น 65.79% ส่วนตัวอย่างที่มีค่าการเพิ่มขึ้นต่ำสุด ได้แก่ OAc1.5 และ OCi1.5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.03% และ 5.31% ตามลำดับ และจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันรวมถึงความเข้มข้นของกรดในปริมาณเท่ากัน

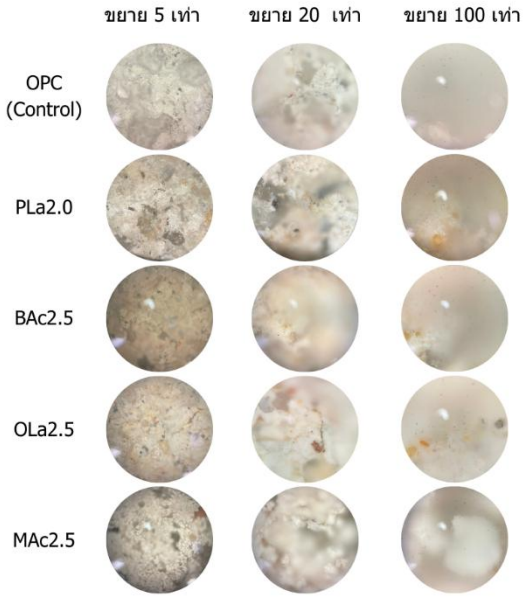
6. อภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า การใช้กรดอินทรีย์ส่งผลต่อคุณสมบัติของคอนกรีตด้านน้ำหนักและความหนาแน่นแตกต่างกัน ออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง การเพิ่มขึ้น และการลดลง โดยพบว่าปริมาณกรดอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว กล่าวคือ ตัวอย่างที่ใช้กรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นสูงร้อยละ 2 มีแนวโน้มทำให้ค่าความหนาแน่นของคอนกรีตลดลงในหลายตัวอย่าง

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเฉลี่ยคอนกรีตตัวอย่าง

ชนิดกรด	สัดส่วนกรด/น้ำหมัก V/V	กลุ่ม P (%)	กลุ่ม B (%)	กลุ่ม O (%)	กลุ่ม M (%)
แลคติก	La1.5	0.000	0.000	0.000	-0.937
	La2.0	-0.945	-0.489	-0.123	-0.921
	La2.5	-0.428	-0.231	-3.558	-1.440
อะซิติก	Ac1.5	+0.925	0.000	+0.226	-1.891
	Ac2.0	0.000	-0.469	-0.479	-1.394
	Ac2.5	-0.464	-2.263	-1.403	-3.264
ซิตริก	Ci1.5	+2.377	-0.439	0.000	-1.875
	Ci2.0	+0.462	-1.314	0.000	-1.435
	Ci2.5	-0.935	-1.813	0.000	-2.915

หมายเหตุ: เครื่องหมาย (+) แสดงความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และ (–) แสดงหนาแน่นลดลง
ชื่อกลุ่มตัวอย่าง เช่น La1.5 = เติมกรดแลคติกในสัดส่วนร้อยละ 1.5 (v/v)
ชนิดผลไม้ P=สับปะรด B=กล้วย O=ส้ม M=มะม่วง
ชนิดกรดอินทรีย์ La=แลคติก Ac=อะซิติก Ci=ซิตริก



หมายเหตุ : OPC (Control) = คอนกรีตตัวอย่าง
PLa2.0 = สับปะรด+กรดแลคติกร้อยละ 2.0
BAc2.5 = กล้วย+กรดอะซิติกร้อยละ 2.5
OLa2.5 = ส้ม+กรดแลคติกร้อยละ2.5

รูปภาพที่ 2 โครงสร้างจุลภาคขยาย 5, 20 และ 100 เท่า

สำหรับลักษณะผิวหน้าคอนกรีต พบว่าตัวอย่างทั้งหมดมีความแตกต่างด้านรอยแตกร้าวและสีของพื้นผิวในระดับเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม จากการสังเกตด้วยสายตาและการตรวจสอบพื้นผิว ยังไม่พบหลักฐานที่บ่งชี้ถึงการเสื่อมสภาพหรือการกัดกร่อนของคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญนอกจากนี้ ผลการทดสอบกำลังอัดพบว่า การแช่คอนกรีตในน้ำหมักเศษผลไม้ที่มีการเติมกรดอินทรีย์ในปริมาณร้อยละ 1.5, 2.0 และ 2.5 โดยปริมาตรสามารถลดความแข็งแรงของคอนกรีตได้เพียงบางตัวอย่างเท่านั้น ขณะที่ตัวอย่างส่วนใหญ่กลับมีค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นว่าปริมาณสัดส่วนของกรดอินทรีย์ที่ใช้ในช่วงการทดลองนี้ยังไม่เพียงพอที่จะก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพเชิงโครงสร้างของคอนกรีตอย่างเด่นชัด

7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการขยายแนวคิดการออกแบบเพื่อการรื้อถอนจากระดับโครงสร้างไปสู่ระดับวัสดุ โดยมุ่งประเมินศักยภาพของการปรับสภาพคอนกรีตล่วงหน้าด้วยกรดอินทรีย์จากน้ำหมักเศษผลไม้ก่อนเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ในกรอบของการศึกษาเชิงสำรวจเบื้องต้น ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการแช่คอนกรีตในน้ำหมักที่มีการเติมกรดอินทรีย์ในช่วงสัดส่วนร้อยละ 1.5–2.5 โดยปริมาตร ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักและความหนาแน่นในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยพบแนวโน้มการลดลงของความหนาแน่นในบางตัวอย่าง โดยเฉพาะในกลุ่มที่ใช้กรดอินทรีย์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2.5

การตรวจสอบลักษณะผิวหน้าคอนกรีตพบว่าการเปลี่ยนแปลงของสีและรอยแตกร้าวมีเพียงเล็กน้อย และยังไม่ปรากฏหลักฐานของการเสื่อมสภาพหรือการกัดกร่อนของผิวคอนกรีตอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสะท้อนว่าการใช้กรดอินทรีย์ในช่วงความเข้มข้นที่ศึกษา ยังไม่ก่อให้เกิดความเสียหายเชิงโครงสร้างในระยะเวลาการทดลอง

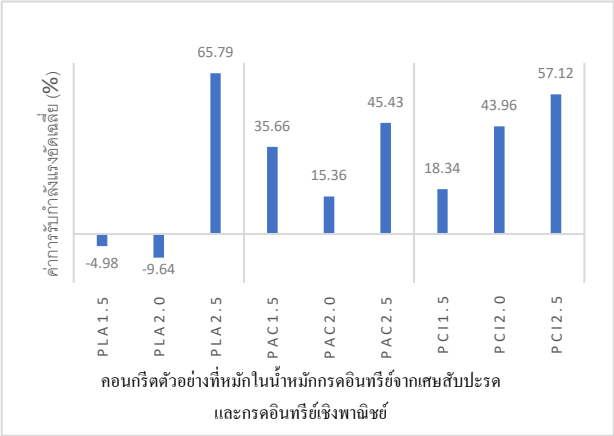
ในด้านคุณสมบัติเชิงกล ผลการทดสอบกำลังอัดแสดงให้เห็นว่าการลดความแข็งแรงของคอนกรีตเกิดขึ้นเพียงบางกรณี ขณะที่ตัวอย่างส่วนใหญ่กลับแสดงค่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตัวอย่างอ้างอิง ซึ่งถือเป็นผลการเพิ่มความแข็งแรงที่สังเกตพบ (Observed strengthening effect) ผลลัพธ์ดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการไฮเดรชันต่อเนื่องของปูนซีเมนต์หรือการอุดตัวของโครงสร้างรูพรุนภายในคอนกรีตจากผลิตภัณฑ์ปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษานี้ยังไม่มีการติดตามค่า pH หรือข้อมูลการใช้กรดอย่างต่อเนื่อง กลไกดังกล่าวจึงยังไม่สามารถยืนยันได้อย่างชัดเจน

โดยภาพรวม ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสมมติฐานเดิมที่ว่าการใช้กรดอินทรีย์จะนำไปสู่การลดความแข็งแรงของคอนกรีตอาจไม่สามารถใช้ได้ในทุกกรณี เนื่องจากพฤติกรรมของคอนกรีตหลังการปรับสภาพมีลักษณะขึ้นกับเงื่อนไข (Condition-dependent behavior) งานวิจัยนี้จึงทำหน้าที่เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาการศึกษาในอนาคต โดยอาจต้องพิจารณาการปรับความเข้มข้นของกรด ระยะเวลาการแช่ รวมถึงการเตรียมผิวหน้าของตัวอย่างลูกปูนให้มีความเรียบและสม่ำเสมอก่อนการทดสอบกำลังอัด เพื่อให้การถ่ายแรงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ อันจะนำไปสู่การพัฒนาแนวทางการประยุกต์ใช้ในกระบวนการรีไซเคิลคอนกรีตอย่างยั่งยืน

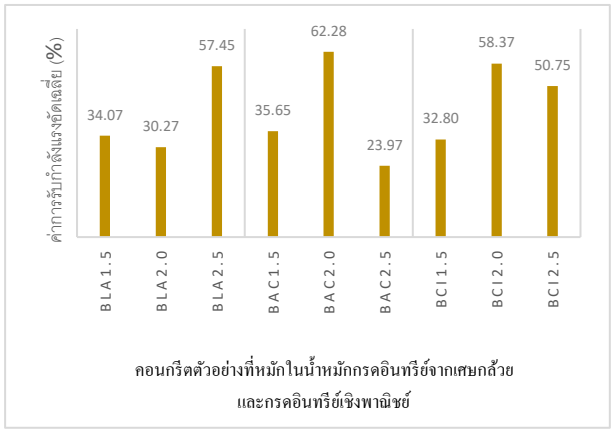
ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ยคอนกรีตตัวอย่าง

ชนิดผลไม้	กลุ่มตัวอย่าง	กำลังอัดเฉลี่ย OPC (Control)	กำลังอัดเฉลี่ย (MPa)	ส่วนเบี่ยงเบน (MPa)	(%)	
สับปะรด	PLa1.5	5.02	4.77	0.25	-4.98	(-)
	PLa2.0	5.02	4.56	0.46	-9.64	(-)
	PLa2.5	5.02	8.02	-3.00	65.79	(+)
	PAc1.5	5.02	7.88	-2.86	35.66	(+)
	PAc2.0	5.02	6.23	-1.21	15.36	(+)
	PAc2.5	5.02	7.85	-2.83	45.43	(+)
	PCi1.5	5.02	6.46	-1.44	18.34	(+)
	PCi2.0	5.02	7.86	-2.84	43.96	(+)
	PCi2.5	5.02	9.51	-4.49	57.12	(+)
กล้วย	BLa1.5	5.02	8.26	-3.24	34.07	(+)
	BLa2.0	5.02	7.52	-2.50	30.27	(+)
	BLa2.5	5.02	9.34	-4.32	57.45	(+)
	BAc1.5	5.02	8.35	-3.33	35.65	(+)
	BAc2.0	5.02	10.22	-5.20	62.28	(+)
	BAc2.5	5.02	7.47	-2.45	23.97	(+)
	BCi1.5	5.02	7.47	-2.45	32.8	(+)
	BCi2.0	5.02	9.38	-4.36	58.37	(+)
	BCi2.5	5.02	9.78	-4.76	50.75	(+)
ส้ม	OLa1.5	5.02	10.26	-5.24	53.58	(+)
	OLa2.0	5.02	6.82	-1.80	17.54	(+)
	OLa2.5	5.02	7.75	-2.73	40.03	(+)
	OAc1.5	5.02	5.41	-0.39	5.03	(+)
	OAc2.0	5.02	7.87	-2.85	52.68	(+)
	OAc2.5	5.02	8.29	-3.27	41.55	(+)
	OCi1.5	5.02	5.46	-0.44	5.31	(+)
	OCi2.0	5.02	8.05	-3.03	55.49	(+)
	OCi2.5	5.02	8.51	-3.49	43.35	(+)
มะม่วง	MLa1.5	5.02	6.24	-1.22	14.34	(+)
	MLa2.0	5.02	7.68	-2.66	42.63	(+)
	MLa2.5	5.02	6.9	-1.88	24.48	(+)
	MAc1.5	5.02	6.53	-1.51	21.88	(+)
	MAc2.0	5.02	6.83	-1.81	27.72	(+)
	MAc2.5	5.02	8.57	-3.55	51.98	(+)
	MCi1.5	5.02	9.13	-4.11	47.96	(+)
	MCi2.0	5.02	8.92	-3.90	42.72	(+)
	MCi2.5	5.02	8.62	-3.60	40.36	(+)

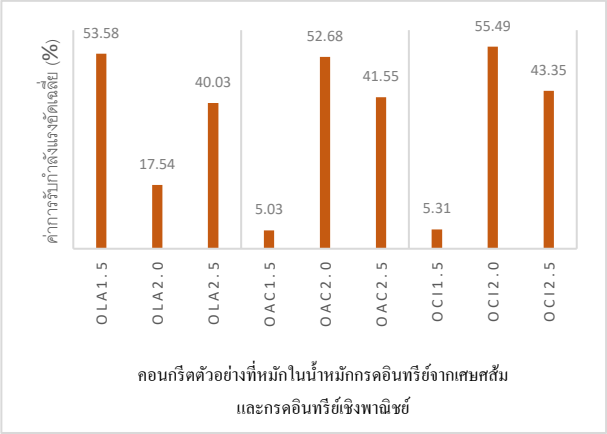
หมายเหตุ: เครื่องหมาย (+) แสดงความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และ (–) แสดงความแข็งแรงลดลง
ชื่อกลุ่มตัวอย่าง เช่น PLa1.5 = น้ำหมักสับปะรดเติมกรดแลคติกในสัดส่วนร้อยละ 1.5
ชนิดผลไม้ P=สับปะรด B=กล้วย O=ส้ม M=มะม่วง
ชนิดกรดอินทรีย์ La=แลคติก Ac=อะซิติก Ci=ซิตริก



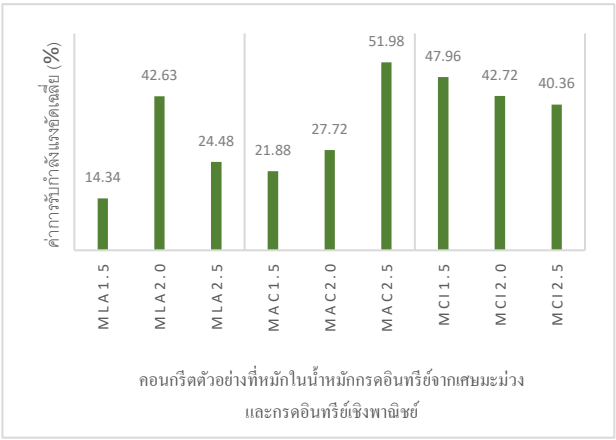
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าการรับกำลังแรงอัดเฉลี่ยคอนกรีต
(ก) สับปะรด (ข) กล้วย (ค) ส้ม (ง) มะม่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] Aiken, T. A., Kwasny, J., & Sha, W. (2021). Resistance of alkali-activated binders to organic acids found in agri-food effluents. Journal of Materials in Civil Engineering, 33.

[2] ASTM International. (2023). Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens (ASTM C39/C39M-23). ASTM International.

[3] Berger, F., Bogner, A., Hirsch, A., Ukrainczyk, N., Dehn, F., & Koenders, E. (2022). Thermodynamic modeling and experimental validation of acetic acid attack on hardened cement paste: Effect of silica fume. Materials, 15(23), 8355.

[4] Chandrachoti, K., Yodsudjai, W., Nokkaew, N., & Prayongphan, S. (2023). Compressive strength of recycled aggregated concrete from concrete waste and plastic waste. Geomate Journal, 25(108), 72–80.

[5] Cürgül, T. (2024). The role and impacts of waste materials in sustainable architecture: Advantages, challenges, and applications. Sustainable Structures and Society Journal.

[6] Damion, T., Cepuritis, R., & Chaunsali, P. (2022). Sulfuric acid and citric acid attack of calcium sulfoaluminate-based binders. Cement and Concrete Composites, 130, 104524.

[7] Durmisevic, E. (2019). Transformable building structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design and construction. Journal of Cleaner Production, 225, 375–390.

[8] Fioriti, C. F. (2024). Reuse of construction materials as a tool for sustainable architectural design. Cadernos de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo.

[9] Hilbig, H., Gutberlet, T., & Beddoe, R. E. (2024). Acid attack on hydrated cement: Effect of organic acids on the degradation process.

[10] Ismail, A. Y., Nainggolan, M. F., & Nauli, A. P. (2024). Characterizing the chemical composition of eco-enzymes derived from vegetable and fruit sources. International Journal of Design & Nature and Ecodynamics, 19(3).

[11] Küpfer, C. (2023). Reuse of concrete components in new construction projects: Critical review of 77 circular precedents. Journal of Cleaner Production, 383, 135235.

[12] Milad, A. (2025). Recycled and upcycled materials in contemporary architecture and civil engineering. Sustainable Materials and Technologies.

[13] Muthu, M., & Santhanam, M. (2018). Effect of reduced graphene oxide, alumina and silica nanoparticles on the deterioration characteristics of Portland cement paste exposed to acidic environment. Cement and Concrete Composites, 91, 118–137.

[14] Neupane, R. P. (2023). Use of recycled aggregate concrete in structural members: A review focused on Southeast Asia.

[15] Schlangen, E., & Fennis, S. (2023). Energy consumption of a laboratory jaw crusher during normal and high strength concrete recycling. Minerals Engineering, 204, 108421.

[16] Purnomo, J., Sumarni, S., & Saputro, I. N. (2019). Effect of citric acid on setting-time and compressive strength of concrete. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 578(1), 012077.

[17] Rai, N., Pavankumar, T. L., Ghotra, B., Dhillon, S., Juneja, V., Amaly, N., & Pandey, P. (2025). Fruit waste contributes a major share of organic food waste: Global trends and implications. Frontiers in Sustainable Food Systems, 9(1).

[18] Ramaswamy, K. P. (2020). Degradation kinetics of alkali-activated mortar in aggressive citric acid environment. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

[19] Wang, Y., Mu, X., Hu, G., Wang, L., & Zhu, X. (2025). Life cycle assessment-based analysis of environmental and economic benefits in construction solid waste recycling. Sustainability, 17(9), 3872.

[20] Witkowska-Dobrev, J., Szlachetka, O., Dohojda, M., & Wiśniewski, K. (2021). Effect of acetic acid on compressive strength and geometric texture of the surface of C20/25 class concrete.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

พื้นที่นิทรรศการ: การศึกษาทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์

Exhibition Space: A Study of The Museum Experience Theory

วีรากานต์ คมขำและ จีรศักดิ์ เกื้อสมบัติ*

หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม (แนวความคิดในการออกแบบ) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

*E-mail: kueasombut_j@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มุ่งศึกษา บริบทกายภาพ ในพื้นที่นิทรรศการ ภายใต้กรอบแนวคิด ทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ (The Museum Experience) ของ John H. Falk และ Lynn D. Dierking เพื่อสังเคราะห์แนวทางการออกแบบพื้นที่นิทรรศการที่มีประสิทธิภาพ ทฤษฎีดังกล่าวระบุว่าประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เข้าชม (Visitor) เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างสามบริบทหลัก ได้แก่ บริบทส่วนบุคคล (Personal Context) บริบทสังคม (Sociocultural Context) และ บริบทกายภาพ (Physical Context) โดยมุ่งเน้นที่ปัจจัยทางกายภาพซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสบการณ์ของผู้เข้าชม บริบทกายภาพครอบคลุมทั้งองค์ประกอบการออกแบบสิ่งจัดแสดง เช่น การจัดวาง ป้าย และผลงานศิลปะ รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรม เช่น สัดส่วน ขนาดวัสดุ แสง และสี การศึกษาแสดงให้เห็นว่าการจัดการบริบทกายภาพที่เหมาะสมมีความสำคัญในการดึงดูดความสนใจ หรือการจัดวาง ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของผู้เข้าชม และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยอาศัยการประยุกต์ใช้ ทฤษฎีสถาปัตยกรรม และ องค์ประกอบศิลป์ เพื่อวิเคราะห์และสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางกายภาพกับการตอบสนองของผู้เข้าชม การศึกษานี้นำไปสู่ แนวทางการออกแบบพื้นที่นิทรรศการที่คำนึงถึงบริบท ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการออกแบบพื้นที่ต้องตอบสนองต่อมิติส่วนบุคคล สังคม และกายภาพ เพื่อเป็นรากฐานสำคัญในการสร้างสรรค์พื้นที่นิทรรศการที่เป็นมากกว่าเพียงพื้นที่จัดแสดงผลงาน แต่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลาง ที่เชื่อมโยงผลงานเข้ากับผู้เข้าชม พร้อมทั้งส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ และการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ พื้นที่นิทรรศการ ผู้เข้าชม บริบทส่วนบุคคล บริบทสังคม บริบทกายภาพ

Abstract

This article investigates the Physical Context in the Exhibition Space within John H. Falk and Lynn D. Dierking's The Museum Experience theory to synthesize a framework for effective Exhibition Space design. The theory states that the visitor's learning experience arises from the interaction between three primary contexts: the Personal Context, the Sociocultural Context, and the Physical Context, focusing specifically on physical factors that directly impact the visitor experience. The physical context encompasses exhibit design elements such as layout, signage, and artworks as well as architectural design elements, including proportion, scale, materials, lighting, and color. The study demonstrates that appropriate management of the physical context is crucial for capturing attention and implementing layouts that influence visitor movement and social interaction. By applying relevant Architectural theory and Composition in Art, the study analyzes and synthesizes the relationship between physical components and visitor responses. The study led to the development of Context Conscious Exhibition Design Guidelines, which indicate that spatial design must respond to personal, social, and physical dimensions. This serves as a fundamental cornerstone for creating exhibition spaces that transcend mere display areas, acting instead as a medium that connects the works with the visitors while promoting effective learning and communication processes.

Keywords: Museum Experience, Exhibition Space, Visitor, Personal Context, Sociocultural Context, Physical Context

1. บทนำ

ในปัจจุบันบทบาทของพิพิธภัณฑ์ และพื้นที่นิทรรศการได้เปลี่ยนผ่านจากการเป็นเพียง "พื้นที่จัดแสดงผลงาน" ไปสู่การเป็น "พื้นที่แห่งการสร้างประสบการณ์และการเรียนรู้" จากข้อสังเกตของผู้วิจัยพบว่าปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในพื้นที่นิทรรศการหลายแห่งคือ ช่องว่างระหว่างผลงาน และผู้เข้าชม บ่อยครั้งที่นิทรรศการถูกออกแบบมาอย่างสวยงาม แต่ผู้เข้าชมกลับเกิดภาวะความเหนื่อยล้าในพิพิธภัณฑ์ (Museum Fatigue) หรือไม่สามารถรับสารที่นิทรรศการต้องการสื่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดการตั้งคำถามสำคัญว่า ปัจจัยทางกายภาพใดที่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการเชื่อมโยงผลงานกับผู้เข้าชมได้อย่างแท้จริง

"การออกแบบนิทรรศการที่ดึงดูดผู้ชมให้เข้าร่วม โดยต้องสร้าง บรรยากาศที่เหมาะสมรอบผลงาน แต่ต้องไม่บดบังผลงาน สถาปัตยกรรมควรทำหน้าที่เป็น สื่อกลาง ที่เชื่อมโยงผู้ชมกับผลงาน และต้องให้คุณค่าแก่สิ่งแวดล้อม เพื่อเน้นย้ำพื้นที่ที่มีอยู่เดิม และเชื่อมโยงเข้ากับผลงานที่จัดแสดง" [1] การศึกษานี้จึงนำ ทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ (The museum experience) ของ John H. Falk และ Lynn D. Dierking เป็นกรอบแนวคิดสำคัญที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์นี้ ทฤษฎีนี้ระบุว่าประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เข้าชมไม่ได้เกิดขึ้นจากผู้เข้าชมเพียงอย่างเดียว แต่เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

การเรียนรู้คือกระบวนการของการประยุกต์ใช้ความรู้ และประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ เกิดขึ้นในบริบทกายภาพ และถูกสื่อกลางในการกระทำของบุคคลอื่น นอกจากนี้ การเรียนรู้ยังเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบบางอย่างของอารมณ์และความรู้สึกเสมอ [2]

ทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ได้แสดงให้เห็นผ่าน รูปแบบการเรียนรู้ตามบริบท (Contextual model of learning) ที่ประกอบด้วย บริบทส่วนบุคคล (Personal context) บริบทสังคม (Sociocultural context) และบริบทกายภาพ (Physical context) บริบททั้งสามมีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อสร้างลักษณะ และผลลัพธ์ของประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ของผู้เข้าชม ลักษณะส่วนบุคคล สังคม และกายภาพสร้างบริบทของพิพิธภัณฑ์ การได้รับบริบทเหล่านี้สะสมเมื่อเวลาผ่านไปจะก่อให้เกิดประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ จากนั้นก็เกิดประสบการณ์ที่อยู่ตรงกลางและมีการสนทนากับมิติทั้งสาม ไม่ว่าจะเป็นผู้เข้าชมกับผู้เข้าชม ผู้เข้าชมกับผลงาน ผลงานกับพื้นที่

บทความนี้มุ่งเน้นศึกษาบริบทกายภาพโดยเฉพาะ เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ผู้ออกแบบสามารถควบคุมและจัดการได้โดยตรง โดยในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้กรอบแนวคิดหลักจากทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ ผ่านทฤษฎีสถาปัตยกรรม และองค์ประกอบศิลป์ เพื่อสำรวจว่าองค์ประกอบบริบทกายภาพเหล่านี้ส่งเสริมประสบการณ์ของผู้เข้าชมในมิติใดบ้าง เช่น การจัดวาง สัดส่วน และแสง ไม่ใช่เพียงแค่ความสวยงาม แต่มีอิทธิพลโดยตรงต่ออารมณ์ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ระยะเวลาในเข้าชม และความสามารถในการสื่อสารของผลงานกับผู้เข้าชม เพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบพื้นที่นิทรรศการผ่านบริบท เพื่อเป็นสื่อกลางที่เชื่อมโยงผลงาน กับผู้เข้าชม

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์และจำแนกองค์ประกอบย่อยของบริบทกายภาพ (Physical context) ในพื้นที่นิทรรศการ ตามแนวคิดของ John H. Falk และ Lynn D. Dierking ในรายละเอียดครอบคลุมการออกแบบสิ่งจัดแสดงและการออกแบบสถาปัตยกรรม

2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบการออกแบบเชิงกายภาพที่สำคัญต่อพฤติกรรม การเคลื่อนที่ และปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของผู้เข้าชม ตามที่ปรากฏในเอกสารวิชาการ

2.3 เพื่อพัฒนาแนวทางการออกแบบพื้นที่นิทรรศการตามบริบท โดยเน้นองค์ประกอบด้านแสง สัดส่วน และการจัดวาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารและส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เข้าชม

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา มุ่งเน้นการวิเคราะห์เฉพาะองค์ประกอบของ บริบทกายภาพ (Physical context) ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบพื้นที่นิทรรศการ โดยครอบคลุมการจัดวาง ป้าย งานศิลปะ (ด้านการจัดแสดง) และ พื้นที่ สัดส่วน ขนาด วัสดุ แสง สี (ด้านสถาปัตยกรรม)

3.2 ขอบเขตด้านทฤษฎี ใช้กรอบแนวคิดหลักจากทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ (The museum experience) ของ John H. Falk และ Lynn D. Dierking เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ ผ่านทฤษฎีสถาปัตยกรรม (Architectural design) และองค์ประกอบศิลป์ (Composition in Art)

3.3 ขอบเขตด้านการวิจัย กำหนดขอบเขตตัวอย่างเป็นการวิเคราะห์ผ่านแผนภาพ (Diagram) เชิงทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรม เพื่อสังเคราะห์แนวคิด

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 การทบทวนวรรณกรรม ทบทวนงานวิชาการที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ และแนวที่เกี่ยวข้องอย่างทฤษฎีสถาปัตยกรรม (Architectural design) และองค์ประกอบศิลป์ (Composition in Art) เพื่อสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางกายภาพกับการตอบสนองของผู้เข้าชม

4.2 การวิเคราะห์แนวคิด นำข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมและการวิเคราะห์เนื้อหาตามที่ปรากฏในเอกสารวิชาการมาสังเคราะห์เป็นตัวอย่างแนวทางการออกแบบพื้นที่นิทรรศการที่คำนึงถึงบริบท โดยเน้นปัจจัยทางกายภาพตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาผ่านแผนภาพ (Diagram)

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 รูปแบบการเรียนรู้เชิงบริบท (Contextual model of learning)

ด้วยความหลากหลายของผู้เข้าชม และพิพิธภัณฑ์ การพยายามทำความเข้าใจว่าทำไมผู้เข้าชมจึงไปพิพิธภัณฑ์ สิ่งที่พวกเขาทำ และวิธีที่พวกเขาสร้างความหมายจากประสบการณ์เหล่านี้ Falk และ Dierking ได้กำหนดแนวคิดการเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างบริบท

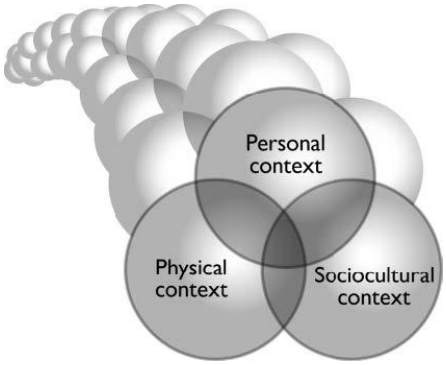
สามบริบทที่ทับซ้อนกัน เรียกว่า รูปแบบการเรียนรู้เชิงบริบท (Contextual model of learning)

แม้ว่าเราจะสามารถแยกบริบทเหล่านี้ในฐานะสิ่งที่แยกจากกันได้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว บริบทเหล่านี้มักจะมีปฏิสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันเสมอ ภาพรวมที่เราเรียกว่าประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ จะเข้าใจได้ก็ต่อเมื่อพิจารณาทุกองค์ประกอบเข้าด้วยกัน บริบทเหล่านี้ ได้แก่

5.1.1 บริบทส่วนบุคคล (Personal context) ครอบคลุมความรู้และประสบการณ์เดิม แรงจูงใจ ความสนใจ และความเชื่อของผู้เข้าชม ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้เข้าชมนำติดตัวมา

5.1.2 บริบทสังคม (Sociocultural context) ครอบคลุมการปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่มาด้วย (เช่น ครอบครัว เพื่อน) และอิทธิพลทางวัฒนธรรมและสังคมที่ผู้เข้าชมได้รับ

5.1.3 บริบทกายภาพ (Physical context) ครอบคลุมสภาพแวดล้อมทางกายภาพของพิพิธภัณฑ์และนิทรรศการ รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมและสิ่งจัดแสดง



รูปที่ 1 รูปแบบการเรียนรู้เชิงบริบท (Contextual model of learning)

การเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ทุกครั้ง รวมถึงความหมายที่นำมาและจากการเยี่ยมชม สามารถเข้าใจได้ว่าเกิดขึ้น ณ จุดตัดของบริบททั้งสามนี้ บริบทส่วนบุคคล บริบทสังคม และบริบทกายภาพ มีปฏิสัมพันธ์กันเพื่อสร้างลักษณะและผลลัพธ์ของประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ของผู้เยี่ยมชม ปฏิสัมพันธ์และความร่วมมือของลักษณะส่วนบุคคล สังคม และกายภาพสร้างบริบทของพิพิธภัณฑ์ การได้รับบริบทเหล่านี้สะสมเมื่อเวลาผ่านไปจะก่อให้เกิดประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ ณ จุดเชื่อมต่อ พวกมันพัฒนาและดำรงอยู่ร่วมกันตลอดเวลา และจากนั้นก็เกิดประสบการณ์ที่อยู่ตรงกลางและมีการสนทนากับมิติทั้งสามที่อยู่โดยรอบ [3]

5.2 บริบทกายภาพ (Physical context)

เนื่องจากบทความนี้เน้นการศึกษาการออกแบบพื้นที่นิทรรศการ จึงให้ความสำคัญกับ บริบทกายภาพ เป็นพิเศษ ซึ่งทำหน้าที่เป็นปัจจัยกำหนดเงื่อนไข ในการเข้าถึงและการตีความของผู้เข้าชม บริบทกายภาพสามารถจำแนกองค์ประกอบออกได้เป็นสองส่วนหลัก คือ องค์ประกอบการออกแบบสิ่งจัดแสดง และ การออกแบบสถาปัตยกรรม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [4]

5.2.1 องค์ประกอบการออกแบบสิ่งจัดแสดง (Design elements of exhibits)

การจัดวาง (Layout) รูปแบบการจัดเรียงสิ่งจัดแสดงที่มีผลต่อการนำทาง และการควบคุมการไหลเวียนของผู้เข้าชม

ป้าย (Labels) การออกแบบป้ายสื่อความหมาย รูปแบบตัวอักษร และตำแหน่งการจัดวาง ที่ส่งผลต่อความสามารถในการเข้าถึงและทำความเข้าใจเนื้อหา

ผลงานศิลปะ และวัตถุ (Artwork and objects) วิธีการนำเสนอวัตถุ (เช่น ตู้จัดแสดง การจัดแสดงแบบเปิด) ที่มีผลต่อความรู้สึกใกล้ชิดและความปลอดภัย

5.2.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural design)

สัดส่วน และขนาด (Proportion and scale) การกำหนดอัตราส่วนและมิติที่มีผลต่อความรู้สึกเชิงอารมณ์ เช่น ความรู้สึกอลังการหรือความเป็นกันเอง

วัสดุและพื้นผิว (Materials and texture) การเลือกใช้วัสดุที่มีผลต่อคุณภาพเสียง และความรู้สึกสัมผัส

แสง (Lighting) และ สี (Color) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการสร้างบรรยากาศ นำสายตา ควบคุมความเหนื่อยล้าทางสายตา และสร้างความสัมพันธ์เชิงอารมณ์กับวัตถุที่จัดแสดง

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์เชิงตรรกะของทฤษฎี

ทฤษฎีหลัก	เครื่องมือวิเคราะห์	มิติการวิเคราะห์
ทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ (The Museum Experience) -บริบทกายภาพ (Physical Context)	องค์ประกอบการออกแบบสิ่งจัดแสดง	
	องค์ประกอบศิลป์ (Composition in Art)	วิเคราะห์วิธีการควบคุมลำดับการมองเห็น การสร้างจุดสนใจ และการจัดลำดับเนื้อหาเพื่อดึงดูดผู้เข้าชม
	การออกแบบสถาปัตยกรรม	
	ทฤษฎีสถาปัตยกรรม (Architectural theory)	วิเคราะห์การจัดการพื้นที่ว่างและบริบทกายภาพที่ส่งผลต่ออารมณ์ และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

6. ผลการวิจัย

6.1 การประยุกต์ใช้ทฤษฎีองค์ประกอบศิลป์ในการออกแบบสิ่งจัดแสดง (Design Elements of Exhibits)

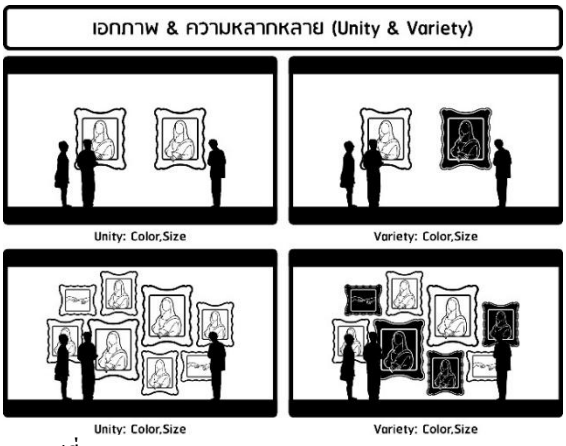
องค์ประกอบศิลป์ (Composition in art) คือ หลักการและกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น เส้น สี รูปทรง และพื้นผิว เพื่อให้เกิดความงาม ความสมดุล และสื่อความหมายตามที่ต้องการ

ในการสร้างสรรค์งานศิลปะหรือการออกแบบนิทรรศการ หลักการเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อ บริบทกายภาพ ของพิพิธภัณฑ์ เนื่องจากมีอิทธิพลโดยตรงต่อการรับรู้ การเคลื่อนที่ และการตีความของผู้เข้าชม [5]

6.1.1 เอกภาพ และความหลากหลาย (Unity and variety) คือ การผสมผสานกันระหว่างความกลมกลืนและความแตกต่าง

จากรูปที่ 2 ภาพด้านซ้าย เอกภาพ การใช้องค์ประกอบร่วมกัน เช่น โทนสีเดียวกัน กรอบรูปทรงเดียวกัน หรือระยะห่างเท่ากัน เพื่อให้ภาพรวมของนิทรรศการมีความต่อเนื่องและเข้าใจง่าย

จากรูปที่ 2 ภาพด้านขวา ความหลากหลาย การแทรกองค์ประกอบที่แตกต่างเข้าไปในกลุ่มที่มีเอกภาพ เช่น ภาพหนึ่งมีสีเข้มกว่าอีกภาพ เพื่อป้องกันความน่าเบื่อและสร้างจุดสนใจ โดยยังคงความเป็นภาพรวมเดียวกันอยู่

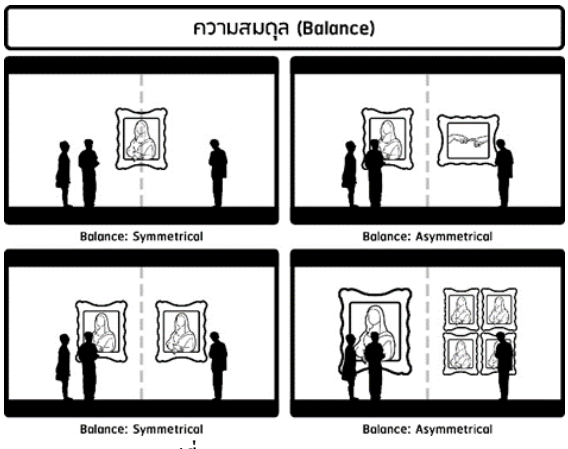


รูปที่ 2 เอกภาพ และความหลากหลาย (Unity and variety)

6.1.2 ความสมดุล (Balance) คือ การจัดวางองค์ประกอบให้มีน้ำหนักทางสายตาที่เท่ากัน หรือมีความพอดี ไม่เอนเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งจนผู้เข้าชมรู้สึกอึดอัด สามารถแบ่งเป็น สมดุลแบบสมมาตร (Symmetrical) และสมดุลแบบอสมมาตร (Asymmetrical)

จากรูปที่ 3 ภาพด้านซ้าย สมดุลแบบสมมาตร การจัดวางองค์ประกอบให้ซ้าย - ขวาเหมือนกันทุกประการ ให้ความรู้สึกสงบ เป็นทางการ และมั่นคง

จากรูปที่ 3 ภาพด้านขวา สมดุลแบบอสมมาตร การจัดวางองค์ประกอบที่น้ำหนักทางสายตาเท่ากัน แต่รูปร่างและขนาดแตกต่างกัน เช่น ภาพขนาดใหญ่ 1 ภาพ สมดุลกับภาพขนาดเล็ก 4 ภาพ ให้ความรู้สึกน่าสนใจ มีชีวิตชีวา และมีความเคลื่อนไหว



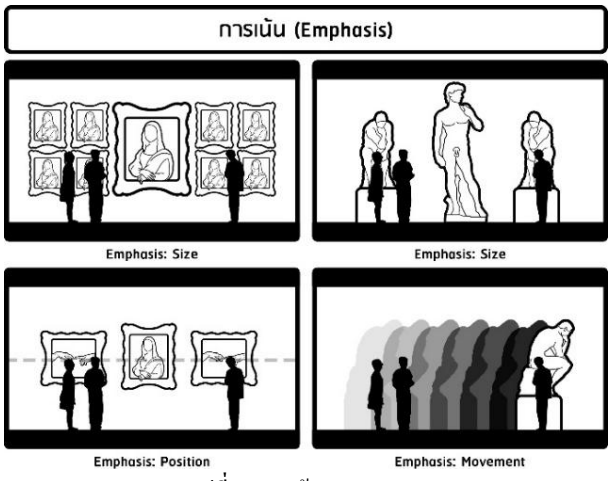
รูปที่ 3 ความสมดุล (Balance)

6.1.3 การเน้น (Emphasis) คือ การทำให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของนิทรรศการมีความโดดเด่นสะดุดตาเป็นพิเศษ เพื่อนำสายตาผู้เข้าชมไปยังจุดสำคัญหรือวัตถุหลัก (Focal point)

จากรูปที่ 4 ภาพด้านบน ขนาด การใช้วัตถุหรือภาพขนาดใหญ่กว่าวัตถุรอบข้างอย่างชัดเจน เช่น ภาพวาดที่มีกรอบใหญ่ที่สุด หรือประติมากรรมที่มีขนาดใหญ่กว่าชีวิตจริง ทำให้เกิดจุดสนใจหลัก

จากรูปที่ 4 ภาพด้านล่างซ้าย ตำแหน่ง การจัดวางวัตถุสำคัญไว้ในตำแหน่งที่แตกต่าง หรือโดดเดี่ยวจากกลุ่ม เช่น วางผลงานหลักไว้ตรงกลาง สัดส่วนภาพต่างจากผลงานอื่น

จากรูปที่ 4 ภาพด้านล่างขวา การเคลื่อนไหว รูปแบบการจัดวางที่นำสายตาผู้เข้าชมจากจุดหนึ่งไปยังจุดที่ต้องการเน้น เช่น การใช้แสง สี หรือการเคลื่อนไหว เพื่อให้จุดสำคัญเด่นขึ้น



รูปที่ 4 การเน้น (Emphasis)

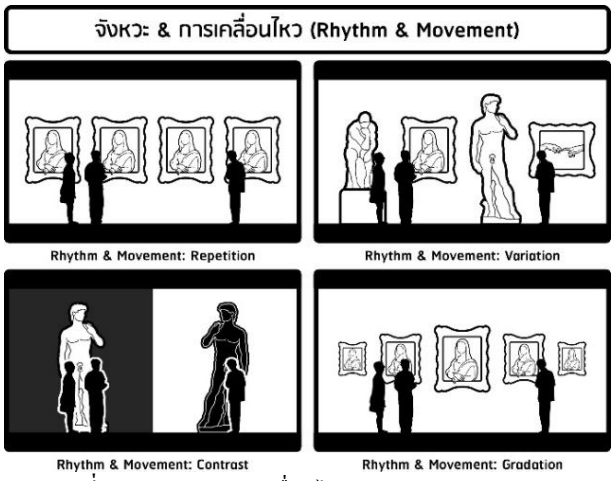
6.1.4 จังหวะ และการเคลื่อนไหว (Rhythm and movement) คือ การจัดวางองค์ประกอบซ้ำ ๆ หรือต่อเนื่องกัน เพื่อนำสายตาผู้เข้าชมไปตามทิศทางที่ต้องการ สร้างความรู้สึกของความต่อเนื่อง

จากรูปที่ 5 ภาพด้านบนซ้าย การซ้ำ การจัดวางวัตถุที่คล้ายกันหลายชิ้นซ้ำ ๆ กันอย่างเป็นระเบียบ สร้างจังหวะที่สม่ำเสมอ และนำทางสายตา

จากรูปที่ 5 ภาพด้านบนขวา ความแปรผัน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือขนาดของวัตถุที่จัดวางซ้ำ ๆ กันเล็กน้อย ทำให้เกิดจังหวะที่น่าสนใจ และไม่เหมือนเดิม

จากรูปที่ 5 ภาพด้านล่างซ้าย ความแตกต่าง การใช้ความต่าง เช่น สีขาว/ดำ หรือแสง/เงา เพื่อสร้างความรู้สึกของการเคลื่อนไหว หรือการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

จากรูปที่ 5 ภาพด้านล่างขวา การไล่ระดับ การจัดวางวัตถุที่มีขนาด หรือสีที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง เช่น เล็กไปใหญ่ หรือเข้มไปอ่อน เพื่อนำสายตาผู้เข้าชมไปยังทิศทางสุดท้าย



รูปที่ 5 จังหวะ และการเคลื่อนไหว (Rhythm & Movement)

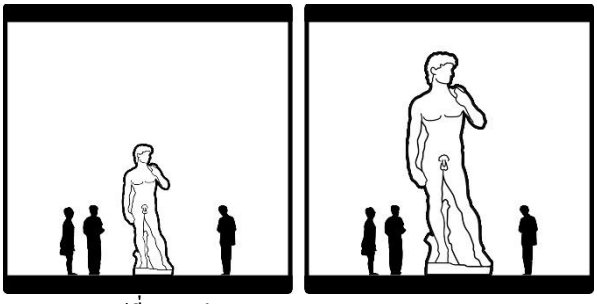
6.2 การออกแบบสถาปัตยกรรม (Architectural Design) ในพื้นที่นิทรรศการ

การออกแบบสถาปัตยกรรมเป็นองค์ประกอบสำคัญของบริบทกายภาพ ในทฤษฎีประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ เนื่องจากมีบทบาทในการกำหนดบรรยากาศ การรับรู้ ความสบาย และการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของผู้เข้าชม

6.2.1 สัดส่วนและขนาด (Proportion and scale) เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์เชิงมิติระหว่างมนุษย์ วัตถุจัดแสดง และพื้นที่ว่างรอบ ๆ สัดส่วนและขนาดของวัตถุเมื่อเทียบกับผู้เข้าชมมีผลต่อความรู้สึกเชิงอารมณ์และระดับความสำคัญของวัตถุ [6]

จากรูปที่ 6 ภาพด้านซ้าย ประติมากรรมถูกจัดแสดงด้วยสัดส่วนที่เล็กเมื่อเทียบกับพื้นที่ว่าง ทำให้ผู้เข้าชมรับรู้ถึงขนาดที่แท้จริงและลดความรู้สึกอลังการลง

จากรูปที่ 6 ภาพด้านขวา ประติมากรรมถูกขยายขนาดให้ใหญ่ขึ้น ทำให้วัตถุดูยิ่งใหญ่และโดดเด่น มีผลให้ผู้เข้าชมรู้สึกอลังการ และให้ความสนใจกับวัตถุนั้นมากขึ้น

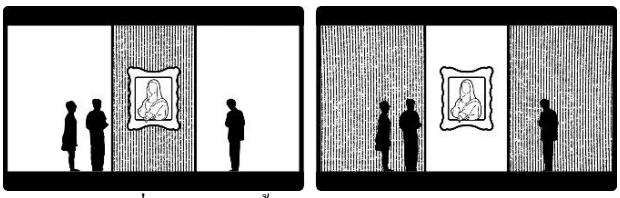


รูปที่ 6 สัดส่วนและขนาด (Proportion and scale)

6.2.2 วัสดุและพื้นผิว (Materials and texture) เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้วัสดุและพื้นผิวผนังที่อยู่เบื้องหลังหรือรอบ ๆ งานศิลปะ วัสดุและพื้นผิวมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางแสงและเสียง รวมถึงการรับรู้เชิงคุณภาพของวัตถุ พื้นผิวเป็นสิ่งแรกที่ผู้ใช้งานรับรู้ จึงมีอิทธิพลต่อประสบการณ์ของผู้ใช้งานในพื้นที่นั้น [7]

จากรูปที่ 7 ภาพด้านซ้าย การใช้พื้นผิวที่เรียบหรือสลับกับพื้นผิวที่หลากหลายอย่างกระทันหัน พื้นผิวสามารถช่วยลดความน่าเบื่อ แต่ถ้าใช้มากเกินไป อาจทำให้เกิดความสับสนทางสายตา

จากรูปที่ 7 ภาพด้านขวา การใช้พื้นผิวที่มีลวดลายด้านหลังภาพวาดอย่างต่อเนื่อง สามารถช่วย เน้น ตัวงานศิลปะให้โดดเด่นจากพื้นหลังที่เรียบเรียง หรือสามารถใช้เพื่อสร้างเอกภาพในพื้นที่ได้

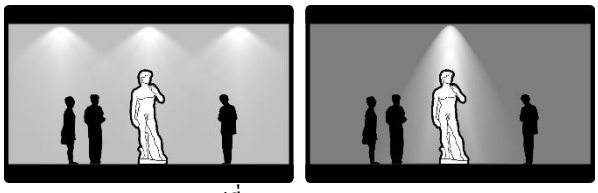


รูปที่ 7 วัสดุ และพื้นผิว (Materials and Texture)

6.2.3 แสง (Lighting) และสี (Color) แสงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการควบคุมการรับรู้ นักออกแบบใช้ในการดึงความสนใจของผู้ใช้งานและทำให้พวกเขาจดจ่ออยู่กับสิ่งที่อยู่ในทิศทางของแสง จะช่วยแยกแยะวัตถุออกจากสภาพแวดล้อม ยิ่งไปกว่านั้น การใช้แสงสว่างยังแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของพื้นที่ และดึงดูดการรับรู้ของผู้ใช้พื้นที่นิทรรศการ [8]

จากรูปที่ 8 ภาพด้านซ้าย การใช้แสงแบบกระจายทั่วบริเวณทำให้ภาพรวมสว่างเท่ากัน แต่ลดความสามารถในการสร้างจุดโฟกัส

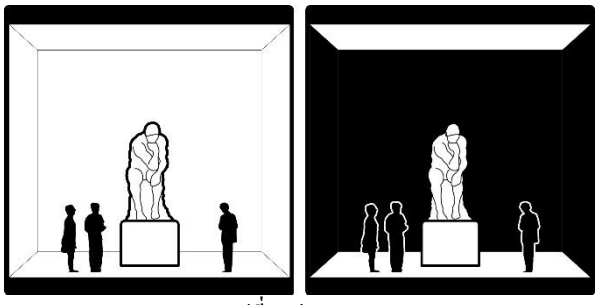
จากรูปที่ 8 ภาพด้านขวา แสงเน้นส่องลงมาเฉพาะจุดบนประติมากรรม ทำให้วัตถุโดดเด่นออกจากพื้นหลังที่มืดลง แสงเน้นนี้ใช้เพื่อ ดึงดูดความสนใจสื่อถึงความสำคัญของวัตถุนั้น



รูปที่ 8 แสง (Lighting)

จากรูปที่ 9 ภาพด้านซ้าย การใช้สีโทนสว่างหรือพื้นที่สีขาวให้ความรู้สึกปลอดโปร่ง เป็นกันเอง แต่ความสำคัญของวัตถุอาจลดลง

จากรูปที่ 9 ภาพด้านขวา การใช้สีโทนเข้มในการจัดแสดงสร้างความรู้สึกเคร่งขรึมและลึกลับ และช่วยให้แสงที่ส่องวัตถุยิ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ผู้เข้าชมจดจ่อกับประติมากรรมมากขึ้น



รูปที่ 9 สี (Color)

6.3 แนวทางการออกแบบบริบทกายภาพพื้นที่นิทรรศการ (Physical Context Design Guideline for Exhibition Space)

การออกแบบที่คำนึงถึงบริบทกายภาพอย่างมีประสิทธิภาพต้องไม่ใช่การออกแบบที่โดดเด่นกว่าผลงาน แต่ต้องเป็น "พื้นที่ที่มองไม่เห็น" (Invisible architecture) ที่ทำหน้าที่นำสายตา และเส้นทางการเรียนรู้ เปิดโอกาสให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เข้าชมกับผู้เข้าชม ผู้เข้าชมกับผลงาน ผลงานกับพื้นที่ การใช้องค์ประกอบศิลป์ และภาษาสถาปัตยกรรม เป็นเครื่องมือในการออกแบบ จะเปลี่ยนนิทรรศการจาก "พื้นที่จัดแสดงผลงาน" ไปสู่การเป็น "พื้นที่แห่งการสร้างประสบการณ์และการเรียนรู้" ที่สื่อสารเชื่อมโยงผลงานเข้ากับผู้เข้าชมอย่างเป็นรูปธรรม และมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 สรุปแนวทางการออกแบบบริบทกายภาพพื้นที่นิทรรศการ

องค์ประกอบ	แนวทางการออกแบบ	ผลลัพธ์
การออกแบบสิ่งจัดแสดง		
เอกภาพ และความหลากหลาย	ใช้รูปแบบป้ายและโทนสีเดียวกันเพื่อสร้างเอกภาพ ส่วนผลงานใช้ ความหลากหลายของขนาดวัตถุเพื่อกระตุ้นความสนใจ	ผู้ชมเข้าใจโครงสร้างนิทรรศการได้ง่าย และไม่รู้สึกเบื่อระหว่างเดินชม

ตารางที่ 2 (ต่อ)

องค์ประกอบ	แนวทางการออกแบบ	ผลลัพธ์
การออกแบบสิ่งจัดแสดง		
ความสมดุล	จัดวางองค์ประกอบแบบอสมมาตร เพื่อสร้างพื้นที่ว่างที่ดูเป็นธรรมชาติและเข้าถึงง่าย	ลดความรู้สึกเป็นทางการเกินไป ทำให้เกิดการรวมกลุ่มและสนทนา
การเน้น	กำหนดผลงานหลัก ให้เด่นชัดผ่านตำแหน่ง หรือระยะห่าง เพื่อสร้างจุดโฟกัสสายตา	ผู้ชมเข้าถึงสาระสำคัญได้ทันที เพิ่มภาระการรับรู้
จังหวะและการเคลื่อนไหว	จัดวางผลงานซ้ำเป็นชุดหรือเรียงตามลำดับเนื้อหา เพื่อนำสายตาและกำหนดทิศทางเดิน	ผู้ชมเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่กำหนด และรับรู้เนื้อหาต่อเนื่อง
การออกแบบสถาปัตยกรรม		
สัดส่วน และขนาด	ปรับขนาดทางเดิน และเพดานให้สอดคล้องกับความสำคัญของเนื้อหา	สร้างความรู้สึกประทับใจหรือความใกล้ชิดตามเนื้อหาผลงาน
วัสดุ และพื้นผิว	ใช้วัสดุที่มีผิวสัมผัสที่ดูดซับเสียงในพื้นที่ที่ต้องใช้สมาธิ และการใช้พื้นผิวที่แตกต่างเพื่อสร้างความสนใจ	เพิ่มคุณภาพการสนทนาในกลุ่ม และลดเสียงรบกวนสะท้อน เพิ่มภาระการรับรู้
แสง และสี	ใช้แสงเน้น ควบคู่กับสีโทนเข้มเพื่อสร้างบรรยากาศที่ตัดขาดจากภายนอก	ผู้ชมเกิดอารมณ์ร่วม และจดจ่อกับผลงานได้นานขึ้น

7. อภิปรายผล

การศึกษาพบว่า บริบทกายภาพ (Physical context) ในพื้นที่นิทรรศการไม่ได้ดำรงอยู่เพียงเพื่อรองรับวัตถุจัดแสดง แต่ทำหน้าที่เป็นพื้นฐานเชิงประสบการณ์ และการเรียนรู้ ที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อมิติของผู้ชมทั้งในบริบทส่วนบุคคล และบริบทสังคม โดยสามารถอภิปรายประเด็นสำคัญได้ดังนี้

7.1 บริบทกายภาพในฐานะกลไกขับเคลื่อนการเรียนรู้และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม จากกรอบแนวคิดของ Falk และ Dierking การจัดการบริบทกายภาพที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วย "องค์ประกอบศิลป์" ทำหน้าที่เป็น ไวยากรณ์สายตา (Visual grammar) ที่ช่วยจัดระเบียบข้อมูลให้เข้าถึงง่าย เพิ่มภาระการรับรู้ซึ่งส่งผลบวกต่อบริบทส่วนบุคคล ขณะเดียวกัน การใช้ "ทฤษฎีสถาปัตยกรรม" จัดการพื้นที่ เช่น พื้นที่ว่างทำหน้าที่เป็นตัวเปิดโอกาสให้เกิดการหยุดพัก และสนทนา ซึ่งเป็นการส่งเสริมบริบทสังคมโดยตรง

7.2 พื้นที่นิทรรศการในฐานะสื่อกลาง การจัดการแสง และสัดส่วนพื้นที่ที่เหมาะสม ไม่ใช่เพียงเรื่องของสุนทรียภาพ การศึกษานี้พิสูจน์ให้เห็นว่า เมื่อกายภาพได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม จะช่วยลดความเหนื่อยล้าในพิพิธภัณฑ์ (Museum fatigue) และเพิ่มระยะเวลาในการจดจ่อ ซึ่งเปลี่ยนบทบาทของพื้นที่จาก "พื้นที่จัดแสดงผลงาน" ให้

กลายเป็น "พื้นที่สื่อกลางในการสื่อสาร" ที่เชื่อมโยงผลงานเข้ากับผู้เข้าชมผ่านประสบการณ์ทางกายภาพ

การจัดการบริบทกายภาพที่ดีตามแนวทางที่นำเสนอ จึงไม่ใช่เพียงการจัดวางให้ลงตัวตามพื้นที่ แต่คือการสร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่รองรับ และส่งเสริม การทำงานร่วมกันของบริบทส่วนบุคคล และบริบทสังคม ทำให้พื้นที่นิทรรศการบรรลุเป้าหมายสูงสุดในการเป็นสื่อกลางเชื่อมโยงความรู้ และสุนทรียภาพจากผลงานสู่ผู้เข้าชมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

8.1 สรุปผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า บริบทกายภาพ (Physical Context) ในพื้นที่นิทรรศการ คือหัวใจสำคัญของการสร้างประสบการณ์พิพิธภัณฑ์ที่สมบูรณ์ โดยผลสรุปเชิงวิเคราะห์สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเด็นหลักดังนี้

8.1.1 เครื่องมือในการออกแบบ ทฤษฎีองค์ประกอบศิลป์ทำหน้าที่เป็นไวยากรณ์สายตา เพื่อจัดการกับผลงานจัดแสดง ในขณะที่ทฤษฎีสถาปัตยกรรมทำหน้าที่จัดการกับสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ การทำงานร่วมกันของทั้งสองส่วนทำให้บริบทกายภาพมีชัดเจน และมีประสิทธิภาพ

8.1.2 การตอบสนองต่อผู้เข้าชม พื้นที่นิทรรศการที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถลดช่องว่างระหว่างผลงานและผู้ชมได้ โดยการจัดการแสง และสัดส่วนที่เหมาะสมช่วยเพิ่มสมาธิ และการจัดการพื้นที่ว่างช่วยส่งเสริมการสนทนา ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

8.1.3 บทบาทสื่อกลาง พื้นที่นิทรรศการที่มีประสิทธิภาพไม่ใช่พื้นที่ที่เน้นเพียงความสวยงาม แต่คือพื้นที่ที่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางซึ่งสามารถเชื่อมโยงผลงานกับผู้เข้าชม และสร้างอารมณ์ร่วมให้กับผู้เข้าชมได้อย่างเป็นระบบ

8.2 ข้อเสนอแนะ

8.2.1 การประยุกต์ใช้แนวทางปฏิบัติควรนำ แนวทางการออกแบบบริบทกายภาพพื้นที่นิทรรศการ (Physical Context Design Guideline for Exhibition Space) มาใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบ โดยระบุตัวชี้วัดที่ชัดเจน เช่น มาตรฐานความเข้มของแสงเน้นเพื่อการเน้น และอัตราส่วนพื้นที่ว่างที่เหมาะสมเพื่อรองรับปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

8.2.2 การออกแบบบริบทกายภาพ ควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง "ไวยากรณ์สายตา" (ระดับสิ่งจัดแสดง) และ "สภาวะแวดล้อม" (ระดับสถาปัตยกรรม) ให้สอดคล้องกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร และส่งเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เข้าชมนิทรรศการ

เอกสารอ้างอิง

[1] Albini, F. (2005). My experiences as an architect in exhibitions in Italy and abroad (1954). *Casabella, 730*, 99.

[2] Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1997). School field trips: Assessing their long-term impact. *Curator: The Museum Journal*, 40(3), 211–223.

[3] Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2013). Contextual model of learning. In *The museum experience revisited* (pp. 26, 130). Routledge.

[4] Ocvirk, O. G., Stinson, R. E., Wigg, P. R., Bone, R. O., & Cayton, D. L. (2012). *Art fundamentals: Theory and practice*. McGraw-Hill.

[5] Ching, F. D. K. (2007). *Architecture: Form, space, and order*. Wiley.

[6] Lauer, D. A., & Pentak, S. (2016). *Design basics*. Cengage Learning.

[7] Karlen, M., & Benya, J. R. (2004). *Lighting design basics*. Wiley.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

ปัจจัยกายภาพและการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์: กรณีศึกษาชุมชนประชานฤมิตร กรุงเทพมหานคร

Physical Factors and Perceptions of Spatial Identity Influencing the Development of a Creative Economy District: A Case Study of the Pracha Narumit Community, Bangkok

จักรพงศ์ เนตรบำรุงรัตน์ และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การรับรู้ปัจจัยกายภาพของพื้นที่เมืองที่ส่งผลต่ออัตลักษณ์เชิงพื้นที่ และเพื่อศึกษาความแตกต่างในการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ระหว่างผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ (ผู้อยู่อาศัยและผู้ประกอบการ) และผู้ใช้บริการ (ผู้เข้ามาใช้บริการพื้นที่และนักท่องเที่ยว) ต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ กรณีศึกษาชุมชนประชานฤมิตร กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นชุมชนที่มีอัตลักษณ์ด้านงานไม้แต่กำลังเผชิญปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและการพัฒนาเมืองโดยรอบ

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน แบ่งเป็นผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่และผู้ใช้บริการ โดยใช้แบบสอบถามเพื่อประเมินการรับรู้ด้านปัจจัยกายภาพ เศรษฐกิจ–สังคม และอัตลักษณ์เชิงพื้นที่ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square) และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation)

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความไม่พึงพอใจต่อปัจจัยกายภาพของพื้นที่ โดยเฉพาะปัญหาการจราจร ที่จอดรถไม่เพียงพอ และทางเดินเท้าที่ไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ระหว่างผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่และผู้ใช้บริการ โดยผู้ใช้บริการส่วนใหญ่เห็นว่าอัตลักษณ์ชุมชนกำลังลดทอนลงจากการพัฒนาธุรกิจ ขณะที่ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่มีมุมมองแตกต่างออกไป อีกทั้งระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการรับรู้ปัญหาการจราจรอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ จำเป็นต้องคำนึงถึงความแตกต่างในการรับรู้ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ควบคู่กับการปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานและการกำหนดแนวทางควบคุมกายภาพพื้นที่อย่างเหมาะสม เพื่อรักษาอัตลักษณ์เชิงพื้นที่และส่งเสริมการพัฒนาย่านอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ เศรษฐกิจสร้างสรรค์ ชุมชนประชานฤมิตร

Abstract

This research aims to analyze the perception of urban physical factors affecting spatial identity and to examine differences in perception between local stakeholders and service users regarding the development of a creative economic district. The study focuses on the Pracha Narumit Community, Bangkok, a unique woodworking district currently facing challenges from economic shifts and surrounding urban development.

The research utilized a quantitative survey of 400 local stakeholders and service users. Questionnaires assessed perceptions of physical factors, socio-economic factors, and spatial identity. Data were analyzed using descriptive and inferential statistics, specifically Chi-square tests and Correlation analysis.

Findings reveal that the majority of participants were dissatisfied with physical factors, particularly regarding traffic, insufficient parking, and unsafe footpaths. Furthermore, statistically significant differences were found in spatial identity perception: most service users viewed that the community's identity is diminishing due to commercial development, whereas local stakeholders held different views. Additionally, the duration of involvement positively correlated with the perception of traffic problems.

The results suggest that developing a creative economic district requires considering diverse stakeholder perceptions, alongside infrastructure improvements and appropriate physical control guidelines, to preserve spatial identity and promote sustainable development.

Keywords: Spatial Identity, Creative Economy, Pracha Narumit Community

1. บทนำ

ในยุคที่เศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เมืองต่าง ๆ ทั่วโลกมุ่งพัฒนาระบบเศรษฐกิจสร้างสรรค์ หรือ Creative Economy (UNCTAD, 2022) เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและยกระดับคุณภาพชีวิต การส่งเสริม "ย่านสร้างสรรค์" โดยอาศัยต้นทุนทางวัฒนธรรมจึงเป็นกลยุทธ์สำคัญ กรุงเทพมหานคร ในฐานะเมืองสร้างสรรค์ของยูเนสโก (UNESCO, 2019) ได้แสดงศักยภาพในการใช้ความคิดสร้างสรรค์พัฒนาเมืองอย่างยั่งยืน การส่งเสริมย่านต่าง ๆ จึงเป็นวาระสำคัญตามยุทธศาสตร์ชาติ (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2561) ชุมชนประชานฤมิตร หรือ "ถนนสายไม้บางโพ" เขตบางซื่อ คือพื้นที่ที่มีอัตลักษณ์โดดเด่น เป็นแหล่งรวมผลิตภัณฑ์ไม้และงานช่างฝีมือกว่า 100-200 ร้านค้า อย่างไรก็ตาม ชุมชนต้องเผชิญความท้าทายจากวิกฤตเศรษฐกิจปี 2540 (อัมมาร์ สยามวาลา, 2550) การแข่งขันจากวัสดุสมัยใหม่ และการขาดแคลนวัตถุดิบหลังการยกเลิกสัมปทานป่าไม้ (รัฐบาลไทย, 2532) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรสนิยมและวิกฤตขาดแคลนช่างไม้ฝีมือรุ่นใหม่ จนนำไปสู่การยุติการจัดงาน "ถนนสายไม้" นานกว่า 10 ปี นอกจากนี้ การพัฒนาสถานีกลางกรุงเทพอภิวัฒน์ (สำนักพระราชวัง, 2565) ได้กระตุ้นการลงทุนอสังหาริมทรัพย์ สร้างแรงกดดันต่อวิถีชีวิตดั้งเดิมและโครงสร้างพื้นฐาน ก่อให้เกิดปัญหาทางกายภาพที่เป็นอุปสรรคต่อย่านสร้างสรรค์ ได้แก่ ปัญหาจราจรและที่จอดรถไม่เพียงพอ และปัญหาทางเท้าแคบขาดพื้นที่สาธารณะสำหรับกิจกรรมสร้างสรรค์ แม้มีความพยายามฟื้นฟูผ่านงาน Bangkok design week (Bangkok Design Week, 2024) แต่กิจกรรมระยะสั้นอาจไม่ยั่งยืน หากไม่แก้ปัญหาทางโครงสร้าง

งานวิจัยเรื่อง "ปัจจัยกายภาพและการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์" จึงมุ่งศึกษาแนวทางพัฒนาพื้นที่ เช่น ระบบจราจร พื้นที่จอดรถและทางเดินเท้า และการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ เพื่อบูรณาการความทันสมัยกับการอนุรักษ์อัตลักษณ์ดั้งเดิมของ "ถนนสายไม้บางโพ" ให้เติบโตเป็นย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ที่เข้มแข็งและยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพเมือง ที่มีผลต่อการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ของชุมชนประชานฤมิตร

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ระหว่างกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและกลุ่มผู้ใช้บริการ

2.3 เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้งานพื้นที่ กับการรับรู้ปัญหาเมืองและศักยภาพในการพัฒนาย่านสร้างสรรค์

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาปัจจัยกายภาพและการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ กรณีศึกษาชุมชนประชานฤมิตร กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาและแนวคิด-การวิจัยมุ่งศึกษาการรับรู้ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่อปัจจัยกายภาพของพื้นที่เมืองที่ส่งผลต่ออัตลักษณ์เชิงพื้นที่และศักยภาพการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ โดยใช้แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเมือง อัตลักษณ์แห่งสถานที่ และเศรษฐกิจสร้างสรรค์ เป็นกรอบในการวิเคราะห์ ได้แก่ แนวคิดอัตลักษณ์แห่งสถานที่ ภาพลักษณ์ของเมือง และแนวคิดย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์

3.2 ขอบเขตด้านตัวแปร-การวิจัยกำหนดตัวแปรเพื่อการวิเคราะห์เชิงปริมาณ ดังนี้

- ตัวแปรอิสระ ได้แก่ สถานะของกลุ่มตัวอย่าง (ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่และผู้ใช้บริการ) ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ และปัจจัยกายภาพของพื้นที่เมือง เช่น การจราจร ที่จอดรถ ทางเดินเท้า และข้อกำหนดควบคุมกายภาพอาคาร

- ตัวแปรตาม ได้แก่ การรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ การรับรู้ปัญหาการพัฒนาพื้นที่ และการรับรู้ศักยภาพการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์

3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา-พื้นที่ศึกษาคือ ชุมชนประชานฤมิตร เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นชุมชนที่มีอัตลักษณ์โดดเด่นด้านงานไม้และช่างฝีมือ และกำลังเผชิญการเปลี่ยนแปลงจากการพัฒนาเมืองโดยรอบ

3.4 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง-ประชากรในการวิจัยคือ บุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ชุมชนประชานฤมิตร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน ประกอบด้วยผู้อยู่อาศัย ผู้ประกอบการและผู้ใช้บริการในพื้นที่ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิโดยเน้นมิติเชิงพื้นที่ แบ่งพื้นที่ชุมชนประชานฤมิตรออกเป็น 3 ระดับการเข้าถึง 1) พื้นที่เข้าถึงง่าย/จุดปะทะสายตา 2) พื้นที่แกนหลัก/ย่านการค้า 3) พื้นที่เข้าถึงยาก/พื้นที่เฉพาะ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลาย

3.5 ขอบเขตด้านระยะเวลา-การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการภายในช่วงเวลาที่กำหนดตามแผนการวิจัย โดยสะท้อนสภาพปัญหาและการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างในบริบทปัจจุบันของการพัฒนาพื้นที่

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ (Quantitative survey research) เพื่อศึกษาปัจจัยกายภาพและการรับรู้

อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ที่มีผลต่อการพัฒนาย่านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ กรณีศึกษาชุมชนประชานฤมิตร กรุงเทพมหานคร โดยมุ่งวิเคราะห์การรับรู้ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการใช้งานพื้นที่ กับการรับรู้ปัญหาและอัตลักษณ์ของพื้นที่

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยคือบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ชุมชนประชานฤมิตร กลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน แบ่งเป็นผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ (ผู้อยู่อาศัยและผู้ประกอบการ) และผู้ใช้บริการในพื้นที่ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling) เพื่อให้ครอบคลุมกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักของพื้นที่ศึกษา

4.2 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามที่พัฒนาจากการทบทวนเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

4.2.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

4.2.2 การรับรู้ปัจจัยด้านกายภาพของพื้นที่ เช่น การจราจร ที่จอดรถ และทางเดินเท้า

4.2.3 การรับรู้ด้านเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่

4.2.4 การรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่

การวัดความคิดเห็นใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลปฐมภูมิดำเนินการโดยการแจกแบบสอบถามแก่กลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา ข้อมูลทุติยภูมิได้จากเอกสาร งานวิจัย และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนกรอบแนวคิดและการอภิปรายผล

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การทดสอบไคสแควร์ (Chi-square) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับการรับรู้ด้านอัตลักษณ์เชิงพื้นที่ และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่และการรับรู้ปัญหาการจราจร โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 ทฤษฎีคลัสเตอร์ (Cluster Theory) อธิบายว่าการรวมกลุ่มทางภูมิศาสตร์ของธุรกิจและผู้เกี่ยวข้อง จะช่วยสร้างระบบนิเวศที่เกื้อกูลกัน ส่งผลให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขันและกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมได้ดียิ่งขึ้น (Porter, M. E., 1998)

5.2 ทฤษฎีวงแหวน (Concentric Zone Theory): พัฒนาโดย Ernest Burgess ในปี 1925 ทฤษฎีนี้มองว่าเมืองขยายตัวออกจากศูนย์กลางเป็นวงแหวนซ้อนกัน 5 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะมีลักษณะการใช้ที่ดินและสังคมที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ย่านธุรกิจใจกลางเมืองออกไปจนถึงย่านชานเมืองของชนชั้นกลาง (Burgess, E. W., 1925)

5.3 ทฤษฎีลิ่ม (Sector Theory): พัฒนาโดย Homer Hoyt ในปี 1939 ทฤษฎีนี้โต้แย้งว่าเมืองไม่ได้เติบโตเป็นวงแหวนสมบูรณ์แต่จะขยายตัวออกไปในลักษณะคล้ายลิ่มหรือพัดตามแนวแกนคมนาคมที่สำคัญ เช่น ถนนหรือทางรถไฟ (Hoyt, H., 1939)

5.4 ทฤษฎีนครหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory): เสนอโดย Chauncy Harris และ Edward Ullman ในปี 1945 แนวคิดนี้มองว่าเมืองไม่ได้มีศูนย์กลางเพียงแห่งเดียว แต่ประกอบขึ้นจากศูนย์กลางย่อย ๆ หลายแห่ง (Nodes) ที่มีกิจกรรมเฉพาะทาง เช่น ย่านอุตสาหกรรม ย่านการศึกษา หรือย่านที่อยู่อาศัย (Harris, C. D., & Ullman, E. L., 1945)

5.5 ทฤษฎีภาพลักษณ์ของเมือง (The Image of the City) อธิบายว่าคนเรารับรู้เมืองผ่านองค์ประกอบทางกายภาพ 5 อย่าง คือ เส้นทาง (Paths), ขอบเขต (Edges), ย่าน (Districts), ชุมทาง (Nodes), และจุดหมายตา (Landmarks) การพัฒนาพื้นที่คือการออกแบบองค์ประกอบให้ชัดเจนและสร้างภาพจำที่ดี (Lynch, K., 1960)

5.6 ทฤษฎีอัตลักษณ์แห่งสถานที่ (Place-Identity Theory) อธิบายว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพเป็นส่วนหนึ่งของตัวตน (Self-Identity) โดยสถานที่เป็นศูนย์กลางความหมายที่ช่วยยืนยันว่าเราคือใครผ่านความทรงจำ (Proshansky, H. M., Fabian, A. K., & Kaminoff, R., 1983).

5.7 ทฤษฎีชนชั้นสร้างสรรค์ (Creative Class Theory): เสนอโดย Richard Florida ในช่วงต้นทศวรรษ 2000s แนวคิดนี้เชื่อว่าการเติบโตทางเศรษฐกิจของเมืองยุคใหม่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดึงดูดและรักษา"ชนชั้นสร้างสรรค์ (CreativeClass) ซึ่งเป็นกลุ่มคนทำงานในสายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ วัฒนธรรม และบันเทิง เมืองที่ประสบความสำเร็จต้องมี 3T's คือ เทคโนโลยี (Technology), คนเก่ง (Talent), และ ความอดทนอดกลั้น (Tolerance) ซึ่งหมายถึงการเปิดกว้างต่อความหลากหลายทางสังคม (Florida, R., 2002)

5.8 พัฒนาการโครงการกายภาพเชิงสร้างสรรค์ฟื้นฟูย่านชุมชนเมือง กรุงเทพมหานคร อธิบายว่า การเน้นโครงการฟื้นฟูเชิงสร้างสรรค์ เพื่อสร้างพื้นที่สาธารณะและรายได้ชุมชน โดยความสำเร็จเกิดจากการเชื่อมโยงยุทธศาสตร์ชาติและความร่วมมือรัฐ-เอกชน. (คมเดช ด่านศักดิ์ชัย, 2565)

5.9 พลวัตของย่านบางโพ : จากสายน้ำสู่ถนนสายไม้ ชี้ให้เห็นปัจจัยสำคัญทั้งการเปลี่ยนแปลงคมนาคม นโยบายรัฐ และเหตุการณ์ไฟไหม้ย่านวัดสระเกศ ที่ผลักดันให้ช่างฝีมือมารวมกลุ่มกันจนเกิดเป็นอัตลักษณ์ถนนสายไม้ในปัจจุบัน (มนินทรา ทุมโฆสิตและอนุชา แพ่งเกสร, 2568)

5.10 พหุวัฒนธรรม: พลวัตของย่านชุมชนเก่าสู่การออกแบบเส้นทางวัฒนธรรมผ่านสื่อ เพื่อการเรียนรู้คุณค่าวิถีชุมชน กรณีศึกษาย่านบางโพ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร อธิบายว่า สังคมพหุวัฒนธรรมย่านบางโพเปลี่ยนแปลงตามเส้นทางคมนาคม โดยเสนอโมเดล MAPS เพื่อออกแบบเส้นทางท่องเที่ยวและ เรียนรู้อัตลักษณ์ชุมชนผ่านการเล่าเรื่อง (Storytelling) และกิจกรรมบนแพลตฟอร์มดิจิทัล (มนินทรา ทุมโฆสิต และอนุชา แพ่งเกสร, 2567)

6. ผลการวิจัย

6.1 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านข้อมูลทั่วไป เป็นการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยด้านข้อมูลทั่วไป อธิบายลักษณะของข้อมูลโดยใช้การหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นนักท่องเที่ยว (65%) อายุผู้ตอบแบบสอบถามกว่าครึ่ง (68%) อยู่ในช่วงอายุ 40-60 ปี อาชีพของกลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (44%) เป็นพนักงานบริษัท/ลูกจ้าง ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่กว่าครึ่งคือมากกว่า 10ปี (42%) และความถี่ในการใช้งานพื้นที่ 2-3 ครั้งต่อปี มีมากที่สุดคือ 38% (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปัจจัยด้านข้อมูลทั่วไป (n=400)

ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
สถานะของกลุ่มตัวอย่าง		
นักท่องเที่ยว	260	65.0
ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่	140	35.0
อายุ		
40-60	270	67.5
20-40	112	28.0
ต่ำกว่า 20 ปี	9	2.3
มากกว่า 60 ปี	9	2.3
อาชีพ		
พนักงานบริษัท/ลูกจ้าง	177	44.3
เจ้าของธุรกิจ/ผู้ประกอบการ	139	34.8
อื่น ๆ	56	14.0
เกษียณอายุ	19	4.8
นักเรียน/นักศึกษา	9	2.3

ตารางที่ 1 ปัจจัยด้านข้อมูลทั่วไป (ต่อ) (n=400)

ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
รายได้		
50,001 - 100,000 บาท	121	30.3
30,001 - 50,000 บาท	102	25.5
15,001 - 30,000 บาท	84	21.0
มากกว่า 100,000 บาท	74	18.5
ต่ำกว่า 15,000 บาท	19	4.8
ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่		
มากกว่า 10 ปี	167	41.8
น้อยกว่า 1 ปี	102	25.5
มาพื้นที่นี้เป็นครั้งแรก	56	14.0
1 - 5 ปี	47	11.8
6 - 10 ปี	28	7.0
ความถี่ในการใช้งานพื้นที่		
2 - 3 ครั้งต่อปี	150	37.5
แทบทุกวัน	130	32.5
นี่เป็นการมาครั้งแรก	92	23.0
2 - 3 ครั้งต่อเดือน	19	4.8
2 - 3 ครั้งต่อสัปดาห์	9	2.3

6.2 การวิเคราะห์ปัจจัยด้านกายภาพในพื้นที่ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลคำถามเกี่ยวกับปัจจัยด้านกายภาพในพื้นที่ ความพึงพอใจของสภาพแวดล้อมในพื้นที่ ที่จอดรถ ทางเดินเท้า หลังคาคลุมทางเดิน วัสดุและสีของสิ่งปลูกสร้าง ข้อกำหนดและกฎหมาย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ ของกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า รู้สึกเฉย ๆ กับด้านสภาพแวดล้อมมากที่สุด (37%) กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (47%) รู้สึกว่าที่จอดรถไม่เพียงพอ กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (40%) รู้สึกว่าทางเดินเท้าไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย กลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (56%) รู้สึกเฉย ๆ กับการใช้งานและความต่อเนื่องของหลังคาคลุมทางเดินเท้า กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (49%) รู้สึกปานกลางกับรูปแบบ วัสดุและสีของอาคารในพื้นที่ และกลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (47%) เห็นด้วยกับการมีข้อกำหนดควบคุมรูปแบบอาคารที่ชัดเจนขึ้นในพื้นที่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านกายภาพในพื้นที่ (n=400)

ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
ความพึงพอใจในสภาพแวดล้อม		
เฉย ๆ	149	37.3
พอใจ	134	33.5
ไม่พอใจ	84	21.0
ไม่พอใจอย่างยิ่ง	28	7.0
พอใจอย่างยิ่ง	5	1.3
ที่จอดรถเพียงพอ		
ไม่เพียงพอ	186	46.5
ไม่เพียงพออย่างยิ่ง	149	37.3
ปานกลาง	46	11.5
เพียงพอ	15	3.8
เพียงพออย่างยิ่ง	4	1.0
ทางเดินเท้าสะดวกและปลอดภัย		
ไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย	158	39.5
เฉย ๆ	93	23.3
ไม่สะดวกและไม่ปลอดภัยอย่างยิ่ง	75	18.8
สะดวกและปลอดภัย	60	15.0
สะดวกและปลอดภัยอย่างยิ่ง	14	3.5
หลังคาคลุมใช้งานได้ดีและต่อเนื่อง		
ปานกลาง	223	55.8
ไม่ต่อเนื่องอย่างยิ่ง	56	14.0
ไม่ค่อยต่อเนื่อง	56	14.0
ค่อนข้างต่อเนื่อง	56	14.0
ต่อเนื่องอย่างดี	9	2.3
วัสดุและสีกลมกลืนกัน		
ปานกลาง	195	48.8
ไม่กลมกลืน	112	28.0
ไม่กลมกลืนอย่างยิ่ง	56	14.0
กลมกลืน	30	7.5
กลมกลืนอย่างยิ่ง	7	1.8

ตารางที่ 2 ปัจจัยด้านกายภาพในพื้นที่ (ต่อ) (n=400)

ข้อมูลทั่วไป	ความถี่	ร้อยละ
ต้องการข้อกำหนดที่ชัดเจนขึ้น		
เห็นด้วย	186	46.5
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	103	25.8
เฉย ๆ	84	21.0
ไม่เห็นด้วย	18	4.5
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	9	2.3

6.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจพบว่า กลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (63%) เห็นด้วยว่า อัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ และ กลุ่มตัวอย่าง สถานะผู้ใช้บริการในพื้นที่แทบทั้งหมด (97%) เห็นด้วยว่า อัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ

เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Chi-square of Independence พบว่า สถานะของกลุ่มตัวอย่าง สัมพันธ์กับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ อย่างมีนัยสำคัญ ($\chi^2 = 362.829, p = .000$) จึงสรุปได้ว่า ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ ทั้งหมด ไม่เห็นด้วยว่าอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจและผู้ใช้บริการในพื้นที่ เกือบทั้งหมด เห็นด้วยว่าอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจนจากการพัฒนาธุรกิจ (n=400)

	สถานะของกลุ่มตัวอย่าง		Chi Square (Sig.)
	ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ n=140	ผู้ใช้บริการ n=260	
อัตลักษณ์เฉพาะตัวไม่ชัดเจน			
ไม่เห็นด้วย	140	9	362.829
เห็นด้วย	0	251	0

6.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่หรือไม่

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของผู้ตอบแบบสอบถามกับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่หรือไม่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (72%) เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ และกลุ่มตัวอย่างสถานะผู้ใช้บริการในพื้นที่ กว่าครึ่ง (65%) เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่

เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Chi-square of Independence พบว่าสถานะของกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ อย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 = 288.889,p = .000) จึงสรุปได้ว่า ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่กว่าครึ่ง ไม่เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ แต่ผู้ใช้บริการในพื้นที่ทั้งหมด เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ (ตารางที่ 4)

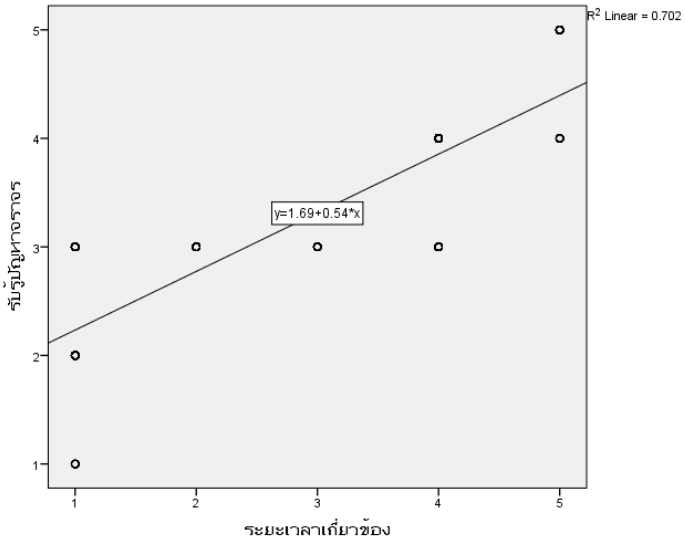
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่หรือไม่

(n=400)

	สถานะของกลุ่มตัวอย่าง		Chi Square (Sig.)
	ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ n=140	ผู้ใช้บริการ n=260	
ความหลากหลายของธุรกิจ			
ไม่เห็นด้วย	112	0	288.889
เห็นด้วย	28	260	0.000

6.5 การวิเคราะห์ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อการรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัด การวิเคราะห์ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อปัญหาการจราจรติดขัดได้ผลดังนี้ ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ที่รับรู้ต่อปัญหาการจราจรติดขัดมากที่สุดคือ มากกว่า 10 ปี

เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Correlation พบว่า ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อการรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญ (r = .838**, p = .000) จึงสรุปได้ว่า เมื่อระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่มากขึ้น การรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัด ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 1)



รูปที่ 5 ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อการรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัด (n=400)

7. อภิปรายผล

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า ส่วนใหญ่เป็นผู้ใช้บริการ (65%) อายุผู้ตอบแบบสอบถามกว่าครึ่ง (68%) อยู่ในช่วงอายุ 40-60 ปี อาชีพของกลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (44%) เป็นพนักงานบริษัท/ลูกจ้าง ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่กว่าครึ่งคือ มากกว่า 10ปี (42%) และความถี่ในการใช้งานพื้นที่ 2-3 ครั้งต่อปี มีมากที่สุดคือ 38%

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพในพื้นที่ ของกลุ่มตัวอย่าง 400 คน พบว่า รู้สึกเฉย ๆ กับด้านสภาพแวดล้อมมากที่สุด (37%) กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (47%) รู้สึกว่าที่จอดรถไม่เพียงพอ กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (40%) รู้สึกว่าทางเดินเท้าไม่สะดวกและไม่ปลอดภัย กลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (56%) รู้สึกเฉย ๆ กับการใช้งานและความต่อเนื่องของหลังคาคลุมทางเดินเท้า กลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (49%) รู้สึกปานกลาง กับรูปแบบ วัสดุและสีของอาคารในพื้นที่ และกลุ่มตัวอย่างเกือบครึ่ง (47%) เห็นด้วยกับการมีข้อกำหนดควบคุมรูปแบบอาคารที่ชัดเจนขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของกลุ่มตัวอย่างกับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจพบว่ากลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (63%) เห็นด้วยว่า อัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจและกลุ่มตัวอย่าง สถานะผู้ใช้บริการในพื้นที่แทบทั้งหมด (97%) เห็นด้วยว่า อัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Chi-square of Independence พบว่าสถานะของกลุ่มตัวอย่าง สัมพันธ์กับอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ อย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 = 362.829,p = 0.000) จึงสรุปได้ว่า ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่ทั้งหมด ไม่เห็นด้วยว่าอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการ

พัฒนาธุรกิจ แต่ผู้ใช้บริการในพื้นที่ เกือบทั้งหมด เห็นด้วยว่าอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจ โดยสอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีอัตลักษณ์แห่งสถานที่ (Proshansky, H. M., Fabian, A. K., & Kaminoff, R.,1983) กล่าวว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพเป็นส่วนหนึ่งของตัวตน (Self-Identity) ของผู้อยู่อาศัย ผลการวิจัยสะท้อนความซับซ้อนของทฤษฎีนี้ คนในพื้นที่ซึ่งมีความผูกพันยาวนาน อาจยังมีตัวตน ที่ผูกติดกับสถานที่อย่างเหนียวแน่น จึงมองไม่เห็นการสูญเสียในระดับลึกเท่ากับคนนอกที่ตัดสินจาก ภาพลักษณ์ของเมือง (Lynch, K., 1960) ที่เปลี่ยนแปลงไป

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างสถานะของผู้ตอบแบบสอบถามกับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่หรือไม่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างกว่าครึ่ง (72%) เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ และกลุ่มตัวอย่างสถานะผู้ใช้บริการในพื้นที่ กว่าครึ่ง (65%) เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่

เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Chi-square of Independence พบว่าสถานะของกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กับความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ อย่างมีนัยสำคัญ (χ^2 = 288.889,p = 0.000) จึงสรุปได้ว่า ผู้เกี่ยวข้องในพื้นที่กว่าครึ่ง ไม่เห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ แต่ผู้ใช้บริการในพื้นที่ทั้งหมดเห็นด้วยว่าความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่ โดยขัดแย้งกับทฤษฎีคลัสเตอร์ (Porter, M. E.,1998) ที่กล่าวว่าการรวมกลุ่มทางภูมิศาสตร์ช่วยสร้างความได้เปรียบ แต่ผลการวิจัยนี้ขัดแย้งกับทฤษฎีในมุมมองของผู้ประกอบการเดิม คนในพื้นที่อาจมองว่าความหลากหลาย (ที่อาจหมายถึงธุรกิจอื่นที่ไม่ใช่งานไม้) เข้ามาลดทอนความเข้มข้นของ คลัสเตอร์งานไม้ ดั้งเดิม ในขณะที่นักท่องเที่ยวใช้มุมมองแบบย่านสร้างสรรค์ที่ต้องการความหลากหลายตามทฤษฎีชนชั้นสร้างสรรค์ (Florida, R., 2002) มากกว่า ซึ่งทฤษฎีได้กล่าวว่าเมืองต้องดึงดูดคนเก่งด้วยคุณภาพของสถานที่และความหลากหลาย

ผลการวิเคราะห์ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อปัญหาการจราจรติดขัดได้ผลดังนี้ ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ ที่รับรู้ต่อปัญหาการจราจรติดขัดมากที่สุดคือ มากกว่า 10ปี เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Correlation พบว่า ระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ต่อการรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัดมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน อย่างมีนัยสำคัญ (r = .838**, p = .000) จึงสรุปได้ว่า เมื่อระยะเวลาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่มากขึ้น การรับรู้ปัญหาการจราจรติดขัด ก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญโดยตรงกับ ทฤษฎีการขยายตัวของเมือง (Burgess, E. W.,1925) กล่าวว่าเมื่อเมืองขยายตัวและมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จะมักตามมาด้วยปัญหาความหนาแน่น โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับทฤษฎีการขยายตัวและการพัฒนาพื้นที่รอบข้าง (เช่น สถานีกลางบางซื่อ) และอาคารสูงจำนวนมาก ที่กดดันโครงสร้างพื้นฐานเดิม ทำให้ผู้ที่อยู่มานานสัมผัสถึงความเปลี่ยนแปลงในทางลบได้ชัดเจนที่สุด

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่มีที่จอดรถไม่เพียงพอ ทางเดินเท้าไม่สะดวก ไม่ปลอดภัยและมีความต้องการให้มีข้อกำหนดควบคุมรูปแบบอาคารที่ชัดเจนขึ้น โดยภาพรวมมองว่าอัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน จากการพัฒนาธุรกิจแต่เมื่อเจาะลึก จะพบว่าคนในพื้นที่ไม่เห็นด้วยว่า อัตลักษณ์เฉพาะตัวของชุมชนไม่ชัดเจน ในขณะที่นักท่องเที่ยวเห็นด้วย และภาพรวมมองว่าธุรกิจที่หลากหลายช่วยส่งเสริมบรรยากาศ แต่พบว่าคนในพื้นที่ไม่เห็นด้วยในขณะที่นักท่องเที่ยวเห็นด้วย และยิ่งกลุ่มตัวอย่างมีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ยาวนาน จะยิ่งรับรู้ถึงปัญหาการจราจรติดขัดมากขึ้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

8.1 ข้อเสนอแนะเชิงกายภาพ – โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีจินตภาพของเมือง (Lynch, K., 1960) ข้อเสนอแนะทั่วไปคือการซ่อมแซม แต่หากใช้ทฤษฎีนี้ควรยกระดับการแก้ปัญหาโดยการสร้าง เส้นทาง ที่สื่อความหมาย การปรับปรุงทางเดินเท้าไม่ใช่แค่เพื่อความสะดวกและปลอดภัยในการสัญจร แต่ต้องใช้วัสดุหรือการออกแบบที่สะท้อนความเป็น ถนนสายไม้ (เช่น การฝังลวดลายไม้บนพื้น หรือ Street Furniture ไม้) เพื่อให้ทางเดินทำหน้าที่เป็นตัวนำทางและเล่าเรื่องราวของพื้นที่ไปพร้อม ๆ กัน และ ควรกำหนด จุดเชื่อมต่อ แก้ปัญหาจราจรโดยการออกแบบจุดรับ-ส่ง หรือจุดพักคอย ที่ชัดเจนบริเวณรอยต่อของย่าน เพื่อลดความหนาแน่นของรถยนต์ส่วนตัวที่พยายามเข้าถึงพื้นที่ชั้นใน แล้วยังสามารถออกแบบให้จุดนี้สามารถสะท้อนความเป็น ถนนสายไม้ เพิ่มได้อีกทางหนึ่ง

8.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย - โดยแก้ปัญหาความขัดแย้งเรื่องความหลากหลายของธุรกิจในพื้นที่ ช่วยส่งเสริมบรรยากาศในพื้นที่หรือไม่ ปัญหาคือ คนในพื้นที่ ไม่เห็นด้วย ว่าความหลากหลายของธุรกิจช่วยส่งเสริมบรรยากาศ ในขณะที่นักท่องเที่ยว เห็นด้วย สะท้อนว่าคนในพื้นที่มองธุรกิจใหม่ ๆ เป็นสิ่งแปลกปลอมมากกว่าส่วนเสริม โดยจะใช้ทฤษฎีคลัสเตอร์ (Porter, M. E., 1998) มาประยุกต์ใช้ โดยการส่งเสริมความหลากหลายที่เกื้อกูล โดยภาครัฐไม่ควรสนับสนุนธุรกิจอะไรก็ได้ แต่ต้องเน้นธุรกิจที่อยู่ในห่วงโซ่อุปทาน ของงานไม้ เช่น สตูดิโอออกแบบ ร้านขายอุปกรณ์ช่างสมัยใหม่ หรือคาเฟ่ที่ใช้เป็นโชว์รูมเฟอร์นิเจอร์ไม้ เพื่อให้คนในพื้นที่เห็นว่าธุรกิจใหม่เหล่านี้มาช่วยต่อยอดไม่ใช่มาแย่งพื้นที่

8.3 ข้อเสนอแนะเชิงกระบวนการ - โดยแก้ปัญหาช่องว่างด้านการรับรู้อัตลักษณ์เชิงพื้นที่ โดยปัญหาคือคนในพื้นที่ไม่รู้สึกว่าอัตลักษณ์หายไป แต่นักท่องเที่ยวมองว่าหายไป แสดงว่า ภาพจำ ของคนนอกกับ

ความผูกพัน ของคนในไม่ตรงกันโดยจะประยุกต์ใช้ทฤษฎีอัตลักษณ์แห่งสถานที่ (Proshansky, H. M., Fabian, A. K., & Kaminoff, R.,1983) ที่กล่าวว่าสถานที่ช่วยยืนยันตัวตน โดยจะทำให้กระบวนการเป็นสิ่งที่จับต้องได้ นักท่องเที่ยวอาจตัดสินอัตลักษณ์จาก หน้าร้าน ที่เปลี่ยนไป แต่คนในพื้นที่ตัดสินจาก วิถีชีวิตการทำงาน ด้านหลังร้าน ข้อเสนอแนะคือ การ เปิดพื้นที่ปฏิบัติงาน ให้มากขึ้น เพื่อให้นักท่องเที่ยวได้เห็นกระบวนการผลิตจริง ซึ่งจะช่วยกู้คืนภาพลักษณ์อัตลักษณ์งานไม้ในสายตานักท่องเที่ยว และช่วยยืนยันความภาคภูมิใจในอาชีพของช่างไม้ไปพร้อม ๆ กัน

เอกสารอ้างอิง

[1] Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review, 76(6), 77–90.

[2] Burgess, E. W. (1925). The growth of the city: An introduction to a research project. In R. E. Park, E. W. Burgess, & R. D. McKenzie (Eds.), The city (pp. 47–62). University of Chicago Press.

[3] Hoyt, H. (1939). The structure and growth of residential neighborhoods in American cities. Federal Housing Administration.

[4] Harris, C. D., & Ullman, E. L. (1945). The nature of cities. Annals of the American Academy of Political and Social Science, 242, 7–17.

[5] Lynch, K. (1960). The image of the city. MIT Press.

[6] Proshansky, H. M., Fabian, A. K., & Kaminoff, R. (1983). Place-identity: Physical world socialization of the self. Journal of Environmental Psychology, 3(1), 57–83.

[7] Florida, R. (2002). The rise of the creative class: And how it's transforming work, leisure, community and everyday life. Basic Books.

[8] คมเดช ด่านศักดิ์ชัย. (2022). พัฒนาการโครงการกายภาพเชิงสร้างสรรค์ ฟื้นฟูย่านชุมชนเมือง กรุงเทพมหานคร.

[9] มนินทรา ทุมโฆสิต, และ อนุชา แพ่งเกสร. (2025). พลวัตของย่านบางโพ: จากสายน้ำสู่ถนนสายไม้.

[10] มนินทรา ทุมโฆสิต, และ อนุชา แพ่งเกสร. (2024). พหุวัฒนธรรม: พลวัตของย่านชุมชนเก่าสู่การออกแบบเส้นทางวัฒนธรรมผ่านสื่อเพื่อการเรียนรู้คุณค่าวิถีชุมชน กรณีศึกษาย่านบางโพ เขตบางซื่อ.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

อิทธิพลของงานมหกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม

The Impact of Events on Architectural Space Transformation

ทยุติ พรหมขน และ สุคตยุติ จารุนุช*

หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม (แนวคิดในการออกแบบ) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

*E-mail: charunut_s@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

งานมหกรรมและเทศกาลในหลากหลายระดับ ตั้งแต่งานมหกรรมระดับโลก (Mega-event) ไปจนถึงเทศกาลระดับนานาชาติและระดับท้องถิ่น ได้กลายเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเมือง เศรษฐกิจ และภาพลักษณ์ของประเทศ อย่างไรก็ตาม งานเหล่านี้มิได้ส่งผลเฉพาะในมิติทางเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวเท่านั้น หากยังส่งอิทธิพลอย่างลึกซึ้งต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางสถาปัตยกรรมและผังเมืองในระยะยาว ทั้งในด้านรูปแบบการใช้งาน โครงสร้างพื้นฐาน และภูมิทัศน์เมือง

บทความนี้ศึกษาบทบาทของงานมหกรรมในฐานะอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงเชิงสถาปัตยกรรม ผ่านการวิเคราะห์กรณีศึกษาที่สำคัญโดยใช้วิธีการ รวบรวมตัวอย่างงาน (Case study) มหกรรมในหลากหลายระดับ ตั้งแต่ระดับโลก ระดับประเทศ ไปจนถึงระดับท้องถิ่น จากนั้นจึงพัฒนากรอบการวิเคราะห์ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาในมิติต่างๆ เช่น ระดับของพื้นที่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม ผลกระทบต่อบริบทเมืองและชุมชน รวมถึงความเสี่ยงของการเกิด การเจนทริฟิเคชัน (Gentrification) ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียอัตลักษณ์และชุมชนดั้งเดิม การสังเคราะห์ข้อมูลจากกรณีศึกษาเหล่านี้นำไปสู่การสกัด "หลักการออกแบบ" (Design principles) ที่สามารถเชื่อมโยงระหว่างมิติชั่วคราวของงานมหกรรมกับศักยภาพการใช้งานระยะยาวของพื้นที่

การศึกษานี้เสนอให้ทำความเข้าใจความสัมพันธ์แบบสองทางระหว่างงานมหกรรมและการออกแบบสถาปัตยกรรม พร้อมทั้งสังเคราะห์แนวทางการออกแบบที่สามารถรองรับทั้งมิติชั่วคราวของกิจกรรมและมิติถาวรของมรดกทางกายภาพ เพื่อให้พื้นที่หลังเทศกาลสามารถปรับใช้ได้จริงในระยะยาว แนวคิด "ตรรกะของงานมหกรรมและเทศกาล" จึงถูกนำมาใช้เป็นกลยุทธ์ทางสถาปัตยกรรมที่มุ่งสร้างความยั่งยืน ความสอดคล้องกับบริบทเมือง และลดภาระทางสังคมในอนาคต

คำสำคัญ: งานมหกรรม เทศกาล มิติชั่วคราว มิติถาวร บริบทเมือง การเจนทริฟิเคชัน

Abstract

Mega-events and festivals at various scales ranging from global Mega-events to international and local festivals have become significant mechanisms for driving urban development, economic growth, and national image-making. However, their impacts extend beyond economic and tourism-related dimensions. These events exert profound and long-term influences on architectural and urban spaces, including changes in spatial use, the development of infrastructure, and the transformation of urban landscapes.

This paper examines the role of events as influential drivers of architectural transformation through the analysis of key case studies. The study employs a case study approach by collecting examples of event-driven developments across multiple scales, including global, national, and local contexts. An analytical framework is then established with criteria such as spatial scale, characteristics of architectural transformation, impacts on urban and community contexts, and potential risks of gentrification that may lead to the loss of local identity and displacement of existing communities. The synthesis of these case studies enables the extraction of architectural design principles that bridge the temporary nature of events with the long-term potential and adaptability of post event spaces.

The study proposes an understanding of the bidirectional relationship between events and architectural design and synthesizes design approaches that respond to both the temporary demands of event-based activities and the permanent legacy of the built environment. The concept of the "logic of events and festivals" is therefore introduced as an architectural strategy aimed at promoting sustainability, contextual responsiveness, and the reduction of long-term social burdens on cities.

Keywords: Mega-events, Festivals, Temporality, Invariability, Urban Context, Gentrification

1. บทนำ

งานมหกรรมและเทศกาลในหลากหลายระดับ ตั้งแต่งานมหกรรมระดับโลก (Mega event) เช่น World Expo และมหกรรมกีฬาระดับนานาชาติอย่าง Olympic Games ไปจนถึงเทศกาลศิลปวัฒนธรรมระดับโลกและเทศกาลขนาดย่อย ได้กลายเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาเมืองและเศรษฐกิจในระดับประเทศ งานเหล่านี้มักถูกใช้เป็นเครื่องมือเชิงนโยบายเพื่อสร้างภาพลักษณ์ ดึงดูดการลงทุน และเร่งกระบวนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและโครงการสถาปัตยกรรมขนาดใหญ่ในช่วงเวลาที่จำกัด

อย่างไรก็ตาม ผลกระทบของงานมหกรรมมิได้จำกัดอยู่เพียงมิติทางเศรษฐกิจหรือภาพลักษณ์ของเมืองเท่านั้น หากแต่ยังส่งอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อพื้นที่ทางสถาปัตยกรรมและภูมิทัศน์เมืองในระยะยาว ทั้งในรูปแบบของการก่อสร้างอาคารใหม่ การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้พื้นที่ ประสบการณ์จากกรณีศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ที่แตกต่างกันของพื้นที่ซึ่งถูกออกแบบขึ้นเพื่อรองรับงานมหกรรม บางพื้นที่สามารถพัฒนาและปรับใช้ต่อเนื่องจนกลายเป็นจุดยุทธศาสตร์ใหม่ของเมือง ขณะที่บางพื้นที่กลับประสบปัญหาการใช้งานหลังสิ้นสุดกิจกรรม และกลายเป็นพื้นที่รกร้างหรือภาระต่อสังคมในระยะยาว

สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการทำความเข้าใจบทบาทของงานมหกรรมในฐานะ "ตัวเร่ง" การปรับเปลี่ยนเชิงสถาปัตยกรรมอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะในประเด็นความยั่งยืน ความสอดคล้องกับบริบทเมือง และศักยภาพการใช้งานของพื้นที่หลังเทศกาล บทนำนี้จึงนำไปสู่การตั้งคำถามเชิงวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมที่สามารถรองรับทั้งมิติชั่วคราวของกิจกรรมและมิติถาวรของเมือง เพื่อให้การพัฒนาที่เกิดขึ้นจากงานมหกรรมไม่ก่อให้เกิดภาระระยะยาวต่อสังคมและเมืองในอนาคต

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์บทบาทของสถาปัตยกรรม ที่เกิดขึ้นจากงานมหกรรม และเทศกาล

2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบเชิงสถาปัตยกรรมและผังเมืองของงานมหกรรม และเทศกาล

2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างงานมหกรรมเทศกาล และสถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้น

2.4 เพื่อสังเคราะห์แนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรม ที่ตอบสนองทั้งมิติชั่วคราว และมิติถาวร

2.5 เพื่อพัฒนาและเสนอข้อแก้ไขการออกแบบ ที่ยึดโยงงานมหกรรม และเทศกาลมาเป็นกลยุทธ์ทางการออกแบบสถาปัตยกรรม

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งวิเคราะห์อิทธิพลของงานมหกรรมและเทศกาลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม ผ่านกรณีศึกษาในระดับโลก ระดับประเทศ และระดับท้องถิ่น ครอบคลุมทั้งสถาปัตยกรรมชั่วคราว สถาปัตยกรรมถาวร และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เมือง การวิเคราะห์ใช้กรอบแนวคิดเชิงเปรียบเทียบในระดับสิ่งก่อสร้างชั่วคราว สถาปัตยกรรม และระดับเมือง เพื่อสังเคราะห์หลักการออกแบบที่เชื่อมโยงมิติชั่วคราวกับศักยภาพการใช้งานระยะยาวของพื้นที่

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้แนวทางการวิจัยเชิงวิเคราะห์ร่วมกับการวิจัยเชิงแนวคิด (Analytical research combined with conceptual research) เพื่อพัฒนาเครื่องมือเชิงแนวคิดสำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานมหกรรมและเทศกาล โดยอาศัยการทบทวนทฤษฎีและการวิเคราะห์กรณีศึกษาที่สำคัญทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย เพื่อนำไปสู่การสังเคราะห์กรอบความคิดและหลักการออกแบบ

4.1 การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ศึกษาทฤษฎีการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่องานมหกรรม แนวคิดเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมชั่วคราว เทศกาล พื้นที่สาธารณะ และเมือง

4.2 การจัดหมวดหมู่งานมหกรรมที่สำคัญวิเคราะห์ประเภทและลักษณะของงานมหกรรมและเทศกาลที่มีผลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม

4.3 การวิเคราะห์กรณีศึกษา (Case study analysis) ศึกษากรณีตัวอย่างที่สำคัญทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบแนวคิด กระบวนการออกแบบ และผลลัพธ์เชิงพื้นที่

4.4 การสร้างเครื่องมือเชิงแนวคิดจากทฤษฎีการออกแบบสังเคราะห์กรอบความคิดและเกณฑ์การวิเคราะห์สำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่องานมหกรรมหรือเทศกาล

4.5 การสังเคราะห์หลักการออกแบบและสรุปผลการวิจัย สกัดเป็นหลักการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่องานมหกรรม และสรุปองค์ความรู้ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานออกแบบและการวางผังเมือง

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 การออกแบบเพื่อความยั่งยืน (Sustainable design)

การออกแบบสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (หรือที่เรียกว่า Environmental Awareness Design, Eco-Design, ฯลฯ) เป็นปรัชญาของการออกแบบวัตถุทางกายภาพ สภาพแวดล้อมทางสถาปัตยกรรม และการบริการเพื่อให้สอดคล้องกับหลักการความยั่งยืนทางนิเวศวิทยา และมุ่งมั่นที่จะปรับปรุงสุขภาพและความสะดวกสบายของผู้อยู่อาศัยใน

อาคาร การออกแบบอย่างยั่งยืนมีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบเชิงลบต่อสิ่งแวดล้อมสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้อยู่อาศัยในอาคารซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของอาคาร เป้าหมายพื้นฐานของความยั่งยืนคือการลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่หมุนเวียนลดของเสียและสร้างสภาพแวดล้อมการผลิตที่ดีต่อสุขภาพ

กรณีศึกษา "Be better, together – for the planet and the people" หรือ "ดีขึ้นด้วยกัน เพื่อโลกและผู้คน" ตามแนวทาง SDGs (Sustainable Development Goals) ขององค์การสหประชาชาติ ซึ่งเป็นแผนพัฒนาโลกเพื่อความยั่งยืน ที่มีเป้าหมาย 17 ข้อในการขจัดความยากจนให้หมดไป พร้อมดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกประเภทในทุกที่บนโลกแบบไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง

เหรียญโอลิมปิกจากความร่วมใจของเจ้าภาพ "โครงการเหรียญโอลิมปิก โตเกียว 2020" ที่ริเริ่มในปี 2016 เพื่อแก้วิกฤต "ขยะอิเล็กทรอนิกส์" ที่เฉพาะในญี่ปุ่นเองก็ถึง 2.2 ล้านตันในปี 2014 โดยทางโครงการฯ เปิดรับบริจาคอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กต่าง ๆ

เกมกีฬาแห่งความยั่งยืน โครงการริเริ่มด้านความยั่งยืนที่มีรูปธรรมโดดเด่นในการสร้างเหรียญรางวัลนี้เป็นเพียงหนึ่งในหลายโครงการที่โอลิมปิกโตเกียวได้สร้างความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แท่นรับรางวัลทำจากการรีไซเคิล (Recycle) ขยะพลาสติก ที่เก็บรวบรวมจากขยะพลาสติกในทะเล และที่ประชาชนนำส่งมาในปริมาณมากเกือบ 12 ตัน รวมน้ำหนักกว่า 24.5 ตัน

เมืองแห่งอนาคต สนามกีฬาแห่งชาติญี่ปุ่นแห่งใหม่ ซึ่งเป็นที่ตั้งของพิธีเปิดและปิด ในย่าน Heritage zone มีชายคาขนาดยักษ์เพื่อให้ลมเย็นไหลเวียนได้อย่างอิสระ ชายคาซึ่งเป็นคุณลักษณะของสถาปัตยกรรมญี่ปุ่นแบบดั้งเดิม ได้รับการออกแบบให้ใช้ลมธรรมชาติแทนเครื่องปรับอากาศ สนามกีฬาจากคอนกรีตมวลรวมรีไซเคิล สถานที่ที่ใช้ในการแข่งขันกีฬาฟันดาบและแบดมินตัน Musashino Forest Sports Plaza ใช้คอนกรีตจากมวลรวมรีไซเคิล (Recycled Aggregate Concrete) เพื่อลดปริมาณเศษวัสดุคอนกรีตจากการก่อสร้าง รวมถึงการใช้เหล็กกระเบื้องและพื้นไวนิลรีไซเคิล (Recycle)

5.2 การวิเคราะห์กายภาพเมือง (Urban morphology)

เป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจบริบทรูปทรงและลักษณะทางกายภาพของเมือง (Urban Patterns and Characteristics) การศึกษากายภาพของเมืองสามารถทำได้หลายระดับตั้งแต่ระดับอาคาร (Individual buildings) กลุ่มอาคาร (lots) โครงข่ายเส้นทาง (Street patterns) และกลุ่มอาคารในหนึ่งช่วงถนน (Blocks) รวมทั้งการวิเคราะห์ในมิติของช่วงเวลา เช่น วิวัฒนาการการเปลี่ยนแปลงของเมืองจากอดีตจนถึงปัจจุบัน

วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ 1) การบันทึกลงบนแผนที่ (Mapping) การซ้อนทับแผนที่ (Overlay mapping) การใช้ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photographs) และการใช้แผนที่ภาพและพื้น (Figure-ground mapping) 2) การใช้ระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic information systems) เช่น การวิเคราะห์ด้วยการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่ (sieve analysis) 3) การจำแนกประเภท (Typological analysis) ตัวอาคาร เช่น พื้นที่ตัวอาคารคลุมดิน (Floor Area Ratio) มวลอาคาร (Open Space Ratio) ความสูง จำนวนชั้นและการใช้งานอาคาร เป็นต้น โครงข่ายถนน เช่น ลำดับศักย์ ความกว้างของถนน เส้นทางขนส่งสาธารณะ จุดขึ้นลงและจุดเชื่อมต่อขนส่งสาธารณะ เป็นต้น พื้นที่สาธารณะ เช่น สวนสาธารณะของเมือง สวนสาธารณะชุมชน สวนระหว่างอาคาร (pocket park) ลานสาธารณะในร่มและกลางแจ้ง ตลาด ตลาดนัด กลุ่มร้านค้าปลีก แผงการค้าริมทาง (pedestrian mall, transit mall) สนามเด็กเล่น สนามหน้าโรงเรียน เป็นต้น 4) การสังเกตและบันทึกพฤติกรรม (Behavior observation and mapping) 5) การบันทึกตำแหน่งการเกิดกิจกรรม (Activity mapping) 6) การเดินสำรวจ (Walk-through analysis) 7) การสำรวจด้วยสายตา (Visual analysis) การศึกษาและวิเคราะห์กายภาพของเมืองช่วยให้นักออกแบบเมืองเข้าใจถึงอัตลักษณ์ของพื้นที่ศึกษา (Sense of place) เข้าใจการเปลี่ยนแปลงและปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกายภาพในพื้นที่ ช่วยให้นักออกแบบเมืองสามารถคาดการณ์แนวโน้มและทิศทางในการขยายตัวของเมืองหรือพื้นที่ศึกษาในอนาคต สามารถกำหนดขอบเขตและแนวทางของงานออกแบบ นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้ยังช่วยในการจัดทำข้อกำหนดรูปแบบ (Design guidelines)

5.3 ทฤษฎีการใช้ศักยภาพพื้นที่เมืองเดิมอย่างมีประสิทธิภาพ (Maximizing the use of existing urban fabric)

ทฤษฎีการใช้พื้นที่เมืองเดิมอย่างมีประสิทธิภาพเน้นการนำโครงสร้าง พื้นที่ และบริบทเมืองที่มีอยู่แล้วกลับมาใช้และพัฒนาใหม่ผ่านแนวคิด Adaptive Reuse, Urban Regeneration และ Temporary Use of Urban Space เพื่อหลีกเลี่ยงการขยายเมืองและการก่อสร้างที่เกินความจำเป็น เมืองถูกมองเป็นโครงสร้างพื้นฐานของกิจกรรม (City as a stage) ที่สามารถรองรับการใช้งานหลากหลายและปรับเปลี่ยนได้ตามช่วงเวลา แนวคิด Compact City และ Urban Intensification ช่วยเพิ่มความหนาแน่นและการใช้พื้นที่แบบผสมผสาน ทำให้การพัฒนาเมืองมีความยั่งยืนสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของชุมชน และลดผลกระทบทางสังคมและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

กรณีศึกษา คณะกรรมการโอลิมปิกสากล หรือ International Olympic Committee (IOC) ได้เล็งเห็นปัญหาต่อความท้าทายในการเป็นเจ้าภาพจัดโอลิมปิกที่ผ่าน ๆ มา เพื่อให้เป้าหมายในการจัดโอลิมปิกนั้นสามารถสอดคล้องกับยุคสมัยและความท้าทายในอนาคตมากขึ้นจึงได้กำหนด agenda 2020 เพื่อวางทิศทางการจัดโอลิมปิกที่ยั่งยืนขึ้นนับจากนี้ โดยมีการเน้นให้เมืองที่เป็นเจ้าภาพนั้นไม่ต้องปรับเมืองเพื่อการแข่งขัน

แต่ให้การแข่งขันนั้นปรับเข้ากับเมืองมากขึ้น ให้การจัดพื้นที่จัดการแข่งขันมีความกระชับ เน้นให้การจัดมีความสนุกสนาน (Enjoyable) มีความยืดหยุ่น (Resilience) และมีความยั่งยืน(Sustainable) Paris 2024 Olympics ในอีกสามปีข้างหน้าดูจะเป็นหนึ่งในหมุดหมายของปารีสโฉมใหม่ ภายใต้ทิศทางการพัฒนากรุงปารีสที่จะมุ่งหน้าสู่เมืองสีเขียวและรูปแบบผังเมืองที่ดีกับชุมชน กับคนปารีส และดีกับโลกใบนี้ โอลิมปิกเป็นเหมือนการอวดโฉมอย่างเป็นรูปธรรม ทั้งยังเป็นแผนก้าวหนึ่งในการพัฒนาเมืองปารีสผ่านการจัดเทศกาลกีฬาระดับโลก ภาพของสนามวอเลย์บอลหน้าหอไอเฟลจึงไม่ได้เป็นแค่การสร้างภาพน่าตื่นเต้นเท่านั้น แต่โอลิมปิกปารีสจะเน้นการพัฒนาต่อยอดการลงทุนในการจัดงาน การเลือกจัดงานกลางปารีสส่วนหนึ่งมีเป้าหมายว่าเป็นการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่สำคัญกลางเมือง ทั้งยังเป็นการใช้พื้นที่ใจกลางเมือง

5.4 ทฤษฎีงานมหกรรม และเทศกาลกับการพัฒนาเมือง

งานวิจัยด้านผังเมืองและสถาปัตยกรรมจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า งานมหกรรมระดับโลก (Mega-event) เช่น World Expo และ Olympic Games ทำหน้าที่เป็น "ตัวเร่ง" (Urban catalyst) ที่เร่งกระบวนการพัฒนาเมือง ทั้งในด้านโครงสร้างพื้นฐาน การลงทุน และการเปลี่ยนแปลงภาพลักษณ์ของเมือง (Event-led urban development) นักวิชาการอย่าง Bent Flyvbjerg อธิบายว่างานมหกรรมมักถูกใช้เป็นเครื่องมือเชิงนโยบายที่ช่วยเร่งโครงการขนาดใหญ่ซึ่งปกติอาจใช้เวลานาน อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้ยังตั้งข้อสังเกตถึงความเสี่ยงด้านต้นทุน การใช้งานหลังเทศกาล และภาระทางสังคมในระยะยาว (Megaprojects and Risk, 2003)

กรณีศึกษา แนวคิด Peter Ueberroth (Los Angeles Olympic Games 1984) เน้นการบริหารจัดการงานมหกรรมภายใต้ข้อจำกัดของเมืองจริง โดยหลีกเลี่ยงการก่อสร้างถาวรขนาดใหญ่และใช้โครงสร้างพื้นฐานเดิมเป็นหลัก (Existing Infrastructure) แนวคิดสำคัญคือการมองงานมหกรรมเป็นการซ้อนทับกิจกรรมชั่วคราวบนโครงสร้างเมือง (Urban overlay) มากกว่าการเปลี่ยนแปลงผังเมืองถาวร (Temporary Architecture) กระบวนการออกแบบและจัดการพื้นที่มุ่งลดความเสี่ยงของ "White elephant architecture" หลังจบงาน ขณะเดียวกันยังให้ความสำคัญกับความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจและการมีส่วนร่วมของภาคเอกชน ซึ่งส่งผลให้โอลิมปิกครั้งดังกล่าวไม่ก่อให้เกิดภาระเชิงสถาปัตยกรรมและการเงินในระยะยาว แนวคิดนี้จึงเป็นกรอบสำคัญในการวิเคราะห์บทบาทของงานมหกรรมในฐานะตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงเชิงสถาปัตยกรรมที่ไม่จำเป็นต้องพึ่งพาการก่อสร้างถาวรขนาดใหญ่ แนวคิดของ Ueberroth จึงเป็นกรณีตัวอย่างของการบูรณาการการจัดการงานอีเวนต์ และการออกแบบเมืองอย่างยั่งยืน

5.5 ทฤษฎีการเจนทริฟิเคชัน (Gentrification theory)

การเจนทริฟิเคชันหมายถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เมืองจากย่านรายได้น้อยไปสู่พื้นที่ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจและภาพลักษณ์สูงขึ้น อันเกิดจากการลงทุนและการพัฒนาเชิงสถาปัตยกรรมและผังเมือง (Urban Transformation, Capital Investment) Ruth Glass (1964) เป็นผู้เสนอแนวคิดนี้เป็นครั้งแรก ขณะที่ Neil Smith อธิบายผ่านทฤษฎี Rent Gap ซึ่งชี้ให้เห็นช่องว่างระหว่างมูลค่าที่ดินปัจจุบันกับมูลค่าที่สามารถพัฒนาได้ (Rent Gap, Capital Accumulation) ด้าน David Harvey เน้นมิติของอำนาจและทุนที่ส่งผลต่อความไม่เท่าเทียมเชิงพื้นที่ (Spatial Justice, Capital-driven Urbanism) ในบริบทของงานมหกรรม กระบวนการพัฒนาเมืองมักเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและการย้ายถิ่นของชุมชนดั้งเดิม (Mega-event Impact, Social Displacement)

กรณีศึกษา MVRDV นำเสนอแนวคิดการพัฒนาเมืองผ่านความหนาแน่นและการผสมผสานการใช้พื้นที่ เพื่อรองรับกิจกรรมที่หลากหลายภายในโครงสร้างเดียว (Density, Mixed-use) โครงการ Markthal เมือง Rotterdam แสดงการผสานพื้นที่สาธารณะกับการพัฒนาเชิงพาณิชย์โดยไม่แยกขาดจากบริบทเมืองเดิม (Public Space Integration) แนวคิดของ MVRDV มุ่งใช้สถาปัตยกรรมเป็นกลไกเชื่อมโยงทุน เมือง และผู้ใช้งาน เพื่อลดผลกระทบเชิงลบของการพัฒนาและรักษาความสมดุลทางสังคม (Inclusive Urbanism, Social Balance)

5.6 ทฤษฎีสถาปัตยกรรมชั่วคราวที่กลายเป็นถาวร (Ephemeral architecture and permanent legacy)

ทฤษฎีนี้อธิบายว่าสถาปัตยกรรมที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อรองรับงานมหกรรมหรือเทศกาลในระยะสั้น สามารถพัฒนาไปสู่การเป็นโครงสร้างถาวรได้ หากสามารถสร้างคุณค่าทางสัญลักษณ์ การใช้งาน และความหมายต่อเมือง (Temporality, Symbolic Value, Urban Identity) สถาปนิกอย่าง Bernard Tschumi และ Ignasi de Solà-Morales ชี้ว่าสถาปัตยกรรมเชิงอีเวนต์สามารถทำหน้าที่เป็น "ตัวเร่ง" ของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และความทรงจำร่วมของสังคม (Event-based Architecture, Urban Memory) เมื่อโครงสร้างเหล่านี้ได้รับการยอมรับจากสาธารณชนและสามารถปรับใช้ได้ต่อเนื่อง บทบาทของมันจะเปลี่ยนจากวัตถุชั่วคราวไปสู่โครงสร้างถาวรในผังเมือง (Adaptive Permanence, Legacy Formation)

กรณีศึกษา หอไอเฟล (Eiffel Tower, Paris, 1889) หอไอเฟลถูกออกแบบโดย Gustave Eiffel เพื่อเป็นสถาปัตยกรรมชั่วคราวสำหรับงาน Exposition Universelle 1889 โดยเดิมมีแผนรื้อถอนหลังงานสิ้นสุด อย่างไรก็ตาม โครงสร้างดังกล่าวได้สร้างคุณค่าเชิงสัญลักษณ์ เทคโนโลยี และการใช้งานใหม่ เช่น การสื่อสารโทรคมนาคมและการท่องเที่ยว (Technological Icon) การเปลี่ยนสถานะจากสิ่งก่อสร้างชั่วคราวสู่สัญลักษณ์ถาวรของกรุงปารีสสะท้อนแนวคิดที่ว่างานมหกรรมสามารถสร้าง "มรดกทางสถาปัตยกรรม" ที่เกินกว่าความตั้งใจเริ่มต้น (Permanent Urban Landmark, Cultural Legacy)

5.7 ทฤษฎีสถาปัตยกรรมเชิงเทศกาลและการปรับตัวของพื้นที่ (Festival-driven architecture and spatial adaptation)

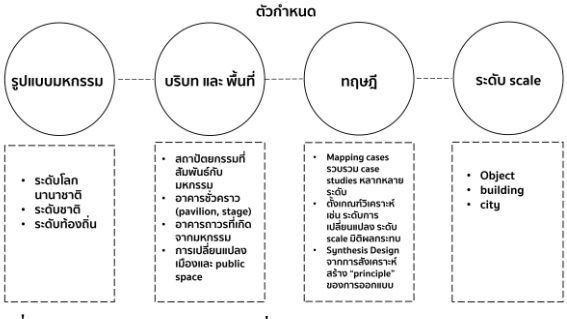
ทฤษฎีสถาปัตยกรรมเชิงเทศกาลอธิบายว่างานเทศกาลและกิจกรรมที่เกิดขึ้นซ้ำอย่างต่อเนื่องสามารถหล่อหลอมรูปแบบการใช้พื้นที่และลักษณะทางสถาปัตยกรรมได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการออกแบบอย่างเป็นทางการ แนวคิดนี้สอดคล้องกับงานของ Amos Rapoport ที่มองว่าสภาพแวดล้อมกายภาพถูกกำหนดจากพฤติกรรมและวัฒนธรรมของผู้ใช้ (Culture–Behavior–Environment) รวมถึงแนวคิด "Architecture without Architects" ของ Bernard Rudofsky ซึ่งชี้ให้เห็นการก่อรูปของสถาปัตยกรรมจากวิถีชีวิตและพิธีกรรม นักทฤษฎีอย่าง Henri Lefebvre ยังอธิบายผ่านแนวคิด Production of Space ว่าพื้นที่เมืองถูกผลิตซ้ำผ่านการปฏิบัติทางสังคมและกิจกรรมเชิงวัฒนธรรมมากกว่าการวางผังเชิงเทคนิคเพียงอย่างเดียว

กรณีศึกษา เทศกาลวิ่งวัวกระทิง (San fermín) แสดงให้เห็นอิทธิพลของกิจกรรมเทศกาลต่อสถาปัตยกรรมเมืองอย่างเป็นรูปธรรม อาคารบ้านเรือนตลอดเส้นทางวิ่งได้ปรับเปลี่ยนองค์ประกอบ เช่น ระเบียง หน้าต่าง และโครงสร้างเสริมชั่วคราว เพื่อรองรับการชมและความปลอดภัย การปรับตัวดังกล่าวเกิดจากการใช้งานซ้ำทุกปีจนกลายเป็นลักษณะถิ่งถาวรของเมือง สอดคล้องกับแนวคิด Everyday Urbanism ของ Margaret Crawford และ Tactical / Informal Urbanism ที่มองว่าการเปลี่ยนแปลงเมืองสามารถเกิดจากการใช้งานจริงของผู้คนมากกว่าการออกแบบจากบนลงล่าง

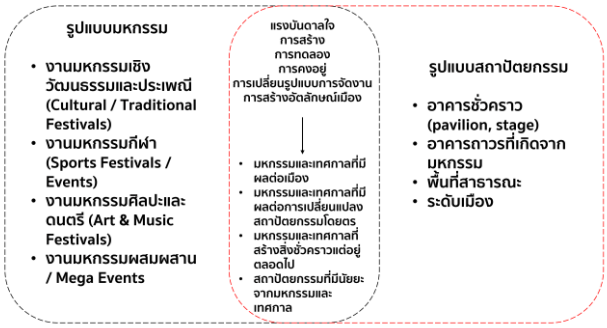
6. ผลการวิจัย

6.1 เครื่องมือ และวิธีการในการสร้างความสัมพันธ์ของมหกรรม เทศกาล และพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม

เครื่องมือวิเคราะห์เชิงระบบที่เชื่อมโยงรูปแบบมหกรรม บริบทพื้นที่ กรอบทฤษฎี และระดับสเกล เพื่ออธิบายว่างานเทศกาลและมหกรรมสามารถเป็นตัวเร่งการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรม ทั้งในมิติชั่วคราวและถาวร และนำไปสู่การพัฒนาหลักการออกแบบที่สอดคล้องกับบริบทเมืองในระยะยาว



รูปที่ 1 ตัวกำหนดในการสร้างเครื่องมือ และวิธีการของความสัมพันธ์ของมหกรรม เทศกาล และพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม

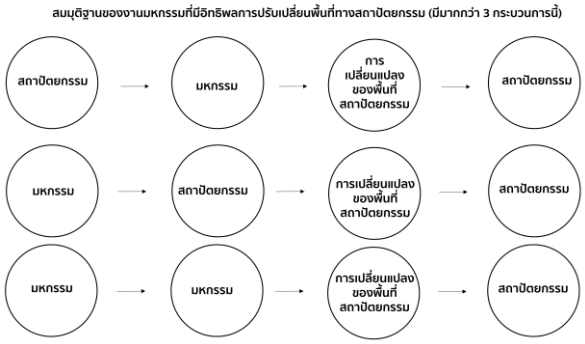


รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของมหกรรม เทศกาล และพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม เพื่อศึกษากรณีตัวอย่าง

การวิจัยนี้พัฒนาเครื่องมือเชิงแนวคิดเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานมหกรรมและเทศกาลกับพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม โดยเริ่มจากการจำแนกลักษณะและประเภทของงานมหกรรมในระดับต่าง ๆ ทั้งด้านวัฒนธรรม กีฬา ศิลปะ และกิจกรรมขนาดใหญ่ระดับนานาชาติ งานเหล่านี้ถูกพิจารณาในฐานะ "กลไกกระตุ้นเชิงพื้นที่" ที่ส่งผลต่อการเกิดกิจกรรม การใช้งานพื้นที่ และการตัดสินใจด้านการออกแบบสถาปัตยกรรม ทั้งในช่วงเวลาจำกัดและในระยะยาว กระบวนการดังกล่าวช่วยสร้างความเข้าใจเชิงโครงสร้างเกี่ยวกับบทบาทของมหกรรมในฐานะเครื่องมือทางการพัฒนาเมือง

ในลำดับถัดมา งานวิจัยมุ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างงานมหกรรมกับบริบททางกายภาพและเมือง โดยพิจารณาประเภทของพื้นที่และสถาปัตยกรรมที่ถูกสร้างขึ้นหรือถูกปรับเปลี่ยนเพื่อรองรับกิจกรรมเหล่านี้ ตั้งแต่โครงสร้างชั่วคราว อาคารถาวร พื้นที่สาธารณะ ไปจนถึงโครงสร้างพื้นฐานของเมือง การศึกษากรณีตัวอย่างในบริบทต่างประเทศประเทศไทย และระดับท้องถิ่น ถูกนำมาใช้เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการพัฒนา ผลกระทบ และแนวโน้มการใช้งานพื้นที่หลังสิ้นสุดงานมหกรรม เพื่อสะท้อนทั้งศักยภาพและข้อจำกัดของการออกแบบเพื่อกิจกรรมลักษณะนี้

ในขั้นสุดท้าย ผลจากการวิเคราะห์ถูกนำมาสังเคราะห์เป็นกรอบการคิดและหลักการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม โดยพิจารณาผลกระทบในหลายระดับ ตั้งแต่ระดับวัตถุ อาคาร ไปจนถึงระดับเมือง กระบวนการสังเคราะห์นี้มุ่งสร้างความเข้าใจว่าการออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อรองรับงานมหกรรมสามารถต่อยอดสู่การใช้งานในระยะยาวได้อย่างไร โดยไม่ก่อให้เกิดภาระเชิงพื้นที่หรือสังคม หลักการที่ได้จึงทำหน้าที่เป็นฐานในการทดลองออกแบบและเสนอแนวทางการพัฒนาพื้นที่ที่สอดคล้องกับบริบทเมืองและความยั่งยืนในอนาคต



รูปที่ 3 ตัวอย่างสมมุติฐานของงานมหกรรมที่มีอิทธิพลการปรับเปลี่ยนพื้นที่ทางสถาปัตยกรรม



รูปที่ 4 กรณีศึกษาเมืองอื่น ๆ ที่มีจุดเด่นด้าน City Race (การปิดเมืองแข่ง) เพื่อนำมาศึกษาวิเคราะห์ โครงการ F1 Bangkok Circuit

6.2 ผลการวิจัยของมหกรรมและเทศกาลที่มีผลต่อเมือง

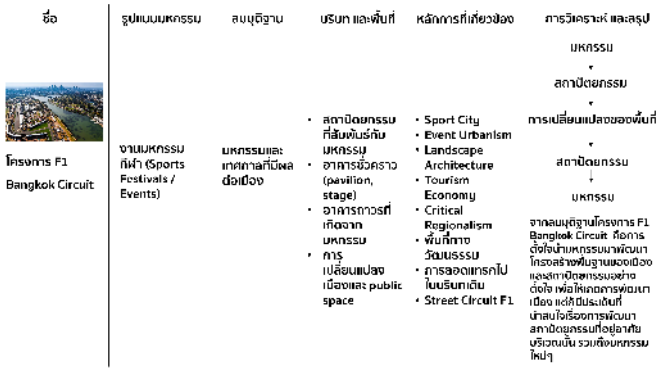
การวิเคราะห์กรณีศึกษา โครงการ F1 Bangkok Circuit ชี้ให้เห็นว่างานมหกรรมกีฬาระดับนานาชาติทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (Urban catalyst) ที่กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงเมืองทั้งเชิงกายภาพ เศรษฐกิจ และภาพลักษณ์ เมืองถูกดึงมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของอีเวนต์ผ่านการปรับบทบาทของโครงสร้างเดิม เช่น ถนน พื้นที่ริมน้ำ และพื้นที่สาธารณะ สะท้อนให้เห็นว่าเมืองมิได้เป็นเพียงฉากหลัง แต่เป็นกลไกหลักของกิจกรรม

ในมิติทางสถาปัตยกรรมและผังเมือง กรณีศึกษา F1 Bangkok Circuit แสดงแนวคิด Event Urbanism และ Sport City อย่างเป็นรูปธรรม โดยการจัดการจราจร ภูมิทัศน์ และพื้นที่สาธารณะถูกออกแบบให้ทำงานร่วมกับมหกรรม สถาปัตยกรรมชั่วคราว เช่น Pavilion และ Stage ทำหน้าที่มากกว่าการรองรับกิจกรรม แต่ปรับความหมายของพื้นที่เมืองชั่วคราว อย่างไรก็ตาม การกระจายตัวของอาคารที่พักอาศัยแนวสูงในพื้นที่โครงการสะท้อนข้อจำกัดด้านบริบทและผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต

การวิเคราะห์ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์แบบวนกลับระหว่าง "มหกรรม–สถาปัตยกรรม–เมือง" ที่กิจกรรมกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ สถาปัตยกรรมทำหน้าที่เป็นตัวกลาง และผลลัพธ์ย้อนกลับไปกำหนดทิศทางการพัฒนาเมืองในอนาคต กรณี F1 Bangkok Circuit แสดงทั้งศักยภาพในการสร้างภาพลักษณ์และมูลค่าทางเศรษฐกิจ ควบคู่กับข้อจำกัดของการพัฒนาเมืองที่ขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์เฉพาะช่วงเวลา ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาความยั่งยืนและการใช้ประโยชน์หลังจบงานอย่างรอบคอบ



รูปที่ 5 ผังการจัดการแข่งขัน และพื้นที่โดยรอบ โครงการ F1 Bangkok Circuit



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ของมหกรรมและเทศกาลที่มีผลต่อเมือง กรณีศึกษา โครงการ F1 Bangkok Circuit

6.3 ผลการวิจัยของมหกรรมและเทศกาลที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมโดยตรง

การวิเคราะห์กรณีศึกษา Countdown New Year CentralWorld, Bangkok ชี้ให้เห็นว่ามหกรรมและเทศกาลระดับเมืองทำหน้าที่เป็นแรงขับสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมทั้งในมิติทางกายภาพและเชิง

ประสบการณ์ พื้นที่สถาปัตยกรรมเดิมของอาคารพาณิชยกรรมถูกปรับบทบาทให้กลายเป็นเวทีกลางเมือง ผ่านการติดตั้งโครงสร้างชั่วคราว ระบบเวที และองค์ประกอบแสงสีเสียง ส่งผลให้อาคารไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นสิ่งปลูกสร้างถาวร แต่กลายเป็นสื่อกลางของกิจกรรมและภาพจำของเมืองในช่วงเวลาของเทศกาล

ในมิติทางแนวคิดการออกแบบ กรณีศึกษา Countdown New Year CentralWorld สะท้อนบทบาทของแนวคิด Event Urbanism และ Temporary Architecture อย่างชัดเจน โดยสถาปัตยกรรมถาวรถูกผสานเข้ากับการออกแบบแสง เสียง และประสบการณ์ทางประสาทสัมผัสเพื่อสร้างอัตลักษณ์เฉพาะของงานเทศกาล แนวทางดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแบบอย่างของพื้นที่กิจกรรมเมืองระดับโลกอย่าง Times Square ในนครนิวยอร์ก ซึ่งใช้สื่อ แสง และสถาปัตยกรรมเชิงประสบการณ์ในการหล่อหลอมภาพจำของเมือง ซึ่งเป็นอิทธิพลต่อพื้นที่ Countdown New Year อื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน CentralWorld ส่งผลให้สถาปัตยกรรมถูกตีความใหม่ผ่านกิจกรรมและช่วงเวลา

โดยสรุป มหกรรม Countdown New Year at CentralWorld แสดงให้เห็นความสัมพันธ์แบบสองทางระหว่างสถาปัตยกรรมและเทศกาล กล่าวคือ สถาปัตยกรรมทำหน้าที่เป็นโครงสร้างรองรับกิจกรรม ขณะเดียวกันเทศกาลก็หล่อหลอมภาพลักษณ์และความหมายใหม่ให้กับอาคารอย่างต่อเนื่อง แม้การเปลี่ยนแปลงจะมีลักษณะชั่วคราว แต่กลับสร้างผลกระทบระยะยาวต่อการรับรู้พื้นที่ การสร้างแลนด์มาร์ก และบทบาทของอาคารในฐานะศูนย์กลางกิจกรรมเมืองร่วมสมัย



รูปที่ 7 Times Square , New York, USA

ซึ่งมีแนวคิดการสร้างพื้นที่กิจกรรมกลางเมือง โดยการใช้แสง สีเสียงบนตึก แต่ได้สร้างอิทธิพลของการเป็นต้นแบบงานมหกรรม Countdown ของการใช้ตึก ใช้จตุรัสกลางเมืองต่อพื้นที่อื่น ๆ



รูปที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของ Centralworld Bangkok Thailand ที่มีอิทธิพลจากเทศกาล Countdown New Year



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ของมหกรรมและเทศกาลที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมโดยตรงกรณีศึกษา Centralworld Bangkok Thailand

6.4 ผลการวิจัยของมหกรรมและมหกรรมและเทศกาลที่สร้างสิ่งชั่วคราวแต่อยู่ตลอดไป

กรณีศึกษา Oktoberfest , Beer Halls สะท้อนให้เห็นพลวัตของสถาปัตยกรรมที่ถูกกำหนดโดยเหตุการณ์เชิงวัฒนธรรมมากกว่าการใช้งานถาวรในชีวิตประจำวัน แม้โครงสร้างส่วนใหญ่จะถูกสร้างขึ้นในฐานะสถาปัตยกรรมชั่วคราวเพื่อรองรับเทศกาลประจำปี แต่การเกิดซ้ำอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาเดียวกัน ทำให้รูปแบบทางสถาปัตยกรรมเหล่านี้ถูกจดจำและรับรู้เสมือนเป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์เมือง การรับรู้ดังกล่าวส่งผลให้เส้นแบ่งระหว่าง "ชั่วคราว" และ "ถาวร" ซึ่งถูกสร้างซ้ำและรับรู้ในฐานะองค์ประกอบถาวรของเมือง แม้จะใช้งานเป็นช่วงเวลา

ในเชิงแนวคิดการออกแบบ Beer Halls ของ Oktoberfest แสดงบทบาทของ Event urbanism และ Temporary architecture ในการทำหน้าที่เป็นกลไกสร้างอัตลักษณ์เชิงพื้นที่ มากกว่าการเป็นเพียงโครงสร้างรองรับกิจกรรม รูปแบบสถาปัตยกรรมถูกกำหนดจากวัฒนธรรมการดื่ม พิธีกรรมทางสังคม และลักษณะการรวมกลุ่มของผู้คน ซึ่งเชื่อมโยงกับ Vernacular architecture และ Critical regionalism อย่างชัดเจน แนวทางดังกล่าวได้ส่งอิทธิพลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม

ถาวรประเภทโรงเบียร์และสถานประกอบการเกี่ยวกับเบียร์ในพื้นที่อื่น ๆ โดยถูกนำไปปรับใช้ในรูปแบบของพื้นที่เปิดโล่ง โถงขนาดใหญ่ และบรรยากาศการใช้งานร่วมกัน สถาปัตยกรรมจึงทำหน้าที่ถ่ายทอดประสบการณ์และอัตลักษณ์เชิงวัฒนธรรมของเทศกาลสู่โครงสร้างถาวรมากกว่าการเน้นความคงอยู่ทางกายภาพของอาคารเพียงอย่างเดียว

โดยสรุป Oktoberfest แสดงให้เห็นว่างานมหกรรมสามารถก่อให้เกิด "สถาปัตยกรรมกึ่งถาวร" ที่มีสถานะพิเศษในมิติของเวลาและการรับรู้ สิ่งปลูกสร้างเหล่านี้มีบทบาทต่อการจัดการพื้นที่สาธารณะ การสร้างภาพจำของเมือง และการสืบทอดวัฒนธรรมผ่านรูปแบบทางสถาปัตยกรรม แม้จะใช้งานเพียงเป็นช่วงเวลา แต่กลับมีอิทธิพลระยะยาวต่อโครงสร้างเชิงแนวคิดของเมือง สะท้อนว่าสถาปัตยกรรมสามารถคงอยู่ผ่านความหมายและประสบการณ์ มากกว่าการคงอยู่ทางกายภาพเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 10 Oktoberfest มีสถานะพิเศษในมิติของเวลาและการรับรู้ สิ่งปลูกสร้างเหล่านี้มีบทบาทต่อการจัดการพื้นที่สาธารณะ การสร้างภาพจำของเมือง และการสืบทอดวัฒนธรรมผ่านรูปแบบทางสถาปัตยกรรม แม้จะใช้งานเพียงเป็นช่วงเวลา แต่กลับมีอิทธิพลระยะยาว



รูปที่ 11 Beer Halls ของ Oktoberfest มีอิทธิพลต่อแนวทางการออกแบบสถาปัตยกรรมถาวรประเภทโรงเบียร์ หรือ สถานประกอบการเกี่ยวกับเบียร์ ในพื้นที่อื่น ๆ



รูปที่ 12 ผลการวิเคราะห์ของมหกรรมและเทศกาลที่สร้างสิ่งชั่วคราวแต่อยู่ตลอดไป กรณีศึกษา Oktoberfest - Beer Halls

6.5 ผลการวิจัยของสถาปัตยกรรมที่มีนัยยะจากมหกรรมและเทศกาล

กรณีศึกษา Chinese New Year , Chinatown สะท้อนให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมเมืองสามารถถูกแปรบทบาทผ่านมหกรรมวัฒนธรรม โดยไม่จำเป็นต้องเกิดการก่อสร้างอาคารใหม่ เทศกาลตรุษจีนทำหน้าที่เปลี่ยนพื้นที่เมืองเดิมให้กลายเป็นเวทีทางวัฒนธรรม ผ่านการจัดวางกิจกรรม การตกแต่ง และการใช้โครงสร้างชั่วคราว ส่งผลให้สภาพแวดล้อมเมืองเกิดสภาวะพิเศษในช่วงเวลาหนึ่ง สถาปัตยกรรมถาวรจึงถูกใช้งานในฐานะพื้นหลังและโครงสร้างรองรับกิจกรรม มากกว่าการเป็นวัตถุทางกายภาพที่คงความหมายเดิม เมืองจึงถูก "เปิดใช้งานใหม่" ผ่านเทศกาลในเชิงประสบการณ์และการรับรู้

ในเชิงทฤษฎี กรณีนี้สอดคล้องกับแนวคิด Event urbanism และ Temporary architecture ที่ผสานกับ Vernacular architecture และ Critical regionalism โดยอัตลักษณ์วัฒนธรรมจีนถูกถ่ายทอดผ่านองค์ประกอบเชิงสัญลักษณ์ เช่น สี แสง ป้าย ตัวอักษร และซุ้มประตู ซึ่งทำหน้าที่สื่อสารความหมายมากกว่าการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างถาวร องค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลต่อการรับรู้สถาปัตยกรรมเดิมในมิติทางอารมณ์และประสาทสัมผัส ทำให้พื้นที่เมืองถูกตีความใหม่ผ่านบริบทของพิธีกรรมและเทศกาล สถาปัตยกรรมจึงกลายเป็นสื่อกลางของความทรงจำและอัตลักษณ์ร่วมของชุมชน

โดยสรุป มหกรรมตรุษจีนในย่าน Chinatown แสดงให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมสามารถมี "นัยยะจากเทศกาล" ผ่านการใช้งานซ้ำและการแทรกแซงเชิงชั่วคราว มากกว่าการปรับเปลี่ยนเชิงโครงสร้าง แนวทางดังกล่าวยังทำหน้าที่เป็นต้นแบบในการออกแบบและวางแผนพื้นที่ Chinatown ในบริบทเมืองอื่น ๆ ซึ่งเน้นการคงอยู่ของอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมควบคู่กับพลวัตของกิจกรรมร่วมสมัย เพิ่มเนื้อหาการสร้างอิทธิพลต่อการออกแบบสถาปัตยกรรมในพื้นที่ Chinatown อื่น ๆ



รูปที่ 13 Chinese New year , Chinatown ซึ่งมีแนวคิดการสร้างเมืองให้มีชีวิตชีวาด้วยวัฒนธรรมจีน ที่นำเอกลักษณ์ของสถาปัตยกรรมจีน มาสร้างเอกลักษณ์ของมหกรรม



รูปที่ 14 Chinatown เยาวราช ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ซึ่งได้รับอิทธิพลจาก Chinese New year , Chinatown วัฒนธรรมของจีน



รูปที่ 15 ผลการวิเคราะห์ของสถาปัตยกรรมที่มีนัยยะจากมหกรรมและเทศกาล กรณีศึกษา Chinese New year , Chinatown

จากการวิเคราะห์พบว่ามหกรรมและเทศกาลมีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรมและเมือง ทั้งในมิติของโครงสร้างชั่วคราว โครงสร้างถาวร และการแปรสภาพการใช้งานพื้นที่เดิม เทศกาลสามารถทำหน้าที่เป็นตัวเร่ง (Catalyst) ให้เกิดการทดลองเชิงออกแบบ การสร้างอัตลักษณ์ และการรับรู้พื้นที่ใหม่ โดยไม่จำเป็นต้องเริ่มจากการพัฒนาเชิงกายภาพถาวรเสมอไป ผลลัพธ์แสดงให้เห็นความสัมพันธ์แบบสองทางระหว่างสถาปัตยกรรมกับมหกรรม คือ สถาปัตยกรรมรองรับกิจกรรม และกิจกรรมย้อนกลับมากำหนดรูปแบบพื้นที่ และความหมายของสถาปัตยกรรม ในระดับเมือง มหกรรมยังเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการพัฒนา Public space เศรษฐกิจการท่องเที่ยว และภาพลักษณ์เมือง ขณะที่ในระดับสถาปัตยกรรม งานออกแบบได้รับอิทธิพลจากบริบท วัฒนธรรม และประสบการณ์เชิงอารมณ์ที่เกิดขึ้นจากเทศกาลอย่างชัดเจน

โดยสรุป มหกรรมและเทศกาลเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรมและพื้นที่เมือง ทั้งในเชิงกายภาพ การใช้งาน และความหมายของสถานที่ สถาปัตยกรรมจึงไม่ได้เป็นเพียงฉากรองรับกิจกรรม แต่เป็นผลลัพธ์และเครื่องมือของกระบวนการพัฒนาเมืองผ่านเหตุการณ์เชิงวัฒนธรรมเหล่านี้

7. อภิปรายผล

จากการทบทวนทฤษฎีและกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง สามารถเห็นได้ว่างานมหกรรมและเทศกาลมิได้เป็นเพียงกิจกรรมชั่วคราว หากแต่เป็นกลไกเชิงพื้นที่ที่ส่งผลต่อโครงสร้างเมืองและสถาปัตยกรรมในระยะยาว แนวคิดด้าน Event Urbanism, Temporary Architecture, Gentrification และการใช้พื้นที่เมืองอย่างมีประสิทธิภาพ ชี้ให้เห็นบทบาทของเหตุการณ์พิเศษในฐานะตัวเร่งการเปลี่ยนแปลง (Urban catalyst) ที่สามารถเร่งรัดกระบวนการพัฒนาเมืองทั้งในเชิงกายภาพ เศรษฐกิจ และสังคม การวิจัยนี้จึงมุ่งอภิปรายความสัมพันธ์ระหว่างมหกรรม เทศกาล และสถาปัตยกรรม ผ่านกรอบทฤษฎีและการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ เพื่อทำความเข้าใจผลกระทบเชิงลึกต่อเมืองและพื้นที่สาธารณะ

อย่างไรก็ตาม การใช้มหกรรมและเทศกาลเป็นเครื่องมือพัฒนาเมืองก็มี ข้อจำกัดและความเสี่ยง ที่สำคัญ งานวิจัยหลายชิ้นชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาเมืองที่ขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์เฉพาะช่วงเวลาอาจนำไปสู่ปัญหาการใช้งานพื้นที่หลังจบงาน (Post-event underutilization) ภาระด้านงบประมาณ การลงทุนที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการจริงของชุมชน รวมถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสังคมที่ก่อให้เกิดการแทนที่ประชากรเดิมหรือการทำให้พื้นที่สูญเสียความหลากหลายทางวัฒนธรรม (Gentrification) ปรากฏการณ์เหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่ามหกรรมมิได้ก่อให้เกิดผลลัพธ์เชิงบวกโดยอัตโนมัติ หากแต่ขึ้นอยู่กับวิธีการออกแบบ การวางแผน และการบูรณาการกับบริบทเมืองในระยะยาว

ผลการวิเคราะห์พบว่า มหกรรมและเทศกาลสามารถก่อให้เกิดสถาปัตยกรรมได้หลายรูปแบบ ตั้งแต่สิ่งก่อสร้างชั่วคราวที่ถูกออกแบบให้ปรับใช้ซ้ำ จนถึงสถาปัตยกรรมถาวรที่มีที่มาจากกิจกรรมเฉพาะช่วงเวลา ทั้งในกรณีของมหกรรมและเทศกาลที่ส่งผลต่อเมืองในระดับนโยบาย มหกรรมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสถาปัตยกรรมโดยตรง มหกรรมที่สร้างโครงสร้างชั่วคราวแต่กลับดำรงอยู่ในระยะยาว

ตลอดจนสถาปัตยกรรมที่แฝงนัยยะจากเหตุการณ์พิเศษ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการออกแบบที่ขาดวิสัยทัศน์ระยะยาวอาจทำให้โครงสร้างเหล่านี้กลายเป็นภาระของเมือง ในขณะที่การออกแบบที่มีความยืดหยุ่นและเข้าใจบริบทสามารถเปลี่ยนโครงสร้างชั่วคราวให้กลายเป็นอัตลักษณ์และทรัพยากรของเมืองได้

การอภิปรายผลจึงชี้ให้เห็นว่าสถาปัตยกรรมที่มีนัยยะจากมหกรรมและเทศกาลเป็นผลลัพธ์ของการบูรณาการระหว่างเหตุการณ์ วัฒนธรรม นโยบาย และบริบทเมือง สถาปัตยกรรมมิได้ทำหน้าที่เพียงรองรับกิจกรรม แต่กลายเป็นพื้นที่ทดลอง เครื่องมือสร้างอัตลักษณ์ และกลไกในการกำหนดความหมายใหม่ให้กับเมือง ขณะเดียวกัน ข้อจำกัดและความล้มเหลวของการใช้มหกรรมเป็นเครื่องมือพัฒนาเมืองได้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการออกแบบที่คำนึงถึงการใช้งานหลังจบงาน ความเป็นธรรมทางสังคม และความยั่งยืนในระยะยาว ประเด็นเหล่านี้เปิดโอกาสให้เกิดการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับกรอบการออกแบบและการวางแผนสถาปัตยกรรมที่สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ชั่วคราว แต่สร้างคุณค่าเชิงพื้นที่และสังคมให้กับเมืองได้อย่างแท้จริงและยั่งยืน

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาทฤษฎีและกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง สามารถสรุปได้ว่างานมหกรรมและเทศกาลมีบทบาทสำคัญในฐานะกลไกเชิงพื้นที่ที่กระตุ้นการเปลี่ยนแปลงทางสถาปัตยกรรมและเมือง ทั้งในมิติรูปธรรมและนามธรรม สถาปัตยกรรมที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นเพียงโครงสร้างรองรับกิจกรรมชั่วคราว แต่ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางระหว่างเหตุการณ์ วัฒนธรรม และบริบทเมือง การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามหกรรมสามารถสร้างผลกระทบต่อการรับรู้พื้นที่ การใช้สอย และอัตลักษณ์ของเมืองในระยะยาวได้อย่างชัดเจน

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า แนวคิดสถาปัตยกรรมชั่วคราวไม่ได้จำกัดอยู่ที่ช่วงเวลาการจัดงานเท่านั้น หากแต่สามารถพัฒนาไปสู่การใช้งานถาวรหรือก่อให้เกิดต้นแบบของรูปแบบสถาปัตยกรรมใหม่ แนวคิด "สิ่งชั่วคราวแต่อยู่ตลอดไป" สะท้อนการเปลี่ยนผ่านจากโครงสร้างชั่วคราวสู่คุณค่าทางพื้นที่ที่ยั่งยืน ทั้งในระดับอาคารและระดับเมือง สิ่งนี้แสดงให้เห็นศักยภาพของการออกแบบเชิงทดลองที่มหกรรมเปิดโอกาสให้เกิดขึ้นได้ยากในบริบทปกติ

มหกรรมและเทศกาลยังมีบทบาทในการสร้างอัตลักษณ์เมืองและกระตุ้นเศรษฐกิจการท่องเที่ยว ผ่านการใช้สถาปัตยกรรมและพื้นที่สาธารณะเป็นเวทีหลัก การจัดงานในพื้นที่เมืองที่มีอยู่เดิมช่วยขยายความหมายของพื้นที่ และทำให้เกิดการรับรู้ใหม่ต่อเมืองทั้งในระดับท้องถิ่นและระดับสากล อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาผลกระทบต่อชุมชนเดิม เพื่อลดความเสี่ยงของการพัฒนาเมืองที่ไม่สมดุลหรือการกีดกันทางสังคม

จากการวิเคราะห์สามารถสังเคราะห์หลักการออกแบบได้ว่า สถาปัตยกรรมที่สัมพันธ์กับมหกรรมควรมีความยืดหยุ่น ปรับเปลี่ยนการใช้งานได้ และเชื่อมโยงกับบริบททางวัฒนธรรมและเมืองอย่างชัดเจน การออกแบบควรมองมหกรรมเป็นกระบวนการ ไม่ใช่เพียงเหตุการณ์ เพื่อให้สถาปัตยกรรมสามารถรองรับทั้งช่วงเวลาการจัดงานและชีวิตเมืองหลังงานสิ้นสุด หลักการดังกล่าวสามารถใช้เป็นกรอบแนวคิดในการพัฒนาโครงการสถาปัตยกรรมในอนาคต

ในเชิงข้อเสนอแนะ การพัฒนามหกรรมและเทศกาลควรถูกบูรณาการเข้ากับแผนพัฒนาเมืองตั้งแต่ระยะเริ่มต้น โดยให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและการมีส่วนร่วมของชุมชน การออกแบบสถาปัตยกรรมควรมุ่งสร้างคุณค่าในระยะยาวมากกว่าภาพลักษณ์ชั่วคราวเพียงช่วงเวลาเดียว นอกจากนี้ ควรมีการประเมินผลหลังการจัดงานอย่างเป็นระบบ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนางานมหกรรมและโครงการสถาปัตยกรรมในอนาคต

สำหรับการศึกษาต่อไป ควรขยายขอบเขตการวิจัยไปสู่การเปรียบเทียบกรณีศึกษาในบริบทเมืองที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงการศึกษาผลกระทบเชิงสังคมและสิ่งแวดล้อมในระยะยาว การวิจัยเชิงลึกด้านพฤติกรรมผู้ใช้พื้นที่หลังมหกรรมสิ้นสุด จะช่วยเสริมความเข้าใจบทบาทของสถาปัตยกรรมจากเหตุการณ์ชั่วคราวได้ดียิ่งขึ้น องค์ความรู้เหล่านี้จะเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาทฤษฎีและแนวทางปฏิบัติด้านสถาปัตยกรรมที่สัมพันธ์กับมหกรรมและเทศกาลอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] Tschumi, B. (1996). Architecture and disjunction. MIT Press.
[2] Bishop, P., & Williams, L. (2012). The temporary city. Routledge.
[3] Lefebvre, H. (1991). The production of space. Blackwell.
[4] Harvey, D. (2012). Rebel cities: From the right to the city to the urban revolution. Verso.
[5] Koolhaas, R. (1994). Delirious New York: A retroactive manifesto for Manhattan. The Monacelli Press.
[6] MVRDV. (2005). KM3: Excursions on capacities. Actar.
[7] MVRDV. (1998). FARMAX: Excursions on density. 010 Publishers.
[8] Richards, G., & Palmer, R. (2010). Eventful cities: Cultural management and urban revitalisation. Butterworth-Heinemann.
[9] Smith, N. (1996). The new urban frontier: Gentrification and the revanchist city. Routledge.
[10] Temel, R., & Haydn, F. (Eds.). (2006). Temporary urban spaces: Concepts for the use of city spaces. Birkhäuser.

[11] Zukin, S. (1995). The cultures of cities. Blackwell.

[12] International Olympic Committee. (2017). Olympic legacy: A guide for cities. IOC Publications.

[13] Paris 2024 Organising Committee. (2021). Olympic and Paralympic Games: Legacy and sustainability report.

[14] Ueberroth, P. (1985). Made in America: His own story. William Morrow & Company.

[15] Smith, A. (2012). Formula one and the city: Urban development and motorsports mega-events. International Journal of Event and Festival Management, 3(2), 134–148.

[16] Roche, M. (2000). Mega-events and modernity: Olympics and expos in the growth of global culture. Routledge.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การเรียนรู้ยุคใหม่ในเทคโนโลยีการก่อสร้าง: โครงสร้างช่วงกว้างผ่านการสร้างแบบจำลอง BIM

Next-Generation Learning in Construction Technology: Wide-Span Structures Through BIM Modeling

ศักดิ์สิทธิ์ โสมนัส วชิระ แสงรัศมี* อธิพัตร กฤษณพันธุ์ และ จิราวรรณ ศิริวานิชกุล

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

*E-mail: vachira_s@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษาสถาปัตยกรรม โดยบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) เข้ากับกระบวนการเรียนการสอน เพื่อลดข้อจำกัดของการเรียนรู้โครงสร้างแบบดั้งเดิมที่เน้นการถ่ายทอดความรู้เชิงทฤษฎีและการนำเสนอผ่านสื่อสองมิติ การศึกษานี้ออกแบบกระบวนการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning: PBL) ในรายวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง 4 ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบและการสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้างผ่านโปรแกรม Autodesk Revit

การศึกษาการปฏิบัติในชั้นเรียนโดยใช้ผลงานออกแบบของนักศึกษาเป็นหลักฐานในการวิเคราะห์การพัฒนาทักษะและความเข้าใจเชิงโครงสร้าง ผลการศึกษาพบว่านักศึกษาสามารถออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่มีความหลากหลายของระบบโครงสร้างและระดับความซับซ้อนเพิ่มขึ้น การใช้ BIM ช่วยเปิดโอกาสให้นักศึกษาสามารถทดลองและพัฒนาแนวคิดการออกแบบเชิงโครงสร้างได้อย่างอิสระมากขึ้น และสามารถเชื่อมโยงระบบโครงสร้างเข้ากับรูปทรงสถาปัตยกรรมได้อย่างเป็นระบบ

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า BIM สามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือเชิงการเรียนรู้ที่มีศักยภาพในการยกระดับการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างและการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง โดยสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ ความคิดสร้างสรรค์ และการบูรณาการความรู้ด้านโครงสร้างเข้ากับงานออกแบบสถาปัตยกรรมในบริบทการศึกษาเชิงดิจิทัล

คำสำคัญ: โครงสร้างช่วงพาดกว้าง การจำลองสารสนเทศอาคาร การบูรณาการการเรียนรู้ การพัฒนาทักษะ การเรียนการสอนสถาปัตยกรรม

Abstract

This study aims to enhance architectural students' competencies in wide-span structural design through the integration of Building Information Modeling (BIM) into the teaching and learning process, addressing the limitations of traditional structure education that relies primarily on theoretical instruction and two-dimensional representations. The study adopts a Project-Based Learning (PBL) approach implemented in the Construction Technology 4 course, focusing on the design and digital modeling of wide-span structural systems using Autodesk Revit.

This study is conducted as a classroom-based practice-oriented study, in which student design outputs serve as the primary evidence for analyzing learning outcomes. The findings indicate that students are able to develop wide-span structural models with increased design freedom and structural diversity, demonstrating greater complexity in structural systems and stronger integration between structural concepts and architectural form. The use of BIM enables students to explore, modify, and refine structural design alternatives more freely within a three-dimensional, information-rich modeling environment.

The results suggest that BIM functions not only as a technical modeling tool but also as an effective pedagogical environment that supports experiential learning, creative exploration, and integrated structural understanding in architectural education, particularly in the context of wide-span structural design.

Keywords: Wide-span structures, Building Information Modeling (BIM), Integrated learning, Skill development, Architectural education

1. บทนำ

การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง (Wide-span structures) เป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนสูงในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์ เนื่องจากต้องอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้หลายด้าน ได้แก่ หลักการทางวิศวกรรมโครงสร้าง พฤติกรรมการรับแรงของวัสดุ รูปทรงสถาปัตยกรรม และกระบวนการก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม รูปแบบการเรียนการสอนโครงสร้างในสถาบันการศึกษาทางสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่ยังคงยึดแนวทางแบบดั้งเดิม ซึ่งเน้นการถ่ายทอดความรู้เชิงทฤษฎี การคำนวณ และการนำเสนอผ่านแบบสองมิติเป็นหลัก [1]

ในกระบวนการเรียนรู้แบบเดิม นักศึกษามักเรียนรู้โครงสร้างช่วงพาดกว้างผ่านภาพแปลน รูปตัด และแผนผังเชิงสัญลักษณ์ที่แยกขาดจากบริบทของการออกแบบสถาปัตยกรรมจริง การเรียนรู้ลักษณะนี้ส่งผลให้นักศึกษาเข้าใจโครงสร้างในฐานะ "องค์ประกอบทางวิศวกรรม" มากกว่าการเป็นส่วนหนึ่งของระบบอาคารแบบองค์รวม [2] โดยเฉพาะในกรณีของโครงสร้างที่มีพฤติกรรมซับซ้อน เช่น โครงสร้างโค้ง โครงข้อหมุน หรือโครงสร้างเปลือกบาง ซึ่งไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมเชิงสามมิติได้อย่างชัดเจนผ่านสื่อการเรียนรู้แบบสองมิติ

นอกจากนี้ การเรียนการสอนแบบดั้งเดิมยังมีข้อจำกัดในการส่งเสริมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการแก้ปัญหาเชิงออกแบบ นักศึกษามีโอกาสจำกัดในการทดลอง ปรับเปลี่ยน และประเมินผลการออกแบบโครงสร้างของตนเองอย่างเป็นระบบ การแก้ไขแบบหรือการทดสอบแนวคิดเชิงโครงสร้างมักต้องอาศัยการเขียนแบบใหม่หรือการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งใช้เวลาและทรัพยากรสูง ส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้ขาดความต่อเนื่องและไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการออกแบบเชิงซับซ้อน [3]

เมื่อบริบทวิชาชีพสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงเข้าสู่ยุคดิจิทัล ความต้องการนักออกแบบที่สามารถบูรณาการการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม โครงสร้าง และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันจึงเพิ่มสูงขึ้น รูปแบบการเรียนรู้โครงสร้างแบบเดิมจึงไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวได้อย่างเพียงพอ ส่งผลให้เกิดช่องว่างระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนกับการปฏิบัติงานจริงในวิชาชีพ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการพิจารณาและพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนรูปแบบใหม่อย่างเป็นระบบ

1.1 ข้อจำกัดของการเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างแบบดั้งเดิม

แม้ว่าการเรียนการสอนโครงสร้างในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์จะมีบทบาทสำคัญในการสร้างความเข้าใจด้านพฤติกรรมโครงสร้าง แต่รูปแบบการเรียนรู้แบบดั้งเดิมยังคงมีข้อจำกัดเชิงระบบที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ ข้อจำกัดประการแรก คือ การพึ่งพาสื่อการเรียนรู้แบบสองมิติและการอธิบายเชิงทฤษฎีเป็นหลัก ซึ่งไม่สามารถถ่ายทอดพฤติกรรมของโครงสร้างที่มีความซับซ้อนเชิงสามมิติได้อย่างครบถ้วน โดยเฉพาะโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่มีการกระจายแรง การเสียรูป และปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหลายระบบ [1]

การนำเสนอความรู้ผ่านแบบแปลน รูปตัด และสมการคำนวณส่งผลให้นักศึกษามักรับรู้โครงสร้างในลักษณะเชิงนามธรรม และแยกขาดออกจากกระบวนการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมจริง งานวิจัยด้านการศึกษาทางสถาปัตยกรรมชี้ให้เห็นว่า นักศึกษาจำนวนมากประสบปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้ด้านโครงสร้างเข้ากับรูปทรงอาคาร การจัดวางพื้นที่ และแนวคิดการออกแบบ ส่งผลให้โครงสร้างถูกมองเป็นเพียงข้อจำกัดทางวิศวกรรม มากกว่าปัจจัยที่สามารถสร้างคุณค่าเชิงสถาปัตยกรรมได้ [4]

ข้อจำกัดประการที่สอง คือ การขาดกระบวนการเรียนรู้เชิงทดลองและการปรับแก้แบบอย่างต่อเนื่อง (Iterative learning) ในการเรียนรู้แบบเดิม นักศึกษามักไม่มีโอกาสทดสอบแนวคิดเชิงโครงสร้างในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและยืดหยุ่น การแก้ไขหรือปรับปรุงแนวคิดการออกแบบจำเป็นต้องอาศัยการเขียนแบบใหม่หรือการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ ซึ่งใช้เวลาและทรัพยากรสูง ทำให้กระบวนการเรียนรู้ไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างที่ซับซ้อน [3]

นอกจากนี้ รูปแบบการเรียนรู้แบบเดิมยังไม่สนับสนุนการมองอาคารในฐานะระบบแบบองค์รวม (Holistic system) นักศึกษามักเรียนรู้โครงสร้าง สถาปัตยกรรม และระบบอาคารในลักษณะแยกส่วนตามรายวิชา ส่งผลให้ขาดความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับกระบวนการก่อสร้าง การใช้งานอาคาร และการทำงานร่วมกันของทีมสหสาขาวิชา ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่จำเป็นต่อการประกอบวิชาชีพในอุตสาหกรรมก่อสร้างยุคปัจจุบัน [2]

ข้อจำกัดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างแบบดั้งเดิมยังไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของการพัฒนาทักษะนักศึกษาสถาปัตยกรรมในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเพียงพอ โดยเฉพาะในมิติของการบูรณาการความรู้ การเรียนรู้เชิงปฏิบัติ และการแก้ปัญหาในบริบทการออกแบบจริง ซึ่งนำไปสู่ความจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ที่สามารถแก้ไขข้อจำกัดเชิงระบบเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 Building Information Modeling (BIM) ในฐานะเครื่องมือเชิงการเรียนรู้

จากข้อจำกัดของการเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างแบบดั้งเดิมที่เน้นการถ่ายทอดความรู้เชิงทฤษฎีและการนำเสนอผ่านสื่อสองมิติ Building Information Modeling (BIM) ได้ถูกเสนอให้เป็นแนวทางสำคัญในการปรับเปลี่ยนกระบวนการเรียนการสอนสถาปัตยกรรมและโครงสร้างในยุคดิจิทัล BIM ไม่ได้เป็นเพียงซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติเท่านั้น แต่เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่สนับสนุนการบูรณาการข้อมูลด้านสถาปัตยกรรม โครงสร้างและกระบวนการก่อสร้างไว้ในระบบเดียวกัน [2]

ในเชิงการเรียนรู้ BIM ช่วยแก้ไขปัญหาการรับรู้เชิงนามธรรมของนักศึกษาโดยเปลี่ยนกระบวนการเรียนรู้จากการ "จินตนาการจากแบบสองมิติ" ไปสู่การ "เรียนรู้ผ่านแบบจำลองเชิงข้อมูลสามมิติ" นักศึกษาสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบโครงสร้าง พฤติกรรมการรับแรง และรูปทรงสถาปัตยกรรมในลักษณะเชิงพื้นที่อย่างชัดเจน ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาความเข้าใจเชิงระบบ (System thinking) และการเชื่อมโยงความรู้ด้านโครงสร้างเข้ากับการออกแบบจริง [2]

นอกจากนี้ BIM ยังสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและการออกแบบแบบวนซ้ำ (Iterative design) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง นักศึกษาสามารถสร้างแบบจำลองทดลองปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้าง วิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง และประเมินผลลัพธ์ได้อย่างต่อเนื่องในสภาพแวดล้อมดิจิทัลเดียวกัน กระบวนการดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรที่พบในการเรียนรู้แบบเดิม และส่งเสริมการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างอย่างเป็นระบบ[3],[5]

ในบริบทของการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning: PBL) BIM ทำหน้าที่เป็นแพลตฟอร์มกลางที่สนับสนุนการทำงานร่วมกันของนักศึกษาในการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างช่วงพาดกว้าง การทำงานบนแบบจำลองเดียวกันช่วยให้นักศึกษาสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็น วิเคราะห์ข้อจำกัด และตัดสินใจเชิงออกแบบโดยอาศัยข้อมูลร่วมกัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม และการบูรณาการความรู้ข้ามสาขาวิชา [6]

ยิ่งไปกว่านั้น การใช้ BIM ในกระบวนการเรียนการสอนยังช่วยเตรียมความพร้อมนักศึกษาสถาปัตยกรรมสู่การปฏิบัติงานจริงในวิชาชีพ เนื่องจาก BIM เป็นเครื่องมือหลักที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างในปัจจุบัน การเรียนรู้ผ่าน BIM จึงไม่เพียงพัฒนาความเข้าใจด้านโครงสร้างช่วงพาดกว้างในเชิงวิชาการเท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมสร้างทักษะเชิงวิชาชีพที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงานยุคดิจิทัล

ด้วยเหตุนี้ BIM จึงสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือเชิงการเรียนรู้ที่มีศักยภาพในการแก้ไขข้อจำกัดของการเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างแบบดั้งเดิม และเป็นฐานสำคัญในการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงทฤษฎี การออกแบบ และการปฏิบัติจริงเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

จากปัญหาและข้อจำกัดของการเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างแบบดั้งเดิมที่ขาดการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎี การรับรู้เชิงพื้นที่ และการออกแบบเชิงปฏิบัติ รวมถึงศักยภาพของ Building Information Modeling (BIM) ในการทำหน้าที่เป็นเครื่องมือเชิงการเรียนรู้ที่สนับสนุนการบูรณาการองค์ความรู้ งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการประยุกต์ใช้ BIM ในกระบวนการเรียนการสอน เพื่อยกระดับการเรียนรู้การออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษาสถาปัตยกรรมให้มีความสอดคล้องกับบริบทการศึกษายุคดิจิทัลและความต้องการของวิชาชีพ

2.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

2.1.1 เพื่อพัฒนาทักษะการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษาสถาปัตยกรรม โดยเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการออกแบบเชิงปฏิบัติผ่านการใช้ Building Information Modeling (BIM)

2.1.2 เพื่อศึกษาศักยภาพของ BIM ในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาเชิงโครงสร้างที่มีความซับซ้อนในบริบทของการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning: PBL)

2.1.3 เพื่อประเมินผลการพัฒนาทักษะด้านการสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์โครงสร้าง และการออกแบบเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษา เมื่อบูรณาการ BIM เข้ากับกระบวนการเรียนการสอน

2.2 ขอบเขตของการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง 4 สำหรับนักศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์ โดยเน้นเนื้อหาการออกแบบและการสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้าง เช่น ระบบโครงข้อหมุน โครงสร้างโค้ง และโครงสร้างเปลือกบาง การดำเนินการวิจัยใช้การเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) ร่วมกับการใช้โปรแกรม Autodesk Revit เป็นเครื่องมือ BIM หลักในการสร้างแบบจำลอง วิเคราะห์ และนำเสนอผลงานออกแบบ

การเก็บข้อมูลมุ่งเน้นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักศึกษาในด้านการออกแบบเชิงโครงสร้าง การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกัน โดยใช้การวิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ทั้งนี้ งานวิจัยมิได้มุ่งเน้นการทดสอบสมรรถนะทางวิศวกรรมเชิงลึกในระดับการคำนวณขั้นสูง แต่ให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้ การรับรู้เชิงโครงสร้าง และการบูรณาการโครงสร้างเข้ากับการออกแบบสถาปัตยกรรมเป็นหลัก

ขอบเขตของการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อสะท้อนศักยภาพของ BIM ในฐานะเครื่องมือเชิงการเรียนรู้ และนำเสนอแนวทางการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่สามารถประยุกต์ใช้ในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์และสาขาที่เกี่ยวข้องในอนาคต

3. วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาการปฏิบัติในชั้นเรียน (Classroom-based study) ที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์เชิงการออกแบบของนักศึกษาสถาปัตยกรรม จากการบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) ในการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างในรายวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง 4 งานวิจัยมีลักษณะเป็นการศึกษาเชิงปฏิบัติ (Practice-based study) โดยใช้ผลงานออกแบบของนักศึกษาเป็นหลักฐานสำคัญในการสะท้อนการพัฒนาทักษะและความเข้าใจเชิงโครงสร้าง

3.1 รูปแบบการศึกษา

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพที่อาศัยการวิเคราะห์ผลงานออกแบบ (Design-based qualitative analysis) ภายใต้บริบทการเรียนการสอนจริง โดยไม่มีการจัดกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม การวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแนวคิดการออกแบบ ความซับซ้อนของระบบโครงสร้าง และความสามารถในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษา ผ่านหลักฐานเชิงภาพและแบบจำลองดิจิทัลที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี BIM

3.2 กลุ่มตัวอย่างและบริบทการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง 4 ซึ่งเป็นรายวิชาที่มุ่งเน้นการเรียนรู้โครงสร้างช่วงพาดกว้างและเทคโนโลยีการก่อสร้างอาคาร นักศึกษามีพื้นฐานด้านการออกแบบสถาปัตยกรรมและการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบในระดับเบื้องต้นก่อนเข้าร่วมการศึกษา

บริบทของรายวิชากำหนดให้นักศึกษาออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างในสถานการณ์จำลองที่เปิดโอกาสให้เลือกประเภทโครงสร้างได้อย่างอิสระ เช่น ระบบโครงข้อหมุน โครงสร้างโค้ง โครงสร้างเปลือกบาง และระบบโครงสร้างผสม เพื่อส่งเสริมความหลากหลายของแนวคิดและการทดลองเชิงออกแบบ

3.3 การออกแบบกระบวนการเรียนการสอน

กระบวนการเรียนการสอนถูกออกแบบภายใต้แนวคิดการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) โดยให้นักศึกษาทำงานเป็นกลุ่มในการพัฒนาโครงงานออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง การเรียนรู้เริ่มจากการนำเสนอหลักการพื้นฐานของโครงสร้างช่วงพาดกว้างและตัวอย่างกรณีศึกษา จากนั้นนักศึกษาพัฒนาแนวคิดการออกแบบและแปลงแนวคิดดังกล่าวเป็นแบบจำลองสารสนเทศอาคารด้วยโปรแกรม Autodesk Revit

การใช้ BIM เปิดโอกาสให้นักศึกษาสามารถทดลองสร้างและปรับเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างได้อย่างอิสระ ทั้งในด้านรูปทรง ระบบโครงสร้าง และการจัดวางองค์ประกอบเชิงสถาปัตยกรรม โดยไม่ถูกจำกัดด้วยกระบวนการเขียนแบบสองมิติแบบดั้งเดิม ผู้สอนมีบทบาทในการให้คำแนะนำเชิงวิชาการและสะท้อนผลการออกแบบระหว่างกระบวนการเรียนรู้ มากกว่าการกำหนดรูปแบบคำตอบตายตัว

3.4 เครื่องมือและวิธีการเก็บข้อมูล

เครื่องมือหลักในการเก็บข้อมูลคือ ผลงานออกแบบของนักศึกษา ซึ่งประกอบด้วย

3.4.1 แบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี BIM

3.4.2 ภาพแสดงมุมมองสามมิติ ระบบโครงสร้าง และรายละเอียดรอยต่อ

3.4.3 เอกสารนำเสนอแนวคิดการออกแบบและระบบโครงสร้างที่เลือกใช้

ข้อมูลเชิงภาพและแบบจำลองดังกล่าวถูกใช้เป็นหลักฐานในการวิเคราะห์ความสามารถของนักศึกษาในการออกแบบและสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้าง รวมถึงระดับความซับซ้อนและความหลากหลายของแนวคิดการออกแบบที่เกิดขึ้นจากการใช้ BIM

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ โดยมุ่งเน้นการพิจารณาผลงานออกแบบของนักศึกษาในประเด็นต่อไปนี้

3.5.1 ความหลากหลายของประเภทโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่นักศึกษาเลือกใช้

3.5.2 ระดับความซับซ้อนของระบบโครงสร้างและรูปแบบการจัดวางองค์ประกอบ

3.5.3 ความสามารถในการใช้ BIM เพื่อสร้างแบบจำลองโครงสร้างสามมิติที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบ

3.5.4 การแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเชิงโครงสร้างผ่านรูปแบบ โมเดล และรายละเอียดที่ปรากฏในผลงาน

ผลการวิเคราะห์ถูกนำเสนอในรูปแบบการอภิปรายเชิงพรรณนา (Descriptive analysis) และการแสดงตัวอย่างผลงานของนักศึกษาเพื่อสะท้อนศักยภาพของการใช้ BIM ในการเปิดโอกาสให้นักศึกษาออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างได้อย่างอิสระและสร้างสรรค์มากขึ้น

4. ผลการศึกษา

4.1 การพัฒนาทักษะการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง

ผลการศึกษาพบว่า การบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) ในกระบวนการเรียนการสอนช่วยเปิดโอกาสให้นักศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในด้านความเข้าใจเชิงโครงสร้างและความสามารถในการทดลองแนวคิดการออกแบบที่หลากหลาย นักศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการเลือกและประยุกต์ใช้ระบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างได้อย่างอิสระมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการเรียนรู้แบบเดิมที่มักจำกัดอยู่ในกรอบของตัวอย่างมาตรฐานหรือรูปแบบโครงสร้างตายตัว

การใช้ BIM ช่วยให้นักศึกษาสามารถพัฒนาแนวคิดเชิงโครงสร้างควบคู่ไปกับรูปทรงสถาปัตยกรรม ทำให้การออกแบบไม่ถูกจำกัดอยู่เพียงการตอบสนองเชิงเทคนิค แต่สามารถสะท้อนแนวคิดสร้างสรรค์และการตีความโจทย์ออกแบบในรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้น

4.2 การใช้ BIM ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างที่มีความซับซ้อน

จากการวิเคราะห์ผลงานออกแบบ พบว่านักศึกษาสามารถใช้ BIM ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่มีระดับความซับซ้อนแตกต่างกัน ทั้งในด้านประเภทของระบบโครงสร้าง รูปแบบการจัดวางองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างกับรูปทรงอาคาร ผลงานที่ปรากฏแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของระบบโครงสร้าง เช่น โครงข้อหมุน โครงสร้างโค้ง โครงสร้างเปลือกบาง และโครงสร้างผสม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปิดพื้นที่ให้เกิดการทดลองและการเลือกใช้โครงสร้างอย่างอิสระ

แบบจำลอง BIM ช่วยให้นักศึกษาสามารถจัดการองค์ประกอบโครงสร้างในลักษณะสามมิติได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผลงานออกแบบมีความชัดเจนทั้งในด้านโครงสร้าง รูปทรง และการนำเสนอข้อมูลเชิงสถาปัตยกรรม ซึ่งไม่สามารถแสดงออกได้อย่างครบถ้วนผ่านการเขียนแบบสองมิติแบบเดิม

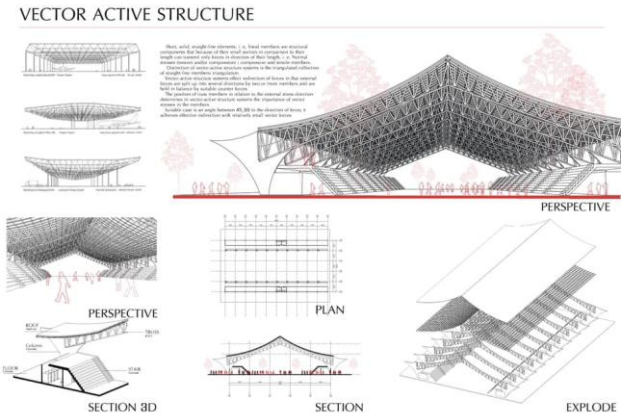
4.3 ความหลากหลายเชิงโครงสร้างและความคิดสร้างสรรค์ของผลงานนักศึกษา

ผลงานออกแบบของนักศึกษาแสดงให้เห็นถึงความหลากหลายเชิงโครงสร้าง (Structural diversity) อย่างชัดเจน ทั้งในด้านแนวคิด รูปแบบ และระดับความซับซ้อนของระบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง นักศึกษาสามารถออกแบบโครงสร้างที่แตกต่างกันอย่างมีเอกลักษณ์ แม้จะอยู่ภายใต้โจทย์การออกแบบเดียวกัน สะท้อนให้เห็นถึงการใช้ BIM เป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการแสดงออกทางความคิดสร้างสรรค์มากกว่าการกำหนดคำตอบเชิงรูปแบบที่ตายตัว

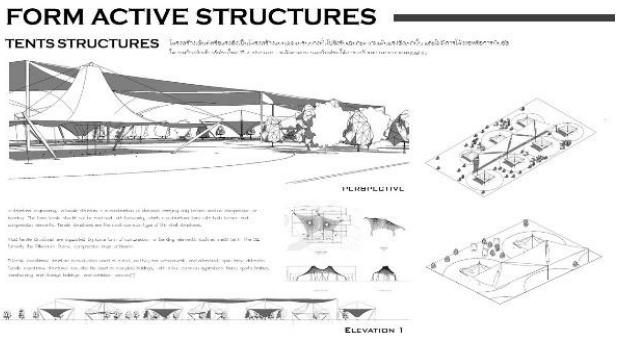
ความสามารถในการทดลอง ปรับเปลี่ยน และพัฒนาแบบจำลองโครงสร้างในสภาพแวดล้อมดิจิทัล ช่วยให้นักศึกษาสามารถสำรวจทางเลือกเชิงโครงสร้างได้หลากหลาย และเลือกแนวทางที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบของตนเองมากที่สุด ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงออกแบบในบริบทของโครงสร้างช่วงพาดกว้าง

4.4 ตัวอย่างผลงานออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างของนักศึกษา

ภาพตัวอย่างผลงานนักศึกษาที่นำเสนอในการศึกษานี้ดังรูปที่ 1-6 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ BIM ในการสนับสนุนการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่มีความหลากหลายและความซับซ้อน ผลงานประกอบด้วยการออกแบบระบบโครงสร้างประเภทต่าง ๆ เช่น Vector Active Structures, Form Active Structures และ Surface Active Structures รวมถึงการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างในบริบทอาคารจริง เช่น สนามกีฬาและอาคารสาธารณะ



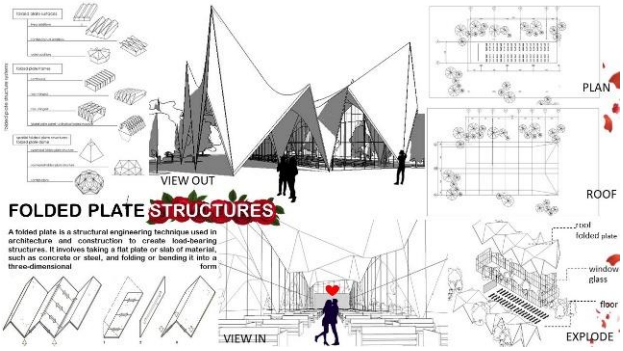
รูปที่ 1 ตัวอย่างผลงานเรื่อง Vector Active Structures ของนักศึกษา ภานุพัตร์ ศรีสุข



รูปที่ 2 ตัวอย่างผลงานเรื่อง Form Active Structures ของนักศึกษา เบญจมาศ ลิปาง และ กรรณิกา ขำธานี



รูปที่ 3 ตัวอย่างผลงานเรื่อง Surface Active Structures ของนักศึกษา บุศราคัม ชิดชอบ



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลงานเรื่อง Folded Plate Structure ของนักศึกษา พนัชกร วงศ์สง่า และ ศุภวิชญ์ ทวีสุข



รูปที่ 5 ตัวอย่างผลงานการออกแบบสนามกีฬาของนักศึกษา บุศราคัม ชิดชอบ ปิยมาศ ผิวมะลิ และปวิชญา รูปขำดี

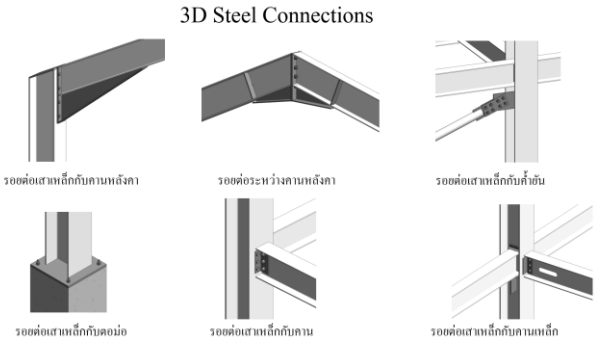
นอกจากการสร้างแบบจำลองโครงสร้างอาคารโดยรวมแล้ว ผลงานของนักศึกษายังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้แบบจำลอง BIM ในการพัฒนาและขยายรายละเอียดโครงสร้างในลักษณะสามมิติได้อย่างเป็นระบบ นักศึกษาสามารถนำแบบจำลองโครงสร้างหลักมาขยายรายละเอียดเฉพาะจุด เช่น รอยต่อเชื่อมต่อของโครงสร้างเหล็ก การจัดวางชิ้นส่วนโครงสร้าง และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในเชิงกายภาพ ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจเชิงโครงสร้างในระดับรายละเอียดที่เชื่อมโยงกับกระบวนการก่อสร้างจริง

นอกจากนี้ แบบจำลอง BIM ยังสามารถนำไปใช้ในการถอดปริมาณวัสดุและชิ้นส่วนของอาคารได้ เช่น ชนิดของวัสดุ จำนวนชิ้น ความยาว พื้นที่ และองค์ประกอบโครงสร้างต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้นักศึกษามองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างการออกแบบเชิงแนวคิดกับการจัดการข้อมูลเชิงปริมาณ การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในมิติของการก่อสร้างและการบริหารจัดการโครงการ ควบคู่ไปกับการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง ทำให้กระบวนการเรียนรู้มีความใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงในวิชาชีพสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 6 ตัวอย่างผลงานการออกแบบสวนพฤกษศาสตร์ ของนักศึกษา ขวัญพิชชา คำเนตร

ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การใช้ BIM ในการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างไม่เพียงเปิดโอกาสให้นักศึกษาสร้างสรรค์และพัฒนาแบบจำลองโครงสร้างในเชิงรูปแบบเท่านั้น แต่ยังช่วยเชื่อมโยงการออกแบบเชิงแนวคิดเข้ากับรายละเอียดเชิงโครงสร้างและข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งนำไปสู่ประเด็นการอภิปรายเกี่ยวกับบทบาทของ BIM ในฐานะเครื่องมือเชิงการเรียนรู้ที่สนับสนุนการออกแบบเชิงบูรณาการในบริบทการศึกษาสถาปัตยกรรม



รูปที่ 7 ตัวอย่างการสร้างรอยต่อชิ้นส่วนอาคารสามมิติเสมือนจริง

5. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) ในกระบวนการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนลักษณะการเรียนรู้จากการรับรู้เชิงนามธรรมไปสู่การเรียนรู้เชิงปฏิบัติและเชิงออกแบบ ผลลัพธ์ที่ปรากฏจากผลงานของนักศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอิสระในการออกแบบ (Design freedom) และความหลากหลายของระบบโครงสร้าง (Structural diversity) ซึ่งเป็นประเด็นที่สอดคล้องกับข้อจำกัดของการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่กล่าวไว้ในบทนำและกรอบแนวคิดของการศึกษา

ประการแรก ความหลากหลายของผลงานโครงสร้างช่วงพาดกว้างที่นักศึกษาเลือกใช้ เช่น โครงข้อหมุน โครงสร้างโค้ง โครงสร้างเปลือกบาง และโครงสร้างผสม แสดงให้เห็นว่า BIM ทำหน้าที่เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาสามารถทดลองและสำรวจแนวทางการออกแบบที่แตกต่างกันได้อย่างอิสระ ผลลัพธ์นี้สนับสนุนแนวคิดของ Sacks et al. (2018) [2] ที่ระบุว่า BIM ช่วยเชื่อมโยงข้อมูลเชิงโครงสร้าง รูปทรง และกระบวนการก่อสร้างไว้ในแบบจำลองเดียวกัน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจอาคารในลักษณะของระบบแบบองค์รวมมากกว่าการรับรู้เป็นส่วนย่อยแยกขาด

ประการที่สอง การเพิ่มขึ้นของระดับความซับซ้อนในแบบจำลองโครงสร้างของนักศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาความเข้าใจเชิงโครงสร้างในมิติสามมิติ ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญของการเรียนรู้ผ่านสื่อสองมิติแบบเดิม ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Sacks et al. (2018) [2] ที่ชี้ให้เห็นว่า BIM ช่วยสนับสนุนการรับรู้เชิงพื้นที่ (Spatial cognition) และการคิดเชิงระบบ (System thinking) โดยเฉพาะในงานออกแบบที่มีความซับซ้อนสูง เช่น โครงสร้างช่วงพาดกว้าง การที่นักศึกษาสามารถจัดการองค์ประกอบโครงสร้างในลักษณะสามมิติได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้โครงสร้างไม่ถูกมองเป็นเพียงข้อจำกัดทางวิศวกรรม แต่กลายเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสร้างสรรค์ทางสถาปัตยกรรม

นอกจากนี้ ลักษณะของการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาทดลอง ปรับเปลี่ยน และพัฒนาแบบจำลองอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential learning) ซึ่ง Kolb (2014) [3] อธิบายว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดจากกระบวนการวนซ้ำระหว่างการลงมือปฏิบัติ การสะท้อนผล และการปรับปรุงแนวคิด การใช้ BIM ในบริบทนี้ช่วยลดข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากรที่พบในกระบวนการเรียนรู้แบบเดิม ทำให้นักศึกษาสามารถสำรวจทางเลือกเชิงโครงสร้างได้หลากหลายมากขึ้นภายใต้กรอบการเรียนรู้เดียวกัน

ในเชิงการเรียนการสอน ผลการศึกษานี้ยังสนับสนุนบทบาทของ BIM ในฐานะเครื่องมือเชิงการเรียนรู้มากกว่าการเป็นเพียงเทคโนโลยีการเขียนแบบ งานวิจัยของ Succar (2009) [6] ระบุว่า BIM เป็นกรอบการทำงานที่สนับสนุนการบูรณาการความรู้ข้ามสาขาวิชา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่านักศึกษาสามารถเชื่อมโยงการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมเข้ากับระบบโครงสร้างและบริบทการใช้งานได้ดีขึ้นผ่านแบบจำลอง BIM ความสามารถดังกล่าวเป็นทักษะสำคัญที่สอดคล้องกับความต้องการของวิชาชีพสถาปัตยกรรมและการก่อสร้างในยุคดิจิทัล

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้มีข้อจำกัดในเชิงบริบท เนื่องจากเป็นการศึกษาการปฏิบัติในชั้นเรียนที่มุ่งเน้นการวิเคราะห์ผลงานออกแบบของนักศึกษาเป็นหลัก โดยมิได้ทำการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมหรือการวัดผลเชิงปริมาณในระดับลึก ผลลัพธ์ที่ได้จึงสะท้อนศักยภาพของ BIM ในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงออกแบบมากกว่าการพิสูจน์ประสิทธิผลเชิงสถิติ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะของงานวิจัยเชิงการศึกษาแบบ Practice-based ซึ่งให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้และคุณภาพของผลงานออกแบบเป็นหลัก

โดยสรุป ผลการอภิปรายชี้ให้เห็นว่า การบูรณาการ BIM ในการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างสามารถขยายขอบเขตการเรียนรู้ของนักศึกษาจากกรอบการออกแบบแบบตายตัวไปสู่การออกแบบที่มีอิสระและความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในเชิงรูปแบบและระบบโครงสร้าง ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรมในศตวรรษที่ 21

6. สรุปผลและข้อเสนอเชิงการศึกษาสถาปัตยกรรม

6.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการบูรณาการ Building Information Modeling (BIM) ในการเรียนการสอนการออกแบบโครงสร้างช่วงพาดกว้างสำหรับนักศึกษาสถาปัตยกรรม โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์เชิงการออกแบบจากการปฏิบัติ

จริงในชั้นเรียน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การใช้ BIM ในฐานะเครื่องมือเชิงการเรียนรู้สามารถช่วยลดข้อจำกัดของการเรียนรู้โครงสร้างแบบดั้งเดิมที่อาศัยสื่อสองมิติและการอธิบายเชิงทฤษฎีเป็นหลัก

ผลงานออกแบบของนักศึกษาที่ปรากฏในงานวิจัยสะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอิสระในการออกแบบ (Design freedom) และความหลากหลายของระบบโครงสร้างช่วงพาดกว้าง (Structural diversity) อย่างชัดเจน นักศึกษาสามารถเลือก ทดลอง และพัฒนาระบบโครงสร้างที่แตกต่างกันได้ภายใต้โจทย์เดียวกัน โดยใช้แบบจำลอง BIM เป็นสื่อกลางในการคิด วิเคราะห์ และสื่อสารแนวคิดเชิงโครงสร้าง ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า BIM ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นเครื่องมือทางเทคนิค แต่เป็นสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนาความเข้าใจเชิงโครงสร้างในมิติสามมิติและการบูรณาการโครงสร้างเข้ากับการออกแบบสถาปัตยกรรมอย่างเป็นระบบ

โดยสรุป การบูรณาการ BIM ในการเรียนการสอนโครงสร้างช่วงพาดกว้างสามารถยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ของนักศึกษาสถาปัตยกรรมจากการจดจำรูปแบบและทฤษฎี ไปสู่การเรียนรู้เชิงออกแบบที่เน้นการทดลอง การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในบริบทที่ใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงในวิชาชีพ

6.2 ข้อเสนอเชิงการศึกษาสถาปัตยกรรม

ผลการศึกษานี้นำไปสู่ข้อเสนอเชิงการศึกษาสถาปัตยกรรมในหลายมิติ ดังนี้

6.2.1 ประการแรก ในระดับหลักสูตร การเรียนการสอนโครงสร้างควรได้รับการออกแบบให้เชื่อมโยงกับกระบวนการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรมมากขึ้น โดยใช้ BIM เป็นแพลตฟอร์มกลางในการบูรณาการความรู้ด้านโครงสร้าง รูปทรง และกระบวนการก่อสร้าง แทนการสอนโครงสร้างในลักษณะแยกส่วนตามรายวิชา ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจบทบาทของโครงสร้างในฐานะองค์ประกอบสำคัญของงานออกแบบ ไม่ใช่เพียงข้อจำกัดทางวิศวกรรม

6.2.2 ประการที่สอง ในระดับกระบวนการเรียนการสอน การใช้ BIM ร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงาน (Project-Based Learning) ช่วยเปิดพื้นที่ให้นักศึกษาสามารถทดลองและสำรวจทางเลือกเชิงโครงสร้างได้อย่างอิสระมากขึ้น กระบวนการเรียนรู้ลักษณะนี้เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจเชิงออกแบบ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญสำหรับนักศึกษาสถาปัตยกรรมในศตวรรษที่ 21

6.2.3 ประการที่สาม ในระดับการพัฒนานักศึกษา การเรียนรู้ผ่าน BIM ช่วยส่งเสริมความสามารถในการทำงานกับแบบจำลองดิจิทัลเชิงข้อมูล และการมองอาคารในลักษณะของระบบแบบองค์รวม ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการทำงานจริงในอุตสาหกรรมสถาปัตยกรรมและการก่อสร้าง นักศึกษาที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ลักษณะนี้มีแนวโน้มที่จะมีความพร้อมทั้งในด้านความคิดสร้างสรรค์เชิงออกแบบและทักษะเชิงวิชาชีพมากขึ้น

สุดท้าย ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า BIM สามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ในการพัฒนาการเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีการก่อสร้างและโครงสร้างช่วงพาดกว้างในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะในบริบทของการศึกษาเชิงปฏิบัติในชั้นเรียน ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของวิชาชีพสถาปัตยกรรมในยุคดิจิทัลได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

[1] Ching, F. D. K. (2019). Building construction illustrated (6th ed.). John Wiley & Sons.

[2] Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers. John Wiley & Sons.

[3] Kolb, D. A. (2014). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. FT Press.

[4] Salama, A. M. (2016). Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond. Routledge.

[5] Borkowski, A. S. (2023). Experiential learning in the context of BIM. STEM Education, 3(3), 1–10.

[6] Succar, B. (2009). Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, 18(3), 357–375.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

โครงการทดสอบการดูดซับความชื้นจากกากกาแฟและถ่านสำหรับผลิตภัณฑ์ตกแต่ง

Moisture Absorption Testing Project of Spent Coffee Grounds and Charcoal for Decorative Products

วีรากร ฟักศิริ และ ศรัฐ สิมศิริ*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: sarath308@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันปัญหาสภาวะโลกร้อนและการเพิ่มขึ้นของขยะชุมชนเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะขยะอินทรีย์จากภาคอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม "กากกาแฟ" (Coffee grounds) กลายเป็นหนึ่งในขยะที่มีปริมาณมหาศาลตามการเติบโตของวัฒนธรรมการบริโภคกาแฟ ซึ่งหากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม การฝังกลบกากกาแฟจะปล่อยก๊าซมีเทนซึ่งส่งผลต่อภาวะเรือนกระจกมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หลายเท่า

ในขณะเดียวกัน ปัญหาสภาพอากาศในที่พักอาศัย โดยเฉพาะในประเทศเขตร้อนชื้นอย่างประเทศไทย มักประสบปัญหา "ความชื้นสัมพัทธ์สูง" ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดเชื้อรา กลิ่นอับชื้น และการเสื่อมสภาพของเฟอร์นิเจอร์ การใช้ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นในท้องตลาดส่วนใหญ่มักเป็นสารเคมีสังเคราะห์ เช่น ซิลิก้าเจล (Silica gel) หรือแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งแม้จะประสิทธิภาพดี แต่กระบวนการผลิตและการกำจัดทิ้งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

แนวคิดในการพัฒนา จากคุณสมบัติทางกายภาพของกากกาแฟที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (Porous structure) และมีสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่นและความชื้นได้ดี เมื่อนำมาผสมผสานกับ "ถ่าน" (Charcoal) ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีพื้นที่ผิวในการดูดซับสูงเป็นทุนเดิม

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นโอกาสในการนำวัสดุทั้งสองชนิดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งภายใน ที่ไม่เพียงแต่มีคุณสมบัติในการปรับสภาพอากาศภายในอาคาร แต่ยังมีความสวยงามในเชิงทัศนศิลป์ สามารถนำไปวางประดับตกแต่งบ้านได้อย่างกลมกลืน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนสถานะจากขยะ (Waste) ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงขึ้น (Upcycling) ตามหลักเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy)

คำสำคัญ: กากกาแฟ ถ่าน เฟอร์นิเจอร์ ตกแต่ง

Abstract

Currently, global warming and the surge in municipal solid waste are critical issues worldwide. Specifically, organic waste from the food and beverage industry, such as "coffee grounds," has accumulated in massive quantities alongside the growing global coffee culture. Without proper management, disposing of coffee grounds in landfills releases methane gas—a greenhouse gas significantly more potent than carbon dioxide.

Simultaneously, indoor climate issues—particularly in tropical regions like Thailand—often involve "high relative humidity" This is a primary cause of mold growth, musty odors, and the deterioration of furniture. Most moisture-absorbing products available on the market rely on synthetic chemicals like silica gel or calcium chloride. While effective, their production and disposal processes can have detrimental environmental impacts.

Development Concept Leveraging the physical properties of coffee grounds—specifically their porous structure and phenolic compounds—provides an excellent natural solution for absorbing odors and moisture. By combining coffee grounds with "charcoal," a natural material already known for its high surface area and superior adsorption capabilities, a synergistic effect is created.

The researchers aim to transform these two materials into interior decorative products. These items will function not only as indoor climate regulators but also as pieces of visual art that blend seamlessly into home environments. This initiative transforms "waste" into high-value products (Upcycling) in accordance with the principles of the Circular Economy.

Keywords: Coffee grounds, Charcoal, Furniture, Decoration

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้คนนิยมพักอาศัยในคอนโดหรือห้องพักที่มีความแออัด เนื่องจากต้องประหยัดค่าใช้จ่ายต่อเดือน และห้องพักที่มีพื้นที่ใช้สอยน้อยจึงต้องมีการใช้พื้นที่โดยร่วมในการทำกิจกรรมให้ได้ประโยชน์มากที่สุด ห้องที่เล็กมักมีการถ่ายเทอากาศที่ค่อนข้างน้อยแออัด และยากต่อการระบายอากาศและเมื่อเกิดการใช้งานบริเวณห้อง สิ่งที่ตามมาคือความชื้นและสิ่งสกปรก ความชื้นที่เกิดขึ้นนั้นยากต่อการกำจัด เนื่องจากโดยร่วมมักเกิดขึ้นจากบรรยากาศโดยรอบ เป็นสิ่งที่ผู้พักอาศัยไม่สามารถกำหนดได้ง่าย ๆ ความชื้นยังก่อให้เกิดกลิ่นอับ และเชื้อรา ที่จะส่งผลเสียต่อร่างกายหากต้องสูดดมในทุก ๆ วัน ผู้พักอาศัยมักจะมองข้ามความชื้นที่เกิดขึ้นภายในห้องที่มักจะเริ่มต้นจากจุดเล็ก ๆ เพราะมองว่าไม่มีอัตรายใด ๆ แต่เมื่อความชื้นลุกลามไปเรื่อย ๆ นั้นจะก่อให้เกิดความเสียหายในวงกว้างอย่างมาก ทั้งต่อร่างกายของเจ้าของห้อง สภาพอากาศในห้องพักและร่วมไปถึงสิ่งปลูกสร้างหรือเฟอร์นิเจอร์ในห้องก็จะ ได้รับความเสียหายไปด้วย

วิธีการแก้ไขปัญหา โดยส่วนมากลูกบ้านมักจะมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงในจุดที่เกิดความเสียหายจากความชื้น หรือเลิกที่จะตัดจุด ๆ นั้นทิ้งไปเลยและหลังจากแก้ไขแล้ว บริเวณนั้นก็มักจะทุกปล่อยปะละเลยจนความชื้นเกิดขึ้นและก่อเกิดความเสียหายใหม่อีกครั้ง แนวคิดของเราจึงมุ่งเน้นไปที่วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดซับความชื้นได้ดี เพื่อเป็นตัวช่วยในการดูซับความชื้นในพื้นที่พักอาศัยนั้น ๆ และอยากให้ง่ายต่อการใช้งานจึงมองหาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดพอเหมาะพอดี ไม่ใหญ่จนเปลืองพื้นที่ใช้งานในห้อง

แนวคิดการทำผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้น โดยแนวคิดริเริ่มจาการสั่งเกตุวัตถุหรือผลิตภัณฑ์เล็ก ๆ ที่สามารถนำมาวางประดับห้องหรือเป็นสิ่งที่ไม่กินพื้นที่ภายในห้องมาก นำมาออกแบบรวมกับวัสดุดูดซับความชื้น เพื่อให้ฟังก์ชั่นในการใช้งานที่เหมาะสม คือสามารถดูดซับความชื้นได้ไม่กินพื้นที่ใช้ส่อยภายในที่พัก และยังสามารถใช้เป็นสิ่งประดับภายในที่พักอาศัยได้อีกด้วย

2. วัตถุประสงค์

การศึกษาและเปรียบเทียบการดูดซับความชื้นของวัสดุที่มาจากธรรมชาติ และออกแบบผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นที่ใช้วัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติมาเพิ่มคุณค่าการใช้สอย ความสวยงาม สร้างมูลค่าเพิ่ม และสามารถใช้งานได้อย่างสะดวกและง่ายดาย ต่อผู้บริโภค ไม่เป็นพิษหรือสร้างปัญหาในขณะการใช้งาน มีความสวยงามในการออกแบบเพื่อนำไปประดับตกแต่งภายในที่พักอาศัย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ระบุไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบประเด็นปัญหาหรือความคาดหวังของผู้ใช้ สู่การกำหนดแนวคิดในการออกแบบ ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นจากกากกาแฟและถ่านสำหรับตกแต่งภายในอาคาร ในปัจจุบัน บ้านพักอาศัย หรือคอนโด ที่อยู่มักเกิดความชื้นได้ง่ายด้วยพื้นที่ที่แออัด ทำให้เกิดความเสียหายและสภาพทัศนียภาพที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เกิด ความไม่สะดวกสบายในที่พักอาศัย และเป็นมลภาวะต่อร่างกาย หากสูดดมเข้าไปเป็นเวลานาน ส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว ทางนักวิจัยจึงได้มีแนวคิด ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดซับความชื้น แม้สามารถ เป็นวัสดุตกแต่งภายในที่พักอาศัยได้อีกด้วย เนื่องจากทางผู้วิจัย ต้องการให้วัสดุดูดซับความชื้นนี้สามารถใช้งานได้ง่าย และยังใช้ตกแต่งภายในห้องพักได้ ซึ่งแตกต่างจากวัสดุดูดซับความชื้นอย่างอื่น ที่อาจจะใช้ได้แค่ในเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งของที่พักอาศัย และยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอีกด้วย

3.1 ข้อมูลประเภทวัสดุที่นำมาพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้น คือ ผลิตภัณฑ์ ที่สามารถดูดซับความชื้นในบริเวณโดยรอบ กลยุทธ์และความเชิญเล็กน้อยภายในอากาศบริเวณรอบ ๆ ได้ มักมีขนาดเล็ก หรืออยู่ในรูปทรงของวัสดุชิ้นเล็ก ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เช่น ลูกเหม็นที่ใช้ในห้องน้ำ หรือการบูรที่วางไว้บริเวณอ่างน้ำ รวมถึงถุงหอม ที่แขวนไว้ตามรถหรือบริเวณห้องที่มีความ อับชื้น

3.1.1 วัสดุดูดซับความชื้นจากธรรมชาติ

วัสดุดูดซับความชื้นจากธรรมชาติ นั้นคือวัสดุที่เกิดจากธรรมชาติ และมักเป็นวัสดุที่ไม่ส่งผลเสียต่อร่างกาย หรือวัสดุที่เป็นสิ่งของเหลือใช้จากการ ใช้งานมาแล้ว เช่น กากกาแฟ กากมะพร้าว กากผลไม้ที่เผาแล้ว รวมถึงทหาร ซึ่งวัสดุเหล่านี้ นั้นมักถูกนำมาแปรรูปให้เป็นวัสดุดูดซับความชื้น ที่ใช้งานง่าย ๆ ตามแบบพื้นบ้านของชาวไทย เช่น การนำกากกาแฟ หรือ กากมะพร้าว ใส่ถ้วยเล็ก ๆไว้ในตู้เย็น เพื่อดูดซับกลิ่นอับชื้นภายในตู้เย็น เรือเช่น การใช้กากผลไม้ที่เผาแล้ว ไว้ในบริเวณชั้นวางรองเท้าเพื่อดูดซับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ จากรองเท้าและกลิ่นอับภายในชั้นวางรองเท้า โดยวัสดุจากธรรมชาติ นั้นมีดังนี้

1. กากกาแฟ มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นและดูดซับกลิ่นได้ดีเยี่ยม แต่ควรทำให้แห้งก่อนนำไปใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันเชื้อรา

คุณสมบัติในการดูดซับความชื้นและกลิ่น

- การดูดซับความชื้น (Hygroscopicity): กากกาแฟมีความสามารถในการดูดซับความชื้นจากอากาศได้ดี ซึ่งเป็นประโยชน์ในการช่วยลดความอับชื้นในพื้นที่ปิด

- ข้อควรระวัง: กากกาแฟที่เพิ่งใช้แล้วจะมีความชื้นสูงมาก หากนำไปใช้ทันทีอาจทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำกากกาแฟไปตากแดดหรืออบให้แห้งสนิทก่อน

- การดูดซับกลิ่น (Deodorizing): คุณสมบัติที่โดดเด่นของกากกาแฟคือการดูดซับและ ทำให้กลิ่นไม่พึงประสงค์เป็นกลาง (Neutralize) ไม่ใช่แค่การกลบกลิ่น โดยเฉพาะกลิ่นแอมโมเนียและกลิ่นอับต่าง ๆ

การประยุกต์ใช้เพื่อดูดซับความชื้นและกลิ่น

- ตู้เย็น: นำกากกาแฟแห้งใส่ถ้วยหรือภาชนะเปิด วางไว้ในตู้เย็นเพื่อดูดซับกลิ่นอาหารและความชื้น

- ตู้เสื้อผ้า/ตู้รองเท้า: นำกากกาแฟแห้งบรรจุในถุงผ้าเล็ก ๆ หรือถุงน่อง แล้วนำไปวางไว้เพื่อลดกลิ่นอับและช่วยดูดความชื้น ทำให้ไม่เกิดเชื้อราในรองเท้าหรือเสื้อผ้า

- ห้องน้ำ/รถยนต์: ใช้เป็นตัวช่วยดูดซับกลิ่นและลดความอับชื้นในพื้นที่ที่ระบายอากาศไม่ดี

โดยสรุป กากกาแฟที่ถูกทำให้แห้งแล้วจะทำหน้าที่คล้ายกับสารดูดความชื้นธรรมชาติ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับความชื้นได้ดี แต่โดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารดูดความชื้นเชิงพาณิชย์ (เช่น ซิลิกาเจล) เล็กน้อย ในการลดระดับความชื้นให้ต่ำมาก ๆ

2. ถ่าน มีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นและดูดซับกลิ่นได้ดีเยี่ยม เนื่องจากมีโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมาก โดยเฉพาะถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ซึ่งเป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการกระตุ้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว

คุณสมบัติหลักของถ่านในการดูดซับความชื้น

- โครงสร้างที่มีรูพรุนสูง (High porosity) ถ่านมีโครงสร้างภายในที่เป็นรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมหาศาล (Micropores) ทำให้มีพื้นที่ผิวรวมที่ใหญ่มาก (ถ่านเพียงก้อนเดียวอาจมีพื้นที่ผิวรวมเท่ากับสนามฟุตบอล) พื้นที่ผิวขนาดใหญ่นี้เอื้อต่อการเกิดกระบวนการที่เรียกว่า การดูดซับ (Adsorption)

- การดูดซับ (Adsorption) เป็นกระบวนการทางกายภาพที่โมเลกุลของความชื้น (ไอน้ำ) และโมเลกุลของกลิ่นจะถูกดึงดูดและติดอยู่บนพื้นผิวด้านในของรูพรุนในเนื้อถ่าน ทำให้ความชื้นและกลิ่นไม่พึงประสงค์ถูกกำจัดออกจากอากาศ

- ประสิทธิภาพในการดูดซับกลิ่น นอกจากความชื้นแล้ว ถ่านยังโดดเด่นในการดูดซับและทำลายกลิ่น (Neutralize odors) โดยไม่เพียงแค่กลบกลิ่น ทำให้เป็นที่นิยมใช้ในการดับกลิ่นในตู้เย็น ตู้เสื้อผ้า และรองเท้า



รูปที่ 1 ถ่าน



รูปที่ 2 กากกาแฟ

3.2 วิธีการทอสอบการดูดซับความชื้น

การทดสอบการดูดซับของวัสดุ เราจะนำวัสดุดูดซับมาทำการผสมกับสารยึดเกาะ (ปูนปาสเตอร์) ในอัตตราส่วน 70:30 และนำส่วนผสมไปเทลงในบล๊อคต้นแบบเพื่อให้ได้รูปทรงมาตราฐานที่จะนำไปทดสอบการดูดซับ โดยแบ่งเป็น 3 แบบตัวอย่าง 1) ถ่านไม้ 2) กากกาแฟ 3) ถ่านไม้ผสมกากกาแฟ

โดยการทดสอบ จะนำแผ่นดูดซับความชื้นต้นแบบ เข้าไปอบในไมโครเวฟที่ อุณหภูมิ 80-90 องศา เป็นเวลา 10 นาที เพื่อความร้อนระเหยความชื้นในตัวแผ่นดูซับให้มากที่สุด และการทดสอบจะนำแผ่นดูซับที่ผ่านการอบไป และการทดสอบจะนำแผ่นดูซับไปไว้ในจุดที่มีความชื้น เช่น บริเวณภายในห้องน้ำ ซิงค์ล้างจาน กระถางต้นไม้ หรือจุดอับบริเวรต่าง ๆ ที่มีการกระจายความชื้นออกมา โดยจะจับเวลาในการทดสอบ 1 ชั่วโมงต่อสูตร



รูปที่ 3 ตัวอย่างต้นแบบแผ่นดูดซับความชื้น



รูปที่ 4 ส่วนผสมของแผ่นดูดซับหลังจากผสมแล้ว



รูปที่ 5 ขั้นตอนการเทส่วนผสมแผ่นดูดซับลงบล๊อค

3.2.1 ขั้นตอนการผสมต้นแบบแผ่นดูซับ

นำวัสดุดูซับ (กากกาแฟหรือถ่าน) มาผสมกับสานยึดเกาะปูนปาสเตอร์ ใน อัตตราส่วน 70:30 (ปูนปาสเตอร์ 70/วัสดุดูดซับ 30) เบื้องต้นใช้สูตรการผสมที่ 70:30 เพื่อใช้ปั้นแบบการทดลองการดูดซับก่อนก่อน เพื่อหาคุณสมบัติการดูดซับระหว่าง กากกาปฟและถ่าน โดยหลังจากนำสวนผสมผสมเข้าด้วยกันรวมกับน้ำ 1 ลิตร จะกวนส่วนผสมให้เข้ากันและนำมาเทใส่แม่พิมพ์ ขนาด 10 ซ.ม **x** 10 ซ.ม หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง และนำตัวแผ่นต้นแบบออกมา

3.3 แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ตกแต่ง

ในปัจจุบัน บ้านพักอาศัย หรือคอนโด ที่อยู่ มักเกิดความชื้นได้ง่ายด้วยพื้นที่ที่แออัด ทำให้เกิดความเสียหายและสภาพทัศนียภาพที่ไม่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เกิด ความไม่สะดวกสบายในที่พักอาศัย และเป็นมลภาวะต่อร่างกาย หากสูดดมเข้าไปเป็นเวลานาน ส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว ทางนักวิจัยจึงได้มีแนวคิด ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถดูดซับความชื้น แม้สามารถ เป็นวัสดุตกแต่งภายในที่พักอาศัยได้อีกด้วย เนื่องจากทางผู้วิจัย ต้องการให้วัสดุดูดซับความชื้นนี้ สามารถใช้งานได้ง่าย และยังใช้ตกแต่งภายในห้องพักได้ ซึ่งแตกต่างจากวัสดุดูดซับความชื้นอย่างอื่น ที่อาจจะใช้ได้แค่ในเฉพาะจุดใดจุดหนึ่งของที่พักอาศัย และยังมีข้อจำกัดในการใช้งานอีกด้วย

โดยแนวคิดการทดสอบจะทำแบบสอบถามจากผู้พักอาศัยในห้องพัก ถึงความต้องการในการลดความชื้นภายในบริเวณห้อง และประเภทของตกแต่งที่ผู้พักอาสัยคิดว่า ง่ายและสะดวกหากจะนำมาตกแต่งพร้อมการใช้งาน โดยมีจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 50 คน จากผู้พักอาศัยในรูปแบบต่าง ๆ ทั้ง บ้านพัก อาคารพานิช คอนโดมิเนียม และอื่น ๆ

โดยมีการเลือกแนวทางผลิตภัณฑ์ต้นแบบไว้เช่น กระถางต้นไม้ตั้งโต๊ะขนาดเล็ก กรอบรูปตั้งโต๊ะ แก้วใส่ปากกา เป็นต้น

3.4 แนวคิดด้านความสวยงานในการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับตกแต่งภายใน

การตกแต่งภายในไม่เพียงแต่ทำให้พื้นที่พักอาศัยสวยงามและน่าอยู่อาศัยขึ้นอย่างเดียว แต่ยังเป็นการบ่งบอกถึงอุปนิสัยและความแนวคิดรสนิยมชอบของผู้พักอาศัยอีกด้วย ฉะนั้นการตกแต่งจึงมีความสำคัญอย่างมากไม่เพียงแต่เพื่อความสวยงาม แต่ยังเป็นตัวบ่งชี้ความเป็นตัวตนของเจ้าของห้องอีกด้วย งานศิลปะจึงมีส่วนอย่างมากในการตกแต่งภายใน

โดยแนวทางการวิเคราะห์จะนำผลงานศิลปะที่เป็นเอกลักณ์และมีชื่อเสียงจากศิลปินระดับโลก เพื่อให้ง่ายในการทำให้เกิดความรู้สึกคุ้นชินและคุ้นเคยในขณะการใช้งานของผู้ใช้งาน เช่น รูปวาด Mona Lisa (Leonardo da Vinci) , ภาพงานสีโปสเตอร์ The Scream (Edvard Munch) ภาพวาดที่มีชื่อเสียงอย่าง Girl With A Pearl Earring (Johannes Vermeer)

4. แนวทางการผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ดูดซับความชื้นจากกากกาแฟและถ่านสำหรับตกแต่งภายในอาคาร

โดยแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ดูดซับ เริ่มด้วยการนำสูตรผสมสารยึดเกาะกับวัสดุจากธรรมชาตอ(ถ่าน กากกาแฟ) ที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับที่ดีที่สุด มาผสมกับแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สมามารถใช้งานในห้องพักได้เช่น การทกรอบรูปโดยใช้วัสดุจากสูตรมาเป็นวัสดุหลักในการทำกรอบรูป และนำรูปแบบศิลปะที่เลือกมาใช้เป็นแนวทางศิลปะในการออกแบบตกแต่งเรื่องความสวยงาม

โดยมุ้งเน้นที่การใช้งานที่สะดวก ทำความสะอาดง่าย ขนาดที่พอเหมาะกับการใช้งานในที่พัก ความสวยงามทางด้านสิลปะที่ไม่ เข้าใจอยากเกินไปสำหรับผู้ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] อรณิช ทองผาภูมิปรีตี, ชัชฌา ร้อยแก้ว, กีรติ เกิดศิริ, และ ณัฐพล ศรีสิทธิโภคกุล. (2022). การศึกษาการดูดซับความชื้นของกากกาแฟ. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 (ปีที่ 14, ฉบับที่ 1, หน้า 318–323).

[2] จิระพล รัตน์รอดกิจ, และ วัชรพจน์ ทรัพย์สงวนบุญ. (2020). การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ดับกลิ่นจากกากกาแฟ. วารสารวิทยาลัยบัณฑิตศึกษาการจัดการมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 10(2), 97–114.

[3] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. (2007). เอกสารประกอบการสอน รายวิชาประวัติศาสตร์ศิลป์.

[4] คณิณ ไพรวันรัตน. (2023). การออกแบบผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านจากภูมิปัญญาช่างพื้นบ้านด้วยแนวคิดไทยนวัตศิลป์: กรณีศึกษาช่างตอกกระดาษ. The Fine & Applied Arts Journal, 16(1), 105–123.

[5] ไปรยา สูชัยยะ. (2023). โครงการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตกแต่งบ้านสร้างสรรค์จากเทคนิคการปักมือ.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การพัฒนาสื่อสัมผัสเพื่อการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น: การศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น

Development of Tactile Learning Media for Bedroom Design for People Who Are Blind: A Pilot Study

เสกฐวุฒิ กลั่นคุ้ม และ ธนา อนันต์อาชา*

สาขาวิชานวัตกรรมและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: thana.a@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อสัมผัส สำหรับการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น และเพื่อประเมินศักยภาพของสื่อดังกล่าวต่อการรับรู้เชิงพื้นที่ในระดับการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น (Pilot study) โดยมุ่งเน้นการถ่ายทอดความรู้ด้านขนาดพื้นที่ สัดส่วน ทิศทาง และการจัดวางองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของการออกแบบพื้นที่อยู่อาศัย การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพเชิงทดลอง โดยอาศัยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นกรอบในการพัฒนาสื่อ เริ่มจากการเก็บข้อมูลความต้องการและประสบการณ์การใช้งานห้องนอนของผู้พิการทางการมองเห็นผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึก เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นขนาดพื้นที่อ้างอิงและรายการเฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะสม จากนั้นพัฒนาแบบจำลองห้องนอนในรูปแบบสื่อสัมผัส และนำไปทดสอบกับผู้ตาบอดและผู้มีสายตาเลือนราง การประเมินผลดำเนินการด้วยการวิเคราะห์เชิงพรรณนา จากการสังเกตพฤติกรรมการรับรู้และการรวบรวมความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมทดลอง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสื่อสัมผัสสามารถช่วยส่งเสริมการรับรู้เชิงพื้นที่ในภาพรวม การจดจำขนาดและสัดส่วนของห้องนอน รวมถึงการทำความเข้าใจตำแหน่งและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องได้อย่างชัดเจน เมื่อใช้ร่วมกับการอธิบายด้วยวาจา ผลการศึกษาในระดับการทดลองเบื้องต้นสะท้อนให้เห็นว่าสื่อสัมผัสมีศักยภาพในการเป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้หลักการออกแบบสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้มุ่งชี้ให้เห็นแนวโน้มและความเป็นไปได้ของการใช้สื่อสัมผัส มากกว่าการสรุปผลเชิงเปรียบเทียบ งานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อยอดและการออกแบบสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนในอนาคต

จากข้อจำกัดดังกล่าวสะท้อนให้เห็นช่องว่างของการถ่ายทอดองค์ความรู้ ที่ยังไม่สอดคล้องกับรูปแบบการรับรู้ของผู้พิการทางการมองเห็น การวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาและทดสอบสื่อสัมผัสสำหรับการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนในระดับพื้นฐาน เพื่อสำรวจศักยภาพของสื่อดังกล่าวในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ในลักษณะการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น และใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนางานวิจัยและสื่อการเรียนรู้ที่ในอนาคต

คำสำคัญ: สื่อสัมผัส การเรียนรู้เชิงพื้นที่ การคิดเชิงออกแบบ การออกแบบเพื่อทุกคน

Abstract

This research aims to develop tactile learning media for teaching bedroom design principles to people with visual impairments and to explore the potential of such media in supporting spatial perception at a preliminary experimental level, with a focus on conveying fundamental design knowledge related to spatial dimensions, proportions, orientation, and the arrangement of furniture elements, which are essential components of residential design. The study adopts a qualitative exploratory approach and employs the Design Thinking process as a framework for media development, beginning with in-depth interviews to collect data on the needs and bedroom-use experiences of people with visual impairments, which are synthesized into reference spatial dimensions and appropriate furniture components. Based on this synthesis, a tactile bedroom model is developed and tested with blind and visually impaired participants, and its effectiveness is evaluated through descriptive analysis based on observations of perceptual behaviors and the collection of participant feedback. The findings suggest that tactile media, when used in combination with verbal explanation, can enhance overall spatial perception, recognition of bedroom dimensions and proportions, and understanding of the positions and spatial relationships of furniture elements

within the room. At a preliminary experimental level, the results reflect trends and feasibility regarding the use of tactile media as a supportive learning tool for teaching design principles to people with visual impairments rather than offering comparative or generalizable conclusions, and the study provides a foundation for further research and the future development of learning media aligned with Universal Design principles.

These limitations reflect a gap in the transmission of knowledge that is not yet aligned with the perceptual modes of persons with visual impairments. This research therefore aims to develop and test a tactile medium for learning fundamental principles of bedroom design, in order to explore its potential to support spatial learning within the scope of a pilot experimental study, and to serve as a foundational basis for future research and the development of learning media.

Keywords: Tactile media, Spatial learning, Design thinking, Universal design

1. บทนำ

แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาอาคารและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการเข้าถึงและการใช้งานอย่างเท่าเทียมของผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติยังพบว่าสภาพแวดล้อมและงานออกแบบจำนวนมากไม่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานจริงของผู้พิการทางการมองเห็นได้อย่างเหมาะสม ปัญหาดังกล่าวสะท้อนข้อจำกัดเชิงโครงสร้างของกระบวนการออกแบบที่มักอาศัยมุมมองของผู้ออกแบบเป็นหลัก ขณะที่ประสบการณ์และรูปแบบการรับรู้ของผู้ใช้งานจริงยังไม่ถูกนำมาพิจารณาอย่างเพียงพอ (Heylighen & Herssens, 2562) ในบริบทของการเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรมและการออกแบบ ปัญหาดังกล่าวยิ่งทวีความชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากองค์ความรู้และกระบวนการออกแบบส่วนใหญ่พึ่งพาการรับรู้ผ่านการมองเห็น เช่น แบบแปลน รูปตัด แบบจำลอง และภาพสามมิติ ส่งผลให้ผู้พิการทางการมองเห็นไม่สามารถเข้าถึงความรู้ด้านการออกแบบเชิงพื้นที่ได้อย่างเท่าเทียม งานวิจัยด้านการศึกษาแบบครอบคลุมชี้ให้เห็นว่าการพึ่งพาการรับรู้ทางสายตาเพียงช่องทางเดียวเป็นข้อจำกัดสำคัญของการถ่ายทอดความรู้ และจำเป็นต้องพัฒนาวิธีการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของผู้เรียนที่หลากหลาย (Ebersold & Dupont, 2563)

งานวิจัยร่วมสมัยจำนวนหนึ่งยืนยันว่าผู้พิการทางการมองเห็นสามารถรับรู้ขนาด สัดส่วน และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของสภาพแวดล้อมได้ผ่านประสาทสัมผัสอื่น โดยเฉพาะการสัมผัส หากมีสื่อหรือเครื่องมือที่ออกแบบอย่างเหมาะสม การใช้สื่อสัมผัส เช่น แบบจำลองเชิงกายภาพ จึงถูกเสนอให้เป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการแปลงข้อมูลเชิงนามธรรมด้านพื้นที่ให้กลายเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่จับต้องได้ และช่วยเสริมความเข้าใจด้านการจัดวางและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในอาคารสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น (Giudice et al., 2563; Pérez-García et al., 2564) ในกลุ่มพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร "ห้องนอน" ถือเป็นพื้นที่ส่วนตัวพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตและการใช้ชีวิตประจำวันของผู้ใช้งาน งานวิจัยด้านการออกแบบที่อยู่อาศัยสำหรับผู้พิการทางการมองเห็นชี้ให้เห็นว่าการจัดวางพื้นที่และเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องนอนมีผลโดยตรงต่อความปลอดภัย ความสะดวกในการเคลื่อนไหว และการรับรู้สภาพแวดล้อมโดยรวม (Froyen et al., 2565) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเชิงทดลองที่มุ่งพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้านการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรม ยังมีอยู่อย่างจำกัด

จากช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาและทดสอบสื่อสัมผัส สำหรับการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนในระดับพื้นฐาน โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นกรอบในการดำเนินการศึกษาการวิจัยดำเนินการในลักษณะการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น เพื่อสำรวจแนวโน้ม ความเป็นไปได้ และศักยภาพของสื่อสัมผัสในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่สำหรับผู้พิการทางการมองเห็น และใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนางานวิจัยและสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาความต้องการและประสบการณ์การใช้งานห้องนอนของผู้พิการทางการมองเห็น ในประเด็นด้านขนาดพื้นที่ สัดส่วน และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ที่จำเป็นต่อการใช้งานพื้นฐาน

2.2 เพื่อพัฒนาสื่อสัมผัสสำหรับการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนโดยถ่ายทอดความรู้ด้านขนาดพื้นที่ ทิศทาง การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ และความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขององค์ประกอบภายในห้อง

2.3 เพื่อประเมินศักยภาพของสื่อสัมผัสต่อการรับรู้เชิงพื้นที่และความเข้าใจหลักการออกแบบห้องนอนของผู้ตาบอดและผู้มีสายตาเลือนราง ผ่านการทดลองใช้สื่อและการวิเคราะห์เชิงพรรณนาในระดับการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น

3. ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น (Pilot study) ที่มุ่งสำรวจความเป็นไปได้และแนวโน้มของการใช้สื่อสัมผัส

ในการถ่ายทอดหลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น โดยกำหนดขอบเขตการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ลักษณะของการวิจัยเชิงคุณภาพ และรูปแบบบทความวิชาการระดับชาติ ดังนี้

3.1 ขอบเขตด้านกระบวนการศึกษา

การศึกษาครอบคลุมกระบวนการพัฒนาสื่อสัมผัสตามกรอบแนวคิดการคิดเชิงออกแบบ ได้แก่ การทำความเข้าใจผู้ใช้งาน การกำหนดปัญหา การระดมความคิด การสร้างต้นแบบ และการทดสอบ โดยมุ่งเน้นการทดลองใช้สื่อสัมผัสและการประเมินศักยภาพของสื่อในระดับเบื้องต้น มิได้มุ่งสรุปผลเชิงสถิติหรือเชิงเปรียบเทียบ

3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษามุ่งเน้นหลักการออกแบบห้องนอนในระดับพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของผู้พิการทางการมองเห็น ได้แก่ ขนาดพื้นที่ สัดส่วน ทิศทาง และการจัดวางองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ภายในห้อง โดยไม่ครอบคลุมรายละเอียดด้านโครงสร้าง ระบบอาคาร หรือการออกแบบเชิงวิศวกรรม

3.3 ขอบเขตด้านสื่อและเครื่องมือ

ขอบเขตการศึกษาจำกัดอยู่ที่การใช้สื่อสัมผัสในรูปแบบแบบจำลองห้องนอนเป็นเครื่องมือหลักในการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบเชิงพื้นที่ โดยไม่ครอบคลุมการใช้สื่อประเภทอื่น เช่น สื่อเสียงหรือสื่อดิจิทัล เพื่อให้สามารถประเมินบทบาทและศักยภาพของสื่อสัมผัสได้อย่างชัดเจนในระยะเริ่มต้น

3.4 ขอบเขตด้านกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้ตาบอดและผู้มีสายตาเลือนรางจำนวนจำกัด ซึ่งสามารถเรียนรู้ผ่านการสัมผัสและการสื่อสารด้วยวาจา การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างมีวัตถุประสงค์เพื่อการทดลองและการสำรวจแนวโน้มของการรับรู้เชิงพื้นที่ มิได้มีเป้าหมายเพื่ออ้างอิงผลไปยังประชากรทั่วไป

3.5 ขอบเขตด้านการสรุปผล

การสรุปผลการศึกษามุ่งนำเสนอแนวโน้ม ความเป็นไปได้ และศักยภาพของสื่อสัมผัสในการสนับสนุนการเรียนรู้หลักการออกแบบสำหรับผู้พิการทางการมองเห็นในระดับการทดลองเบื้องต้น โดยผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนางานวิจัยต่อยอดในอนาคต

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 รูปแบบและกระบวนการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ได้แก่ การทำความเข้าใจผู้ใช้งาน การกำหนดปัญหา การระดมความคิด การสร้างต้นแบบ และการทดสอบ ในแต่ละขั้นตอนผู้วิจัยมุ่งเน้นการเชื่อมโยงข้อมูลจากประสบการณ์ของผู้ใช้งานจริงเข้ากับการออกแบบและปรับปรุงสื่อสัมผัส เพื่อให้สื่อที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับบริบทการใช้งานของผู้พิการทางการมองเห็นและเหมาะสมกับการทดลองในระดับเบื้องต้น

4.2 กลุ่มตัวอย่าง

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามความเหมาะสมของการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น โดยมุ่งเน้นคุณภาพของประสบการณ์และการสังเกตเชิงลึกมากกว่าความเป็นตัวแทนเชิงสถิติ ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้พิการทางการมองเห็น ได้แก่ ผู้ตาบอดสนิท 1 คน และผู้มีสายตาเลือนราง 1 คน ซึ่งสามารถเรียนรู้ผ่านการสัมผัสและการสื่อสารด้วยวาจา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแนวโน้มของการรับรู้เชิงพื้นที่และศักยภาพจากการใช้สื่อสัมผัสในระยะเริ่มต้นของการวิจัย มิได้มีเป้าหมายเพื่อเป็นตัวแทนของประชากรในวงกว้าง

4.3 เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือหลักในการวิจัยคือ สื่อสัมผัส (Tactile model) ในรูปแบบแบบจำลองห้องนอน ซึ่งพัฒนาจากข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เชิงลึกเกี่ยวกับความต้องการด้านขนาดพื้นที่ สัดส่วน และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ที่จำเป็นต่อการใช้งาน นอกจากนี้ ผู้วิจัยใช้แนวคำถามสำหรับการสัมภาษณ์เชิงลึก และแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรมเป็นเครื่องมือสนับสนุนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อศึกษาประสบการณ์และความต้องการในการใช้งานห้องนอนของผู้พิการทางการมองเห็น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เพื่อพัฒนาสื่อสัมผัสในรูปแบบแบบจำลองห้องนอน เมื่อพัฒนาสื่อแล้ว ผู้วิจัยนำสื่อสัมผัสไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้ผู้เข้าร่วมทดลองสำรวจและจัดวางองค์ประกอบภายในแบบจำลองผ่านการสัมผัส พร้อมทั้งมีการอธิบายประกอบด้วยวาจาเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา (Descriptive analysis) โดยอาศัยการสังเกตพฤติกรรมการรับรู้เชิงพื้นที่ การแยกแยะองค์ประกอบ การอธิบายตำแหน่งและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในห้อง ร่วมกับการสังเคราะห์ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้เข้าร่วมทดลอง ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายแนวโน้มและศักยภาพของสื่อสัมผัสในการถ่ายทอดหลักการออกแบบห้องนอนในระดับการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อสัมผัสเพื่อการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น เป็นการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้นที่มุ่งเน้นการออกแบบสื่อการเรียนรู้โดยมีผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง

ดังนั้น แนวคิดและทฤษฎีที่นำมาใช้จึงทำหน้าที่เป็นกรอบในการพัฒนาทดลอง และอธิบายผลการวิจัย มากกว่าการใช้เพื่อทดสอบเชิงสมมติฐาน โดยสามารถจำแนกแนวคิดที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

5.1 แนวคิดการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)

การคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ที่มุ่งทำความเข้าใจผู้ใช้งานอย่างลึกซึ้ง และใช้การสร้างต้นแบบเป็นเครื่องมือในการทดลองและปรับปรุงแนวทางแก้ไขอย่างต่อเนื่อง แนวคิดดังกล่าวเน้นการออกแบบโดยยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง และการพัฒนานวัตกรรมจากปัญหาและประสบการณ์จริงของผู้ใช้งาน (ศศิธร สุขสำราญ, 2564) กระบวนการคิดเชิงออกแบบประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การทำความเข้าใจผู้ใช้งาน (Empathize) การกำหนดปัญหา (Define) การระดมความคิด (Ideate) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และการทดสอบ (Test) ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการพัฒนาสื่อการเรียนรู้สำหรับผู้พิการทางการมองเห็น เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยนำประสบการณ์ของผู้ใช้งานจริงมาสังเคราะห์เป็นแนวทางการออกแบบและปรับปรุงสื่อจากผลการทดลองในระดับเบื้องต้น ในการวิจัยนี้ แนวคิด Design Thinking ถูกใช้เป็นกรอบหลักในการพัฒนาสื่อสัมผัส โดยเฉพาะในขั้นการทำความเข้าใจผู้ใช้งานและการกำหนดปัญหา ซึ่งช่วยให้การออกแบบสื่อสัมผัสมีความสอดคล้องกับบริบทการใช้งานห้องนอนและข้อจำกัดด้านการรับรู้ของผู้พิการทางการมองเห็น

5.2 แนวคิดการเรียนรู้เชิงพหุประสาทสัมผัส (Multisensory Learning)

แนวคิดการเรียนรู้เชิงพหุประสาทสัมผัสอธิบายว่าการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถใช้ประสาทสัมผัสมากกว่าหนึ่งช่องทางร่วมกัน เช่น การสัมผัส การฟัง และการเคลื่อนไหว การประสานข้อมูลจากหลายประสาทสัมผัสช่วยเสริมสร้างความเข้าใจและการจดจำ โดยเฉพาะในกรณีที่การรับรู้ผ่านการมองเห็นไม่สามารถทำหน้าที่เป็นช่องทางหลักได้ (Shams & Seitz, 2551) งานวิจัยด้านการรับรู้เชิงพื้นที่ของผู้พิการทางการมองเห็นชี้ให้เห็นว่าการสัมผัสสามารถทำหน้าที่เป็นช่องทางสำคัญในการรับรู้ขนาด สัดส่วน และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในสภาพแวดล้อม หากมีสื่อที่ออกแบบอย่างเหมาะสม การใช้สื่อสัมผัสจึงสามารถช่วยแปลงข้อมูลเชิงนามธรรมด้านพื้นที่ให้กลายเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่จับต้องได้และสนับสนุนความเข้าใจเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้นำแนวคิด Multisensory Learning มาใช้เป็นฐานในการออกแบบสื่อสัมผัส โดยมุ่งให้ผู้ใช้งานสามารถรับรู้พื้นที่และองค์ประกอบภายในห้องนอนผ่านการสัมผัส ร่วมกับการอธิบายด้วยวาจา เพื่อเสริมสร้างการเรียนรู้เชิงพื้นที่ในลักษณะที่เหมาะสมกับผู้พิการทางการมองเห็น

5.3 แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal Design)

แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนมุ่งเน้นการออกแบบสภาพแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ และกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถเข้าถึงและใช้งานได้โดยผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย โดยไม่จำเป็นต้องปรับแก้เป็นกรณีเฉพาะ แนวคิดนี้ให้ความสำคัญกับความเท่าเทียม ความยืดหยุ่น และการเข้าถึงได้ของผู้ใช้งานทุกกลุ่ม (Steinfeld & Maisel, 2562) งานวิจัยร่วมสมัยชี้ให้เห็นว่าแนวคิด Universal Design ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการออกแบบทางกายภาพของอาคารเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงกระบวนการเรียนรู้และสื่อการเรียนรู้ที่เอื้อต่อผู้ใช้ที่มีความสามารถในการรับรู้แตกต่างกัน (Persson et al., 2564) นอกจากนี้ การนำมุมมองและประสบการณ์ของผู้พิการทางการมองเห็นเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการออกแบบ ยังช่วยเปิดมิติใหม่ในการทำความเข้าใจพื้นที่และการใช้งานสถาปัตยกรรม (Heylighen & Herssens, 2562) ในบริบทของการวิจัยนี้ แนวคิด Universal Design ถูกใช้เป็นกรอบเชิงคุณค่าในการพัฒนาสื่อสัมผัส เพื่อสนับสนุนการเข้าถึงองค์ความรู้ด้านการออกแบบของผู้พิการทางการมองเห็น และลดข้อจำกัดที่เกิดจากการพึ่งพาการรับรู้ผ่านการมองเห็นเพียงช่องทางเดียว แม้ว่าสื่อที่พัฒนาขึ้นจะมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายเฉพาะ แต่แนวคิดและกระบวนการออกแบบสามารถต่อยอดไปสู่การพัฒนาสื่อการเรียนรู้ที่ครอบคลุมผู้ใช้งานที่มีความหลากหลายยิ่งขึ้นในอนาคต

5.4 มาตรฐานขนาดเฟอร์นิเจอร์และพื้นที่ใช้งาน

การกำหนดขนาดพื้นที่และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ในการวิจัยนี้อ้างอิงจากมาตรฐานขนาดเฟอร์นิเจอร์สากล เพื่อใช้เป็นกรอบเบื้องต้นในการถ่ายทอดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในสื่อสัมผัส มาตรฐานดังกล่าวช่วยให้การออกแบบแบบจำลองห้องนอนมีความสมจริง และสะท้อนลักษณะการใช้งานทั่วไปของพื้นที่อยู่อาศัย (First In Architecture, n.d.) อย่างไรก็ตาม การใช้มาตรฐานขนาดดังกล่าวในงานวิจัยนี้มิได้มุ่งเน้นการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือการกำหนดมาตรฐานเชิงบังคับ แต่ใช้เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ในระดับพื้นฐาน และช่วยให้ผู้พิการทางการมองเห็นสามารถทำความเข้าใจขนาด สัดส่วน และการจัดวางองค์ประกอบภายในห้องนอนได้อย่างเป็นรูปธรรมในบริบทของการทดลองเบื้องต้น

6. ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยในหมวดนี้เป็นการวิเคราะห์เชิงพรรณนา เพื่อสะท้อนแนวโน้มและศักยภาพของสื่อสัมผัสในการสนับสนุนการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น โดยภาพรวม ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าสื่อสัมผัสสามารถถ่ายทอดโครงสร้างเชิงพื้นที่ บทบาทขององค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ และความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งภายในห้องนอนได้อย่างเป็นระบบ ช่วยให้การตีความข้อมูลจากตารางในแต่ละรายการมีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันก่อนนำไปสู่การอภิปรายผลในเชิงแนวคิด ทั้งนี้ ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 5 ประเด็นหลักตามลำดับกระบวนการวิจัย ดังนี้

6.1 ผลการศึกษาความต้องการด้านพื้นที่และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์

ผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้พิการทางการมองเห็นทั้งผู้ตาบอดสนิทและผู้มีสายตาเลือนราง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความเห็นสอดคล้องกันเกี่ยวกับขนาดห้องนอนที่เหมาะสมต่อการใช้งาน โดยเสนอว่าพื้นที่ประมาณ 4 × 6 เมตร มีความเหมาะสมต่อการเคลื่อนไหว การจัดวางเฟอร์นิเจอร์ และการใช้งานในชีวิตประจำวัน ข้อมูลพื้นฐานของผู้ให้สัมภาษณ์และบริบทการใช้งานพื้นที่แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะพื้นฐานของผู้ให้ข้อมูลและบริบทการใช้งานพื้นที่ห้องนอน

ประเด็นข้อมูล	ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 1	ผู้ให้สัมภาษณ์คนที่ 2	นัยต่อการวิเคราะห์เชิงวิชาการ
เพศ	ชาย	หญิง	ความแตกต่างทางเพศไม่ใช่ตัวแปรในการวิเคราะห์
อายุ (ปี)	25	24	อยู่ในช่วงวัยใกล้เคียงกัน ลดผลของอายุต่อการรับรู้
ระดับการมองเห็น	สายตาเลือนราง	ตาบอดสนิท	สะท้อนระดับการรับรู้ผ่านการสัมผัสที่แตกต่างกัน
ประสบการณ์การใช้ห้องนอน	ใช้งานเป็นประจำ	ใช้งานเป็นประจำ	มีประสบการณ์ตรงในการใช้พื้นที่ส่วนตัว
ขนาดห้องนอนปัจจุบัน	5 × 5 เมตร	3 × 3 เมตร	บริบทพื้นที่เดิมแตกต่าง ส่งผลต่อการรับรู้ขนาด
ขนาดห้องที่เห็นว่าเหมาะสม	4 × 6 เมตร		ความเห็นสอดคล้องกันแม้มีบริบทต่างกัน
ลักษณะการใช้พื้นที่	พักผ่อนและทำกิจกรรมส่วนตัว		รูปแบบการใช้งานพื้นฐานคล้ายคลึงกัน

ในด้านองค์ประกอบภายในห้องนอน กลุ่มตัวอย่างสามารถจำแนกเฟอร์นิเจอร์ออกเป็นเฟอร์นิเจอร์หลักและเฟอร์นิเจอร์เสริมตามบทบาทเชิงพื้นที่และความจำเป็นต่อการใช้งานจริง เฟอร์นิเจอร์หลักประกอบด้วย เตียง ตู้เสื้อผ้า โต๊ะทำงาน และโต๊ะเครื่องแป้ง ขณะที่เฟอร์นิเจอร์เสริม เช่น โต๊ะหัวเตียง ตู้เก็บของ และโซฟา ถูกมองว่าไม่จำเป็นต่อการใช้งานพื้นฐานในทุกกรณี รายละเอียดการจำแนกประเภทและบทบาทเชิงพื้นที่ของเฟอร์นิเจอร์แสดงไว้ใน ตารางที่ 2 ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นเงื่อนไขตั้งต้นในการพัฒนาสื่อสัมผัส

ตารางที่ 2 การจำแนกประเภทเฟอร์นิเจอร์สำหรับห้องนอนและบทบาทเชิงพื้นที่จากการสัมภาษณ์

รายการเฟอร์นิเจอร์	ความเห็นของผู้ให้สัมภาษณ์	บทบาทเชิงพื้นที่	นัยต่อการรับรู้ของผู้พิการทางการมองเห็น	การนำไปใช้ในสื่อสัมผัส
เตียง (คิงไซส์) 1.93 × 1.91 × 0.55 ม.	เห็นว่าจำเป็น	องค์ประกอบหลักของพื้นที่พักผ่อน	เป็นจุดอ้างอิงตำแหน่งและทิศทางภายในห้อง	เฟอร์นิเจอร์หลัก
ตู้เสื้อผ้า 60 × 120 × 200 ม.		องค์ประกอบแนวตั้งของพื้นที่	ช่วยรับรู้ขอบเขตและโครงสร้างเชิงตั้ง	
โต๊ะ/เก้าอี้ทำงาน 75 × 150 × 75 ม.		พื้นที่กิจกรรมเฉพาะ	สะท้อนการแบ่งพื้นที่ใช้งาน	
โต๊ะเครื่องแป้ง 45 × 135 × 75 ม.		พื้นที่กิจกรรมส่วนบุคคล	ช่วยแยกแยะหน้าที่ของพื้นที่	
โต๊ะหัวเตียง 45 × 45 × 55 ม.	บางรายเห็นว่าจำเป็น	องค์ประกอบรองใกล้เตียง	มีผลต่อการรับรู้รายละเอียดใกล้ตัว	เฟอร์นิเจอร์เสริม
ตู้เก็บของ / ชั้นวางของ 50 × 100 × 100 ม.		องค์ประกอบจัดเก็บ	ช่วยรับรู้ลำดับการใช้งาน	
โซฟา 95 × 150 × 80 ม.	เห็นว่าไม่จำเป็น	พื้นที่พักผ่อนรอง	ไม่จำเป็นต่อการรับรู้หลัก	

6.2 ผลการกำหนดขนาดเฟอร์นิเจอร์อ้างอิง

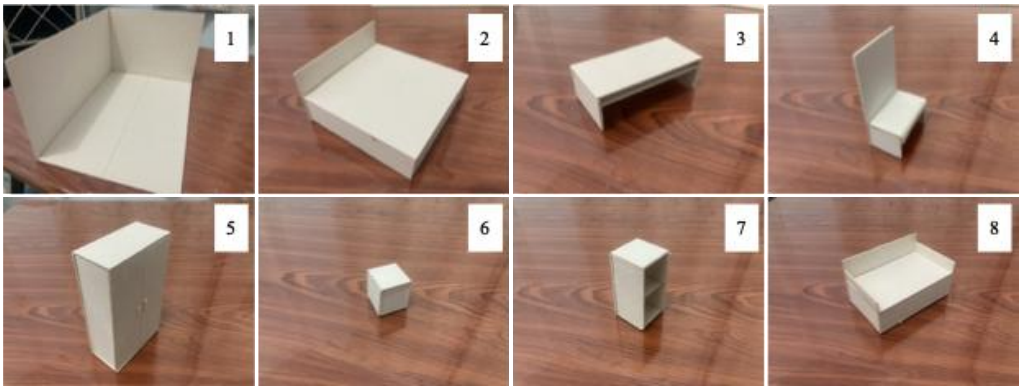
จากข้อมูลการสัมภาษณ์และการทบทวนมาตรฐานขนาดเฟอร์นิเจอร์ทั่วไป ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดเฟอร์นิเจอร์อ้างอิงสำหรับการพัฒนาสื่อสัมผัส โดยคำนึงถึงบทบาทเชิงพื้นที่และความเหมาะสมต่อการถ่ายทอดความสัมพันธ์เชิงสัดส่วนในแบบจำลอง ขนาดเฟอร์นิเจอร์อ้างอิงดังกล่าวไม่ได้ใช้เพื่อการออกแบบเชิงวิศวกรรม แต่ใช้เป็นเกณฑ์เชิงพื้นที่สำหรับการทดลองรับรู้ รายละเอียดขนาดเฟอร์นิเจอร์และบทบาทเชิงพื้นที่แสดงไว้ใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดองค์ประกอบของสื่อสัมผัส (tactile model) และบทบาทเชิงการทดลอง

องค์ประกอบของสื่อสัมผัส	**ข้อกำหนดเชิงกายภาพ**	**วัตถุประสงค์เชิงการทดลอง**	**มิติการรับรู้ที่ประเมิน**	**บทบาทในกระบวนการวิจัย**
ขนาดพื้นที่อ้างอิง	ห้องขนาด 4 × 6 เมตร	ใช้เป็นกรอบพื้นที่มาตรฐานในการทดลอง	การรับรู้ขนาดและรูปทรงพื้นที่	กำหนดบริบทเชิงพื้นที่ร่วมกัน
มาตราส่วน (Scale)	1:20	ลดขนาดพื้นที่ให้เหมาะสมกับการสัมผัสด้วยมือ	การรับรู้ความสัมพันธ์เชิงสัดส่วน	ควบคุมความแม่นยำของการรับรู้
ขนาดโมเดล	ประมาณ 20 × 30 ซม.	ให้ผู้เข้าร่วมสามารถสำรวจได้ทั่วถึง	การรับรู้ภาพรวมเชิงพื้นที่	สนับสนุนการสำรวจเชิงลำดับ
เฟอร์นิเจอร์หลัก	เตียง, ตู้เสื้อผ้า, โต๊ะทำงาน, โต๊ะเครื่องแป้ง	ถ่ายทอดโครงสร้างหลักของห้องนอน	การรับรู้บทบาทและตำแหน่ง	ตัวแปรหลักในการประเมิน
เฟอร์นิเจอร์เสริม	โซฟา, โต๊ะหัวเตียง, ตู้เก็บของ	เปรียบเทียบลำดับความสำคัญขององค์ประกอบ	การรับรู้ลำดับเชิงพื้นที่	ตัวแปรรองในการวิเคราะห์
ลักษณะโมเดล	ชิ้นส่วนถอด–จัดวางใหม่ได้	ทดลองการรับรู้ตำแหน่งและความสัมพันธ์	การรับรู้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่	ใช้ทดสอบการจัดวางและการจดจำ

6.3 ผลการพัฒนาสื่อสัมผัส (Tactile Model)

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลด้านขนาดพื้นที่และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์มาพัฒนาแบบจำลองห้องนอนในรูปแบบสื่อสัมผัส (รูปที่ 1) โดยกำหนดมาตราส่วนของโมเดลที่ 1:20 เพื่อให้เหมาะสมกับการสำรวจด้วยมือ องค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ถูกออกแบบให้มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น รูปทรง ขนาด สัดส่วน และรายละเอียดนูนต่ำเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถแยกแยะและรับรู้บทบาทขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในห้องนอนได้ นอกจากนี้ เฟอร์นิเจอร์ภายในโมเดลถูกออกแบบให้สามารถถอดและจัดวางใหม่ได้ เพื่อใช้ในการทดลองรับรู้ตำแหน่งและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ การกำหนดองค์ประกอบของสื่อสัมผัสและบทบาทเชิงการทดลองของแต่ละส่วนแสดงไว้ใน ตารางที่ 4



รูปที่ 1 สื่อสัมผัส: 1) พื้นที่ห้อง 2) เตียง 3) โต๊ะสำหรับทำงาน 4) โต๊ะเครื่องแป้ง 5) ตู้เสื้อผ้า 6) โต๊ะหัวเตียง 7) ตู้เก็บของ/ชั้นวางของ 8) โซฟา

ตารางที่ 4 ผลการประเมินการรับรู้เชิงพื้นที่และองค์ประกอบของสื่อสัมผัส (Tactile model) ห้องนอน

องค์ประกอบของสื่อสัมผัส	ลักษณะเชิงกายภาพที่ออกแบบ	มิติการรับรู้ที่ประเมิน	ผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่าง	การตีความเชิงวิชาการ
พื้นที่ห้อง	พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบ่งเป็น 6 ช่อง (2×3)	การรับรู้รูปทรงและขนาดพื้นที่	สามารถรับรู้รูปทรงและขนาดรวมของห้องได้ถูกต้อง จากเส้นที่เป็นรอยขนาด 2×3	สื่อสัมผัสสามารถถ่ายทอดโครงสร้างเชิงพื้นที่ในระดับภาพรวมได้
เตียง (คิงไซส์)	รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน มีส่วนหัวสูง	รูปทรง / ขนาด / หน้าที่	ระบุได้ว่าเป็นเตียง และเป็นองค์ประกอบหลัก และบ่งบอกได้ว่าเป็นเตียงจากการสัมผัสลักษณะ	ลักษณะทางกายภาพช่วยสื่อบทบาทเชิงหน้าที่ของเฟอร์นิเจอร์ได้ชัดเจน
โต๊ะทำงาน	รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีช่องกลาง	รูปทรง / การใช้งาน	แยกแยะจากเฟอร์นิเจอร์อื่นได้จากการมีขนาดใหญ่กว่าโต๊ะเครื่องแป้ง	รายละเอียดเชิงสัมผัสช่วยสนับสนุนการตีความเชิงหน้าที่
โต๊ะเครื่องแป้ง	รูปทรงคล้ายโต๊ะทำงาน แต่มีส่วนยื่นสูง	ความแตกต่างเชิงรูปแบบ	แยกแยะได้จากโต๊ะทำงาน แต่จะมีกระจกยื่นขึ้นมาสูงๆ	ความแตกต่างเชิงรายละเอียดช่วยลดความสับสน
ตู้เสื้อผ้า	รูปทรงแนวตั้ง มีปุ่มนูนเป็นที่จับ	รูปทรง / การใช้งาน	ระบุได้ว่าเป็นตู้เก็บเสื้อผ้า มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	การออกแบบพื้นผิวช่วยเสริมการรับรู้เชิงหน้าที่
โต๊ะหัวเตียง	รูปทรงจตุรัส ขนาดเล็ก	ขนาดสัมพันธ์	รับรู้ว่าเป็นองค์ประกอบรองเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส และมีขนาดเล็กสุด	สื่อถึงลำดับความสำคัญขององค์ประกอบในพื้นที่
ตู้เก็บของ / ชั้นวาง	แนวตั้ง มีช่องและแท่นวาง	โครงสร้าง / การใช้งาน	ระบุการใช้งานได้ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่มีขนาดเล็กกว่าตู้เสื้อผ้า มีช่องตรงกลาง 2 ช่อง	โครงสร้างเชิงสัมผัสช่วยถ่ายทอดหน้าที่
โซฟา	แนวนอน มีพนักพิงและที่วางแขน	รูปทรง / การใช้งาน	รับรู้ว่าเป็นที่นั่งพักผ่อน มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าแนวนอน มีพนักพิง	รูปทรงเชิงกายภาพช่วยเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใช้งานจริง

หมายเหตุ: การประเมินการรับรู้ดำเนินการในลักษณะเชิงคุณภาพ โดยอาศัยการสังเกตพฤติกรรม การตอบคำถาม และการอธิบายด้วยวาจาของผู้เข้าร่วมทดลอง ทั้งนี้ผลการประเมินมุ่งสะท้อนแนวโน้มและศักยภาพของสื่อสัมผัสในระดับการทดลองเบื้องต้น

6.4 ผลการทดสอบการรับรู้เชิงพื้นที่ผ่านสื่อสัมผัส

ผลจากการทดสอบสื่อสัมผัสกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่าผู้เข้าร่วมทดลองสามารถรับรู้ลักษณะพื้นที่ห้องนอนในภาพรวมได้จากการสัมผัสขอบเขตและพื้นผิวของโมเดล โดยสามารถอธิบายรูปทรง ขนาด และการแบ่งพื้นที่ของห้องนอนได้อย่างถูกต้อง ในส่วนขององค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ กลุ่มตัวอย่างสามารถแยกแยะเฟอร์นิเจอร์หลักและเฟอร์นิเจอร์เสริมได้จากลักษณะเชิงกายภาพของโมเดล เช่น ขนาด รูปทรง และตำแหน่งที่จัดวาง ผลการประเมินการรับรู้เชิงพื้นที่และบทบาทขององค์ประกอบแต่ละรายการแสดงไว้ใน ตารางที่ 5 ซึ่งสะท้อนว่าสื่อสัมผัสช่วยเสริมความเข้าใจด้านตำแหน่ง ความสัมพันธ์ และลำดับความสำคัญขององค์ประกอบภายในห้องนอน

6.5 ผลการสังเกตพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมทดลอง

จากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างการทดลอง พบว่าผู้เข้าร่วมทดลองมีรูปแบบการสำรวจโมเดลอย่างเป็นลำดับ โดยเริ่มจากการรับรู้ขอบเขตพื้นที่โดยรวม ก่อนจะค่อย ๆ สำรวจรายละเอียดของเฟอร์นิเจอร์แต่ละชิ้น การสัมผัสซ้ำช่วยเพิ่มความสามารถในการจดจำตำแหน่งขององค์ประกอบและอธิบายความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น ความคิดเห็นของผู้เข้าร่วมทดลองสะท้อนว่าสื่อสัมผัสช่วยให้เข้าใจการจัดวางพื้นที่และองค์ประกอบภายในห้องนอนได้ง่ายขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการอธิบายด้วยวาจาเพียงอย่างเดียว และช่วยเสริมความมั่นใจในการจินตนาการภาพรวมของพื้นที่

7. อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยมุ่งอธิบายความหมายของผลการทดลองเบื้องต้น โดยเชื่อมโยงกับกรอบแนวคิดการคิดเชิงออกแบบ แนวคิดการเรียนรู้เชิงพหุประสาทสัมผัส และแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน เพื่อสะท้อนบทบาทและศักยภาพของสื่อสัมผัสในการสนับสนุนการเรียนรู้หลักการออกแบบสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสื่อสัมผัสช่วยส่งเสริมการรับรู้เชิงพื้นที่ของผู้พิการทางการมองเห็น ทั้งในด้านภาพรวมของพื้นที่ ขนาด สัดส่วน และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในห้อง การแปลงข้อมูลเชิงนามธรรมให้เป็นประสบการณ์การสัมผัสที่จับต้องได้ช่วยให้ผู้เข้าร่วมทดลองสามารถอธิบายรูปทรงและการจัดวางพื้นที่ได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงพหุประสาทสัมผัสที่เน้นการใช้ประสาทสัมผัสหลายช่องทางในการเสริมสร้างความเข้าใจ

กระบวนการคิดเชิงออกแบบมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาสื่อสัมผัสให้สอดคล้องกับบริบทการใช้งานจริง โดยเฉพาะการนำข้อมูลจากประสบการณ์ของผู้ใช้งานมาสังเคราะห์เป็นขนาดพื้นที่และองค์ประกอบเฟอร์นิเจอร์ที่มีความหมาย การออกแบบให้โมเดลสามารถถอดและจัดวางใหม่ได้ช่วยส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อและเอื้อต่อการสังเกตพฤติกรรมการรับรู้เชิงพื้นที่ในกระบวนการทดลอง ในมุมมองของการออกแบบเพื่อทุกคน ผลการวิจัยสะท้อนว่าสื่อสัมผัสสามารถทำหน้าที่เป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยลดข้อจำกัดในการเข้าถึงองค์ความรู้ด้านการออกแบบของผู้พิการทางการมองเห็น แม้ว่าสื่อจะมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายเฉพาะ แต่แนวคิดและกระบวนการพัฒนาสามารถนำไปต่อยอดสู่การออกแบบสื่อการเรียนรู้สำหรับผู้ใช้งานที่มีความหลากหลายด้านการรับรู้ได้

เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น ผลการทดลองจึงสะท้อนแนวโน้มและความเป็นไปได้ มากกว่าการสรุปผลเชิงทั่วไป ข้อจำกัดด้านขนาดกลุ่มตัวอย่างและการประเมินเชิงคุณภาพควรถูกนำมาพิจารณาในการตีความผล ทั้งนี้ ผลการวิจัยยังสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงแนวคิดและเชิงกระบวนการสำหรับการพัฒนางานวิจัยและสื่อการเรียนรู้ด้านสถาปัตยกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนในอนาคต

สุดท้ายนี้ เพื่อป้องกันการตีความผลการวิจัยเกินขอบเขตของการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น วิจัยนี้มุ่งนำเสนอคุณค่าในเชิงการออกแบบสื่อการเรียนรู้ (Educational design) และการสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้เชิงพื้นที่สำหรับผู้พิการทางการมองเห็น มากกว่าการประเมินสมรรถนะเชิงสถาปัตยกรรมของพื้นที่ใช้งานจริง

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

8.1 บทสรุป

การวิจัยเรื่องการพัฒนาสื่อสัมผัสเพื่อการเรียนรู้หลักการออกแบบห้องนอนสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น เป็นการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้นที่มุ่งพัฒนาและทดสอบศักยภาพของสื่อสัมผัสในฐานะเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นกรอบในการดำเนินการวิจัย ตั้งแต่การศึกษาความต้องการของผู้ใช้งาน การพัฒนาสื่อ ไปจนถึงการทดสอบการรับรู้เชิงพื้นที่ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสื่อสัมผัสสามารถช่วยส่งเสริมการรับรู้ขนาด สัดส่วน ทิศทาง และความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในห้องนอนได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการอธิบายด้วยวาจา ผู้เข้าร่วมทดลองสามารถทำความเข้าใจการจัดวางพื้นที่และบทบาทของเฟอร์นิเจอร์ได้ดีขึ้น สะท้อนให้เห็นว่าสื่อสัมผัสมีศักยภาพในการเป็นเครื่องมือถ่ายทอดหลักการออกแบบขั้นพื้นฐานสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ของการศึกษานี้เป็นการสะท้อนแนวโน้มและความเป็นไปได้ในระดับการทดลองเบื้องต้น มิได้มุ่งสรุปผลเชิงเปรียบเทียบหรืออ้างอิงเชิงทั่วไป ทั้งนี้ ผลการวิจัยสามารถทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลเชิงแนวคิดและเชิงกระบวนการสำหรับการพัฒนางานวิจัยและสื่อการเรียนรู้ด้านการออกแบบที่สอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนในอนาคต

8.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาเชิงทดลองเบื้องต้น งานวิจัยนี้สะท้อนให้เห็นว่าสื่อสัมผัสมีศักยภาพในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงพื้นที่ของผู้พิการทางการมองเห็น อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่อยอดในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านระดับการมองเห็น ประสบการณ์การใช้งานพื้นที่ และบริบทการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถอธิบายความแตกต่างของการรับรู้เชิงพื้นที่ได้อย่างรอบด้านยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การพัฒนาสื่อสัมผัสร่วมกับสื่อการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น สื่อเสียงหรือสื่อดิจิทัล อาจช่วยเสริมประสบการณ์การเรียนรู้เชิงพหุประสาทสัมผัส และเพิ่มความชัดเจนในการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบ ในขณะเดียวกัน แนวคิดและกระบวนการพัฒนาสื่อสัมผัสจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ประเภทอื่นภายในอาคาร เพื่อขยายขอบเขตการเรียนรู้ด้านการออกแบบสำหรับผู้พิการทางการมองเห็นให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ศศิธร สุขสำราญ. (2021). การคิดเชิงออกแบบ (Design thinking): กระบวนการสร้างสรรค์นวัตกรรมโดยยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[2] Ebersold, S., & Dupont, C. (2020). Inclusive education and accessibility: The role of learning environments for students with visual impairments. International Journal of Inclusive Education, 24(12), 1285–1301. https://doi.org/10.1080/13603116.2018.1542362

[3] First In Architecture. (n.d.). Metric data 08: Standard furniture sizes. https://www.firstinarchitecture.co.uk/metric-data-08-standard-furniture-sizes/

[4] Froyen, H., Van der Linden, V., & Heylighen, A. (2022). Bedroom design and daily spatial practices of people with visual impairments. Journal of Housing and the Built Environment, 37(2), 721–739. https://doi.org/10.1007/s10901-021-09869-1

[5] Giudice, N. A., Palani, H. P., Brenner, E., & Kramer, K. M. (2020). Learning non-visual spatial representations through touch: Implications for accessible architectural design. Frontiers in Psychology, 11, 1–14. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00956

[6] Heylighen, A., & Herssens, J. (2019). Designerly ways of not knowing: What designers can learn about space from people who are blind. Journal of Urban Design, 24(3), 317–332. https://doi.org/10.1080/13574809.2019.1569506

[7] Pérez-García, M., González, M., & Caballero-Gil, P. (2021). Tactile models as learning tools for architectural space understanding by visually impaired users. Sustainability, 13(9), 1–18. https://doi.org/10.3390/su13095072

[8] Persson, H., Åhman, H., Yngling, A. A., & Gulliksen, J. (2021). Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: Different concepts—one goal? Universal Access in the Information Society, 20(2), 201–214. https://doi.org/10.1007/s10209-020-00751-6

[9] Shams, L., & Seitz, A. R. (2008). Benefits of multisensory learning. Trends in Cognitive Sciences, 12(11), 411–417. https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.006

[10] Steinfeld, E., & Maisel, J. L. (2012). Universal design: Creating inclusive environments. John Wiley & Sons.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาเพื่อออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์สำหรับคอนโดมิเนียมขนาดเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

A Study of Lanna Identity for Designing Multipurpose Furniture for Small Condominiums Mueang Chiang Mai District

ธัชพงศ์ พิพัฒนชัยพงศ์ และ ตระกูลพันธ์ พัชรเมธา*

สาขาวิชาการออกแบบสร้างสรรค์ ภาควิชาการออกแบบ คณะศิลปกรรมและสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
*E-mail: hounktp@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาของจังหวัดเชียงใหม่ 2) เพื่อออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จากความต้องการของผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก 3) เพื่อประเมินผลความพึงพอใจต่อแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็กจำนวน 147 คนในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่ เป็นกระบวนการวิจัยเชิงปริมาณ เครื่องมือในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบสอบถามความต้องการของผู้อาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก 2) แบบประเมินผลแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย สรุปได้ 3 ส่วน ดังนี้ 1) ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ล้านนา พบว่า มีจำนวน 12 อัตลักษณ์ที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ 2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก พบว่า มีความต้องการเฟอร์นิเจอร์เตียงนอน อเนกประสงค์สไตล์มินิมอลลิส โดยใช้อัตลักษณ์ยี่เป็งของล้านนาเป็นแนวทางการออกแบบ 3) ผลการออกแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ ได้เฟอร์นิเจอร์เตียงนอน จำนวน 3 รูปแบบ และนำไปประเมินผลความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ พบว่า แบบร่างที่ 1 - 3 มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งเรียงลำดับค่าเฉลี่ยรวมจากมากไปน้อย คือ แบบร่างที่ 3 ($\bar{X}$=4.19) แบบร่างที่ 2 ($\bar{X}$=3.90) และแบบร่างที่ 1 ($\bar{X}$=3.83) ตามลำดับ จากผลการออกแบบเฟอร์นิเจอร์โดยใช้อัตลักษณ์ล้านนา สามารถเพิ่มคุณค่าและมูลค่าในเชิงพาณิชย์ได้ สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลเกี่ยวกับ อำนาจละมุล (Soft power)

คำสำคัญ: อัตลักษณ์ล้านนา เฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ คอนโดมิเนียมขนาดเล็ก

Abstract

The objectives of this research were: 1) to study the Lanna identity of Chiang Mai Province; 2) to design multifunctional furniture based on the needs of residents living in small-sized condominium units; and 3) to evaluate satisfaction with the multifunctional furniture design sketches by design experts. The population and sample consisted of 147 residents living in small-sized condominiums in Mueang Chiang Mai District. This study employed a quantitative research approach. The research instruments included: 1) a questionnaire on the needs of residents in small-sized condominiums, and 2) an evaluation form for the multifunctional furniture design sketches assessed by design experts. Data were analyzed using percentage, mean, and standard deviation.

The research findings can be summarized into three parts. 1) the analysis of Lanna identity revealed 12 distinctive elements that were used as guidelines for furniture design. 2) the analysis of residents' needs indicated a demand for multifunctional bed furniture in a minimalist style, with the Lanna Yi Peng identity serving as the primary design concept. 3) the design process resulted in three multifunctional bed furniture prototypes. These prototypes were evaluated for satisfaction by design experts, and the results showed that all three design sketches achieved an overall mean score at a good level. Ranked from highest to lowest overall mean scores, the results were as follows: Design Sketch 3 ($\bar{x}$ = 4.19), Design Sketch 2 ($\bar{x}$ = 3.90), and Design Sketch 1 ($\bar{x}$ = 3.83), respectively.

The results indicate that furniture design incorporating Lanna identity can enhance both aesthetic value and commercial value, aligning with government policies related to Soft Power.

Keywords: Lanna identity, Multipurpose furniture, Small condominium

1. บทนำ

สถานการณ์เศรษฐกิจที่ถดถอยทั่วโลกและกระแสสังคมปัจจุบันของโลกเปลี่ยนแปลง ประชากรโลกมีแนวโน้มพักอาศัยเพียงคนเดียวเพิ่มขึ้น จากกระแสสังคมของโลกและภาวะเศรษฐกิจ ทั้งการทำงานที่บ้าน (Work from home) และการถือกำเนิดของโซเชียลมีเดียทำให้ผู้คนพบกันในชีวิตจริงน้อยลง ทำให้มีแนวโน้มว่าคนจะเริ่มอาศัยอยู่ตามลำพังมากขึ้นและด้วยวิถีชีวิตในปัจจุบันที่ต้องการความสะดวกสบาย การคมนาคมที่สะดวกรวดเร็ว โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่สามารถตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนไปสำหรับในยุคนี้จึงมีแนวโน้มเป็นอาคารประเภทคอนโดมิเนียม ซึ่งตอบสนองต่อยุคปัจจุบันที่ต้องการความรวดเร็วจึงมักอยู่ใกล้ตัวเมือง ซึ่งมีอาคารพาณิชย์จำนวนมากที่ทำให้คนส่วนใหญ่เริ่มห่างไกลจากวัฒนธรรม ประเพณี ความเชื่อ ภูมิปัญญาของและอัตลักษณ์ความเป็นไทย จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่งผลทำให้วัฒนธรรม ประเพณี ความเชื่อ และภูมิปัญญา ที่เป็นมรดกทางวัฒนธรรมเหล่านี้ลดลงไปเป็นจำนวนมากในหลายท้องถิ่นและในหลายกรณีถูกปรับเปลี่ยนไปในลักษณะที่ทำให้เกิดปัญหาด้านรูปแบบและเอกลักษณ์ของที่อยู่อาศัยของท้องถิ่น [1] เนื่องจากเฟอร์นิเจอร์ในคอนโดมิเนียมในปัจจุบันมีเทรนด์ที่เปลี่ยนไปในแต่ละปี ซึ่งมีผลต่อทั้งดีไซน์ วัสดุ สี และเทคโนโลยี การเลือกที่สอดคล้องกับเทรนด์จะช่วยให้พื้นที่ดูทันสมัย มีมูลค่าเพิ่ม และตอบสนองต่อไลฟ์สไตล์ยุคใหม่อย่างลงตัว [2] จึงทำให้ขาดการอนุรักษ์และการสืบสารอัตลักษณ์ของไทยเดิมลง

จากการที่ผู้คนเริ่มจะลืมเลือนความเป็นไทยในสมัยก่อนลงตัวอย่างเช่น อัตลักษณ์ของล้านนา ผู้วิจัยจึงต้องการให้คนสมัยใหม่นั้นตระหนักถึงพื้นฐานของความเป็นไทยสมัยก่อน ดังนั้นเพื่อที่จะสืบสานและสื่อสารถึงเอกลักษณ์ความเป็นไทย โดยใช้อัตลักษณ์ของล้านนายังคงเป็นหนึ่งในวิถีชีวิตของคนไทยในอดีตซึ่งยังคงมีให้เห็นอยู่ จากการสืบสานหรือมีการอนุรักษ์จากบุคคลรุ่นหลังบางกลุ่มที่ยังอยู่ในปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงสนใจและต้องการนำเอาอัตลักษณ์ล้านนาของจังหวัดเชียงใหม่เพื่อศึกษา วิเคราะห์และนำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ให้มีรูปแบบร่วมสมัยเข้ากับยุคปัจจุบัน

และจากการพักอาศัยในเมืองจำนวนมากของประชากร จึงทำให้คอนโดมิเนียมมีข้อจำกัดในเรื่องของขนาดพื้นที่ ดังนั้นการพักอาศัยจึงมีข้อจำกัดทั้งเรื่องของการวางผังและการเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ ซึ่งหากวางแผนไม่ดีห้องก็จะคับแคบและบรรยากาศอึดอัด ความจำเป็นในการเลือกเฟอร์นิเจอร์ให้เหมาะสมจึงมีผลต่อการจัดสรรห้องพักขนาดเล็กให้ดูกว้างสบายตารวมถึงมีการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมขึ้น ซึ่งการเลือกซื้อเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ต่าง ๆ จำเป็นต้องคิดถึงประโยชน์ใช้สอยและการดีไซน์ ความคุ้มค่ากับพื้นที่ในคอนโดมิเนียม ปัจจุบันเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ถือได้ว่าเป็นหนึ่งในทางเลือกการตกแต่งบ้านที่เข้ามาช่วยแก้ปัญหา ข้อจำกัดเรื่องของพื้นที่ ซึ่งบ่อยครั้งการเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ที่มีความอเนกประสงค์ทำให้บรรยากาศการตกแต่งออกมาลงตัวกับพื้นที่ส่วนนั้น หรือห้องนั้น ๆ และได้ฟังก์ชั่นใช้งานที่ตอบโจทย์ผู้อยู่อาศัยมากกว่าการเลือกใช้เฟอร์นิเจอร์ชิ้นหลักที่มีประโยชน์การใช้งานตายตัว [3] รวมถึงวิถีชีวิตการทำงานในปัจจุบันที่มีการทำงานที่บ้านมากขึ้น (Work from home) โดยเฉพาะคนที่อาศัยอยู่ลำพัง ซึ่งการอยู่อาศัยในพื้นที่จำกัด ทำให้เกิดวิวัฒนาการในการออกแบบเพื่อตอบสนองการใช้ชีวิตให้ง่ายขึ้น ที่อยู่อาศัยที่ถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นแบบ Home Modular มีการใช้เฟอร์นิเจอร์แบบยืดหยุ่นที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ เพิ่ม หรือ ลด ได้ตามความต้องการของผู้อยู่อาศัย [4]

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงประสงค์ที่จะออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการที่ปรับเปลี่ยนไปตามยุคสมัยของผู้คน โดยเน้นที่พักอาศัยที่เป็นคอนโดมิเนียมขนาดเล็กมีพื้นที่จำกัดเป็นหลัก มีการบูรณาการและสอดแทรกอัตลักษณ์ของล้านนาให้มีความร่วมสมัยกับปัจจุบัน ซึ่งเป็นการส่งเสริมให้คนรุ่นใหม่ได้สัมผัสและรับรู้ถึงคุณค่าของวัฒนธรรมล้านนาอย่างสร้างสรรค์และยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาของจังหวัดเชียงใหม่

2.2 เพื่อออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนาจากความต้องการของผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก

2.3 เพื่อประเมินผลความพึงพอใจต่อแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

3. ขอบเขตการศึกษา

3.3 ขอบเขตด้านการศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาและการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ หาข้อมูลของอัตลักษณ์ล้านนาจากบทความวิจัย หาตัวอย่างของอัตลักษณ์ล้านนาที่สนใจ แล้วนำอัตลักษณ์จากกลุ่มตัวอย่างนั้นมาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมในการออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ร่วมสมัยและออกแบบเบื้องต้น โดยยึดหลักของการออกแบบที่เน้นประโยชน์ใช้สอยมาก่อนรูปลักษณ์ (Form follows function)

3.2 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง ได้แก่ กลุ่มผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียม โดยใช้เครื่องมือการสำรวจแบบออนไลน์เพื่อศึกษาความต้องการของผู้บริโภค

3.3 ขอบเขตด้านพื้นที่ ผู้พักอาศัยอยู่คอนโดมิเนียมในเขตอำเภอเมืองจังหวัดเชียงใหม่

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาเพื่อออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์สำหรับคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก ซึ่งดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังนี้

4.1 วิธีการศึกษาและเครื่องมือการวิจัย

4.1.1 วิธีการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษา ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก

2. ศึกษาเกี่ยวกับขนาดสัดส่วนเฟอร์นิเจอร์ภายในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก

3. ศึกษาหลักการออกแบบเกี่ยวกับเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์

4. ศึกษาอัตลักษณ์ล้านนา

5. ศึกษาขนาดสัดส่วนมนุษย์กับเฟอร์นิเจอร์

6. ศึกษาวัสดุและกรรมวิธีการผลิต

7. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง และการสร้างเครื่องมือวิจัย

1. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็กที่มีพื้นที่ใช้สอยภายในห้องพัก 20 – 30 ตร.ม ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากคอนโดมิเนียมในเขต อ.เมือง จ.เชียงใหม่จำนวน 5 แห่ง 1) The Next Jedyod Condominium 2) Moda Condominium 3) One plus Condominium CMU 4) Stylish Condominium 5) Seven-star Condominium ซึ่งอยู่ในแหล่งเศรษฐกิจในเขตอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นกลุ่มคนวัยทำงานโดยเก็บจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 147 คน ซึ่งใช้หลักการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างของ Taro Yamane จากกลุ่มประชากร 492 คน เพื่อให้ทราบจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องเก็บข้อมูล ซึ่งใช้สูตรการคำนวณได้ดังนี้

กำหนดให้ N = จำนวนประชากร

n = กลุ่มตัวอย่าง

e = ค่าความคาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง (0.07)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

$$n = \frac{492}{1 + 492(0.07)^2}$$

$$n = 144.25$$

2. สร้างเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลแบบมีโครงสร้างนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบ และแก้ไขให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาและวิเคราะห์อัตลักษณ์ล้านนาที่เหมาะสมในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ ซึ่งได้มาจากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีของ ลภัสรินทร์ ฉัตรวังคีรี [5] เกี่ยวกับลักษณะของอัตลักษณ์ล้านนา

2. นำแบบสอบถามความต้องการของผู้บริโภคไปให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมในเขต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ จำนวน 5 แห่ง ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 4 เดือน โดยผู้วิจัยนำแบบสอบถามไปให้กลุ่มตัวอย่างและเก็บกลับคืนทันที

3. เก็บรวบรวมข้อมูลจากเครื่องมือแบบสอบถามเพื่อนำมาใช้พิจารณาการออกแบบร่างของเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนา

4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามและนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบและประเมินผล

1. กำหนดแนวคิดการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนาโดยใช้ข้อมูลจากแบบสอบถาม ในการออกแบบแบบร่างของเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จำนวน 3 แบบ

2. ออกแบบแบบร่างในโปรแกรม SketchUp และนำไปประเมินผลแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

3. นำแบบร่างให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จำนวน 3 คน ทำการประเมินผลแบบร่างด้านการใช้งาน รูปแบบ และวัสดุที่ใช้

4. วิเคราะห์ผลการประเมินแบบร่างพัฒนาแบบร่างตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจากผลการประเมิน

4.1.2 เครื่องมือการวิจัย

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือการวิจัย ที่ใช้รวบรวมข้อมูลแบบมีโครงสร้างที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง และนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบ และแก้ไขให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. แบบสอบถามความต้องการเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับความคิดเห็น ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง โดยแบ่งเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลสถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ จำนวน 14 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์

2. แบบประเมินผลแบบร่างสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จำนวน 3 คน เกี่ยวกับระดับความพึงพอใจแบบร่างผลิตภัณฑ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง โดย แบ่งเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 1 ความพึงพอใจต่อแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ จำนวน 14 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ข้อมูลจากแบบสอบถามปลายเปิดโดยการสรุปข้อมูลที่คล้ายคลึงกันมาสรุปเป็นภาพรวมด้วยการพรรณนา

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 ประการของ วัชรินทร์ จรุงจิตสุนทร [6] 1) หน้าที่ใช้สอย (Function) 2) ความงาม (Aesthetics) 3) ความสะดวกในการใช้งาน (Ergonomics) 4) ความปลอดภัย (Safety) 5) โครงสร้าง (Construction) 6) ราคา (Cost) 7) วัสดุ (Materials) 8) กรรมวิธีการผลิต (Production) 9) การซ่อมบำรุงรักษา (Ease of maintenance) 10) การขนส่ง (Transportation)

5.2 ความหลากหลายของชาติพันธุ์เป็นจุดเริ่มต้นของวัฒนธรรมที่สืบทอดจนถึงปัจจุบัน เป็นสิ่งบ่งบอกถึงอัตลักษณ์ของกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ มีปัจจัยส่งผลให้เกิดเอกลักษณ์ที่มีความโดดเด่น ได้แก่ 1) ความเชื่อ หลักการของสังคมล้านนาเกิดจากความเคารพนับถือสิ่งที่ตนศรัทธาและการทำพิธีกรรมเพื่อให้เกิดความสบายใจในการดำรงชีวิต 2) วิถีชีวิตชุมชน การปฏิบัติกิจวัตรของบุคคลเป็นนิสัยจนเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตที่กลายเป็นอัตลักษณ์เฉพาะ 3) ศิลปะและวัฒนธรรม การสร้างสรรค์และถ่ายทอดภูมิความรู้ที่สื่อถึงอารมณ์ความรู้สึก จากความคิดและความงามที่ได้รับการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงด้วยการเรียนรู้จากประสบการณ์ 4) เอกลักษณะเฉพาะตน เป็นลักษณะเฉพาะที่สร้างขึ้นและเป็นความรู้เชิงอัตวิสัย (Subjective knowledge) ที่ประกอบด้วยข้อเท็จจริงและธรรมชาติของบุคคลจะมีการสะสมความรู้ที่แตกต่างกัน [7]

5.3 แนวคิดการออกแบบ Functional Style [8] ได้กล่าวว่า ทฤษฎีหน้าที่นิยม ประโยชน์ใช้สอยนิยม ประโยชน์นิยม คติคำนึงประโยชน์ ซึ่งทั้งหมดนี้มีความหมายเหมือนกันคือ แนวการออกแบบที่ให้ความสำคัญกับหน้าที่การใช้สอย โดยยึดถือการใช้สอยเป็นแกนสำคัญในการออกแบบ ซึ่งสามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้ 1) Form follow Function ในแง่หน้าที่ใช้สอย ไม่ว่าโดยตรงหรือโดยอ้อม รูปทรง (Form) จะต้องสะท้อนให้เห็นถึงสิ่งที่ออกแบบนั้นสามารถทำงานได้ 2) Form follow Function ในแง่ของโครงสร้างและวัสดุที่ใช้ในการสร้าง 3) Form follow Function ในแง่ของสุนทรียภาพ โดยสะท้อนให้เห็นถึงคุณค่าบางประการ ที่เกี่ยวโยงถึงลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น

5.4 ขนาดสัดส่วนของมนุษย์กับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ในพื้นที่ใช้สอยขนาดเล็ก ย่อมมีข้อจำกัดของขนาดและการจัดสรรที่ละเอียดอ่อนมากกว่า ดังนั้น ต้องศึกษาและทำความเข้าใจให้ละเอียด ทั้งความสัมพันธ์ของระยะหรือสัดส่วนทั้งหลายที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ เช่น เปรียบเทียบความยาวของก้าว ความสูงของหัวคน เป็นที่มาของของเรื่องขนาดส่วน (Scale) ทำให้สามารถสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับลักษณะท่าทางการเคลื่อนไหวของมนุษย์อย่างมีประสิทธิภาพทำให้จินตนาการในการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นไปอย่างใกล้เคียงความเป็นจริง และสิ่งนี้เรียกว่า การยศาสตร์ (Ergonomic) คือ ขนาดหรือสัดส่วนของสิ่งต่าง ๆ ที่สะดวกในการใช้งานโดยโดยค่าเฉลี่ยของสัดส่วนมนุษย์โดยทั่วไป [9]

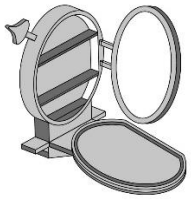
6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ล้านนา พบว่า มีจำนวน 12 อัตลักษณ์ ซึ่งได้มาจากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีของ สุกัญญา เชาว์น้ำทิพย์ [10] เกี่ยวกับลักษณะของอัตลักษณ์ล้านนา นำมาสู่การวิเคราะห์อัตลักษณ์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ ดังตารางที่ 1– 12

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์การสักหมึกดำของผู้ชาย

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
รูปแบบการสักหมึกดำของชาวล้านนา มีลักษณะลวดลายที่มีความหลากหลายและสามารถสะท้อนได้ถึงความเป็นล้านนาในอดีตได้ โดยนิยมสักเป็นสัตว์ เช่น สิงห์ และมอม ซึ่งสามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ล้านนาได้ โดยมีความเชื่อว่าการสักหมึกดำสื่อถึงความเป็นชายที่มีจิตใจที่เข้มแข็ง	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ออกแบบจากลักษณะของต้นขาของคนที่สักลาย ซึ่งมีความโค้งกลม ให้เป็นเก้าอี้ทรงกลม ส่วนการสักลาย นำมาเป็นลวดลายของเก้าอี้ทรงกลม ส่วนตัวโต๊ะให้เป็นลักษณะและลวดลายของผ้าตาโก้งที่ผู้ชายชาวล้านนามักสวมใส่ โดยสามารถพับเก็บได้อย่างประหยัดพื้นที่	 ชุดโต๊ะรับประทานอาหาร จัดเก็บเป็นเก้าอี้นั่ง

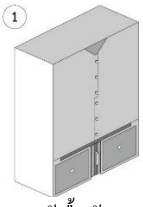
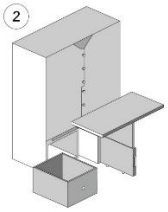
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์การเกล้าผมผู้หญิงล้านนา

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
ทรงผมของผู้หญิงล้านนามักจะถูกเกล้าให้สูงเด่น มีดอกไม้และเครื่องประดับเช่น ปิ่นปักผม ซึ่งสื่อได้ถึงอัตลักษณ์ของผู้หญิงชาวล้านนาได้เป็นอย่างดี จึงนำมาออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์ โดยเชื่อว่าจะเป็นสิริมงคลเสริมความงดงามสมเป็นหญิงสาวชาวล้านนา	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
สัญญาลักษณ์ของผู้หญิงหมายถึงความสวยงาม จึงออกแบบเป็นเฟอร์นิเจอร์สำหรับความสวยงามอย่างเช่น กระจกติดพนังและชุดเครื่องแป้งโดยนำรูปทรงที่กลมและสูงคล้ายกับวงรีมาออกเป็นให้เป็นกระจก และสามารถเปิดกระจกออกเพื่อเป็นชั้นวางและโต๊ะเครื่องแป้ง	①  กระจกติดผนัง ②  เปลี่ยนเป็นโต๊ะเครื่องแป้ง

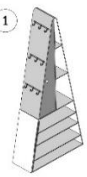
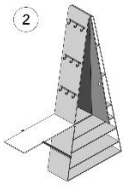
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์เครื่องแต่งกายชาวล้านนา

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
ชาวล้านนาโดยมากมักจะแต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่ใส่สบาย เช่นเสื้อม่อฮ่อม ซึ่งตัดเย็บด้วยผ้าฝ้าย ซึ่งนำไปย้อมเป็นสีครามที่ทำให้ชุดมีลักษณะที่เด่นชัดสวยงาม และทนทาน ซึ่งเสื้อม่อฮ่อมมีลักษณะที่สามารถสื่อสารผ่านการออกแบบได้	

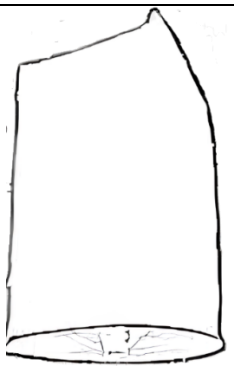
ตารางที่ 3 (ต่อ)

แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
เฟอร์นิเจอร์ที่เหมาะกับเสื้อผ้าก็คือตู้เสื้อผ้า โดยนำเอาลักษณะเด่นของเสื้อม่อฮ่อมมาใส่เพื่อให้สามารถสื่อถึงความเป็นล้านนา ซึ่งออกแบบให้สามารถดึงส่วนที่เป็นโต๊ะออกมาใช้สำหรับการรีดผ้าเอาไว้ และมีส่วนที่เป็นลิ้นชักกล่องไว้สำหรับเก็บเสื้อผ้า	①  ตู้เสื้อผ้า ②  ใช้งานโต๊ะรีดผ้าและกล่องเก็บอุปกรณ์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ประเพณีปอยหลวง

วิเคราะห์อัตลักษณ์	
ในประเพณีปอยหลวงมักจะมีการแห่ครัวตานเป็นพิธี ซึ่งถือเป็นอัตลักษณ์ของล้านนา ต้นครัวตานจะมีรูปทรงหลายแบบ ซึ่งมีไว้รวบรวมสิ่งของเช่น เครื่องใช้ อาหารแห้ง ปัจจัยต่าง ๆ จัดเพื่อเป็นการทำบุญแก่ผู้ล่วงลับและเสริมสิริมงคลแก่ผู้รวมงาน	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
การแห่ครัวตานคือการนำข้าวสาร อาหารแห้ง เครื่องใช้ผูกไว้กับต้นไทยทาน ออกแบบจากต้นไทยทานทรงเจดีย์ทำให้เป็นเฟอร์นิเจอร์สำหรับห้องครัว คือ ชั้นวางของทำครัว โดยอีกส่วนสามารถดึงลงมาเป็นเคาร์เตอร์ทำครัวขนาดเล็ก	①  ชั้นวางของทำครัว ②  ใช้งานเป็นโต๊ะทำครัวขนาดเล็ก

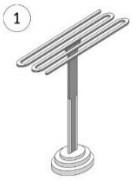
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ประเพณียี่เป็ง

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
การออกแบบจากอัตลักษณ์จากยี่เป็ง ใช้โคมลอยซึ่งถือเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นภาพจำของผู้คน โดยมีความเชื่อว่าเพื่อบูชาพระเกตุแก้วจุฬามณีบนสรวงสวรรค์ และเชื่อว่าจะนำพาสิ่งไม่ดีออกไปจากชีวิต ซึ่งสามารถออกแบบจากรูปทรงของโคม	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ใช้ลักษณะของประเพณีที่มักเป็นการรวมผู้คนเอาไว้ด้วยกันมาก ๆ จึงนำไปสู่การออกแบบให้เป็นโต๊ะกลางโดยมีที่เก็บซ่อนเก้าอี้รับแขกเอาไว้ข้างใต้โต๊ะเพื่อการประหยัดพื้นที่สำหรับผู้พักอาศัยหากไม่ต้องการใช้งาน	①  โต๊ะกลางชาร์จไฟฟ้า ②  ถอดออกมาเป็นเก้าอี้สำรอง

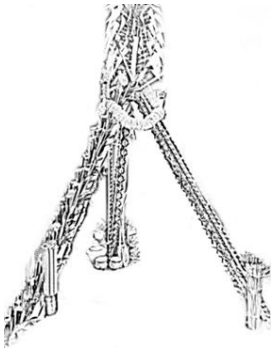
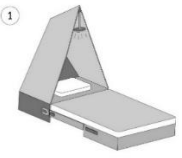
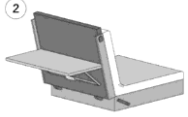
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ประเพณีสงกรานต์

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
ประเพณีสงกรานต์ล้านนาจะเน้นไปที่ประเพณีทางวัฒนธรรมและจิตวิญญาณที่เป็นเอกลักษณ์ของตนเอง นอกเหนือจากการเล่นน้ำคือการเข้าวัด ทำบุญและการขนทรายเข้าวัดโดยมีตุงสำหรับการตกแต่งซึ่งถือเป็นกิจกรรมดั้งเดิมของวิถีชีวิตของชาวล้านนาสมัยก่อน	

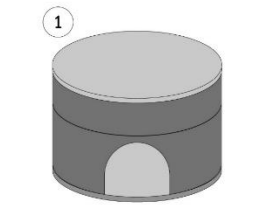
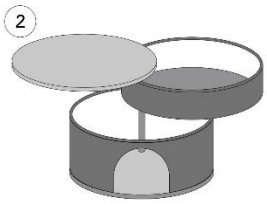
ตารางที่ 6 (ต่อ)

แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ออกแบบจากแนวคิดความขัดแย้ง โดยออกแบบให้ราวตากมีลักษณ์เป็นขดโค้งสื่อถึงน้ำที่พริ้วไหว ทำหน้าที่ตากหมอนหรือผ้าขนาดใหญ่ มีฐานที่ออกแบบมาจากกองทรายที่มีลักษณะกลมกระจายน้ำหนักรองรับผ้าได้ และมีราวเสริมสำหรับผ้าขนาดเล็กพับเก็บ	①  ราวตากผ้าและหมอน ②  ราวตากเสริม

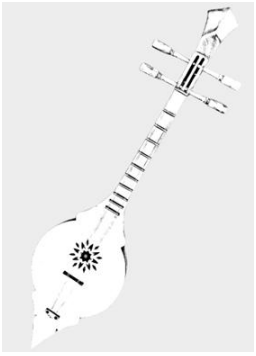
ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ประเพณีสืบชะตา

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
สำหรับประเพณีสืบชะตาของล้านนานั้นสัญลักษณ์ของประเพณีที่เด่นคือกระโจมสามขาหรือใจบ้านซึ่งมักเป็นองค์ประกอบที่มีไว้สำหรับการทำพิธีสืบชะตาของชาวล้านนา ซึ่งเราสามารถนำกระโจมสามขาหรือใจบ้านนี้มาเป็นแนวทางการออกแบบ	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
การสืบชะตาของชาวล้านนาจัดทำขึ้นเพื่อต่ออายุให้ยืนยาว มีชีวิตอยู่สุขสบาย ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บและความเป็นสิริมงคล ผู้วิจัยจึงเชื่อมกับสุขภาพที่สมบูรณ์ซึ่งมาจากการนอน จึงได้ออกแบบมาเป็นเตียงนอนอเนกประสงค์สำหรับการผักผ่อนและการทำงาน	①  เตียงนอนและโคมไฟด้านบน ②  ②  ชุดโต๊ะทำงานและโซฟา

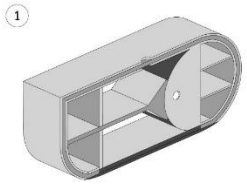
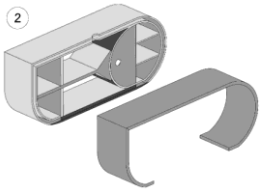
ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ไทเขิน

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
สิ่งที่เป็นเอกลักษณ์ของไทเขินคือ เครื่องเขินที่ถูกสร้างขึ้นมาเป็นเครื่องมือใช้งานในสมัยอดีต ซึ่งมีความหลากหลาย โดยสามารถนำเครื่องมือเหล่านั้นมาทำการออกแบบต่อยอดเพื่อให้สื่อสารถึงอัตลักษณ์ของล้านนาได้ เช่น เชียนหมาก	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ออกแบบโดยใช้รูปทรงของเชียนหมากที่มีลักษณะกลมและรูปทรงที่คล้ายการซ้อนเป็นชั้น ๆ ของเชียนหมาก จึงออกแบบให้เป็นโต๊ะหัวเตียงที่แบ่งเป็น 3 ส่วน โดยใช้กลไกหมุนในการเปลี่ยนเป็นชั้นวางของและส่วนบนสุดหมุนมาเป็นโต๊ะอเนกประสงค์ได้	 โต๊ะหัวเตียง  หมุนเป็นชั้นเก็บของ

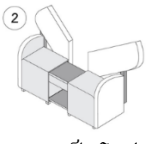
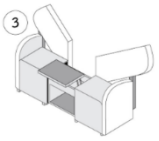
ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์เครื่องดนตรีล้านนา

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
เครื่องดนตรีของชาวล้านนานั้นมีหลากหลาย เหมาะสมในการนำมาออกแบบให้สามารถสื่อสารความเป็นอัตลักษณ์ล้านนาออกมาได้ดี เนื่องจากรูปร่างและรูปทรงที่เป็นเอกลักษณ์ของแต่ละเครื่อง โดยอาจใช้ลักษณ์เหล่านั้นมาประยุกต์ให้เข้ากับสไตล์การออกแบบได้	

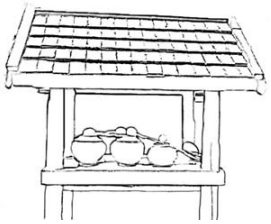
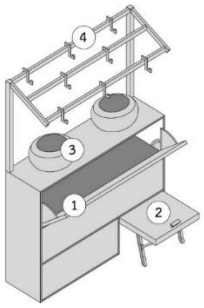
ตารางที่ 9 (ต่อ)

แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
โดยทั่วไปแล้วเครื่องดนตรีมีไว้สำหรับการแสดงและสื่อถึงความบันเทิงให้กับผู้คน จึงนำมาเชื่อมกับชั้นวางโทรทัศน์ ซึ่งมีไว้ใช้เพื่องานเพื่อความบันเทิง โดยหยิบเอาซึง ที่เป็นหนึ่งในเครื่องดนตรีของล้านนามาออกแบบและเพิ่มความยืดหยุ่นในการใช้งานโดยสามารถเก็บโต๊ะกลางของห้อง	 ชั้นวางโทรทัศน์และชั้นวาง  ถอดออกเป็นโต๊ะอเนกประสงค์

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์กาแล

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
ด้วยรูปทรงที่เป็นเอกลักษณ์ของกาแลที่มีลักษณะเป็นเหมือนไม้แกะสลักลวดลายที่ไขว้กัน โดยติดบริเวณหน้าจั่วของบ้าน โดยปัจจุบันมีไว้เพื่อบ่งบอกถึงประเภทของเรือนเพื่อประดับ หรือเพื่อป้องกันนกด้วยรูปทรงที่ชัดเจนจึงเหมาะสมในการนำมาออกแบบ	
แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ออกแบบโดยแนวคิดที่ว่ากาแลเป็นของประดับ โดยนำมาใส่กับโซฟาเพื่อการประดับตกแต่งและใช้กาแลเป็นพนักพิงหลังของโซฟายาวสำหรับนั่งคู่ หรือสามารถแยกกันเป็นโซฟาเดี่ยวนั่งคู่ที่มีโต๊ะอเนกประสงค์ตรงกลางเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ยืดหยุ่นมากขึ้น	 โซฟายาว  แยกออกเป็นโซฟาคู่  โต๊ะกลางขนาดเล็กปรับได้

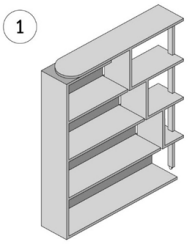
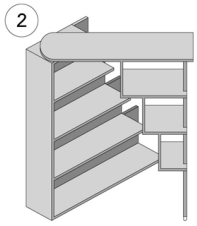
ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ฮ้านน้ำ

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
ฮ้านน้ำมักตั้งไว้ตามหน้าบ้าน เพื่อต้อนรับแขก หรือมีสำหรับผู้คนที่เดินทางไปมาผ่านบริเวณหน้าบ้าน เพื่อใช้ดับกระหายระหว่างการเดินทาง และด้วยหน้าตาอันเป็นเอกลักษณ์จึงสามารถนำอัตลักษณ์นี้มาออกแบบต่อได้	
แนวคิดการออกแบบ	**ผลงานแบบร่าง**
เนื่องจากฮ้านน้ำมักถูกตั้งบริเวณหน้าทางเข้าของบ้านและมีไว้เพื่อการต้อนรับ จึงนำแนวคิดนี้มาออกแบบให้เป็นชั้นวางรองเท้าที่มักจะถูกติดตั้งบริเวณหน้าทางเข้าห้องออกแบบโดยใช้ลักษณะของฮ้านน้ำ ที่มีการใช้งานที่หลากหลาย	 1.ชั้นวางรองเท้า 2.เก้าอี้สำหรับนั่งใส่รองเท้า 3.โถ่ใส่ของ 4.ที่แขวนอเนกประสงค์

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์บันไดและเสาแหล่งหมา

การวิเคราะห์อัตลักษณ์	
บันไดและเสาแหล่งหมาเป็นอัตลักษณ์ที่ผู้คนส่วนใหญ่ไม่ได้ให้ความสนใจหรือเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากนัก ด้วยความที่ไม่ได้มีลักษณะที่โดดเด่นมาก แต่ก็ยังคงมีลักษณะงานออกแบบที่อาจพอเห็นได้ชัดเจนอยู่บาง ซึ่งสามารถนำลักษณะดังกล่าวมาออกแบบได้	

ตารางที่ 12 (ต่อ)

แนวคิดการออกแบบ	ผลงานแบบร่าง
ด้วยลักษณะของบันไดที่จัดเป็นขั้นขึ้นไป จึงนำมาออกแบบให้เป็นชั้นวางของที่มีลักษณะความยาวไล่ขึ้นเป็นขั้นเหมือนบันได้ และขาตั้งของชั้นบนสุดมีลักษณะของเสาแหล่งหมา ซึ่งสามารถหมุนปรับเป็นโต๊ะอเนกประสงค์สำหรับการชั่วคราวได้	 ชั้นวางของลักษณะขั้นบันได  การหมุนชั้นบนสุดเพื่อใช้งานเป็นโต๊ะยืน

6.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก ได้สรุปผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนา และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ตารางแสดงค่าร้อยละสรุปความต้องการของผู้บริโภค

ข้อมูล	ผลการวิเคราะห์
ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	1. เป็นเพศชายร้อยละ 55.8 2. มีอายุ 21-30 ปี ร้อยละ 58.5 3. มีระดับการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 73.5 4. เป็นพนักงานบริษัทเอกชนร้อยละ 35.4 5. ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 20,000 บาทขึ้นไปร้อยละ 37.4
ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนาสำหรับคอนโดมิเนียมขนาดเล็กของผู้ตอบแบบสอบถาม	1. มีจำนวนผู้พักอาศัย 1 คนร้อยละ 59.2 2. ซื้อเฟอร์นิเจอร์ราคาน้อยกว่า 5,000 บาทร้อยละ 26.5 3. ชื่นชอบเฟอร์นิเจอร์สไตล์มินิมอลร้อยละ 56.1 4. มีความต้องการรูปทรงของเฟอร์นิเจอร์ที่เรียบง่ายชัดเจนร้อยละ 74.1 5. ต้องการเลือกเฟอร์นิเจอร์ที่มีการใช้งานที่หลากหลายร้อยละ 68.7

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ข้อมูล	ผลการวิเคราะห์
	6. มีความต้องการคุณสมบัติของวัสดุที่ความแข็งแรงทนทานร้อยละ 87.1 7. มีความต้องการไม้จริงร้อยละ 65.3 8. มีปัญหาเคลื่อนย้ายไม่สะดวกร้อยละ 69.4 9. มีเตียงนอนร้อยละ 92.5 10. ใช้งานเตียงนอนมากที่สุดร้อยละ 53.7 11. มีความต้องการเทรนด์ที่พักอาศัยแนวพักอาศัยและทำงานร้อยละ 72.8 12. ชื่นชอบสีย้อมธรรมชาติ (สีเนื้อไม้) ร้อยละ 55.1 13. มีความต้องการธีมสีฟ้าอมเขียวร้อยละ 56.5 14. สนใจอัตลักษณ์ล้านนาประเพณียี่เป็งร้อยละ 53.1
ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์	1. ตัวเลือกบางอันค่อนข้างคล้าย ทำให้เกิดความสับสน 2. ตัวเลือกหลายหลายมากเกินไป ทำให้อาจจะเกิดความสับสนได้ 3. ควรปรับให้เข้ากับชีวิตปัจจุบันและมองไปถึงแนวโน้มอนาคต

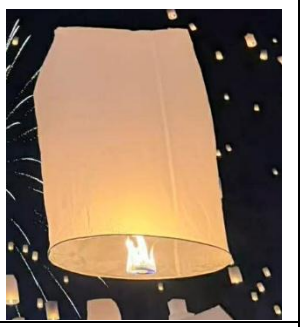
จากตารางที่ 13 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความต้องการเฟอร์นิเจอร์เตียงนอนอเนกประสงค์สไตล์มินิมอลลิส ซึ่งมีประโยชน์ใช้สอยประกอบด้วย พื้นที่สำหรับนอนและชุดโต๊ะทำงานโดยใช้อัตลักษณ์ยี่เป็งของล้านนา ซึ่งประกอบด้วย 1) โคมลอย 2) โคมแขวน 3) ผางประทีป เป็นแนวทางการออกแบบ

6.3 ผลการออกแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ จำนวน 3 แบบ โดยใช้อัตลักษณ์โคมลอย โคมแขวน และผางประทีป เป็นแนวทางในการออกแบบ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการออกแบบภาพร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนาสำหรับคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก

แบบร่างที่ 1	
โคมลอย	
การลอยโคมในงานยี่เป็งถือเป็นภาพลักษณ์สำคัญของประเพณี โดยการจุดโคมลอยในเทศกาลมีเพื่อขับไล่ความโชคร้ายและนำโชคดีมา โดยเชื่อว่า	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

แบบร่างที่ 1	
เป็นการบูชาพระเกศแก้วจุฬามณีบนสวรรค์และเป็นการลอยเคราะห์	
การลอยโคมในงานยี่เป็ง ถือเป็นภาพลักษณ์สำคัญของประเพณี โดยการจุดโคมลอยในเทศกาลมีเพื่อขับไล่ความโชคร้ายและนำโชคดีมาโดยเชื่อว่าเป็นการบูชาพระเกศแก้วจุฬามณีบนสวรรค์และเป็นการลอยเคราะห์	
ใช้โคมลอยเป็นองค์ประกอบในการออกแบบรูปทรงและลวดลาย ออกแบบให้มีหัวเตียงมีลายเจาะแบบล้านนาโดยมีไฟ LED ที่ส่องขึ้นตามลายเจาะเพื่อให้สื่อถึงไฟของโคมลอย บริเวณท้ายเตียงใช้สำหรับนั่งทำงาน โดยมีพนักพิงแบบผ้าเก็บไว้บริเวณข้างเตียง และส่วนท้ายเตียงมีโต๊ะทำงานแบบจัดเก็บที่สามารถกางออกเพื่อใช้งานเป็นชุดโต๊ะทำงานโดยบริเวณขาโต๊ะออกแบบให้โค้งมนซึ่งได้แรงบรรดาลใจจากโคมลอยเช่นกัน	
 จัดเก็บฟังก์ชันโต๊ะทำงานและพนักพิง  ใช้งานฟังก์ชันโต๊ะทำงานและพนักพิง	
ขนาดสัดส่วน : (กว้างxยาวxสูง) ซม. เตียงนอน: 110x205x100 ซม. (ขนาดฟูก: 106x198 หนา 6 นิ้ว) โต๊ะทำงาน: 62x120x75 ซม.	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

แบบร่างที่ 2	
โคมแขวน	
โคมแขวนในเทศกาลยี่เป็งเป็นการบูชาพระรัตนตรัย บูชาพระแม่คงคา และเป็นการสะเดาะเคราะห์ เป็นประเพณีที่สืบทอดของชาวล้านนา โดยนำโคมไฟหลายรูปแบบมาประดับตกแต่งแขวนตามบ้านเรือน วัด และสถานที่ต่าง ๆ เพื่อเป็นพุทธบูชา	
แนวคิดการออกแบบ	
เนื่องจากโคมแขวนมักถูกประดับตามงานเทศกาล วัด และแหล่งที่มีผู้คนจำนวนมาก เพื่อเป็นพุทธบูชาหรือใช้ตกแต่งตามสถานที่นั้น ๆ จึงออกแบบการใช้งานของโต๊ะทำงานให้จัดเก็บที่ท้ายเตียง มีเก้าอี้แบบพับสำหรับทำงานซึ่งจะถูกจัดเก็บไว้ที่ใต้เตียง บริเวณหัวเตียงเจาะฉลุลวดลายของโคมแขวนล้านนาเพื่อบ่งบอกถึงอัตลักษณ์ของโคมแขวนล้านนา และออกแบบหัวเตียง โต๊ะทำงาน และ เก้าอี้ให้มีลักษณะ 6 เหลี่ยมคล้ายรูปทรงของโคมแขวน	
 จัดเก็บฟังก์ชันโต๊ะและเก้าอี้ทำงาน  ใช้งานฟังก์ชันโต๊ะและเก้าอี้ทำงาน	
ขนาดสัดส่วน : (กว้างxยาวxสูง) ซม. เตียงนอน: 140x206x99 ซม. (ขนาดฟูก: 106x198 หนา 6 นิ้ว) เก้าอี้ทำงาน: 46x48x90 ซม.	

ตารางที่ 14 (ต่อ)

แบบร่างที่ 3	
ผางประทีป	
การจุดประทีปในเทศกาลยี่เป็งนิยมใช้ "ผางประทีป" หรือ "ผางปะที๊ด" ซึ่งเป็นตะเกียงเล็ก ๆ ที่ทำจากดินเผา การจุดประทีปมีความหมายเชิงสัญลักษณ์และความเชื่อว่า เป็นการบูชาพระรัตนตรัย การขอความเป็นสิริมงคลและทำให้มีแสงสว่างนำทางชีวิต	
แนวคิดการออกแบบ	
ประทีปเป็นสิ่งที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไปตามบ้านเรือน หรือตามสถานที่ทั่วไปในตัวเมือง จึงนำมาเป็นแรงบรรดาลใจในการออกแบบ โดยลักษณะเตียงจะต่ำกว่าระดับมาตรฐานทั่วไป ตามลักษณะของสไตล์มินิมอล ซึ่งจะโชว์อัตลักษณ์ของล้านนาเมื่อดึงที่นั่งใต้เตียงออกมา ซึ่งมีลักษณะเป็นวงกลมมีเบาะตรงกลางเพื่อสื่อถึงการนั่งบนประทีป โดยมีโต๊ะทำงานติดกับฐานเพื่อความสะดวกในการใช้งาน	
 จัดเก็บฟังก์ชันโต๊ะและเก้าอี้ทำงาน  ใช้งานฟังก์ชันโต๊ะและเก้าอี้ทำงาน	
ขนาดสัดส่วน : (กว้างxยาวxสูง) ซม. เตียงนอน: 110x205x100 ซม. (ขนาดฟูก: 106x198 หนา 6 นิ้ว) โต๊ะทำงาน: 62x120x75 ซม.	

6.4 ผลการประเมินแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ หลังจากผู้วิจัยได้ทำการร่างแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จากการศึกษาอัตลักษณ์ล้านนาจำนวน 3 แบบ ได้นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ท่าน ประเมินผลความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงโดยแสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ จำนวน 3 แบบ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

หัวข้อประเมินผล	แบบร่างที่ 1 ความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การใช้ประโยชน์เป็นเตียงนอนและชุดโต๊ะทำงาน	4.00	0.00	ดี
2. มีการจัดเก็บและใช้งานได้ง่าย	3.67	0.58	ดี
3. มีขนาดเหมาะกับพื้นที่ในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก	4.33	0.58	ดี
4. มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	0.58	ดี
5. มีความปลอดภัยด้านการใช้งาน	4.00	1.00	ดี
6. มีความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์	4.00	1.00	ดี
7. มีความคิดสร้างสรรค์ในงานออกแบบ	3.67	0.58	ดี
8. มีความเป็นมินิมอลสไตล์	4.00	1.00	ดี
9. แสดงถึงอัตลักษณ์ล้านนา	4.00	1.00	ดี
10.วัสดุเหมาะสมในการผลิตอุตสหกรรม	4.33	0.58	ดี
11. การดูแลรักษาง่าย	3.67	0.58	ดี
12. ความแข็งแรงของวัสดุ	3.67	0.58	ดี
13. ราคามีความเหมาะสม	4.00	1.00	ดี
14. น้ำหนักเบา	4.00	1.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	3.83	0.57	ดี
หัวข้อประเมินผล	**แบบร่างที่ 2 ความพึงพอใจ**		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การใช้ประโยชน์เป็นเตียงนอนและชุดโต๊ะทำงาน	4.33	0.58	ดี
2. มีการจัดเก็บและใช้งานได้ง่าย	4.00	1.00	ดี
3. มีขนาดเหมาะกับพื้นที่ในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก	3.67	0.58	ดี

หัวข้อประเมินผล	แบบร่างที่ 2 ความพึงพอใจ		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
4. มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน	4.00	1.00	ดี
5. มีความปลอดภัยด้านการใช้งาน	4.00	1.00	ดี
6. มีความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์	4.00	1.00	ดี
7. มีความคิดสร้างสรรค์ในงานออกแบบ	4.33	1.15	ดี
8. มีความเป็นมินิมอลสไตล์	3.67	0.58	ดี
9. แสดงถึงอัตลักษณ์ล้านนา	4.67	0.58	ดีมาก
10.วัสดุเหมาะสมในการผลิตอุตสหกรรม	4.00	1.00	ดี
11. การดูแลรักษาง่าย	4.00	1.00	ดี
12. ความแข็งแรงของวัสดุ	4.33	0.58	ดี
13. ราคามีความเหมาะสม	3.67	0.58	ดี
14. น้ำหนักเบา	4.00	1.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	3.90	0.66	ดี
หัวข้อประเมินผล	**แบบร่างที่ 3 ความพึงพอใจ**		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. การใช้ประโยชน์เป็นเตียงนอนและชุดโต๊ะทำงาน	4.33	0.58	ดี
2. มีการจัดเก็บและใช้งานได้ง่าย	4.33	0.58	ดี
3. มีขนาดเหมาะกับพื้นที่ในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก	4.33	0.58	ดี
4. มีขนาดสัดส่วนเหมาะสมกับการใช้งาน	4.00	0.00	ดี
5. มีความปลอดภัยด้านการใช้งาน	4.00	1.00	ดี
6. มีความสวยงามของเฟอร์นิเจอร์	4.33	0.58	ดี
7. มีความคิดสร้างสรรค์ในงานออกแบบ	4.67	0.58	ดีมาก
8. มีความเป็นมินิมอลสไตล์	4.33	0.58	ดี
9. แสดงถึงอัตลักษณ์ล้านนา	3.67	0.58	ดี
10.วัสดุเหมาะสมในการผลิตอุตสหกรรม	4.33	0.58	ดี
11. การดูแลรักษาง่าย	3.67	1.15	ดี
12. ความแข็งแรงของวัสดุ	4.33	0.58	ดี
13. ราคามีความเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
14. น้ำหนักเบา	4.00	1.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	4.19	0.53	ดี

จากตารางที่ 15 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ พบว่า แบบร่างที่ 1 - 3 มีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับดี ซึ่งเรียงลำดับค่าเฉลี่ยรวมจากมากไปน้อย คือ แบบร่างที่ 3 ($\bar{X}$=4.19) แบบร่างที่ 2 ($\bar{X}$=3.90) และแบบร่างที่ 1 ($\bar{X}$=3.83) ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบในแบบร่างที่ 3 มีรายละเอียดดังนี้ 1) แนวคิดและรูปทรงสวยดี แต่การใช้งานถ้านอนและเลื่อนเก็บเข้ามาอาจเกิดการกระแทกกับส่วนขาได้ การเลื่อนออกมาอาจเก็บฝุ่นผงใต้แผ่นอาจจะทำความสะอาดได้ยาก 2) เพิ่มเติมความเป็นอัตลักษณ์ล้านนาโต๊ะยังไม่เชื่อมโยงกับหัวเตียง 3) รูปทรงสวยงามแปลกตาและมีการใช้งานที่รอบด้านดี

จากผลการประเมินความพึงพอใจแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์จากการศึกษาอัตลักษณ์ล้านนา สรุปได้ว่า แบบร่างที่ 3 มีผลการประเมินความพึงพอใจสูงสุด และผู้วิจัยได้นำขอเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบมาปรับปรุงพัฒนาแบบร่างที่ 3 ให้มีความเหมาะสมต่อไป

7. อภิปรายผล

ผลการออกแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ที่สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานจากที่นอนเป็นชุดโต๊ะทำงานได้เพื่อใช้ในพื้นที่จำกัดภายในห้องพักอาศัยคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก สอดคล้องกับ Hnatiuk L.R. and Draga M.L. [11] ได้วิจัยเรื่อง "คุณสมบัติของรูปแบบโมดูลาร์เฟอร์นิเจอร์ - ทรานส์ฟอร์มเมอร์ส" กล่าวว่า การประหยัดพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญในศตวรรษที่ 21 จนถึงปัจจุบัน อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์กำลังประสบกับการเติบโตอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนในทิศทางใหม่ แนวคิดดั้งเดิม และแนวโน้มของเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้งานได้จริง การยศาสตร์ และความสะดวกในการใช้งาน สิ่งเหล่านี้เป็นเกณฑ์ที่นักออกแบบสมัยใหม่ให้ความสำคัญกับการพัฒนา มีวัตถุประสงค์การทำงานที่หลากหลาย ช่วยให้คุณสามารถเลือกขนาดเฟอร์นิเจอร์ห้องที่เหมาะสมเมื่อคำนึงถึงลักษณะของห้องที่มีรูปทรงเรขาคณิต โดยมีวัตถุประสงค์ที่หลากหลาย เช่น การพกพา การขนส่งและการจัดเก็บที่กะทัดรัด นอกจากนี้ ทศพล งามวิไลลักษณ์ [12] ได้วิจัยเรื่อง "ระบบโมดูลาร์เพื่อการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องครัวไทยขนาดเล็ก" กล่าวว่า เฟอร์นิเจอร์ส่วนใหญ่เป็นเฟอร์นิเจอร์สำเร็จรูป ไม่ว่าจะเป็นเฟอร์นิเจอร์แบบ Build in หรือ Knock down ผู้บริโภคจึงไม่สามารถกำหนดรูปแบบการใช้งาน และพื้นที่ของเฟอร์นิเจอร์ได้ด้วยตนเอง

ผลการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์อัตลักษณ์ล้านนาสามารถสืบสานและนำอัตลักษณ์ล้านนามาเป็นแรงบันดาลใจเพื่อใช้ในการออกแบบ ซึ่งสื่อถึงเรื่องราวเกี่ยวกับประเพณี วัฒนธรรม และความเชื่อของชาวล้านนา รวมถึงการอนุรักษ์อัตลักษณ์ล้านนาไม่ให้สูญหายไป ซึ่งสอดคล้องกับ เกศกนก ชุ่มประดิษฐ์ [13] ได้วิจัยเรื่อง "การสื่อสารอย่างมีส่วนร่วมเพื่ออนุรักษ์อัตลักษณ์ทางล้านนาของชุมชนเทศบาลตำบลเวียงชัย" กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงทางสังคมและวัฒนธรรมของไทยได้รับอิทธิพลมาจากกลุ่มประเทศโลกที่หนึ่ง แนวคิดการสร้างความเจริญภายใต้วาทกรรม "การพัฒนา" ที่อยู่ภายใต้ร่มเงาอุดมการณ์เศรษฐกิจทุนนิยม (Capitalism) โดยใช้กระบวนเปลี่ยนแปลงทางสังคมชนบทไปสู่ความเป็นสังคมเมือง (Urbanization) ผนวกกับกระแสโลกาภิวัตน์ (Globalization) มุ่งสร้างโลกเป็นหนึ่งเดียวส่งผลต่อรูปแบบการดำเนินชีวิต พฤติกรรมของคนในสังคมไทยเปลี่ยนไปหลายทิศทาง บางทิศทางก่อให้เกิดปัญหาในมิติอื่น คนในชุมชนวิตกกังวลว่าวัฒนธรรมล้านนาบางอย่างจะเลือนหายไป

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

8.1 จากผลการวิจัย สรุปได้ 3 ส่วน ดังนี้ 1) ผลการวิเคราะห์อัตลักษณ์ล้านนา จำนวน 12 อัตลักษณ์ ได้แก่ สักหมึกดำของผู้ชาย การเกล้าผมผู้หญิงล้านนา เครื่องแต่งกายชาวล้านนา ประเพณีปอยหลวง ประเพณียี่เป็ง ประเพณีสงกรานต์ ประเพณีสืบชะตา ไทเขิน เครื่องดนตรีล้านนา กาแล ฮ้านน้ำ และบันไดและเสาแหล่งหมา ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ 2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการของผู้พักอาศัยในคอนโดมิเนียมขนาดเล็ก พบว่า มีความต้องการเฟอร์นิเจอร์เตียงนอนอเนกประสงค์สไตล์มินิมอลลิส และมีความต้องการนำอัตลักษณ์ยี่เป็งของล้านนา ซึ่งประกอบด้วย โคมลอย โคมแขวน และผางประทีป เป็นแนวทางในการออกแบบ 3) ผลการออกแบบร่างเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ ได้เฟอร์นิเจอร์เตียงนอน จำนวน 3 รูปแบบ และนำไปประเมินผลความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ สรุปได้ว่า แบบร่างที่ 3 มีผลการประเมินความพึงพอใจสูงสุด และผู้วิจัยได้นำขอเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบมาปรับปรุงพัฒนาแบบร่างที่ 3 ให้มีความเหมาะสมต่อไป

8.2 เสนอแนะ 1) งานออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์มีความซับซ้อน ควรคำนึงถึงการใช้งานปรับเปลี่ยนในแต่ละขั้นตอน ความแข็งแรงของกลไกและวัสดุที่ใช้ 2) หากต้องการออกแบบเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ควรออกแบบการใช้งานทั้งหมดก่อนแล้วจึงคิดกระบวนการและกลไกที่ใช้ในการเปลี่ยนรูปแบบการใช้งาน 3) สำหรับผู้ที่จะวิจัยเกี่ยวกับเฟอร์นิเจอร์อัตลักษณ์ล้านนา ควรศึกษาเครื่องเรือนของล้านนาและนำมาพัฒนาให้เหมาะสมกับไลฟ์สไตล์และร่วมสมัย 4) การศึกษา การใช้วัสดุสังเคราะห์และวัสดุเหลือใช้ เพื่อทดแทนวัสดุธรรมชาติ และอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

เอกสารอ้างอิง

[1] เกศกนก ชุ่มประดิษฐ์. (2018). การสื่อสารอย่างมีส่วนร่วมเพื่ออนุรักษ์อัตลักษณ์ทางล้านนาของชุมชนเทศบาลตำบลเวียงชัย จังหวัดเชียงราย. วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจบัณฑิตย์, 12(2), 122–123.

[2] Hnatiuk, L. R., & Draga, M. L. (2013). Features of formation modular furniture–transformers. National Aviation University.

[3] Jirarat. (n.d.). เทรนด์เฟอร์นิเจอร์ 2025 ที่มาแรง minimal, Japandi และ smart furniture. https://ofisu.co.th/เทรนด์เฟอร์นิเจอร์-2025-ที่/

[4] Bareo Interior Design & Decoration. (n.d.). Home modular. https://www.bareo-isyss.com

[5] Nam. (n.d.). หลักการเลือกเฟอร์นิเจอร์อเนกประสงค์ให้แมตช์กับบ้าน ได้ฟังก์ชั่นที่ตอบโจทย์. https://ofisu.co.th/หลักการเลือกเฟอร์นิเจอ/

[6] พรทิพย์ เรืองธรรม. (2017). ทฤษฎีการออกแบบ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3). สำนักพิมพ์อินทนิล.

[7] มีสุข คอร์ปอเรชั่น. (n.d.). Human scale: สัดส่วนมนุษย์กับการออกแบบห้องนอน. https://happyfranchise.co.th

[8] ลภัสรินทร์ ฉัตรวังคีรี. (2020). อัตลักษณ์พื้นถิ่นในบันเทิงคดีล้านนา (พ.ศ. 2521–2554). มนุษยศาสตร์สาร, 21(1), 75.

[9] สมจันทร์ ศรีปรัชยานนท์ และคณะ. (2021). ศึกษาวิเคราะห์อัตลักษณ์แห่งมรดกทางภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมในล้านนา. วารสารบัณฑิตแสงโคมคำ, 6(2), 295–296.

[10] สุกัญญา เชาว์น้ำทิพย์. (2006). อัตลักษณ์ของชาวล้านนาที่ปรากฏในนวนิยายของมาลา คำจันทร์ (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[11] ทศพล งามวิไลลักษณ์. (2019). ระบบโมดูลาร์เพื่อการออกแบบเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องครัวไทยขนาดเล็ก (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา.

[12] วัชรินทร์ จรุงจิตสุนทร. (2005). I.D. story: Theory & concept of design. iDesign Publishing.

[13] วันดี พินิจวรสิน และคณะ. (2016, December 20). ลักษณะการคงอยู่ของชุมชนและบ้านเรือนพื้นถิ่นที่มีลักษณะไทยในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง: กรณีศึกษาจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ "สถาปัตย์กระบวนทัศน์". กรุงเทพฯ.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การศึกษาและออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก สำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลนครสวรรค์

A Study and Design of Furniture Set from Plastic Bottle Caps for Central Nakhon Sawan

กัญญาณัฐ วิเศษแพทย์ และ ศรัฐ สิมศิริ*

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: sarath308@hotmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาขยะพลาสติกล้นเมือง โดยมีปริมาณเฉลี่ยประมาณ 70 กิโลกรัมต่อคนต่อปี และอยู่ในลำดับต้นของโลกด้านปริมาณขยะพลาสติก ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศ และคุณภาพชีวิตของประชาชนอย่างต่อเนื่อง ภาคธุรกิจจึงมีบทบาทสำคัญในการร่วมขับเคลื่อนแนวทางการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น เซ็นทรัลนครสวรรค์ ภายใต้ กลุ่มเซ็นทรัล ซึ่งดำเนินนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการคัดแยกขยะ การจัดตั้งจุดรับวัสดุรีไซเคิล การรณรงค์ลดใช้ถุงพลาสติก และการสนับสนุนแนวคิด Zero Waste Ecosystem

การศึกษานครั้งนี้มุ่งพัฒนาต้นแบบเฟอร์นิเจอร์จากพลาสติกรีไซเคิล เพื่อนำไปติดตั้งใช้งานจริงภายในพื้นที่สาธารณะของห้างสรรพสินค้า โดยใช้บริบทของศูนย์การค้าเป็นพื้นที่ต้นแบบเชิงทดลอง สำหรับการสื่อสารแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน เฟอร์นิเจอร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่พักคอย ไม่เพียงตอบสนองต่อความต้องการด้านประโยชน์ใช้สอย ความแข็งแรง และสุนทรียภาพ แต่ยังทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการแสดงให้เห็นกระบวนการรีไซเคิลอย่างเป็นรูปธรรม

การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากขยะพลาสติกในพื้นที่ของห้างสรรพสินค้าจึงเป็นมากกว่าการจัดการของเสีย แต่เป็นการแปลงวัสดุเหลือใช้ โดยเฉพาะฝาขวดพลาสติกให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่สร้างคุณค่าเชิงเศรษฐกิจและสังคม ควบคู่กับการปลูกฝังจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมแก่ผู้บริโภคผ่านประสบการณ์การใช้งานจริง แนวทางดังกล่าวสะท้อนการเพิ่มมูลค่าวัสดุ การใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการสร้างต้นแบบพื้นที่สาธารณะที่ส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอย่างรับผิดชอบ อันนำไปสู่ความยั่งยืนในระยะยาว

คำสำคัญ: เฟอร์นิเจอร์ ฝาขวดพลาสติก เซ็นทรัลนครสวรรค์

Abstract

Thailand is currently facing a significant plastic waste crisis, generating an average of approximately 70 kilograms of plastic waste per capita per year and ranking among the top countries globally in plastic waste volume. This situation has caused continuous impacts on the environment, ecosystems, and public quality of life. The business sector therefore plays a crucial role in advancing sustainable waste management practices. For example, Central Nakhon Sawan, under Central Group, has implemented environmental policies including waste segregation, the establishment of recycling collection points, campaigns to reduce plastic bag consumption, and support for a Zero Waste Ecosystem.

This study aims to develop a prototype of furniture made from recycled plastic for installation in public areas within a shopping mall. The mall context serves as a living laboratory for communicating the concepts of Circular Economy and Sustainable Design. The developed furniture, designed for waiting areas, responds not only to functional, structural, and aesthetic requirements but also serves as a tangible medium for demonstrating the recycling process.

Transforming plastic waste—particularly bottle caps—into functional furniture represents more than waste management; it converts discarded materials into products that generate economic and social value. Through real-life user interaction, the project fosters environmental awareness, promotes resource efficiency, and establishes a model of public space that encourages responsible consumption behavior, contributing to long-term sustainability.

Keywords: Furniture, Plastic bottle caps, Central nakhon sawan

1. บทนำ

ปัญหาขยะพลาสติกเป็นหนึ่งในความท้าทายสำคัญด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยในปัจจุบัน โดยประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 25 ล้านตันต่อปี และมีสัดส่วนขยะพลาสติกประมาณร้อยละ 10-12 ของปริมาณขยะทั้งหมด [1] ขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดภาระต่อระบบจัดการของเสีย และนำไปสู่ปัญหาการรั่วไหลของพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ สุขภาพ และคุณภาพชีวิตของประชาชน [2] สถานการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของสหประชาชาติ โดยเฉพาะ SDG 12 ว่าด้วยการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน และ SDG 13 ว่าด้วยการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [3]

ในระดับนโยบายประเทศไทยได้ขับเคลื่อนแนวคิดเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) เพื่อส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและลดของเสียในระบบเศรษฐกิจ [4] ภาคธุรกิจค้าปลีกจึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการจัดการขยะอย่างยั่งยืน ตัวอย่างเช่น Central Nakhon Sawan ภายใต้ Central Group ซึ่งมีนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมผ่านการคัดแยกขยะ การจัดตั้งจุดรับวัสดุรีไซเคิล และการสนับสนุนแนวคิด Zero Waste Ecosystem [5] อย่างไรก็ตาม แนวทางส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นการจัดการปลายทาง มากกว่าการเพิ่มมูลค่าผ่านกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างประสบการณ์เรียนรู้แก่ผู้ใช้งานในพื้นที่จริง

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) เน้นการนำวัสดุกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่เพื่อลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและลดการปล่อยของเสีย [6] การพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติกรีไซเคิลเพื่อติดตั้งในพื้นที่พักคอยภายในห้างสรรพสินค้า จึงเป็นแนวทางที่บูรณาการการจัดการขยะเข้ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์และการสื่อสารสาธารณะ ช่วยเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ สนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับเป้าหมาย SDGs และยุทธศาสตร์ BCG ของประเทศ อันนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในระยะยาว

2. วัตถุประสงค์

การศึกษาและออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติกสำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลนครสวรรค์ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบเฟอร์นิเจอร์จากพลาสติกรีไซเคิลสำหรับติดตั้งในพื้นที่พักคอยภายในห้างสรรพสินค้า และเพื่อสร้างต้นแบบเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก สำหรับใช้เป็นแนวทางในการนำขยะพลาสติกมาสร้างคุณค่าการใช้สอย สร้างความงาม และสร้างมูลค่า

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินงานได้ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลในประเด็นที่เกี่ยวข้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ระบุไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ประเด็นปัญหาหรือความคาดหวังของผู้ใช้ สู่การกำหนดแนวคิดในการออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก สำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลนครสวรรค์ ประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้บริการภายในเซ็นทรัลนครสวรรค์ วิธีการทำพลาสติกรีไซเคิลจากฝาขวดพลาสติก การออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก และต้นแบบเฟอร์นิเจอร์ดังต่อไปนี้

3.1 สถานการณ์ขยะพลาสติกและแนวโน้มการจัดการในประเทศไทย

ประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่า 25 ล้านตันต่อปี โดยมีสัดส่วนขยะพลาสติกประมาณร้อยละ 10-12 ของปริมาณขยะทั้งหมด [7] ขยะพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียวทิ้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของสังคมเมืองและพฤติกรรมการบริโภค ส่งผลให้เกิดภาระต่อระบบจัดการของเสียและปัญหาการรั่วไหลของพลาสติกสู่สิ่งแวดล้อม [8] แนวทางแก้ไขจึงจำเป็นต้องบูรณาการมาตรการเชิงนโยบาย การปรับพฤติกรรมผู้บริโภค และการเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้ผ่านกระบวนการออกแบบ

3.2 เศรษฐกิจหมุนเวียนและการออกแบบเพื่อความยั่งยืน

แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ได้รับการผลักดันในประเทศไทยภายใต้โมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy) ซึ่งมุ่งส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ลดของเสีย และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจจากทรัพยากรเดิม [9]

การออกแบบเพื่อความยั่งยืน (Sustainable design) และแนวคิดการคิดตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle thinking) เน้นการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทาง [10] ในบริบทพื้นที่สาธารณะ การออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุรีไซเคิลสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสร้างการรับรู้และส่งเสริมพฤติกรรมการบริโภคอย่างรับผิดชอบ

3.3 กระบวนการรีไซเคิลฝาขวดพลาสติกและศักยภาพเชิงวัสดุ

ฝาขวดพลาสติกส่วนใหญ่ผลิตจาก HDPE (High-Density Polyethylene) มีคุณสมบัติที่แข็งแรง ทนทาน เหนียว ไม่เปราะแตกง่าย ทนต่อสารเคมี กรด-ด่าง และความชื้นได้ดีเยี่ยม และสามารถนำกลับมาหลอมขึ้นรูปใหม่ได้ [11] กระบวนการรีไซเคิลประกอบด้วยการคัดแยก ทำความสะอาด บด หลอม และอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นวัสดุ ซึ่งการพัฒนาเป็นเฟอร์นิเจอร์จำเป็นต้องคำนึงถึงความแข็งแรง ความปลอดภัย และความเหมาะสมต่อการใช้งานในพื้นที่สาธารณะ [12] การเพิ่มมูลค่าผ่านการออกแบบเชิงสุนทรียภาพช่วยยืดอายุการใช้งานวัสดุ และลดการกลับเข้าสู่ระบบกำจัด



รูปที่ 1 กระบวนการรีไซเคิลฝาขวดพลาสติก

3.4 ศูนย์การค้าในฐานะ Living Lab และบทบาทของเซ็นทรัลนครสวรรค์

แนวคิดพื้นที่ทดลองนวัตกรรม (Living lab) เป็นกลไกสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานมีส่วนร่วมในบริบทจริง [13] ศูนย์การค้าจึงเป็นพื้นที่สาธารณะที่มีศักยภาพสูงในการทดลองแนวคิดด้านสิ่งแวดล้อม

เซ็นทรัลนครสวรรค์ภายใต้ Central Group มีนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การคัดแยกขยะ การจัดตั้งจุดรับรีไซเคิล และการดำเนินงานตามแนวคิด Zero Waste Ecosystem [14] การต่อยอดสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์จากวัสดุรีไซเคิลเพื่อติดตั้งใช้งานจริงภายในพื้นที่ จึงเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ความยั่งยืนขององค์กร

3.5 อัตลักษณ์นครสวรรค์: แนวคิดปิง วัง ยม น่าน และวัฒนธรรมจีน

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจุดบรรจบของแม่น้ำ ปิง วัง ยม และน่าน ก่อนรวมเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา [15] การไหลมารวมกันของสายน้ำสะท้อนแนวคิด "การหมุนเวียน" และ "การรวมพลัง" ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน

สายน้ำแต่ละสายมีโทนสีแตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ แม่น้ำปิง - สีเขียว สื่อถึงการไหลผ่านพื้นที่ภูเขาและป่าไม้ทางภาคเหนือ เช่น เชียงใหม่ - ตาก ซึ่งเป็นพื้นที่ต้นน้ำสำคัญของประเทศ สีเขียวจึงสะท้อนความอุดมสมบูรณ์ของป่า ระบบนิเวศต้นน้ำ การกำเนิดและการหล่อเลี้ยงชีวิต แม่น้ำวัง - สีน้ำเงิน สื่อถึงการไหลผ่านพื้นที่ภูเขาหินและแอ่งลุ่มน้ำที่มีลักษณะน้ำลึกและนิ่งในหลายช่วง สีน้ำเงินจึงสะท้อนความลึกและความสงบ แม่น้ำยม - สีเหลือง สื่อถึงลักษณะเด่นของตะกอนดิน โดยเฉพาะในฤดูน้ำหลากที่น้ำมีโทนเหลือง - น้ำตาล สีเหลืองจึงสื่อถึงตะกอนดินและความอุดมสมบูรณ์ทางการเกษตร และพื้นที่ราบลุ่ม แม่น้ำน่าน - สีแดง สื่อถึงการไหลผ่านพื้นที่ภูเขาสูงและดินลูกรังสีแดงในหลายช่วง สีแดงจึงสามารถตีความเชิงสัญลักษณ์ได้ว่าพลังความแข็งแรง และความมีชีวิตชีวา

นครสวรรค์ยังมีชุมชนไทยเชื้อสายจีนที่มีบทบาทสำคัญทางเศรษฐกิจและวัฒนธรรม โดยปรากฏผ่านสถาปัตยกรรม ศาลเจ้า ลวดลายช่องลม และรูปแบบหลังคาจีนที่สื่อถึงความเป็นสิริมงคลและความสมดุล [16] การประยุกต์องค์ประกอบดังกล่าวในงานออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากวัสดุรีไซเคิล ช่วยสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และอัตลักษณ์พื้นที่อย่างเป็นรูปธรรม



รูปที่ 2 พื้นที่นั่งพักภายในห้างสรรพสินค้า

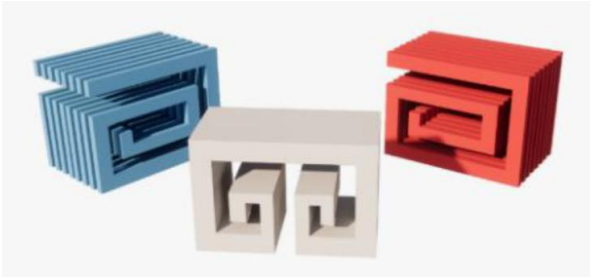
3.6 การออกแบบเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติก

กรอบแนวคิดการออกแบบ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสะดวกสบายในการใช้งาน การออกแบบที่สะท้อนเอกลักษณ์ วัสดุที่มีความเหมาะสม ความแข็งแรงของโครงสร้าง และกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพ งานออกแบบได้นำรูปแบบเรขาคณิต เพื่อสะท้อนความเป็นชุมชนคนจีนในนครสวรรค์ มีทั้งหมด 3 รูปแบบเพื่อใช้เป็นทางเลือกให้กลุ่มตัวอย่างได้พิจารณา แบบที่ 1 การบรรจบกันของแม่น้ำ ปิงวัง-ยมน่าน แบบที่ 2 ลายช่องลมจีน และแบบที่ 3 หลังคาจีน ซึ่งผลการประเมินรูปแบบเก้าอี้จากฝาขวดพลาสติกในเบื้องต้น จากผู้ตอบ

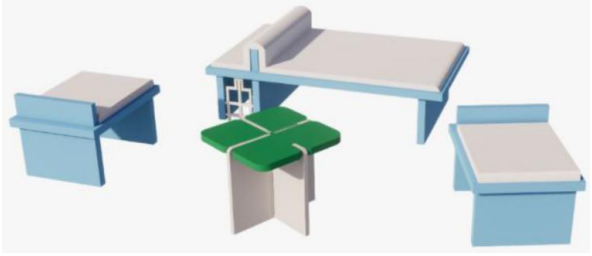
แบบสอบถามจำนวน 50 คน พบว่า รูปแบบที่ 1 ปิง วัง ยม น่าน มีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานมากที่สุด



รูปที่ 3 แนวคิด ปิง วัง ยม น่าน (รูปแบบที่ 1)



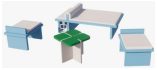
รูปที่ 4 แนวคิดลายช่องลมจีน (รูปแบบที่ 2)

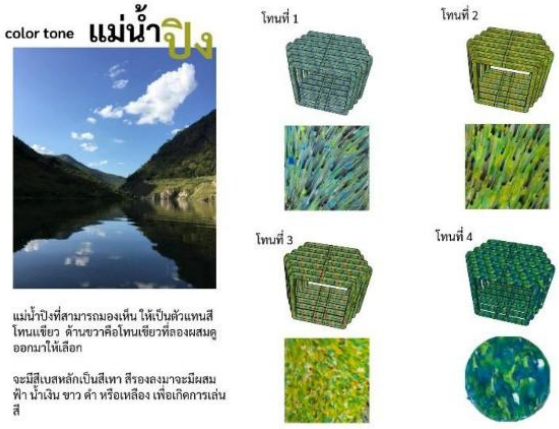


รูปที่ 5 แนวคิดหลังคาจีน (รูปแบบที่ 3)

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามในรูปแบบที่ 1 แนวคิด ปิง วัง ยม น่าน จะมีคะแนนในภาพรวมสูงที่สุดในทุกประเด็น รองลงมาเป็น แบบที่ 2 และ แบบที่ 3 ตามลำดับ หลังจากได้รูปแบบของเฟอร์นิเจอร์แล้วจึงทำการออกแบบสีที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์ โดยใช้การอ้างอิงจากสีของแม่น้ำ ปิง วัง ยม และน่าน ถ่ายทอดออกมาเป็นตัวแทนของแม่น้ำแต่ละสาย ได้แก่ สีเขียวเป็นตัวแทนของแม่น้ำปิง สีน้ำเงินเป็นตัวแทนของแม่น้ำวัง สีเหลืองเป็นตัวแทนของแม่น้ำยม สีแดงเป็นตัวแทนของแม่น้ำน่าน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบเฟอร์นิเจอร์

 แบบที่ 1 ปิง วัง ยม น่าน ใช้สัญลักษณ์ ●	 แบบที่ 2 ช่องลมจีน ใช้สัญลักษณ์ ●	 แบบที่ 3 หลังคาจีน ใช้สัญลักษณ์ ○					
ลำดับ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน (การศึกษาเบื้องต้น)	ระดับความคิดเห็น					
		1	2	3	4	5	
1	แนวคิดการออกแบบ			○	●	●	
2	สะท้อนอัตลักษณ์ของพื้นที่			○	●	●	
3	มีประโยชน์ในการใช้งาน			○	●	●	
4	มีความสวยงาม			●	●	●	
5	มีความสะดวกในการใช้งาน		○	●	●	●	
6	เหมาะสมกับสถานที่		○	○	●	●	
7	เหมาะกับการใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์		●	●	●	●	
8	มีความน่าสนใจ		○	●	●	●	
9	เหมาะกับทุกเพศทุกวัย		○	●	●	●	
หมายเหตุ: ระดับความคิดเห็น 1 (น้อยที่สุด) ไปจนถึง 5 (มากที่สุด)							



รูปที่ 6 แม่น้ำปิงสีเขียว



รูปที่ 7 แม่น้ำวังสีน้ำเงิน



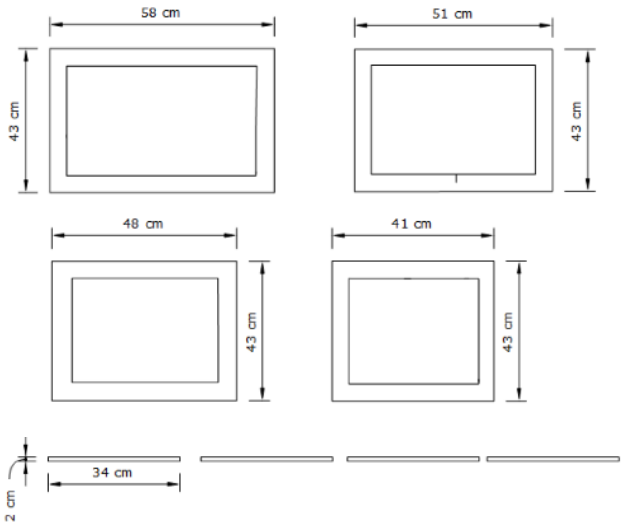
รูปที่ 8 แม่น้ำยมสีเหลือง



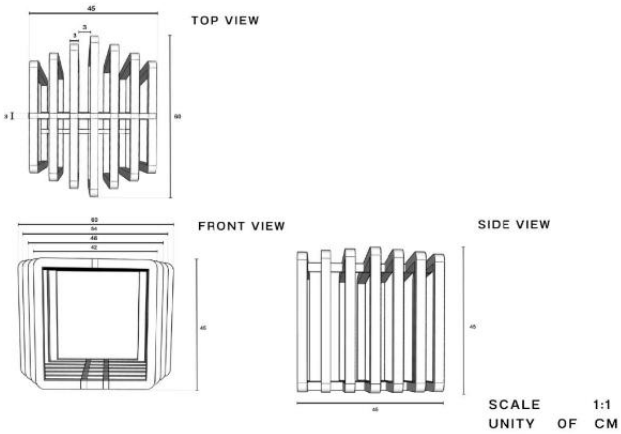
รูปที่ 9 แม่น้ำน่านสีแดง

4. การผลิตต้นแบบเฟอร์นิเจอร์

เมื่อทำการสรุปรูปแบบและลักษณะสีของพลาสติกแล้ว จะเข้าสู้ขั้นตอนการเขียนแบบเพื่อการผลิต ซึ่งจะแยกชิ้นส่วนแต่ละชิ้นพร้อมกำหนดขนาด รวม 5 รูปแบบ ประกอบด้วย แผ่นพลาสติกขนาด 58x43 เซนติเมตร จำนวน 1 ชิ้น แผ่นพลาสติกขนาด 51x43 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น แผ่นพลาสติกขนาด 48x43 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น แผ่นพลาสติกขนาด 42x43 เซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น และแผ่นพลาสติกขนาด 34x2 เซนติเมตร จำนวน 4 ชิ้น ดังแสดงในรูปที่ 10 -11



รูปที่ 10 ขนาดชิ้นงาน 5 แบบ



รูปที่ 11 การเขียนแบบเพื่อการผลิต

เมื่อได้แผ่นพลาสติกตามขนาดและรูปแบบตามจำนวนที่กำหนดไว้ เริ่มจากการเซาะร่องเพื่อยึดและประกอบชิ้นงาน เปรียบเสมือนแกนหลักของตัวเฟอร์นิเจอร์ ซึ่งจะต้องใช้ความพิถีพิถันในการทำ เนื่องจากหากร่องมีขนาดใหญ่กว่าแผ่นโครงจะทำให้เกิดการคลอนและส่งผลกับความแข็งแรง ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 การตัดแต่งร่องของแกนยึดเก้าอี้

หลังจากนั้นจะนำโครงที่มีลักษณะเป็นกรอบสี่เหลี่ยมต่างขนาดกัน จำนวน 7 ชิ้น ยึดเข้ากับแกนที่เซาะร่องไว้ ทั้งบนและล่าง (รูปที่ 13) เมื่อประกอบชิ้นงานเสร็จจะทำการขัดตกแต่งผิว เพื่อลดความคมที่อาจจะเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานและพ่นเคลือบผิวเพื่อความสวยงามและความทนทาน (รูปที่ 14-15)



รูปที่ 13 การประกอบแกนยึดเข้ากับโครง



รูปที่ 14 การประกอบแกนยึดเข้ากับโครง



รูปที่ 15 ชิ้นงานต้นแบบ

การทำเก้าอี้จากฝาขวดพลาสติก ได้ทำการทดลองใช้อุณภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน พบว่าอุณหภูมิ 170°C ที่เวลา 30 นาที ยังปรากฏการวิ่งของเม็ดสีที่วิ่งหาความร้อน จะเห็นสีแตกกระจายตัวเป็นจุด ๆ แต่เมื่อเพิ่มเวลาเป็น 40 - 60 นาที การวิ่งของเม็ดสีจะเริ่มแตกตัวผสมเข้าหากัน เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เป็น 190 - 220°C ที่เวลา 30 นาที พบว่าแผ่นพลาสติกจะมีสีที่หลอมเข้ากันได้อย่างชัดเจน

นอกจากนี้ผลการทดสอบการรับน้ำหนักของต้นแบบเฟอร์นิเจอร์จากขวดพลาสติก ไม่พบความชำรุด สามารถรูปทรงได้เหมือนเดิมไปจนถึงระดับน้ำหนักที่ต่ำกว่า 95 กิโลกรัม แต่เมื่อเพิ่มน้ำหนักตั้งแต่ 95 กิโลกรัมเป็นต้นไป จะเริ่มปรากฏความเสียหายและมีอาการโยกเล็กน้อย และต้นแบบเฟอร์นิเจอร์จะสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม ซึ่งเฟอร์นิเจอร์จากขยะพลาสติกเป็นการชี้ให้เห็นถึงสภาพการณ์ปัจจุบันเพื่อสร้างความตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน การนำพลาสติกรีไซเคิลมาใช้ในการผลิตเฟอร์นิเจอร์ช่วยลดขยะและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เป็นทางเลือกในการตกแต่งสภาพแวดล้อมในอาคารให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน ส่งเสริมความสวยงาม ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ช่วยลดปัญหาขยะพลาสติก ลดการส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่า และเพิ่มคุณค่าด้วยการออกแบบ

กระบวนการแปลงสภาพขวดพลาสติกจากการนำกลับมาใช้ใหม่ จากการนำขวดและฝาพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ใช้งานแล้วเป็นขยะเหลือทิ้ง ผ่านการบดให้เป็นเศษขนาดเล็ก อัตราส่วนผสมแต่ละแผ่นของแต่ละสี 60:20 โดยประมาณ นำมาผสมกันน้ำหนักประมาณ 3000 กรัม / แผ่น หลอมด้วยความร้อน 190-220°C 30 นาที อัดขึ้นรูปเป็นความหนา 2 ซม. เมื่อหลอมเสร็จนำเอาออกมาพลาสติกจะมีการหดตัวลง 1-2 ซม.

5. สรุปผล

การศึกษาและออกแบบชุดเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติกสำหรับห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลนครสวรรค์ แสดงให้เห็นว่า การนำวัสดุรีไซเคิลประเภท HDPE มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในพื้นที่สาธารณะสามารถดำเนินการได้จริงทั้งในเชิงเทคนิคและเชิงการใช้งาน ผลการออกแบบภายใต้กรอบแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการสื่อสารอัตลักษณ์ท้องถิ่น ทำให้เฟอร์นิเจอร์มีคุณค่ามากกว่าประโยชน์ใช้สอย โดยทำหน้าที่เป็นสื่อกลางสร้างความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมแก่ผู้ใช้บริการ ซึ่งผลการประเมินรูปแบบจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน พบว่า แนวคิด "ปิง วัง ยม น่าน" ได้รับความพึงพอใจสูงสุดในทุกด้าน ทั้งความเหมาะสมด้านการใช้งาน ความสวยงาม และความสอดคล้องกับบริบทพื้นที่ สะท้อนว่าการบูรณาการอัตลักษณ์ท้องถิ่นเข้ากับการออกแบบช่วยเพิ่มคุณค่าทางความหมายของผลิตภัณฑ์

ในด้านการผลิต พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการหลอมแผ่นพลาสติกอยู่ที่ 190–220°C เป็นเวลา 30 นาที ซึ่งทำให้เม็ดพลาสติกหลอมรวมกันอย่างสม่ำเสมอ และสามารถขึ้นรูปเป็นแผ่นหนา 2 เซนติเมตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแผ่นพลาสติกมีการหดตัวประมาณ 1-2 เซนติเมตรหลังการหลอม ส่วนผลการทดสอบการรับน้ำหนักพบว่าต้นแบบสามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 120 กิโลกรัม โดยเริ่มมีการเสียรูปเล็กน้อยเมื่อเกิน 95 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าต้นแบบมีศักยภาพเพียงพอสำหรับการใช้งานในพื้นที่พักคอยสาธารณะระดับเบา–ปานกลาง โดยสรุปแล้วการพัฒนาเฟอร์นิเจอร์จากฝาขวดพลาสติกในบริบทศูนย์การค้า สามารถเป็นต้นแบบเชิงพื้นที่ที่บูรณาการการจัดการขยะ การออกแบบ และการสื่อสารสาธารณะได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแนวคิด BCG และ SDGs

6. ข้อเสนอแนะ

กระบวนการแปลงสภาพฝาขวดพลาสติกเป็นต้องคำนึงถึงการตัดเศษเหลือ โดยการออกแบบแม่พิมพ์ให้เป็นไปตามรูปทรงโดยให้มีการตัดแต่งน้อยที่สุด อีกทั้งระยะเวลาในการผลิตค่อนข้างนาน มีน้ำหนักมากและมีการหดตัวเมื่อเย็นลง ดังนั้นควรศึกษาวัสดุที่สามารถนำมาผสมเพื่อเพิ่มสมบัติที่ดีให้กับวัสดุอีกทั้งควรพัฒนาโครงสร้างเสริมภายใน หรือเพิ่มระบบล็อกข้อต่อ เพื่อเพิ่มความสามารถในการรองรับน้ำหนักเกิน 120 กิโลกรัม สำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง รวมถึงการศึกษาสัดส่วนการผสมสีและการกระจายตัวของเม็ดพลาสติกเพิ่มเติมเพื่อควบคุมลวดลายและคุณภาพผิวให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น ไปจนถึงการทดสอบความทนทานแรงกระแทก และความทนต่อรังสี UV หากนำไปใช้ในพื้นที่กึ่งภายนอก

นอกจากนี้ควรมีการศึกษาวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมกับเฟอร์นิเจอร์วัสดุทั่วไป พร้อมทั้งการศึกษาพฤติกรรมผู้ใช้งานหลังติดตั้งจริง เพื่อประเมินผลด้านการรับรู้และการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมควบคุมมลพิษ. (2023). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2565. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. Retrieved September 17, 2024, from https://www.pcd.go.th

[2] World Bank. (2021). Market study for Thailand: Plastics circularity opportunities and barriers. World Bank Group. Retrieved September 17, 2024, from https://www.worldbank.org

[3] United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. Retrieved September 17, 2024, from https://sdgs.un.org/2030agenda

[4] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2021). โมเดลเศรษฐกิจ BCG. Retrieved September 20, 2024, from https://www.nesdc.go.th

[5] Central Group. (2023). Sustainability report. Retrieved September 20, 2024, from https://www.centralgroup.com

[6] OECD. (2022). Global plastics outlook: Economic drivers, environmental impacts and policy options. Organisation for Economic Co-operation and Development. Retrieved September 28, 2024, from https://www.oecd.org

[7] กรมควบคุมมลพิษ. (2023). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2565. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. Retrieved September 28, 2024, from https://www.pcd.go.th/publication/

[8] กรมควบคุมมลพิษ. (2022). แผนปฏิบัติการด้านการจัดการขยะพลาสติก ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2561–2570). Retrieved September 30, 2024, from https://www.pcd.go.th/strategy/

[9] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2021). โมเดลเศรษฐกิจ BCG (Bio-Circular-Green Economy). Retrieved September 30, 2024, from https://www.nesdc.go.th

[10] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2020). แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment). Retrieved October 11, 2024, from https://www.onep.go.th

[11] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2021). คู่มือการจัดการและรีไซเคิลพลาสติก. กระทรวงอุตสาหกรรม. Retrieved October 11, 2024, from https://www.diw.go.th

[12] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2022). มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมด้านเฟอร์นิเจอร์. Retrieved October 18, 2024, from https://www.tisi.go.th

[13] สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2020). แนวคิด living lab และการพัฒนานวัตกรรมในพื้นที่จริง. Retrieved October 18, 2024, from https://www.nia.or.th

[14] กลุ่มเซ็นทรัล. (2023). รายงานความยั่งยืนประจำปี 2566 (Sustainability report 2023). Retrieved October 18, 2024, from https://www.centralgroup.com/th/sustainability

[15] สำนักงานจังหวัดนครสวรรค์. (2022). ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดนครสวรรค์. Retrieved October 18, 2024, from https://www.nakhonsawan.go.th

[16] สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดนครสวรรค์. (2021). ข้อมูลวัฒนธรรมท้องถิ่นจังหวัดนครสวรรค์. Retrieved October 18, 2024, from https://www.m-culture.go.th/nakhonsawan

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เกมการ์ดโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุ

Product Development of a Thai Cultural Identity–Based Card Game to Enhance Cognitive Function in Elderly People

วรัชยา สอาดเอี่ยม บัณฑิตา คำพันธ์ ศรัฐ สิมศิริ และสุทธิดา ศุภโสภณ*

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: suttida.supasopon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกมการ์ดโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมการกระตุ้นความจำและสมรรถภาพทางสติปัญญา (IQ) ของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาพฤติกรรม ความคุ้นเคย และความต้องการของผู้สูงอายุที่มีต่อรูปแบบเกมที่ใช้ในกิจกรรมกลุ่ม ผ่านการสำรวจความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 41 คน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแนวคิดและพัฒนารูปแบบเกมต้นแบบ

แนวคิดการออกแบบมุ่งเน้นการเลือกใช้องค์ประกอบทางวัฒนธรรมที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคย ได้แก่ ตัวละครจากวรรณคดีไทยเรื่องรามเกียรติ์ โทนสีไทย พยัญชนะไทย และลวดลายไทย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบเกมการ์ดให้เหมาะสมกับการใช้งาน ช่วยลดความซับซ้อนในการเรียนรู้ เพิ่มความรู้สึกเชื่อมโยงทางอารมณ์ และสร้างแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุระหว่างการเล่นเกม ทั้งนี้ การดำเนินการวิจัยได้คำนึงถึงจรรยาบรรณในการวิจัยในมนุษย์ โดยผู้เข้าร่วมได้รับการชี้แจงวัตถุประสงค์และให้ความยินยอมในการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างสมัครใจ

การออกแบบเกมมุ่งเน้นการกระตุ้นกระบวนการคิด ความจำ และการตัดสินใจ ผ่านรูปแบบการเล่นที่เรียบง่าย สนุกสนาน และเหมาะสมกับศักยภาพของผู้สูงอายุ ควบคู่กับการส่งเสริมสุขภาพจิต การผ่อนคลายความเครียด และการสร้างความเพลิดเพลิน ผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าผู้สูงอายุมีความต้องการผลิตภัณฑ์ที่สามารถพกพาและใช้งานได้สะดวก และสามารถนำไปใช้เป็นกิจกรรมฝึกสมองในชีวิตประจำวันได้อย่างต่อเนื่อง งานวิจัยนี้จึงนำไปสู่การพัฒนาต้นแบบเกมการ์ดที่ผสานคุณค่าทางวัฒนธรรมไทยเข้ากับเป้าหมายด้านการส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การออกแบบผลิตภัณฑ์ เกมการ์ด อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย ผู้สูงอายุ สมรรถภาพทางสติปัญญา

Abstract

This research focuses on the design and development of a card game product using Thai cultural identity to enhance memory stimulation and cognitive function (IQ) among elderly people aged 60 years and over. The research process began with an investigation of behaviors, familiarity, and needs of elderly participants regarding card games used in group activities. Data were collected through a questionnaire survey involving 41 elderly participants and were used as a foundation for defining the design concept and developing a prototype card game.

The design concept emphasizes the use of cultural elements familiar to elderly people, including characters from the Thai epic Ramakien, traditional Thai color tones, Thai alphabet characters, and Thai decorative patterns. These elements were applied to the card game design to reduce learning complexity, strengthen emotional connection, and enhance motivation for participation during gameplay. The research process was conducted with consideration of research ethics involving human participants, and all participants were informed of the research objectives and provided voluntary consent prior to participation.

The card game design aims to stimulate cognitive processes such as thinking, memory, and decision-making through simple, enjoyable gameplay appropriate to the abilities of elderly users, while also promoting mental well-being, stress reduction, and enjoyment. The evaluation results indicate that elderly participants prefer a card game product that is portable, easy to use, and suitable for continuous cognitive training in daily life. Consequently, this study led to the development of a prototype card game that integrates Thai cultural values with the objective of enhancing cognitive function and quality of life among elderly people in an appropriate and meaningful manner.

Keywords: Product design, Card game, Thai cultural identity, Elderly People, Cognitive function

1. บทนำ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างรวดเร็ว อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอายุขัยเฉลี่ยของประชากรควบคู่กับอัตราการเกิดที่ลดลง ส่งผลให้สัดส่วนประชากรผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถานการณ์ดังกล่าวทำให้ประเด็นด้านสุขภาพกาย สุขภาพจิต และสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุกลายเป็นความท้าทายสำคัญต่อระบบสาธารณสุขและคุณภาพชีวิตของประชากรในระยะยาว โดยเฉพาะปัญหาด้านความจำ สมาธิ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามวัย และอาจนำไปสู่ภาวะถดถอยทางสติปัญญาและภาวะสมองเสื่อมในอนาคต [1]

แนวทางในการส่งเสริมการทำงานของสมองและสุขภาพจิตของผู้สูงอายุจึงได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในแนวทางที่ได้รับการยอมรับคือการใช้เกมเป็นกิจกรรมกระตุ้นสมอง เนื่องจากเกมสามารถออกแบบให้เหมาะสมกับศักยภาพของผู้สูงอายุ และช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด ความจำ สมาธิ และการตัดสินใจได้อย่างเป็นระบบ [2] นอกจากนี้ เกมยังมีบทบาทในการสร้างความเพลิดเพลิน ลดความเครียด และส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาวะทางจิตใจของผู้สูงอายุ [3]

อย่างไรก็ตาม เกมการ์ดหรือเกมฝึกสมองที่มีอยู่ทั่วไปในปัจจุบันส่วนใหญ่มักใช้รูปแบบสัญลักษณ์สากล ตัวอักษรภาษาอังกฤษ หรือรูปแบบการนำเสนอที่มีความเป็นนามธรรมสูง ซึ่งอาจไม่สอดคล้องกับประสบการณ์ชีวิตและบริบททางวัฒนธรรมของผู้สูงอายุไทย ส่งผลให้ผู้สูงอายุบางกลุ่มเกิดความรู้สึกไม่คุ้นเคย เข้าใจยาก หรือขาดแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง การออกแบบเกมสำหรับผู้สูงอายุจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบการเล่น ระดับความซับซ้อน และการเลือกใช้องค์ประกอบที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคย เพื่อเพิ่มการมีส่วนร่วมและประสิทธิภาพในการใช้งาน [4]

การนำอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยมาใช้ในการออกแบบเกมการ์ด เช่น ตัวละครจากวรรณคดีไทย โทนสีไทย พยัญชนะไทย และลวดลายไทย จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยสร้างความคุ้นเคย กระตุ้นความทรงจำ และเสริมสร้างความเชื่อมโยงทางอารมณ์ของผู้สูงอายุระหว่างการเล่นเกม ซึ่งอาจส่งผลเชิงบวกต่อการกระตุ้นสมรรถภาพทางสติปัญญาและสุขภาพจิตของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม

จากเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกมการ์ดโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ โดยการศึกษานี้เป็นกรณีศึกษาเชิงการออกแบบในรายวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุ ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจแนวคิด กระบวนการออกแบบ และความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในระดับเบื้องต้น ทั้งนี้ ผลการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุในงานวิจัยหรือการออกแบบเชิงลึกในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาความคุ้นเคย ความสนใจ และความพึงพอใจของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ต่อรูปแบบเกมที่มีอยู่เดิม ได้แก่ เกมไพ่ บิงโก และโดมิโน่ โดยพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบเกมต่อการกระตุ้นกระบวนการคิดและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาเกมการ์ดต้นแบบโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยเป็นองค์ประกอบในการออกแบบ ให้สอดคล้องกับบริบททางวัฒนธรรมและพัฒนาการด้านจิตสังคมของผู้สูงอายุ รวมถึงสามารถส่งเสริมการกระตุ้นความคิดและความจำในระดับเบื้องต้น

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจและการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุที่มีต่อเกมการ์ดต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ในฐานะกรณีศึกษาเชิงการออกแบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับการพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในอนาคต

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสังเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรม ความต้องการ และความคาดหวังของผู้สูงอายุ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแนวคิดและทิศทางการออกแบบผลิตภัณฑ์เกมการ์ดโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุ การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ 1) การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้สูงอายุ 2) การออกแบบและพัฒนาแนวคิดเกมต้นแบบโดยใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย และ 3) การประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบเกมต้นแบบ ดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้สูงอายุ

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้มุ่งศึกษาพฤติกรรม ความต้องการ และลักษณะการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปในการทำกิจกรรมประเภทเกม โดยใช้วิธีการสังเกต การสำรวจเบื้องต้น และการสนทนากับผู้สูงอายุที่เข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนา โดยอาศัยกรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเป็นแนวทางในการตีความผลการศึกษา

ตามทฤษฎีพัฒนาการทางจิตสังคมของ Erik Erikson ผู้สูงอายุอยู่ในช่วงพัฒนาการขั้น "บั้นปลายชีวิต" (Ego Integrity vs. Despair) ซึ่งเป็นช่วงที่บุคคลต้องการยอมรับตนเอง เห็นคุณค่าในประสบการณ์ชีวิตที่ผ่านมา และใช้ชีวิตอย่างมีความหมาย การมีกิจกรรมที่ช่วยสร้างความรู้สึก

ภาคภูมิใจ การมีส่วนร่วม และปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นจึงมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาวะทางจิตใจของผู้สูงอายุ [5] ผลการศึกษาพฤติกรรมผู้สูงอายุในงานวิจัยนี้พบว่า ผู้สูงอายุให้ความสนใจกับกิจกรรมที่ให้ความเพลิดเพลิน ไม่ก่อให้เกิดความกดดัน และเปิดโอกาสให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในกลุ่ม

นอกจากนี้ แนวคิดการกระตุ้นสมองในผู้สูงอายุระบุว่ากิจกรรมที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองอย่างสม่ำเสมอสามารถช่วยชะลอการเสื่อมถอยทางสติปัญญา และส่งเสริมความจำ สมาธิ และกระบวนการคิดได้ [6] จากการสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมกิจกรรมเกม พบว่าผู้สูงอายุมีความสนใจต่อกิจกรรมที่ต้องใช้การจดจำ การเชื่อมโยงข้อมูล และการตัดสินใจในระดับที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งสะท้อนถึงความต้องการกิจกรรมฝึกสมองที่ควบคู่ไปกับความสนุกสนาน

ในขณะเดียวกัน ทฤษฎีการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ของ Kolb (Experiential Learning Theory) อธิบายว่าการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเกิดจากการลงมือปฏิบัติจริงและการสะท้อนประสบการณ์ที่ได้รับ [7] การวิเคราะห์พฤติกรรมผู้สูงอายุระหว่างการทำกิจกรรมเกมพบว่า ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้รูปแบบการเล่นได้ดีจากการมีประสบการณ์ตรง และมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้เล่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม และสนับสนุนการใช้เกมเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะทางความคิดของผู้สูงอายุ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้จึงถูกนำมาใช้เป็นฐานในการกำหนดแนวคิดและทิศทางการออกแบบเกมต้นแบบ โดยพบว่าผู้สูงอายุมีความคุ้นเคยกับเกมที่มีกติกาไม่ซับซ้อน สามารถเล่นร่วมกับผู้อื่นได้ และมีองค์ประกอบที่ช่วยกระตุ้นความจำและกระบวนการคิดอย่างต่อเนื่อง

3.2 การออกแบบและพัฒนาเกมต้นแบบบนฐานอัตลักษณ์ไทย

จากผลการศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้สูงอายุ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาสังเคราะห์เป็นแนวคิดในการออกแบบเกมต้นแบบ โดยเลือกใช้รูปแบบเกมที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคย ได้แก่ เกมไพ่ เกมบิงโก และเกมโดมิโน่ เป็นกรอบพื้นฐานของรูปแบบการเล่น

ในการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้รวบรวมตัวอย่างเกมกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบเชิงแนวคิดด้านรูปแบบการเล่นและลักษณะการใช้งาน ทั้งนี้ ตัวอย่างดังกล่าว ไม่ได้เป็นผลงานการออกแบบของทีมวิจัยแต่ใช้เพื่อประกอบการวิเคราะห์บริบทของเกมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคยและใช้งานอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 1 ตัวอย่างเกมกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุ (เกมการ์ด)
ที่มา: https://www.totalmerchandise.co.uk



รูปที่ 2 เกมกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุ (เกมบิงโก และ เกมโดมิโน่)
ที่มา: https://www.lazada.co.th

จากนั้น ผู้วิจัยจึงพัฒนาแนวคิดการออกแบบเกมต้นแบบโดยประยุกต์ใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยในมิติของการออกแบบทัศนศิลป์ (Visual design) ได้แก่ การเลือกใช้ตัวละครจากวรรณคดีไทยเรื่องรามเกียรติ์ การใช้โทนสีไทยดั้งเดิม และการประยุกต์ใช้ลวดลายไทยเป็นองค์ประกอบในการออกแบบการ์ด โดยการเลือกใช้องค์ประกอบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความคุ้นเคย ลดอุปสรรคในการเรียนรู้ และเสริมสร้างความเชื่อมโยงทางอารมณ์ให้แก่ผู้สูงอายุ



รูปที่ 3 แนวคิดการออกแบบโดยใช้ตัวละครจากวรรณคดีไทย
ที่มา: https://www.silpa-mag.com



รูปที่ 4 Thaitone โทนสีที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในงานศิลปะไทยแบบดั้งเดิม
ที่มา: https://www.thaiprint.org

โดยแนวคิดการออกแบบในส่วนนี้เป็นการกำหนดทิศทางเชิงทัศนศิลป์เพื่อสนับสนุนรูปแบบเกมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย มิใช่การเปลี่ยนแปลงกติกาการเล่นของเกมเดิม แต่เป็นการพัฒนาการนำเสนอให้เหมาะสมกับบริบททางวัฒนธรรมและศักยภาพของผู้สูงอายุไทย

3.3 การประเมินความพึงพอใจต่อเกมต้นแบบของผู้สูงอายุ

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้เป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้สูงอายุที่มีต่อรูปแบบเกมต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) เกมไพ่สำรับไทย 2) เกมโดมิโน่ และ 3) เกมบิงโก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้สูงอายุจำนวน 41 คน

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณดำเนินการ โดยการคำนวณค่าความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย เพื่อแสดงระดับความพึงพอใจในประเด็นด้านแนวคิดการออกแบบ ความเข้าใจง่ายของกติกา ความสวยงาม ความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ และแนวโน้มในการนำไปใช้งานจริง ขณะเดียวกันข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะเพิ่มเติมถูกนำมาวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแนวคิดการออกแบบเกมต้นแบบ



รูปที่ 5 แนวคิดรูปแบบเกมไพ่สำรับไทย

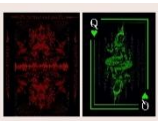


รูปที่ 6 แนวคิดรูปแบบเกมโดมิโน่



รูปที่ 7 แนวคิดรูปแบบเกมบิงโก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบเกม

รูปแบบ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย
 แบบที่ 1 เกมไพ่สำรับไทย	แนวคิดการออกแบบ	4.1
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	4.2
	มีความสวยงาม	4.3
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	4.4
	มีความน่าสนใจ	4.1
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	3.9
 แบบที่ 2 เกมโดมิโน่	แนวคิดการออกแบบ	3.8
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	2.6
	มีความสวยงาม	3.5
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	3.7
	มีความน่าสนใจ	3.6
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	3.7
 แบบที่ 3 เกมบิงโก	แนวคิดการออกแบบ	3.7
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	3.6
	มีความสวยงาม	3.6
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	3.7
	มีความน่าสนใจ	3.6
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	4.1

ผลการประเมินจากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบที่ 1 แนวคิดเกมไพ่สำรับไทยได้รับคะแนนความพึงพอใจในภาพรวมสูงที่สุดในทุกประเด็น รองลงมาเป็นรูปแบบเกมบิงโก และเกมโดมิโน่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความคุ้นเคยของผู้สูงอายุที่มีต่อรูปแบบเกมไพ่ ซึ่งมีกติกาเข้าใจง่าย เหมาะสมกับกิจกรรมกลุ่ม และสามารถรองรับการประยุกต์ใช้องค์ประกอบทางวัฒนธรรมไทยได้อย่างชัดเจน

ภายหลังจากการคัดเลือกรูปแบบเกมที่ได้รับความสนใจมากที่สุด ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดเกมไพ่สำรับไทยมาใช้เป็นฐานในการพัฒนาเกมต้นแบบ โดยเน้นการออกแบบทัศนศิลป์ด้วยการประยุกต์ใช้อัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทย เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วม การกระตุ้นสมรรถภาพทางสติปัญญา และการเชื่อมโยงคุณค่าทางวัฒนธรรมเข้ากับกิจกรรมการเล่นเกมสำหรับผู้สูงอายุอย่างเหมาะสม

4. การผลิตต้นแบบเกมไพ่สำรับไทย

การผลิตต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากผลการวิเคราะห์พฤติกรรม ความต้องการ และความพึงพอใจของผู้สูงอายุ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบเกมไพ่เป็น

รูปแบบที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคย เข้าใจง่าย และได้รับความสนใจมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบเกมอื่น ผู้วิจัยจึงนำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางหลักในการพัฒนาเกมไพ่ต้นแบบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุ

กระบวนการพัฒนาต้นแบบเริ่มจากการกำหนดแนวคิดการออกแบบ โดยมุ่งเน้นการผสานอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยเข้ากับรูปแบบเกมไพ่ในลักษณะที่เหมาะสมกับศักยภาพและข้อจำกัดของผู้สูงอายุ องค์ประกอบหลักที่นำมาใช้ในการออกแบบประกอบด้วย ตัวละครจากวรรณคดีไทยเรื่องรามเกียรติ์ โทนสีไทยดั้งเดิม พยัญชนะไทย และลวดลายไทย ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกราฟิกบนหน้าไพ่ เพื่อสร้างความคุ้นเคย ลดความซับซ้อนในการรับรู้ และเพิ่มแรงจูงใจในการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุระหว่างการเล่นเกม



รูปที่ 8 ตัวละครหลักเรื่องรามเกียรติ์
ที่มา: https://thailandblog.nl



รูปที่ 9 รูปแบบลวดลายไทยสำหรับการออกแบบไพ่
ที่มา: https://thaiartisan.org



รูปที่ 10 โทนสีไทยโทนสำหรับการออกแบบไพ่
ที่มา: https://www.trueplookpanya.com

4.1 การพัฒนาต้นแบบระยะที่ 1

ในระยะเริ่มต้น ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบเกมไพ่ระยะที่ 1 เพื่อทดสอบแนวคิดเบื้องต้นด้านรูปแบบการ์ดและการนำตัวละครจากวรรณคดีไทยเรื่องรามเกียรติ์มาใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการออกแบบ โดยต้นแบบในระยะนี้ยังคงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของเกมไพ่ทั่วไป และยังไม่ได้มีการประยุกต์ใช้พยัญชนะไทย ลวดลายไทย และโทนสีไทยอย่างชัดเจน



รูปที่ 11 ภาพต้นแบบระยะที่ 1 ก่อนการพัฒนาอัตลักษณ์ไทย

จากการวิเคราะห์ต้นแบบระยะที่ 1 พบว่าการใช้พื้นหลังสีดำส่งผลให้ลวดลายและเส้นสายของตัวละครรามเกียรติ์ไม่เด่นชัด อีกทั้งรูปแบบสีและสัญลักษณ์ยังไม่สามารถสื่อถึงอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยได้อย่างชัดเจน และอาจก่อให้เกิดข้อจำกัดด้านการมองเห็นและการรับรู้ของผู้สูงอายุ ซึ่งส่งผลต่อความสะดวกในการใช้งานและความเข้าใจในรูปแบบการเล่นของเกม

4.2 การพัฒนาต้นแบบระยะที่ 2 และต้นแบบขั้นสุดท้าย

จากข้อจำกัดของต้นแบบระยะที่ 1 ผู้วิจัยได้นำผลการวิเคราะห์มาปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบในระยะที่ 2 โดยยึดแนวคิดการออกแบบที่คำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง (User-centered design) มากขึ้น ทั้งในด้านการเลือกใช้สี รูปแบบสัญลักษณ์ และองค์ประกอบทางทัศนศิลป์ เพื่อเพิ่มความชัดเจนในการมองเห็นและสร้างความคุ้นเคยให้กับผู้สูงอายุ [8]

ในขั้นตอนนี้ได้มีการนำพยัญชนะไทย ลวดลายไทย และโทนสีไทยมาใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการออกแบบหน้าไพ่ เพื่อเสริมสร้างเอกลักษณ์ความเป็นไทยของเกมไพ่ และสนับสนุนการจดจำและการเรียนรู้ระหว่างการเล่นเกม การปรับปรุงด้านทัศนศิลป์ดังกล่าวยังนำไปสู่การทบทวนและพัฒนารูปแบบการเล่นให้สอดคล้องกับรูปแบบการ์ดที่ปรับใหม่ เพื่อให้กติกาการเล่นมีความเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และเหมาะสมกับศักยภาพของผู้สูงอายุ [9]



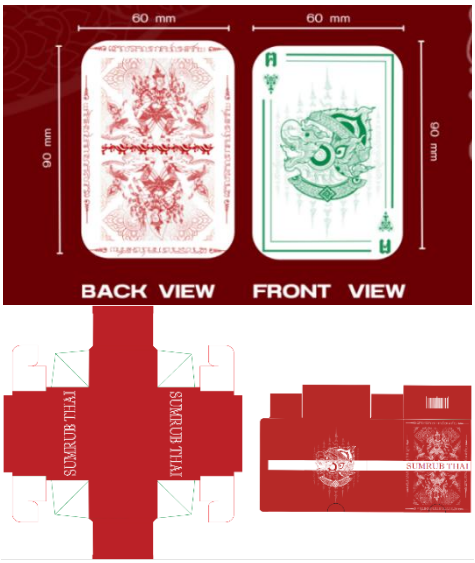
รูปที่ 12 ต้นแบบเกมไพ่ขั้นที่ 2 หลังการปรับปรุงด้านสีและองค์ประกอบอัตลักษณ์ไทย

ผลจากกระบวนการพัฒนาดังกล่าวนำไปสู่การออกแบบเกมไพ่ต้นแบบขั้นสุดท้าย ซึ่งผสานทั้งรูปแบบการเล่นและการออกแบบการ์ดให้สอดคล้องกันอย่างเหมาะสม และพร้อมสำหรับการทดลองใช้และการประเมินผล โดยรูปแบบการเล่นของเกมไพ่ต้นแบบในงานวิจัยนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นจากโครงสร้างพื้นฐานของเกมไพ่สากลประเภทการเรียกไพ่จากผู้เล่นอื่น และนำมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับบริบทการใช้งานของผู้สูงอายุ โดยมีการปรับกติกาให้เรียบง่าย ชัดเจน และเอื้อต่อการกระตุ้นกระบวนการคิด ความจำ และการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม ทั้งนี้การออกแบบกติกามุ่งเน้นให้ผู้สูงอายุสามารถเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ ลดความซับซ้อนของกติกา และสร้างความเพลิดเพลินระหว่างการเล่น

4.3 การผลิตต้นแบบเชิงกายภาพและการใช้งาน

การผลิตต้นแบบเชิงกายภาพของเกมไพ่สำรับไทยในงานวิจัยนี้ดำเนินการภายหลังจากการสรุปแนวคิดการออกแบบและรูปแบบการเล่นของเกมต้นแบบ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงของผู้สูงอายุ ทั้งในด้านขนาด น้ำหนัก ความทนทาน และความสะดวกในการพกพา โดยผู้วิจัยได้คำนึงถึงข้อจำกัดด้านการมองเห็น การรับรู้ และการหยิบจับของผู้สูงอายุเป็นสำคัญ

ต้นแบบเกมไพ่ถูกออกแบบให้มีขนาดการ์ด 90 × 60 มิลลิเมตร จำนวนทั้งสิ้น 52 ใบ ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการหยิบจับและมองเห็นได้ชัดเจนขณะใช้งาน บรรจุในกล่องขนาด 110 × 80 × 45 มิลลิเมตร เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและพกพาไปใช้งานในกิจกรรมกลุ่มหรือในชีวิตประจำวัน วัสดุที่เลือกใช้มีความแข็งแรง ทนทาน และปลอดภัยต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ โดยมีการออกแบบมุมการ์ดให้โค้งมนเพื่อลดความเสี่ยงในการบาดมือระหว่างการใช้งาน



รูปที่ 13 ขนาดการ์ดและกล่องสำหรับต้นแบบเกมไพ่สำรับไทย

ในด้านการใช้งาน ต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยถูกออกแบบให้รองรับการเล่นในลักษณะกิจกรรมกลุ่ม โดยกติกาการเล่นมีความเรียบง่าย ไม่ซับซ้อน และเอื้อต่อการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ผู้เล่นสามารถเข้าใจรูปแบบการเล่นได้จากการทดลองเล่นและการสื่อสารระหว่างผู้เล่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ และเหมาะสมกับศักยภาพของผู้สูงอายุ

องค์ประกอบทางทัศนศิลป์ของเกมไพ่ เช่น พยัญชนะไทยที่ใช้แทนสัญลักษณ์สากล สี และลวดลายไทย ถูกออกแบบให้มีความชัดเจนและมีความแตกต่างระหว่างการ์ดแต่ละใบ เพื่อช่วยสนับสนุนการจดจำ การสังเกต และการเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างเลข สี และสัญลักษณ์ ระหว่างการเล่นเกม องค์ประกอบเหล่านี้มีส่วนช่วยลดอุปสรรคด้านการรับรู้ และเพิ่มความมั่นใจในการใช้งานของผู้สูงอายุ



รูปที่ 14 ตัวอย่างการแสดงสัญลักษณ์พยัญชนะ พร้อมวิธีการเล่น

ต้นแบบเกมไพ่ที่ผลิตขึ้นถูกนำไปใช้ในการทดลองเล่นและการประเมินความพึงพอใจของผู้สูงอายุในด้านรูปแบบการออกแบบ ความเข้าใจง่ายของกติกา และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง ผลจาก

การทดลองใช้ดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบในการปรับปรุงและพัฒนาต้นแบบให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในลำดับถัดไป

5. สรุปการสร้างต้นแบบเกมไพ่สำรับไทย

การสร้างต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยในงานวิจัยนี้เป็นผลจากกระบวนการออกแบบเชิงระบบที่เริ่มต้นจากการศึกษาพฤติกรรมความคุ้นเคย และความต้องการของผู้สูงอายุ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เป็นแนวคิดและแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับบริบทการใช้งานจริงของผู้สูงอายุ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบเกมไพ่เป็นรูปแบบเกมที่ผู้สูงอายุมีความคุ้นเคย เข้าใจง่าย และสามารถนำมาใช้เป็นกิจกรรมกระตุ้นกระบวนการคิดและความจำได้อย่างเหมาะสม

กระบวนการพัฒนาต้นแบบดำเนินการเป็นลำดับขั้น เริ่มจากการออกแบบต้นแบบระยะที่ 1 เพื่อทดสอบแนวคิดเบื้องต้นด้านรูปแบบเกมและองค์ประกอบทางทัศนศิลป์ จากนั้นจึงนำข้อจำกัดที่พบจากการพิจารณาด้านการมองเห็น การรับรู้ และการสื่อสารอัตลักษณ์ไทยมาปรับปรุงและพัฒนาเป็นต้นแบบระยะที่ 2 โดยยึดแนวคิดการออกแบบที่คำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลางมากขึ้น จนสามารถพัฒนาไปสู่ต้นแบบขั้นสุดท้ายที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานของผู้สูงอายุทั้งในด้านรูปแบบการเล่นและการออกแบบตัวการ์ด

ต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยขั้นสุดท้ายถูกออกแบบให้มีขนาดการ์ด 90 × 60 มิลลิเมตร จำนวน 52 ใบ และบรรจุในกล่องขนาด 110 × 80 × 45 มิลลิเมตร เพื่อความสะดวกในการจับถือ พกพา และจัดเก็บ วัสดุที่เลือกใช้เป็นกระดาษอาร์ตมันเคลือบพลาสติก ขอบมน ซึ่งมีคุณสมบัติแข็งแรงทนทาน และปลอดภัยต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ ในด้านการออกแบบทัศนศิลป์ มีการเลือกใช้โทนสีไทย ได้แก่ สีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงิน ร่วมกับตัวละครจากวรรณคดีไทยเรื่องรามเกียรติ์ พญัชนะไทย และลวดลายไทยเป็นสัญลักษณ์แทนสัญลักษณ์สากลเดิม เพื่อเพิ่มความคุ้นเคย ความเข้าใจ และสะท้อนอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยอย่างชัดเจน

โดยสรุป ต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยที่พัฒนาขึ้นสามารถผสานแนวคิดการออกแบบเพื่อผู้สูงอายุเข้ากับคุณค่าทางวัฒนธรรมไทยได้อย่างเหมาะสม ต้นแบบดังกล่าวไม่เพียงตอบสนองต่อความต้องการด้านการใช้งานและความเพลิดเพลินของผู้สูงอายุเท่านั้น แต่ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้เกมเป็นเครื่องมือส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาในระดับเบื้องต้น และสามารถใช้เป็นกรณีศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในอนาคตได้อย่างเป็นรูปธรรม

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการพัฒนาต้นแบบเกมไพ่สำรับไทยเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาของผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้สามารถนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ การพัฒนาต่อยอด และการศึกษาในอนาคตได้ดังนี้

6.1 ข้อเสนอแนะเชิงการพัฒนาและการใช้งาน

ควรนำเกมไพ่สำรับไทยที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในบริบทที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ศูนย์ผู้สูงอายุ ชมรมผู้สูงอายุ สถานดูแลผู้สูงอายุ หรือกิจกรรมชุมชน เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง และพิจารณาการปรับรูปแบบการเล่นให้สอดคล้องกับบริบททางสังคมและรูปแบบกิจกรรมที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ควรพัฒนาแนวทางการใช้งานหรือคู่มือการเล่นที่มีรูปแบบเข้าใจง่าย ชัดเจน และเหมาะสมกับผู้สูงอายุ เพื่อสนับสนุนการใช้งานด้วยตนเองหรือการใช้งานร่วมกับผู้อื่นในกิจกรรมกลุ่ม

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงการวิจัย

งานวิจัยในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น ทั้งในด้านช่วงอายุ ระดับการศึกษา และสภาพสุขภาพ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความครอบคลุมของผลการศึกษา รวมถึงควรศึกษาผลของการเล่นเกมไพ่สำรับไทยในระยะยาว เพื่อประเมินผลกระทบต่อสมรรถภาพทางสติปัญญา สุขภาพจิต และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ อาจนำเครื่องมือวัดทางจิตวิทยาหรือการประเมินสมรรถภาพทางสติปัญญาที่เป็นมาตรฐานมาใช้ควบคู่กับการประเมินความพึงพอใจ เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกและมีความแม่นยำทางวิชาการมากยิ่งขึ้น

6.3 ข้อเสนอแนะเชิงการออกแบบและนวัตกรรม

ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเกมไพ่สำรับไทยในรูปแบบอื่นเพิ่มเติม เช่น การออกแบบระดับความยากของเกมที่แตกต่างกัน การเพิ่มรูปแบบกิจกรรมหรือกติกาการเล่นที่หลากหลาย หรือการพัฒนาเกมไพ่ในชุดอัตลักษณ์ไทยที่แตกต่างกันตามความสนใจและประสบการณ์ของผู้สูงอายุแต่ละกลุ่ม นอกจากนี้ อาจต่อยอดการออกแบบไปสู่รูปแบบสื่อดิจิทัลหรือสื่อผสมผสาน (Hybrid media) ควบคู่กับเกมการ์ด เพื่อขยายโอกาสในการเข้าถึงและการใช้งานของผู้สูงอายุที่มีความคุ้นเคยกับเทคโนโลยี ทั้งนี้ การพัฒนาต่อยอดในอนาคตควรยังคงยึดหลักการออกแบบที่คำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง และรักษาอัตลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยเป็นองค์ประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

[1] World Health Organization. (2015). World report on ageing and health. WHO Press.

[2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2021). รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย.

[3] กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2022). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2565.

[4] กรมสุขภาพจิต. (2020). คู่มือการส่งเสริมสุขภาพจิตผู้สูงอายุ. กระทรวงสาธารณสุข.

[5] Erikson, E. H. (1982). The life cycle completed. W. W. Norton & Company.

[6] Park, D. C., & Bischof, G. N. (2013). The aging mind: Neuroplasticity in response to cognitive training. Dialogues in Clinical Neuroscience, 15(1), 109–119.

[7] Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall.

[8] Norman, D. A. (2013). The design of everyday things (Revised and expanded ed.). MIT Press.

[9] วรรณา ศรีสุข. (2019). การใช้เกมเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางสติปัญญาในผู้สูงอายุ. วารสารพัฒนาสุขภาพชุมชน, 7(1), 23–34.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ

Development of Exercise Products to Enhance Emotional Well-being in the Elderly

พัณณิตา ไชยม่อม ลภัส โทษาดิลก ศรัฐ สิมศิริ* และ สุทธิดา ศุภโสภณ

สาขาวิชาศิลปะประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: sarath308@hotmail.com

บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ "ของผู้สูงอายุ" มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากการใช้งานจริง รวมถึงแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการทั้งด้านร่างกายและจิตใจของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นให้เกิดประโยชน์ในเชิงสุขภาวะและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

การวิจัยอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เริ่มจากทำความเข้าใจเกี่ยวกับปัญหา เพื่อมากำหนดประเด็นในการพัฒนาสร้างต้นแบบ และนำไปทดสอบ โดยผลการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานง่าย ปลอดภัย มีความสบาย และส่งผลเชิงบวกต่อสภาวะจิตใจ โดยผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยลดความเหงาและเพิ่มความกระตือรือร้นในการออกกำลังกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ของการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาวะผู้สูงอายุในมิติทางอารมณ์ได้อย่างยั่งยืน ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบตามแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสุขภาพกายและใจของผู้สูงอายุได้อย่างครบถ้วน ทั้งในด้านการใช้งาน ความปลอดภัย และการตอบสนองต่อความต้องการทางอารมณ์ งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับกลุ่มผู้สูงอายุในอนาคต เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างแรงจูงใจในการดูแลสุขภาพตนเอง

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุ การออกกำลังกาย พัฒนาการทางอารมณ์

Abstract

The research titled "Development of Exercise Products to Enhance Emotional Well-being in the Elderly" aims to study the usage behavior, problems, and limitations of exercise products among the elderly, as well as to develop products that effectively meet their physical and emotional needs to enhance overall well-being and quality of life.

The research was grounded in the Design Thinking process, beginning with an in-depth understanding of the problem to define key development issues, followed by prototyping and testing. The findings revealed that elderly users value simplicity, safety, comfort, and positive emotional impact. The developed prototype effectively reduced loneliness, increased enthusiasm for exercise, and improved overall emotional wellness. The study highlights that product designed under Universal Design principles can enhance both physical and mental health, serving as a sustainable approach to elderly-centered product development. The research outcomes provide useful insights for future design practices aiming to promote motivation, well-being, and a better quality of life among the elderly.

Keywords: Elderly product, Exercise, Emotional development

1. บทนำ

สังคมไทยกำลังก้าวเข้าสู่ภาวะสังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ซึ่งส่งผลให้ประเด็นด้านสุขภาพและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้รับความสนใจมากขึ้น ทั้งในมิติของร่างกายและจิตใจ การเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางกายมักมาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์และสภาพจิตใจ เช่น ความเหงา ความวิตกกังวล และภาวะเครียด [1] ซึ่งเกิดจากการลดลงของบทบาททางสังคมและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนากลไกหรือแนวทางที่ช่วยเสริมสร้างสุขภาวะองค์รวมแก่ผู้สูงอายุ เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณค่าและสมดุล [2] การวิจัยเชิงลึกในด้านความต้องการและพฤติกรรมของผู้สูงอายุจึงมีความสำคัญ เพื่อทำความเข้าใจบริบทชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นอยู่ของกลุ่มนี้อย่างแท้จริง

การออกกำลังกายถือเป็นหนึ่งในแนวทางที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถส่งเสริมสุขภาพได้ทั้งทางกายและจิตใจ โดยช่วยฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกาย ลดภาวะซึมเศร้า และสร้างความรู้สึกมีส่วนร่วม

ในสังคม [3] อย่างไรก็ตาม การส่งเสริมให้ผู้สูงอายุออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอยังต้องอาศัยการออกแบบผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมกับวัย ความสามารถ และสภาพร่างกาย เพื่อให้เกิดความปลอดภัย ความสะดวกสบาย และแรงจูงใจในการใช้งาน การออกแบบที่ดีจึงไม่เพียงเป็นเครื่องมือสนับสนุนกิจกรรมทางกาย แต่ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยสร้างประสบการณ์เชิงบวกต่ออารมณ์และทัศนคติของผู้สูงอายุ ทั้งนี้การคำนึงถึงองค์ประกอบด้านความสวยงาม การเข้าถึงง่าย และความสอดคล้องกับวิถีชีวิตประจำวันจะยิ่งเพิ่มโอกาสที่ผู้สูงอายุจะใช้งานผลิตภัณฑ์ได้อย่างต่อเนื่องและเกิดประโยชน์สูงสุด [4]

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษา "การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ" โดยมุ่งเน้นการทำความเข้าใจปัญหาและความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ และการสังเกตพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์เพื่อออกกำลังกาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจะช่วยให้สามารถระบุปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความพึงพอใจและความต่อเนื่องในการใช้งานผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ ผลลัพธ์ของการวิจัยยังคาดว่าจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ตอบสนองต่อความต้องการและความสามารถของผู้สูงอายุ ทั้งในด้านฟังก์ชัน ความงาม ความสะดวกสบาย และการเสริมสร้างอารมณ์เชิงบวก ตลอดจนสามารถขยายผลไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อผู้สูงอายุในบริบทอื่น ๆ ของสังคมไทยและสังคมผู้สูงอายุในระดับสากล

2. วัตถุประสงค์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกาย รวมถึงการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ และการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุ และเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานได้รวบรวม ทฤษฎี หลักการ แนวคิด และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้ระบุไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ประเด็นปัญหา นำไปสู่การนิยามแนวคิดการออกแบบประกอบด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกาย ผู้สูงอายุกับพัฒนาการทางด้านอารมณ์ แนวคิดการออกแบบเพื่อคนทุกคน และทฤษฎีดนตรีบำบัด

3.1 ผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกาย

ผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกาย (Exercise products หรือ Fitness products) หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องใช้ หรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่ถูกออกแบบมาเพื่อสนับสนุนกิจกรรมทางกายให้เกิดประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยผลิตภัณฑ์เหล่านี้อาจมีเป้าหมายเพื่อการฝึกความแข็งแรง ความทนทาน ความยืดหยุ่น สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์และลักษณะของการใช้งาน ได้แก่ อุปกรณ์ฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ อุปกรณ์ฝึกระบบหัวใจและหลอดเลือด อุปกรณ์ส่งเสริมความยืดหยุ่นและการทรงตัว อุปกรณ์ฝึกความคล่องตัวและการเคลื่อนไหว และอุปกรณ์พกพาหรือขนาดเล็ก [5] อีกทั้งการเลือกใช้วัสดุในการผลิตอุปกรณ์ออกกำลังกายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน ความปลอดภัย อายุการใช้งาน และต้นทุนของวัสดุนั้น ๆ โดยวัสดุแต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะด้าน ทั้งนี้สามารถจำแนกประเภทของวัสดุออกได้เป็น 5 กลุ่ม อาทิ โลหะ พลาสติก ยาง สิ่งทอ และวัสดุธรรมชาติ

3.2 ผู้สูงอายุกับพัฒนาการทางด้านอารมณ์

พัฒนาการทางอารมณ์เริ่มต้นตั้งแต่วัยทารก โดยเด็กจะเริ่มแสดงออกถึงอารมณ์พื้นฐาน เช่น ความพึงพอใจ ความไม่พอใจ ความกลัว และความโกรธ เมื่อเติบโตขึ้นจะเริ่มมีความสามารถในการควบคุมตนเอง รับรู้ความรู้สึกของผู้อื่น และใช้ทักษะในการจัดการกับอารมณ์อย่างเหมาะสมในสถานการณ์ต่าง ๆ [6] การพัฒนาดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม สภาพแวดล้อมในครอบครัว ประสบการณ์ในวัยเด็ก ความสัมพันธ์กับพ่อแม่หรือผู้ดูแล และการเลี้ยงดูที่เอื้อต่อความมั่นคงทางอารมณ์ เด็กที่มีพัฒนาการทางอารมณ์ดีมักมีความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์ที่ดี มีความมั่นใจในตนเอง และสามารถปรับตัวต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี

พัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุส่วนใหญ่สามารถควบคุมอารมณ์ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับวัยหนุ่มสาว มีความอดทนสูง ไม่แสดงอารมณ์รุนแรงเหมือนในวัยอื่น ๆ ใฝ่หาความสงบและสันโดษ ผู้สูงอายุมักให้ความสำคัญกับความสงบทางจิตใจ และลดความต้องการทางวัตถุ เน้นคุณค่าทางจิตวิญญาณหรือความสัมพันธ์ที่มีความหมาย [7] แต่แนวโน้มเป็นโรคซึมเศร้าหรือวิตกกังวลได้ง่าย จากประสบการณ์การสูญเสีย โรคภัย หรือการเปลี่ยนแปลงด้านสังคม อาจทำให้เกิดความรู้สึกโดดเดี่ยว เบื่อหน่าย หรือหมดคุณค่า ซึ่งการยอมรับและความรักจากครอบครัว แม้ผู้สูงอายุจะมีความสามารถในการดูแลตนเอง แต่ยังต้องการการยอมรับ การดูแลเอาใจใส่ และการมีส่วนร่วมในครอบครัวและชุมชน

การส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุควรดำเนินการอย่างรอบด้าน โดยเริ่มจากการส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยลดความรู้สึกโดดเดี่ยวและเสริมสร้างความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของชุมชน ควบคู่ไปกับการสนับสนุนให้เกิดการพูดคุย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการทบทวนประสบการณ์ในชีวิต ซึ่งเป็นการเสริมสร้างความเข้าใจใน

ตนเองและคุณค่าของชีวิตที่ผ่านมา [8] นอกจากนี้ควรส่งเสริมสุขภาวะทางจิตโดยการจัดกิจกรรมที่ช่วยผ่อนคลาย เช่น การฝึกสมาธิ การฟังเพลง หรือกิจกรรมสร้างสรรค์อื่น ๆ ที่ส่งผลดีต่อจิตใจของผู้สูงอายุ

สภาพจิตใจ สุขภาพจิตมีบทบาทสำคัญต่อการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ เนื่องจากเป็นตัวกำหนดความสุขและคุณภาพชีวิตโดยรวม การดูแลสุขภาพจิตที่ดีช่วยให้ผู้สูงอายุมีความสามารถในการเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงชีวิตนี้ อาจนำไปสู่ภาวะซึมเศร้า วิตกกังวล หรือสมองเสื่อมได้ การเข้าสู่วัยสูงอายุไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพกายเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตอย่างมีนัยสำคัญ การทำความเข้าใจและใส่ใจในเรื่องสุขภาพจิตของผู้สูงอายุเป็นเรื่องสำคัญมาก เพราะอาจช่วยให้พวกเขาสามารถมีชีวิตที่มีคุณภาพและมีความสุขในช่วงสุดท้ายของชีวิต ดังนั้นการดูแลสุขภาพจิตในผู้สูงอายุไม่เพียงแต่เป็นหน้าที่ของแพทย์หรือผู้ดูแลสุขภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นหน้าที่ของครอบครัวและชุมชนที่อยู่รอบตัวผู้สูงอายุด้วย ซึ่งควรมีกิจกรรมบำบัดที่สร้างความสนุกให้ผู้สูงอายุ เช่น ดนตรี (Music therapy) ดนตรีช่วยกระตุ้นอารมณ์และความทรงจำได้ดี โดยเลือกเพลงให้เหมาะกับอารมณ์ และความชอบของผู้สูงอายุแต่ละคน หรือ ศิลปะบำบัด (Art therapy) การทำงานศิลปะช่วยให้ผู้สูงอายุได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์และฝึกการประสานงานระหว่างมือกับตา

3.3 แนวคิดการออกแบบเพื่อคนทุกคน

การออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design) เป็นแนวคิดการออกแบบที่มุ่งให้ผลิตภัณฑ์ สิ่งแวดล้อม อาคาร และบริการสามารถเข้าถึงและใช้งานได้โดยทุกคนอย่างเท่าเทียม โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างด้านอายุ เพศ ความสามารถทางร่างกาย หรือข้อจำกัดทางกายภาพ และไม่จำเป็นต้องมีการปรับดัดแปลงเพิ่มเติมเป็นกรณีพิเศษ แนวคิดดังกล่าวเน้นการออกแบบที่ใช้งานง่าย ปลอดภัย เข้าใจได้ทันที มีความยืดหยุ่น และสอดคล้องกับความหลากหลายของผู้ใช้ ซึ่งช่วยลดอุปสรรคในการดำรงชีวิตประจำวัน และส่งเสริมการมีส่วนร่วมทางสังคมอย่างเสมอภาค [9] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้พิการซึ่งมักเผชิญข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว การรับรู้ และการเข้าถึงบริการสาธารณะ การนำแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนมาใช้จึงถือเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับคุณภาพชีวิต สร้างความเป็นธรรมทางสังคม และสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในสังคมผู้สูงอายุ [10]

หลักการของการออกแบบเพื่อทุกคนเป็นแนวทางสากลที่เน้นให้ผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อมสามารถตอบสนองต่อผู้ใช้ทุกกลุ่มโดยไม่ก่อให้เกิดการแบ่งแยกหรือการเลือกปฏิบัติ ได้รับการประมวลเป็น 7 หลักการสำคัญ ได้แก่ 1) การเข้าถึงและการใช้งานอย่างเสมอภาค (Accessibility & Equitable Use) 2) ความยืดหยุ่นในการใช้งาน (Flexibility in Use) 3) ความเรียบง่ายและเข้าใจได้โดยสัญชาตญาณ (Simple & Intuitive Use) 4) การสื่อสารข้อมูลที่ชัดเจน (Perceptible Information) 5) การรองรับความผิดพลาดและลดความเสี่ยง (Tolerance for Error) 6) การใช้แรงน้อย (Low Physical Effort) 7) ขนาดและพื้นที่ที่เหมาะสม (Size and Space for Approach and Use) [11] ปัจจัยดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ซึ่งกระบวนการแก้ปัญหาที่เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง โดยผสมผสานความคิดเชิงสร้างสรรค์และความคิดเชิงวิเคราะห์เข้าด้วยกัน เพื่อพัฒนาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง กระบวนการนี้มีจุดเด่นคือการให้ความสำคัญกับประสบการณ์ ความต้องการ แรงจูงใจ และข้อจำกัดของผู้ใช้ ทำให้ผู้พัฒนาสามารถเข้าถึงปัญหาที่แท้จริงได้อย่างรอบด้าน ไม่เพียงแต่แก้ปัญหาที่ปรากฏภายนอก เริ่มจากการทำความเข้าใจเพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเข้าถึงความต้องการ ประสบการณ์ และปัญหาของผู้ใช้ได้อย่างลึกซึ้ง นำไปสู่การนิยามปัญหาเพื่อนำมาจัดระบบและหาประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการแก้ไข ด้วยการระดมความคิดเพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนมุมมองจากหลายด้านหลายลักษณะ ที่จะนำไปใช้ในการพัฒนาต้นแบบในรูปแบบที่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้จริงสามารถทำความเข้าใจแนวคิดลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ขึ้น เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนการทดสอบและปรับปรุง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง รวมถึงประสิทธิภาพของแนวคิด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการมีคุณภาพและตรงกับความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด

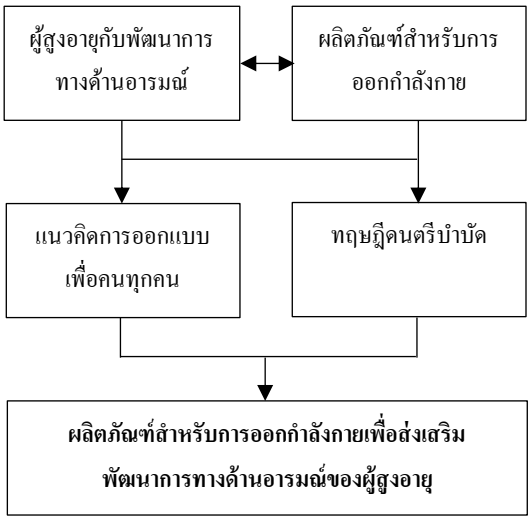
3.4 ทฤษฎีดนตรีบำบัด

ดนตรีบำบัดเป็นศาสตร์ทางการแพทย์และจิตวิทยาที่ประยุกต์ใช้ดนตรีในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมสุขภาพร่างกายและจิตใจของบุคคล การบำบัดด้วยดนตรีรวมถึงการสร้างสรรค์ดนตรี การร้องเพลง การเล่นเครื่องดนตรี และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวตามจังหวะเพลง มุ่งเน้นการปรับปรุงสมรรถภาพทางร่างกาย การพัฒนาทักษะการสื่อสาร การลดความเครียด และการส่งเสริมอารมณ์บวก สามารถกระตุ้นสมองส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ ความจำ และการเคลื่อนไหว [12] ทำให้ผู้รับการบำบัดสามารถพัฒนาทักษะทางสังคมและเพิ่มคุณภาพชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบำบัดด้วยดนตรียังถูกนำไปใช้ในหลายกลุ่มประชากร เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยจิตเวช เด็กที่มีความต้องการพิเศษ หรือผู้ที่อยู่ในกระบวนการฟื้นฟูสมรรถภาพร่างกาย

ดนตรีบำบัดแบ่งออกเป็น 1) แบบเชิงกิจกรรม (Active music therapy) มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะทางสังคม การสื่อสาร และความคิดสร้างสรรค์ของผู้รับการบำบัด โดยการมีส่วนร่วมเชิงกิจกรรมช่วยกระตุ้นสมองหลายส่วน ทำให้เกิดการเรียนรู้ การจดจำ และการปรับตัวทางอารมณ์ ช่วยลดความวิตกกังวลและความเครียด พร้อมสร้างแรงจูงใจในการฟื้นฟูร่างกายและจิตใจ 2) แบบเชิงรับ (Receptive music therapy) เน้นการใช้เสียงเพลงและจังหวะเพื่อกระตุ้นอารมณ์ ปรับสมดุลทางจิตใจ และ

ส่งเสริมความผ่อนคลาย เป็นรูปแบบที่ผู้รับการบำบัดรับฟังดนตรีโดยไม่จำเป็นต้องสร้างสรรค์หรือเล่นดนตรีด้วยตนเอง [13]

ดังนั้นการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุมีบทบาทสำคัญต่อการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ เนื่องจากกิจกรรมทางกายสามารถกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและสมอง ส่งผลให้สารสื่อประสาทที่เกี่ยวข้องกับความสุข ซึ่งช่วยลดความเครียด ลดความวิตกกังวล และลดอารมณ์ด้านลบ นอกจากนี้การออกกำลังกายยังช่วยปรับสมดุลฮอร์โมน ควบคุมความดันโลหิต และสนับสนุนคุณภาพการนอนหลับ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อความมั่นคงทางอารมณ์ [14] การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อการออกกำลังกายจึงควรคำนึงถึงความเหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้สูงอายุ ทั้งด้านความยืดหยุ่นของอุปกรณ์ ความปลอดภัย และความง่ายในการใช้งาน เพื่อสร้างแรงจูงใจให้เกิดการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง การออกแบบที่เหมาะสมยังช่วยสร้างประสบการณ์เชิงบวก ทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกพึงพอใจและมีความสุขระหว่างการออกกำลังกาย จึงเป็นที่มาของการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ [15]



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

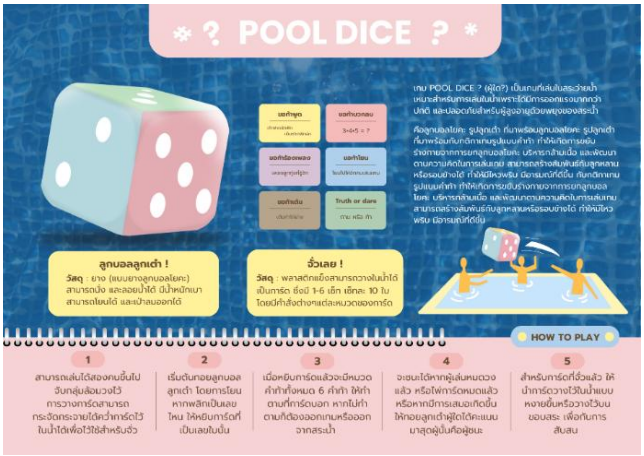
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ ได้กำหนดระเบียบวิธีวิจัยและกระบวนการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การศึกษาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มด้านพฤติกรรมของผู้ใช้ต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งเห็นประเด็นสำคัญที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแนวคิดการออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

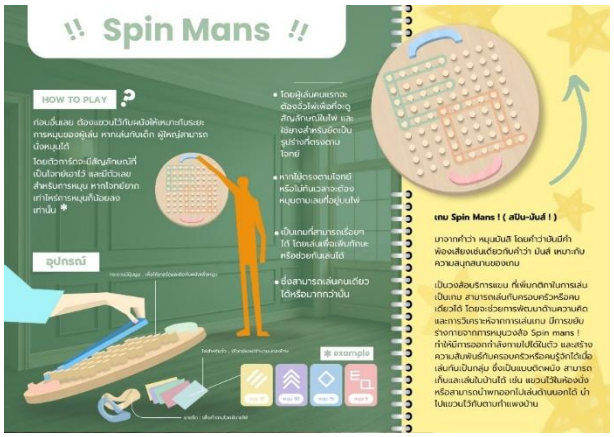
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายที่ได้จากเครื่องมือวิจัยประเภทแบบสอบถาม ระบุระดับความเห็น 5 ระดับ (Likert scale) โดยมีเกณฑ์การแปลผลค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับต่าง ๆ ดังนี้ 4.51 – 5.00 หมายถึง มากที่สุด 3.51 – 4.50 หมายถึง มาก 2.51 – 3.50 หมายถึง ปานกลาง 1.51 – 2.50 หมายถึง น้อย และ 1.00 – 1.50 หมายถึง น้อยที่สุดที่สุด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าผู้สูงอายุมุ่งเน้นความปลอดภัย ความสะดวกสบาย และความเหมาะสมต่อสมรรถภาพทางกายเป็นปัจจัยสำคัญ นอกจากนี้ การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เข้าถึงง่าย ใช้งานสะดวก และมีความสวยงามช่วยสร้างแรงจูงใจและความพึงพอใจต่อผู้ใช้งาน ผลิตภัณฑ์ที่คำนึงถึงความต้องการทั้งร่างกายและอารมณ์ สามารถสนับสนุนให้ผู้สูงอายุเกิดพฤติกรรมการออกกำลังกาย ข้อมูลชี้ให้เห็นความจำเป็นในการผสานฟังก์ชันการใช้งานที่เหมาะสมกับวัยเข้ากับแนวคิดเชิงสร้างสรรค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกกำลังกายและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ผลการวิเคราะห์นี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ตอบสนองต่อความต้องการและพฤติกรรมของผู้สูงอายุ

ด้านการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ พบว่าสิ่งที่จะทำให้ผู้สูงอายุมีพัฒนาทางด้านอารมณ์ที่ดี ขึ้นอยู่กับการส่งเสริมให้ผู้สูงอายุได้เข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่นอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความรู้สึกโดดเดี่ยวและเสริมสร้างความรู้สึกที่เติมเต็มในสิ่งที่รู้สึกขาดไป จะทำให้เกิดแรงจูงใจในการเข้าร่วมสังคมมากยิ่งขึ้น เป็นการช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์มากขึ้นคลายความวิตกกังวล หรืออาการซึมเศร้าได้ดี นอกจากนี้การใช้ศิลปะยังช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์หรือบำบัดจิตใจได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งดนตรีจะช่วยกระตุ้นอารมณ์และความทรงจำได้ดี โดยเลือกเพลงให้เหมาะกับอารมณ์ และความชอบของผู้สูงอายุแต่ละคน



รูปที่ 2 POOL DICE



รูปที่ 3 SPIN MAN



รูปที่ 4 NOTE TOUCH

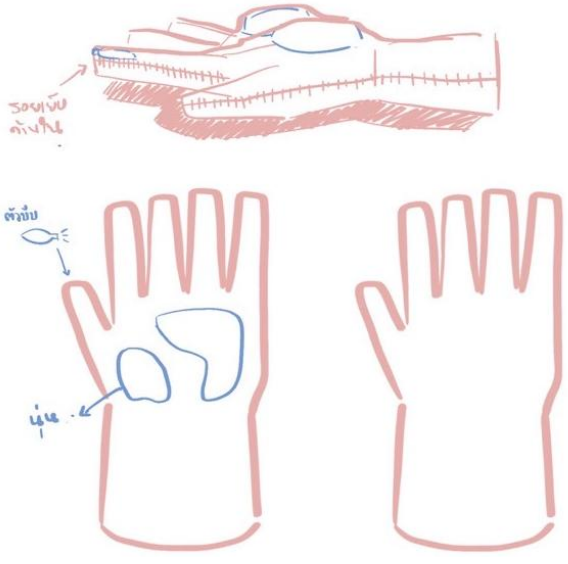
ในส่วนของผลการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ ยังพบอีกว่าการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ควรใช้ศิลปะเพื่อช่วยบำบัด ผสมผสานกับการออกกำลังกาย เพื่อให้ผู้สูงอายุได้ขยับร่างกาย รวมถึงการเข้าสังคมได้ร่วมทำกิจกรรมกับผู้คนรอบตัว ทำให้รู้จักการเข้าสังคมมากขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยได้ออกแบบมาทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) POOL DICE 2) SPIN MAN และ 3) NOTE TOUCH จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ (รูปที่ 2-4) ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สูงอายุ จำนวน 44 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) โดยถือว่าทุกๆสมาชิกในประชากรมีโอกาสจะถูกเลือกเท่าๆกัน และคัดเฉพาะผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปมาทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อทำการประเมินความเหมาะสม และความพึงพอใจ ทำให้ทราบว่ากลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจใน ผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH มากที่สุด มีค่าเฉลี่ย 3.93 รองลงมาเป็น SPIN MAN และ POOL DICE โดยมีค่าเฉลี่ย 3.36 และ 3.32 ตามลำดับ (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 ผลการประเมินผลิตภัณฑ์

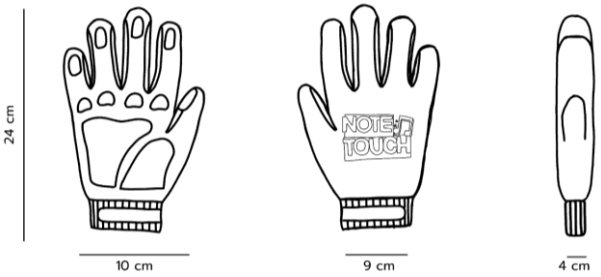
4.2 ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ

จากการพัฒนาแนวคิดเพื่อสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ถุงมือดนตรีเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ที่ใช้เสียงของโน้ตเพลงเป็นดนตรีบำบัด และใช้การขยับนิ้วโดยมานุ่นในแต่ละส่วนของถุงมือเป็นการลดอาการนิ้วล็อกเพื่อให้กล้ามเนื้อมือแข็งแรงมากขึ้น



รูปที่ 6 ภาพร่างผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH

รูปแบบ สี การจัดวาง ที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุได้ใช้สีที่สดใส เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของตัวโน้ตและใช้ตัวอักษรกับสีถุงเป็นสีขาว ทำให้สีที่แตกต่างกันมีความชัดเจนมากขึ้น และการใช้รูปภาพในการ์ดที่มีลวดลายของตัวการ์ตูนตามบทเพลง ทำให้เกิดความเข้าใจง่ายและความแตกต่าง (รูปที่ 9)



รูปที่ 7 ขนาดและมิติของผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH



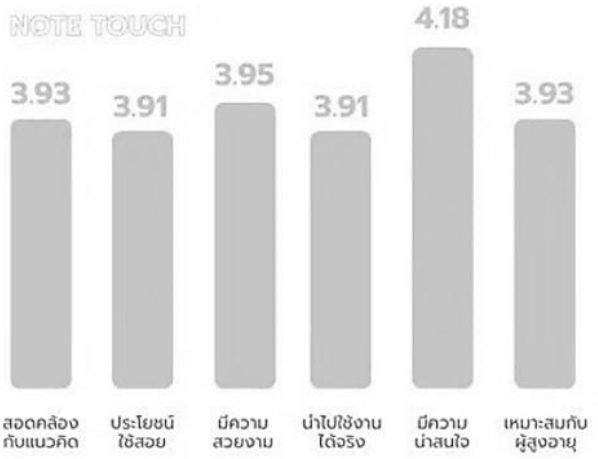
รูปที่ 8 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH



รูปที่ 9 ต้นแบบการ์ดเพลงใช้ร่วมกับ NOTE TOUCH

4.3 ผลการประเมินต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH

ในการประเมินความเหมาะสม และความพึงพอใจของต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH ได้กำหนดประเด็นประเมินผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ 1) การออกแบบสอดคล้องกับแนวคิด 2) ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าทางการใช้สอย 3) ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม 4) ผลิตภัณฑ์สามารถนำไปใช้งานได้จริง 5) ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจ 6) ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ



รูปที่ 10 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH

จากรูปที่ 10 แสดงให้เห็นผลการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจของต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการออกกำลังกายที่มุ่งส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ พบว่าโดยภาพรวมผู้ใช้มีระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับมาก ในทุกประเด็นที่ทำการประเมิน สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของผลิตภัณฑ์ในการตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม ผลการประเมินพบว่า ด้านความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.18) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH สามารถดึงดูดความสนใจและสร้างแรงจูงใจในการใช้งานได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบที่ผสานกิจกรรมทางกายเข้ากับดนตรีบำบัด ช่วยสร้างประสบการณ์เชิงบวกและความเพลิดเพลินระหว่างการออกกำลังกาย รองลงมา คือ ด้านความสวยงามของผลิตภัณฑ์ และความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ $\bar{x}$ = 3.93 สะท้อนว่าการเลือกใช้สี รูปแบบ และการจัดวางองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องกับการรับรู้และความสามารถของผู้สูงอายุ ช่วยให้เกิดความรู้สึกเป็นมิตร ใช้งานได้โดยไม่สร้างความกังวลหรือความรู้สึกซับซ้อน

ในขณะที่ ด้านคุณค่าทางการใช้สอย และการนำไปใช้งานได้จริง มีค่าเฉลี่ยเท่ากันที่ $\bar{X}$ = 3.91 แม้จะเป็นค่าที่ต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สามารถตอบโจทย์ด้านการใช้งานจริงได้อย่างเหมาะสม ทั้งในแง่การส่งเสริมการเคลื่อนไหวของมือและการกระตุ้นอารมณ์เชิงบวกของผู้สูงอายุ โดยสรุป ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH มีความเหมาะสมทั้งในมิติด้านการออกแบบ การใช้งาน และการตอบสนองต่อพัฒนาการทางอารมณ์ของผู้สูงอายุ สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาวะผู้สูงอายุในอนาคตได้อย่างมีศักยภาพ

5. สรุปผลการวิจัย

ผู้สูงอายุให้ความสำคัญกับ ความปลอดภัย ความง่ายในการใช้งาน และความสบาย เป็นปัจจัยหลักในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ออกกำลังกาย ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบตามแนวคิด Universal Design จะสามารถตอบสนองต่อความแตกต่างด้านสมรรถภาพและข้อจำกัดทางร่างกายของผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการผสานแนวคิด ดนตรีบำบัด เข้ากับกิจกรรมการออกกำลังกายช่วยกระตุ้นอารมณ์เชิงบวก ลดความเหงา และเพิ่มแรงจูงใจในการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ต้นแบบ "NOTE TOUCH" ช่วยส่งเสริมทั้งความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมือและพัฒนาการทางอารมณ์ ทำให้ผู้สูงอายุรู้สึกสนุก เพลิดเพลิน และมีส่วนร่วมมากขึ้น พร้อมทั้งการออกแบบที่คำนึงถึงสีสัน รูปแบบ และสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่าย มีส่วนช่วยเพิ่มการรับรู้และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจของต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH สะท้อนให้เห็นว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายของผู้สูงอายุที่คำนึงถึงมิติทางอารมณ์ควบคู่กับสมรรถภาพทางกาย สามารถสร้างการยอมรับและความพึงพอใจในระดับสูงจากผู้ใช้งานได้อย่างชัดเจน ทั้งนี้ผลการประเมินในทุกด้านอยู่ในระดับมาก แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สามารถตอบโจทย์ความต้องการของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสมในภาพรวม

ประเด็นด้าน ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด อาจอธิบายได้จากการออกแบบที่ผสานแนวคิดดนตรีบำบัดเข้ากับกิจกรรมการเคลื่อนไหวของมือ ทำให้การออกกำลังกายไม่ถูกมองว่าเป็นกิจกรรมที่ซ้ำซากหรือเคร่งเครียด แต่เป็นกิจกรรมที่สร้างความเพลิดเพลินและกระตุ้นอารมณ์เชิงบวก ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดด้านจิตวิทยาผู้สูงอายุที่ระบุว่า กิจกรรมที่มีความหมายและสร้างประสบการณ์ทางอารมณ์จะช่วยเพิ่มแรงจูงใจและความต่อเนื่องในการเข้าร่วมกิจกรรมได้ดีกว่าการออกกำลังกายรูปแบบทั่วไป

ด้าน ความสวยงามของผลิตภัณฑ์และความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ ที่มีคะแนนเฉลี่ยในระดับใกล้เคียงกัน สะท้อนว่าการเลือกใช้สีสัน รูปแบบ และองค์ประกอบการออกแบบที่เข้าใจง่าย ช่วยลดอุปสรรคในการใช้งานและสร้างความรู้สึกเป็นมิตรต่อผู้สูงอายุ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับหลักการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design) โดยเฉพาะในด้านความเรียบง่าย การรับรู้ที่ชัดเจน และการลดความซับซ้อนในการใช้งาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้วัยสูงอายุ

แม้ว่าประเด็นด้าน คุณค่าทางการใช้สอยและการนำไปใช้งานได้จริง จะมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าด้านอื่นเล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับมาก ผลดังกล่าวอาจสะท้อนให้เห็นว่าผู้สูงอายุยังต้องการระยะเวลาในการเรียนรู้และปรับตัวต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ อย่างไรก็ตาม คะแนนที่อยู่ในระดับสูงแสดงว่าผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH มีศักยภาพในการใช้งานจริงและสามารถพัฒนาเพิ่มเติมในด้านฟังก์ชันหรือคู่มือการใช้งาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นใจในการใช้งานของผู้สูงอายุได้ในอนาคต

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุเป็นเพียงการศึกษาความเป็นไปได้ของการออกแบบเบื้องต้นที่ได้จากการกำหนดประเด็นที่ได้เลือกพัฒนา 3 ด้าน ได้แก่ 1) ผู้สูงอายุ 2) การออกกำลังการ 3) พัฒนาการด้านอารมณ์ โดยกระบวนการวิจัยตั้งอยู่บนพื้นฐานของ Design Thinking Process เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ นำไปสู่การกำหนดประเด็นในการพัฒนา รวมถึงปัญหาต่าง ๆ ที่พบเพื่อทำการแก้ไข จากนั้นสร้างทางเลือกของแบบและได้ใช้วัสดุผ้าในการทำเป็นถุงมือต้นแบบ ในส่วนของปลายนิ้วได้กำหนดเป็นโน๊ตตามสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการนำเสนอระดับเสียงหลักของดนตรี ดังนี้ โด (C) เร (D) มี (E) ฟา (F) ซอล (G) ลา (A) ที (B) เพื่อให้สามารถเล่นเพลงที่มีโน้ตพื้นฐานได้หลากหลาย ส่วนการเลือกเพลงจะเป็นไปตามความชอบของแต่ละบุคคล

โดยภาพรวม ผลการวิจัยสนับสนุนแนวคิดว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุควรมองเกินกว่าประโยชน์ทางกายภาพเพียงอย่างเดียว แต่ควรให้ความสำคัญกับประสบการณ์ทางอารมณ์ ความรู้สึกมีคุณค่า และความสุขระหว่างการใช้งาน การออกแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH แสดงให้เห็นว่าการผสานกิจกรรมทางกายเข้ากับดนตรีและการออกแบบที่เหมาะสมกับวัย สามารถสร้างสมดุลระหว่าง "การดูแลร่างกาย" และ "การดูแลหัวใจ" ได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาวะผู้สูงอายุอย่างยั่งยืนในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ แสดงให้เห็นว่าการศึกษาที่มุ่งเน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User-centered design) สามารถ

นำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ การเก็บข้อมูลส่วนใหญ่เน้นการประเมินความพึงพอใจและความคิดเห็นของผู้ใช้งานในช่วงเวลาที่จำกัด ดังนั้นควรเพิ่มการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพกายและอารมณ์ในระยะยาว เช่น ระดับความสุข ความเครียด หรือความถี่ในการใช้งาน เพื่อให้ผลการวิจัยมีความชัดเจนและสามารถอธิบายผลกระทบของผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายด้านช่วงอายุ สุขภาพ และบริบทการใช้ชีวิต รวมถึงการพิจารณาการเลือกใช้วัสดุในการผลิต ไปจนถึงขนาดและสีที่ใช้ เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถสะท้อนภาพรวมของผู้สูงอายุที่สามารถแบ่งไปตามลักษณะความชอบที่แตกต่างกันระหว่างเพศได้ละเอียดขึ้น และควรเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษาในเชิงวิชาการ

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ NOTE TOUCH มีความเหมาะสมและความพึงพอใจในระดับมากสามารถนำไปประยุกต์ใช้จริงในบริบทต่าง ๆ ได้ เช่น ศูนย์พัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ ชมรมผู้สูงอายุ ศูนย์ฟื้นฟูสุขภาพ หรือการใช้งานในครัวเรือน โดยควรมีการจัดทำคู่มือหรือสื่อแนะนำการใช้งานที่เข้าใจง่าย เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเกิดความมั่นใจนอกจากนี้ การนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ควรผสานเข้ากับกิจกรรมกลุ่มหรือกิจกรรมทางสังคม เช่น การออกกำลังกายร่วมกับเสียงดนตรีหรือกิจกรรมนันทนาการ เพื่อส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ลดความรู้สึกโดดเดี่ยว และเพิ่มแรงจูงใจในการใช้งานอย่างต่อเนื่อง อันจะนำไปสู่การพัฒนาสุขภาวะทางอารมณ์ของผู้สูงอายุได้อย่างยั่งยืน

การวิจัยในอนาคตสามารถต่อยอดจากงานวิจัยนี้ได้หลายแนวทาง จากข้อจำกัดที่เกิดขึ้นของการวิจัยนั้นทำได้เพียงการสร้างผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายสำหรับกล้ามเนื้อมัดเล็กบริเวณมือเท่านั้น หากมีการพัฒนางานในรูปแบบเดียวกันนี้ควรเพิ่มความหลากหลายในการออกกำลังการในส่วนอื่น ๆ ของร่างกายให้ครอบคลุมส่วนของร่างกายมากขึ้น อีกทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกกำลังกายที่ผสานเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ระบบเสียงอัจฉริยะ แอปพลิเคชัน หรืออุปกรณ์ตรวจวัดการเคลื่อนไหว เพื่อเพิ่มความหลากหลายของกิจกรรมและการปรับระดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับผู้ใช้แต่ละราย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์ต่อพัฒนาการทางอารมณ์ในเชิงเปรียบเทียบกับรูปแบบการออกกำลังกายอื่น ๆ เพื่อยืนยันประสิทธิผลของการผสานดนตรีบำบัดเข้ากับการออกกำลังกาย รวมถึงการศึกษากลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะเสี่ยงด้านสุขภาพจิต เช่น ภาวะซึมเศร้า หรือผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ตามลำพัง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และกิจกรรมที่ตอบโจทย์เฉพาะกลุ่มได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] อภิสรา ทับสุวรรณ, อำพล นววงศ์เสถียร, ปฏิมา รุ่งเรือง, ภัทรดา รุ่งเรือง, และ ญาณวัฒน์ พลอยเทศ. (2024). คุณภาพชีวิตและการปรับตัวของผู้สูงอายุที่ส่งผลต่อการพัฒนาศักยภาพในการทำงานของผู้สูงอายุในจังหวัดภูเก็ต. สยามวิชาการ, 25(1), ฉบับที่ 44.

[2] Pengpid, S., Peltzer, K., & Anantanasuwong, D. (2023). Longitudinal associations of loneliness with mental ill-health, physical ill-health, lifestyle factors and mortality in ageing adults in Thailand. BMC Psychiatry.

[3] พงศธร ไพจิตร. (2025). คู่มือการออกกำลังกายผู้สูงอายุแบบประยุกต์เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพทางกาย: เทศบาลเมืองเขาสามยอด จังหวัดลพบุรี. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ, 18(3).

[4] นันทิยา ณ หนองคาย, สิทธิศักดิ์ รัตนประภาวรรณ, และ จารุวรรณ ธาดาเดช. (2022). การออกแบบเพื่อส่งเสริมความภาคภูมิใจในตนเองของผู้สูงอายุ. วารสารศิลปศาสตร์ มทร. กรุงเทพ, 4(1).

[5] สุรินทร์ สีระสูงเนิน, และ ประเสริฐ เก็มประโคน. (2014). เครื่องออกกำลังกายสุขภาพดีวิถีไทย. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 23(4).

[6] Youngciety. (2024). การส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์และสังคมในเด็กปฐมวัย. Retrieved March 7, 2024, from https://www.youngciety.com/article/journal/social-emotional-development.html

[7] TruePlookpanya. (2024). จิตวิทยาพัฒนาการ คืออะไร? สำคัญอย่างไรในแต่ละช่วงวัย. Retrieved March 7, 2024, from https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/95353-edu

[8] สุจริต สุวรรณชีพ และคณะ. (2015). แนวทางการดูแลทางด้านสังคมจิตใจของผู้สูงอายุเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพจิต (พิมพ์ครั้งที่ 4). สำนักส่งเสริมและพัฒนาสุขภาพจิต กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.

[9] กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2017). แนวทางการออกแบบอาคารเพื่อทุกคน (Universal design). กระทรวงมหาดไทย.

[10] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2019). การออกแบบสภาพแวดล้อมที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุและผู้พิการ.

[11] กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2017). แนวทางการออกแบบอาคารและสภาพแวดล้อมเพื่อทุกคน (Universal design). กระทรวงมหาดไทย.

[12] MedPark Hospital. (2024). ดนตรีบำบัด (Music therapy) มีประโยชน์อย่างไร ใครควรบำบัด. Retrieved March 12, 2024, from https://www.medparkhospital.com/lifestyles/music-therapy

[13] จุฑามาศ จันทร์ฉาย. (2017). ดนตรีบำบัด: หลักการ แนวคิด และการประยุกต์ใช้ทางสุขภาพ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[14] กรมอนามัย. (2018). แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายและการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ. กระทรวงสาธารณสุข.

[15] ธีรนุช ชละเอม, ยุวดี ลีลัคนาวีระ, และ พรนภา หอมสินธุ์. (2017). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุในชุมชน ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี. วารสารการพยาบาลและการศึกษา, 10(2).

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
“ Design the Future, Create Transformation”
February 12 – 13, 2026

การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียง เพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและความปลอดภัยของผู้สูงอายุ

Design and Development of a Portable Sound Alert Device to Enhance Auditory Awareness and Safety in Elderly People

ญาณ์นภัส ยี่บุญ ธัญจิรา สุภาพรรณ ณัฐชยาพร มนตรีพิลา และสุทธิดา ศุภโสภณ*

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: suttida.supasopon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียง เพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยิน และความปลอดภัยของผู้สูงอายุ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยเหลือผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน และลดความเสี่ยงจากการรับรู้เสียงเตือนในสภาพแวดล้อมรอบตัวที่ไม่เพียงพอ กระบวนการวิจัยเริ่มจากการศึกษาปัญหา พฤติกรรม และความต้องการของผู้ใช้งานผ่านการสำรวจความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 65 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้มีอายุต่ำกว่า 45 ปี จำนวน 32 คน ผู้มีอายุระหว่าง 45-60 ปี จำนวน 18 คน และผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 14 คน เพื่อนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดแนวคิดและทิศทางการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลการสำรวจพบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความสนใจในผลิตภัณฑ์พกพาที่สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีเสียงดังในระดับอันตราย และสามารถแสดงทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ และนำไปประเมินความพึงพอใจด้านการออกแบบ การใช้งาน และความเหมาะสมต่อการใช้งานจริง ผลการประเมินพบว่ารูปแบบ Sound Sign ได้รับคะแนนความพึงพอใจในภาพรวมสูงที่สุด จึงถูกเลือกมาพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบให้เป็นอุปกรณ์พกพาที่สามารถแจ้งเตือนเมื่อมีเสียงดังในระดับอันตรายผ่านการแสดงผลด้วยแสงและการสั่นสะเทือน รวมถึงสามารถแสดงทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงและข้อความเพื่อช่วยในการสื่อสารในสถานการณ์ฉุกเฉิน ผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ มีความสะดวกในการพกพา และสามารถตอบสนองต่อความต้องการด้านการรับรู้เสียงและความปลอดภัยได้อย่างเหมาะสม งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษาเชิงการออกแบบซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการออกแบบผลิตภัณฑ์พกพาที่ยึดผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง เพื่อใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในอนาคต

คำสำคัญ: การออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์พกพา การแจ้งเตือนเสียง การรับรู้ทางการได้ยิน ผู้สูงอายุ

Abstract

This research focuses on the design and development of a portable sound alert device to enhance auditory awareness and safety in elderly people. The objective of the study is to assist elderly people with hearing impairments and to reduce risks caused by insufficient perception of warning sounds in surrounding environments. The research process began with an investigation of problems, behaviors, and user needs through a questionnaire survey involving 65 participants, including 32 participants under 45 years of age, 18 participants aged between 45–60 years, and 14 elderly participants aged 60 years and over. The collected data were used as a foundation for defining the design concept and direction of product development.

The survey results indicated that participants showed strong interest in a portable device capable of providing alerts when sound levels reach a dangerous threshold and clearly indicating the direction of the sound source. Based on these findings, three prototype design concepts were developed and evaluated in terms of design, usability, and suitability for real-world use. The evaluation results revealed that the Sound Sign concept received the highest overall satisfaction score and was therefore selected for further development as the final prototype.

The final prototype was designed as a portable device that provides alerts through visual signals and vibration when dangerous

sound levels are detected. In addition, the device can indicate the direction of the sound source and display short messages to support communication in emergency situations. The evaluation results suggest that the prototype is suitable for elderly users, convenient to carry, and effective in supporting auditory awareness and safety needs. This study is a design-based case study that demonstrates the potential of user-centered portable product design as preliminary data for developing future design guidelines for products intended for elderly people.

Keywords: Product design, Portable product, Sound alert, Auditory awareness, Older adults

1. บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอายุขัยเฉลี่ยของประชากรควบคู่กับอัตราการเกิดที่ลดลง [1] สถานการณ์ดังกล่าวส่งผลให้ประเด็นด้านสุขภาพ ความปลอดภัย และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุกลายเป็นประเด็นสำคัญที่ควรได้รับการส่งเสริมและแก้ไขอย่างเป็นระบบ หนึ่งในปัญหาด้านสุขภาพที่พบได้บ่อยและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุคือ ความบกพร่องทางการได้ยิน ซึ่งมีผลต่อการรับรู้สภาพแวดล้อม การสื่อสาร และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม [2]

การได้ยินถือเป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้มนุษย์สามารถรับรู้สัญญาณเตือนและป้องกันตนเองจากอันตราย เช่น เสียงยานพาหนะ เสียงสัญญาณเตือน หรือเสียงรอบข้างในชีวิตประจำวัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ ความสามารถในการได้ยินมักถดถอยลงตามกาลเวลา หรืออาจเกิดจากปัจจัยร่วมอื่น ๆ เช่น โรคประจำตัว รวมถึงผลข้างเคียงจากการใช้ยาบางชนิด ส่งผลให้ผู้สูงอายุจำนวนมากประสบปัญหาในการรับฟังบทสนทนาท่ามกลางเสียงรบกวน ซึ่งอาจนำไปสู่ความยากลำบากในการสื่อสาร ความเครียดทางอารมณ์ การแยกตัวทางสังคม และอาจเร่งให้เกิดภาวะสมองเสื่อมในระยะยาว [3]

นอกจากนี้ ความบกพร่องทางการได้ยินยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะในกรณีที่ผู้สูงอายุต้องใช้ชีวิตนอกบ้านหรือเดินทางเพียงลำพัง เนื่องจากไม่สามารถรับรู้เสียงเตือนหรือเสียงอันตรายได้อย่างทันท่วงที ข้อมูลทางสถิติชี้ให้เห็นว่า ผู้ที่มีอายุระหว่าง 65-74 ปี พบความบกพร่องทางการได้ยินประมาณร้อยละ 25 และเพิ่มสูงถึงประมาณร้อยละ 50 ในกลุ่มผู้ที่มีอายุ 75 ปีขึ้นไป สะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงและความสำคัญของปัญหาด้านการได้ยินในสังคมผู้สูงอายุ [4]

แนวทางการจัดการปัญหาความบกพร่องทางการได้ยินในผู้สูงอายุในปัจจุบันส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่การป้องกันหรือชะลอการเสื่อมถอย เช่น การหลีกเลี่ยงเสียงดัง การดูแลสุขภาพหู การควบคุมโรคประจำตัว และการตรวจสุขภาพอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อเกิดความบกพร่องทางการได้ยินขึ้นแล้ว ผู้สูงอายุจำนวนมากยังจำเป็นต้องพึ่งพาอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ช่วยเหลือเพื่อบรรเทาปัญหาในการดำเนินชีวิตประจำวัน เช่น เครื่องช่วยฟัง เครื่องขยายเสียง หรือเทคโนโลยีช่วยสื่อสารต่าง ๆ [5] ซึ่งอุปกรณ์บางประเภทอาจมีข้อจำกัดด้านการพกพา ความสะดวกในการใช้งาน หรือความเหมาะสมกับบริบทการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุ

จากปัญหาและข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาที่สามารถช่วยเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและเพิ่มความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ โดยเน้นการออกแบบที่ใช้งานง่าย สอดคล้องกับพฤติกรรมและบริบทการใช้ชีวิตจริง งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาปัญหา พฤติกรรม และความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาแนวคิดและต้นแบบผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยิน เพิ่มความปลอดภัย และยกระดับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในชีวิตประจำวัน

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พกพาและผลิตภัณฑ์ที่ช่วยส่งเสริมการได้ยิน รวมถึงพฤติกรรมและความต้องการในการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้สูงอายุ

2.2 เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียง เพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและเพิ่มความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ

2.3 เพื่อประเมินความพึงพอใจและความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ต้นแบบต่อการใช้งานจริงของผู้สูงอายุ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหา พฤติกรรม และความต้องการของผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียง ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและเพิ่มความปลอดภัยในการดำรงชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการบนพื้นฐานของแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แนวคิดการออกแบบ

เชิงมนุษย์เป็นศูนย์กลาง (Human- centered design) กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking process) และหลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal design) รวมถึงขอบเขตการศึกษาและการออกแบบที่กำหนดไว้

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลจากการศึกษาทฤษฎี แนวคิด และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์พกพาและผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการได้ยิน ตลอดจนข้อมูลจากการสำรวจความคิดเห็น และพฤติกรรมการใช้งานผลิตภัณฑ์ของกลุ่มตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้เป็นฐานในการกำหนดแนวคิดการออกแบบ รูปแบบการใช้งาน และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ต้นแบบให้สอดคล้องกับศักยภาพและข้อจำกัดของผู้สูงอายุ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ โดยกำหนดมาตรวัดแบบลิเคิร์ต (Likert scale) 5 ระดับ ได้แก่ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด โดยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าคะแนนเฉลี่ยดังนี้ ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายถึงระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายถึงระดับมาก ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึงระดับปานกลาง ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึงระดับน้อย และค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 หมายถึงระดับน้อยที่สุด

3.1 การวิเคราะห์ปัญหาการได้ยินและพฤติกรรมของผู้สูงอายุ

ความบกพร่องทางการได้ยินในผู้สูงอายุเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุ โดยเฉพาะภาวะการได้ยินเสื่อมตามวัย (Age-related hearing loss หรือ Presbycusis) ซึ่งส่งผลให้ผู้สูงอายุมีข้อจำกัดในการรับรู้เสียงความถี่สูง การแยกแยะเสียงในสภาพแวดล้อมที่มีเสียงรบกวน และการรับรู้ทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการสื่อสาร ความมั่นใจในการใช้ชีวิต และความปลอดภัยในการดำเนินกิจกรรมประจำวัน

จากการสำรวจพฤติกรรมและความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าผู้สูงอายุมีแนวโน้มหลีกเลี่ยงผลิตภัณฑ์ที่มีความซับซ้อน ใช้งานยาก หรือมีขนาดและน้ำหนักมากเกินไป และให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ทันทีโดยไม่ต้องเรียนรู้ขั้นตอนจำนวนมาก [6] นอกจากนี้ ผู้สูงอายุยังแสดงความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัย โดยเฉพาะการแจ้งเตือนเมื่อมีเสียงดังหรือเสียงอันตรายในสภาพแวดล้อมรอบตัว เช่น เสียงยานพาหนะหรือสัญญาณเตือนต่าง ๆ

ข้อมูลเชิงพฤติกรรมดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์พกพาให้เหมาะสมกับศักยภาพและข้อจำกัดของผู้สูงอายุ ทั้งในด้านการรับรู้ การใช้งาน และความปลอดภัย



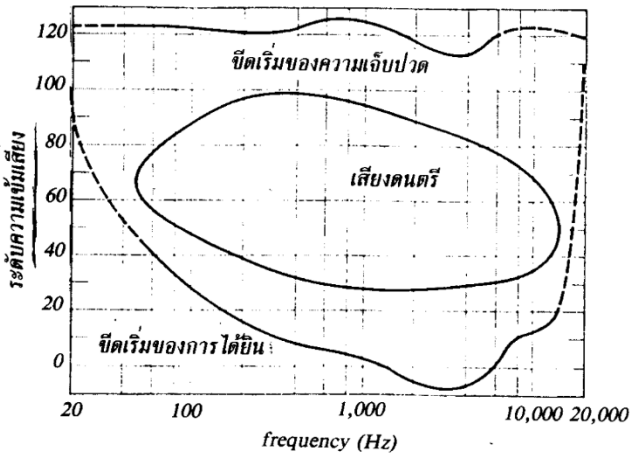
รูปที่ 1 ตัวอย่างอุปกรณ์ดูแลผู้สูงอายุแบบพกพา
ที่มา: https://crowdabout.io

3.2 การวิเคราะห์ขอบเขตการได้ยินของมนุษย์และข้อกำหนดด้านการออกแบบ

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้มุ่งเน้นการศึกษาขอบเขตการได้ยินของมนุษย์ ซึ่งโดยทั่วไปมนุษย์สามารถรับรู้เสียงในช่วงความถี่ประมาณ 20–20,000 เฮิรตซ์ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการรับรู้เสียงในช่วงความถี่สูงจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่ออายุมากขึ้น [7] ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการกำหนดรูปแบบและระดับการแจ้งเตือนเสียงในผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับผู้สูงอายุ

การออกแบบระบบแจ้งเตือนเสียงจึงต้องคำนึงถึงระดับความดังของเสียงที่เพียงพอต่อการรับรู้ แต่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อการได้ยิน รวมถึงการเลือกใช้เสียงแจ้งเตือนในช่วงความถี่ที่ผู้สูงอายุสามารถรับรู้ได้ดี นอกจากนี้ ยังควรพิจารณาการใช้สัญญาณแจ้งเตือนร่วมอื่น ๆ เช่น การสั่นสะเทือนหรือสัญญาณแสง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้และลดข้อจำกัดด้านการได้ยิน

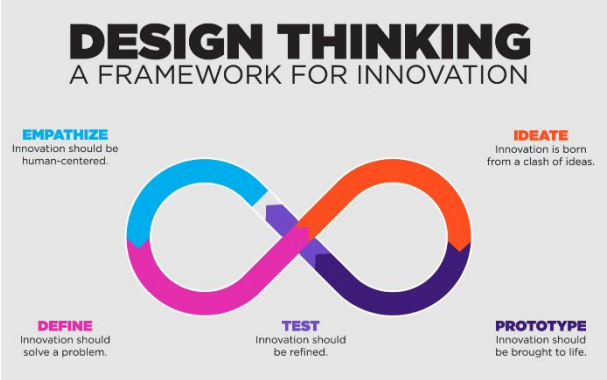
เมื่อข้อมูลด้านขอบเขตการได้ยินถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อกำหนดด้านความปลอดภัยและมาตรฐานการใช้งาน เพื่อกำหนดระดับเสียง รูปแบบการแจ้งเตือน และลักษณะการตอบสนองของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงของผู้สูงอายุ



รูปที่ 2 ขอบเขตของการได้ยินของมนุษย์
ที่มา: https://www.wordpress.com

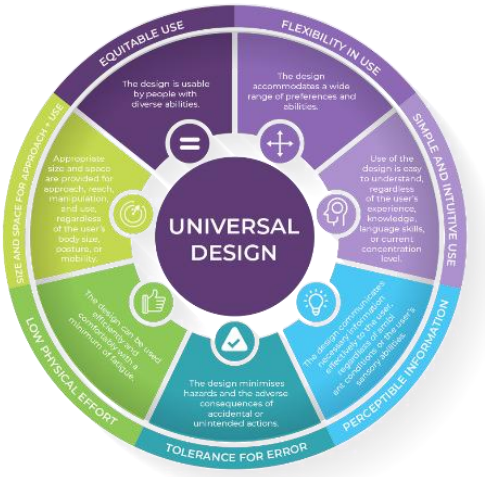
3.3 การวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลิตภัณฑ์พกพา

การวิเคราะห์ในส่วนนี้อาศัยกรอบแนวคิด Design Thinking Process ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำความเข้าใจผู้ใช้งาน การกำหนดปัญหา การสร้างแนวคิด การสร้างต้นแบบ และการทดสอบ เพื่อให้กระบวนการออกแบบเป็นไปอย่างเป็นระบบและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน [8]



รูปที่ 3 กรอบแนวคิด Design Thinking Process
ที่มา: https://www.cielotalent.com

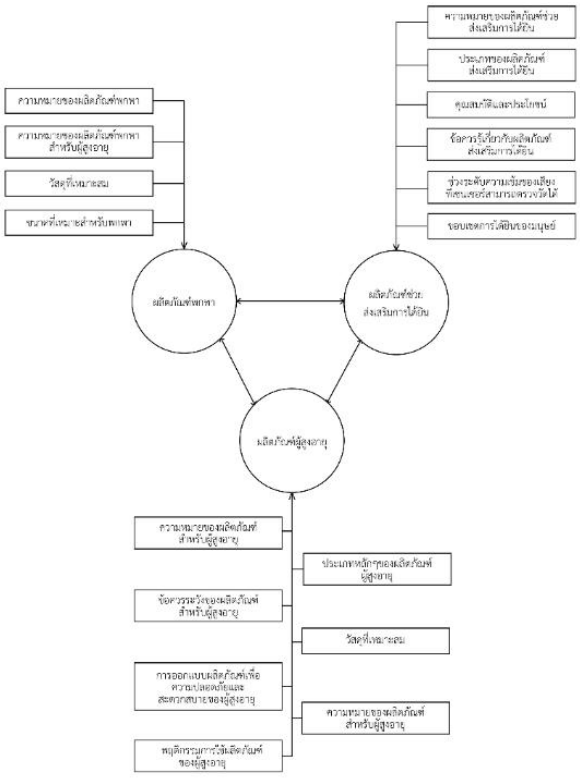
นอกจากนี้ แนวคิดการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล (Universal design) ถูกนำมาใช้เป็นหลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผู้สูงอายุที่มีความสามารถแตกต่างกันสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียม ปลอดภัย และสะดวกสบาย โดยคำนึงถึงความเรียบง่าย ความชัดเจน และการลดภาระในการเรียนรู้ แนวคิดดังกล่าวถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดรูปแบบ ขนาด การควบคุม และอินเทอร์เฟซของผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับผู้สูงอายุ



รูปที่ 4 หลักการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล
ที่มา: https://cmcommodities.com

3.4 การสังเคราะห์ข้อมูลสู่แนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปัญหาการได้ยิน พฤติกรรมผู้สูงอายุ ขอบเขตการได้ยินของมนุษย์ และแนวคิดทางการออกแบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมดจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจจำนวน 65 คน ประกอบด้วยผู้ตอบแบบสอบถามที่มีอายุต่ำกว่า 45 ปี จำนวน 32 คน ช่วงอายุ 45-60 ปี จำนวน 18 คน และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 14 คน ถูกนำมาพิจารณาเป็นหลักในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ต่อการใช้งานจริง โดยมีการสังเคราะห์เป็นแนวทางในการกำหนดคุณลักษณะ รูปแบบ และการทำงานของผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้สูงอายุและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย



รูปที่ 5 แผนภาพความสัมพันธ์ของตัวแปรในการวิจัย

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมผู้สูงอายุ การศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมถึงการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารและแหล่งข้อมูลออนไลน์ที่เกี่ยวข้อง ถูกนำมาคัดกรองและจัดกลุ่มตามขอบเขตการวิจัย ได้แก่ ปัญหาการได้ยินของผู้สูงอายุ ลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์พกพา ข้อจำกัดด้านการใช้งาน และความต้องการด้านความปลอดภัย ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อกำหนดทิศทางและแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาต้นแบบโดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ผ่านการระดมความคิดและการร่างแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ เพื่อนำไปประเมินและคัดเลือกรูปแบบที่มีความเหมาะสมและได้รับความสนใจมากที่สุด โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านความสะดวกในการใช้งาน ความปลอดภัย ความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ ความเป็นไปได้ในการผลิตจริง และประเด็นด้านน้ำหนักและการพกพาถูกพิจารณาเป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบเช่นกัน โดยต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกกำหนดให้น้ำหนักเบา เพื่อไม่สร้างภาระต่อผู้ใช้งาน และออกแบบให้สามารถพกพาได้หลายรูปแบบ เช่น การติดกับพื้นผิวโลหะ การห้อยคอ หรือการใช้สายคล้องจับ เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการหลงลืมหรือการทำอุปกรณ์สูญหาย ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ ให้ความสำคัญ รวมทั้งการทดแทนการได้ยินโดยใช้สัมผัสอื่น ๆ เช่น การกระพริบของไฟหรือการสั่นเพื่อแจ้งเตือน เป็นต้น



รูปที่ 6 แนวคิดรูปแบบผลิตภัณฑ์แจ้งเตือนด้วยเสียงสำหรับการเดินทาง



รูปที่ 7 แนวคิดรูปแบบผลิตภัณฑ์แจ้งเตือนด้วยเสียงแบบสวมใส่

การสังเคราะห์ข้อมูลยังครอบคลุมถึงผลการประเมินต้นแบบจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามความพึงพอใจในด้านความสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบ ความสวยงาม การนำไปใช้งานได้จริง และผลิตภัณฑ์สามารถสื่อถึงประโยชน์ใช้สอย ข้อมูลเชิงปริมาณถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยการคำนวณค่าเฉลี่ย ขณะที่ข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะเพิ่มเติมถูกนำมาใช้ในการระบุข้อบกพร่องและแนวทางการปรับปรุงต้นแบบ ทั้งนี้ ข้อมูลด้านเพศและช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถามถูกนำมาพิจารณาในฐานะปัจจัยพื้นฐานที่อาจส่งผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียงที่สามารถส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยิน เพิ่มความปลอดภัย และเอื้อต่อการใช้งานจริงของผู้สูงอายุในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์

รูปแบบ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย
 แบบที่ 1 Sound Sign	แนวคิดการออกแบบ	3.48
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	
 แบบที่ 2 Wake	แนวคิดการออกแบบ	3.36
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	
 แบบที่ 3 Em Ear	แนวคิดการออกแบบ	3.40
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามต่อรูปแบบที่ 1 Sound Sign มีคะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 3.48 ซึ่งอยู่ในระดับ “มาก” ตามเกณฑ์การแปลผลของมาตรวัดแบบลิเคิร์ต 5 ระดับ รองลงมาเป็นรูปแบบที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 3.40 และรูปแบบที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 3.36 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับ “ปานกลางถึงมาก”

เมื่อพิจารณาผลการประเมินร่วมกับข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วยผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 45 ปี จำนวน 32 คน ช่วงอายุ 45-60 ปี จำนวน 18 คน และกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป จำนวน 14 คน โดยความคิดเห็นจากกลุ่มผู้สูงอายุถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักในการพิจารณาความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ต่อการใช้งานจริง

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบ Sound Sign มีความเหมาะสมในด้านแนวคิดการออกแบบ ความสวยงาม ความสะดวกในการใช้งาน และศักยภาพในการนำไปผลิตจริงมากที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบอื่น ๆ ทั้งนี้ คะแนนความพึงพอใจที่อยู่ในระดับ “มาก” แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์สามารถตอบสนองต่อความต้องการด้านการรับรู้เสียงและความปลอดภัยของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกนำรูปแบบที่ 1 Sound Sign มาใช้เป็นแนวคิดหลักในการพัฒนาและผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้งานจริง และนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียงที่สามารถส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้สูงอายุได้อย่างเป็นรูปธรรม

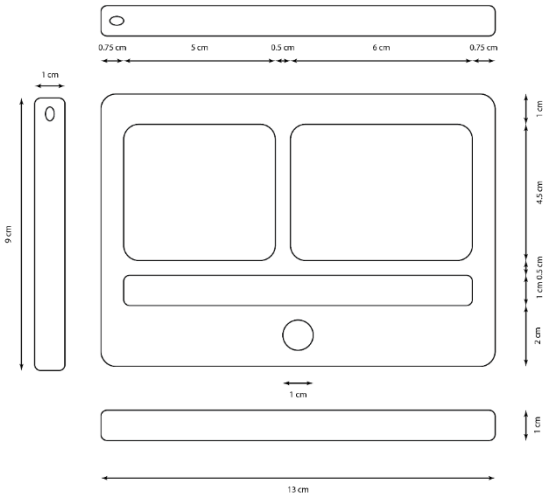
4. การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียง

การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 1 Sound Sign ดำเนินการบนพื้นฐานของผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาอุปกรณ์พกพาที่สามารถทดแทนและเสริมการรับรู้ทางการได้ยินให้แก่ผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางหู กระบวนการผลิตต้นแบบถูกออกแบบให้เป็นลำดับขั้นอย่างชัดเจน ตั้งแต่การกำหนดแนวคิดเชิงหน้าที่ (Functional concept) การออกแบบรูปทรงและโครงสร้าง การกำหนดขนาด ไปจนถึงการพัฒนาแนวทางการใช้งานจริง เพื่อให้ต้นแบบที่ได้สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้อย่างเป็นรูปธรรม

ในขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างของต้นแบบ ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของผลิตภัณฑ์ให้อยู่ที่ประมาณ 13 × 9 × 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมกับการพกพา การติดตั้งกับวัตถุรอบตัว และการสวมใส่กับร่างกายโดยไม่เป็นภาระต่อผู้ใช้งาน รูปทรงของตัวเครื่องถูกออกแบบให้มีลักษณะเรียบง่าย ไม่มีมุมแหลมคม เพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการจับถือ และยังได้กำหนดน้ำหนักรวมของผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 300 กรัม โดยพิจารณาจากข้อจำกัดด้านกำลังกล้ามเนื้อ การจับถือและการพกพาของผู้สูงอายุ น้ำหนักที่เบาช่วยลดความเมื่อยล้าในการใช้งานต่อเนื่อง ลดความเสี่ยงจากการทำอุปกรณ์หลุดมือ และเอื้อต่อการใช้งานในชีวิตประจำวัน ทั้งในบริบทของการพกติดตัว การสวมใส่ หรือการติดตั้งกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการออกแบบเพื่อผู้สูงอายุและการออกแบบเพื่อคนทั้งมวล



รูปที่ 8 ภาพต้นแบบ Sound Sign



รูปที่ 9 ภาพฉายและแสดงขนาดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์

ภาพต้นแบบสมบูรณ์และภาพฉายแต่ละด้านเพื่อแสดงให้เห็นโครงสร้างและวัสดุของผลิตภัณฑ์ในเชิงกายภาพ รวมถึงตำแหน่งขององค์ประกอบสำคัญ โดยวัสดุหลักที่เลือกใช้เป็นพลาสติก เนื่องจากมีน้ำหนักเบา แข็งแรง และมีต้นทุนที่เหมาะสม ภายในผลิตภัณฑ์มีการออกแบบระบบป้องกันแรงกระแทกสำหรับเซนเซอร์จับเสียงโดยใช้วัสดุซิลิโคน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและยืดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ ตัวผลิตภัณฑ์ยังถูกออกแบบให้สามารถติดตั้งกับยานพาหนะหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ได้สะดวก โดยใช้แผ่นแม่เหล็กเป็นส่วนยึดติดด้านหลัง พร้อมทั้งบูรณาการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็น เช่น หน้าจอแสดงผล แผงวงจรระบบไฟแจ้งเตือน เซนเซอร์ตรวจจับเสียงไว้ภายในอย่างเป็นระบบ และตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ภายใน

ในด้านการออกแบบระบบการทำงาน ต้นแบบผลิตภัณฑ์ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับระดับเสียงในสภาพแวดล้อมรอบตัว ซึ่งทำหน้าที่ตรวจวัดความดังของเสียงอย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับเสียงอยู่ในช่วงที่อาจก่อให้เกิดอันตราย ระบบจะส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานรับรู้ผ่านการแสดงผลหลายรูปแบบ ได้แก่ แสงไฟที่แสดงรอบตัวเครื่อง และการสั่นสะเทือน เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถรับรู้การแจ้งเตือนได้แม้ในกรณีที่ไม่สามารถรับฟังเสียงได้โดยตรง การออกแบบการแจ้งเตือนในลักษณะดังกล่าวช่วยลดข้อจำกัดด้านการได้ยิน และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้ชีวิตประจำวัน นอกจากนี้ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ยังถูกออกแบบให้สามารถแสดงทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านระบบไฟแจ้งเตือน โดยตำแหน่งของไฟที่กระพริบจะสอดคล้องกับทิศทางของเสียงที่เข้ามา เช่น เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ด้านหน้า ตัวเครื่องจะแสดงไฟแจ้งเตือนบริเวณด้านหน้าของผลิตภัณฑ์ แนวคิดการออกแบบนี้ช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถรับรู้ตำแหน่งของอันตรายรอบตัว และตอบสนองต่อสถานการณ์ได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 10 แนวทางการใช้งานแบบติดตั้งกับตัวรถจักรยานยนต์

ด้านการสื่อสาร ต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบให้มีหน้าจอแสดงข้อความบริเวณด้านบนของตัวเครื่อง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยสื่อสารในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยสามารถแสดงข้อความแจ้งให้ผู้อื่นทราบว่าผู้ใช้งานเป็นผู้มีความบกพร่องทางการได้ยิน หรือปรับเปลี่ยนเป็นข้อความสั้นสำหรับใช้ในการขอความช่วยเหลือในสถานการณ์ฉุกเฉิน ซึ่งช่วยเพิ่มโอกาสในการสื่อสารและลดความเสี่ยงจากการเข้าใจผิดในบริบทการใช้งานจริง นอกจากนั้น ต้นแบบผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ ทั้งการติดตั้งกับพื้นผิวโลหะ เช่น ตัวรถหรือยานพาหนะ ผ่านระบบแม่เหล็กภายในตัวเครื่อง และการใช้งานในลักษณะของอุปกรณ์พกพา เช่น การห้อยคอหรือพกติดตัว ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถเลือกวิธีการใช้งานที่เหมาะสมกับบริบทของตนเอง ภาพประกอบวิธีการใช้งานถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายขั้นตอนการใช้งานและการตอบสนองของผลิตภัณฑ์ต่อสถานการณ์เสียงอันตรายในสภาพแวดล้อมรอบตัวอย่างชัดเจน



รูปที่ 11 ส่วนประกอบโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ต้นแบบ Sound Sign

โดยสรุป การผลิตต้นแบบผลิตภัณฑ์ Sound Sign ในงานวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลจากการวิเคราะห์พฤติกรรมและความต้องการของผู้สูงอายุมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างเป็นระบบ ตั้งแต่ระดับแนวคิดไปจนถึงการใช้งานจริง เพื่อให้ได้ต้นแบบที่สามารถทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แจ้งเตือนเสียงและเครื่องมือช่วยสื่อสารที่ช่วยส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและความปลอดภัยของผู้สูงอายุได้อย่างเป็นรูปธรรม

5. สรุปการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ Sound Sign

การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ในงานวิจัยนี้เป็นผลจากกระบวนการออกแบบที่ยึดผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง โดยเริ่มจากการศึกษาปัญหา พฤติกรรม และความต้องการของผู้สูงอายุที่มีความบกพร่องทางการได้ยิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับการแจ้งเตือนเสียงและการช่วยสื่อสาร ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและเพิ่มความปลอดภัยในการดำเนินชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นคือ Sound Sign ซึ่งได้รับการคัดเลือกจากการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างว่าเป็นรูปแบบที่มีศักยภาพสูงสุดในการนำไปพัฒนาใช้งานจริง ตัวผลิตภัณฑ์ถูกออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัด (13 × 9 × 1 เซนติเมตร) และมีน้ำหนักรวมไม่เกิน 300 กรัม เพื่อให้เหมาะสมกับการพกพาและการติดตั้งในบริบทที่หลากหลาย โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความสะดวกในการใช้งาน และข้อจำกัดด้านการรับรู้ของผู้สูงอายุเป็นสำคัญ

ในด้านการทำงาน ต้นแบบสามารถตรวจจับระดับเสียงในสภาพแวดล้อมรอบตัว และแจ้งเตือนผู้ใช้งานเมื่อพบเสียงดังในระดับที่อาจก่อให้เกิดอันตราย ผ่านการแสดงผลด้วยแสงไฟและการสั่นสะเทือน รวมถึงการแสดงทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสถานการณ์รอบตัวได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ต้นแบบยังทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสื่อสาร โดยสามารถแสดงข้อความแจ้งให้ผู้อื่นทราบว่าผู้ใช้งานเป็นผู้มีความบกพร่องทางการได้ยิน หรือใช้เป็นข้อความสำหรับขอความช่วยเหลือในสถานการณ์ฉุกเฉิน และยังถูกออกแบบให้รองรับการใช้งานได้หลายรูปแบบ ทั้งการติดตั้งกับพื้นผิวโลหะผ่านระบบแม่เหล็ก และการพกพาในลักษณะของอุปกรณ์ส่วนบุคคล โดยมีการออกแบบตำแหน่งสำหรับห่วงเกี่ยวหรือสายคล้อง เพื่อเพิ่มความสะดวกในการพกพา ลดความเสี่ยงจากการหลงลืมหรือการทำอุปกรณ์สูญหาย ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้สูงอายุ

โดยสรุป การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ Sound Sign แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการออกแบบผลิตภัณฑ์พกพาที่สามารถผสานแนวคิดด้านการส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยิน ความปลอดภัย และการช่วยสื่อสารเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นไม่เพียงแต่ตอบสนองต่อการใช้งานจริงของผู้สูงอายุเท่านั้น แต่ยังเป็นแนวทางในการต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช่วยเหลือผู้สูงอายุในอนาคต เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและความปลอดภัยในการใช้ชีวิตประจำวันอย่างยั่งยืน

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการออกแบบและพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์พกพาสำหรับแจ้งเตือนเสียง Sound Sign เพื่อส่งเสริมการรับรู้ทางการได้ยินและความปลอดภัยของผู้สูงอายุ งานวิจัยนี้สามารถนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้และการพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้ดังต่อไปนี้

6.1 ข้อเสนอแนะเชิงการพัฒนาและการใช้งาน

ควรนำต้นแบบผลิตภัณฑ์ Sound Sign ไปทดลองใช้งานในบริบทที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ในชุมชน ศูนย์ผู้สูงอายุ หรือกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ เพื่อศึกษาความเหมาะสมของการใช้งานในสถานการณ์จริง และปรับปรุงรูปแบบการแจ้งเตือนให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น พื้นที่กลางแจ้ง พื้นที่ชุมชน หรือพื้นที่ภายในอาคาร และควรพัฒนาคู่มือการใช้งานหรือสื่อแนะนำการใช้ที่เข้าใจง่าย โดยใช้ภาพประกอบหรือสัญลักษณ์ที่ชัดเจน เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถใช้งานผลิตภัณฑ์ได้ด้วยตนเองอย่างมั่นใจและปลอดภัย รวมถึงควรให้ความสำคัญกับรูปแบบการพกพาที่หลากหลาย เช่น การออกแบบสายคล้องหรือห่วงเกี่ยว เพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากการหลงลืมหรือการทำอุปกรณ์สูญหาย ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่พบได้บ่อยในกลุ่มผู้สูงอายุ

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงเทคโนโลยีและการออกแบบ

ควรศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติม เช่น การปรับระดับความไวของเซนเซอร์ตรวจจับเสียง การเลือกโหมดการแจ้งเตือนที่เหมาะสมกับระดับความบกพร่องทางการได้ยินที่แตกต่างกัน หรือการพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบหลายประสาทสัมผัส (Multisensory alert) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับรู้ของผู้สูงอายุ และอาจพิจารณาการออกแบบให้ผลิตภัณฑ์สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อัจฉริยะหรือแอปพลิเคชัน เพื่อสนับสนุนการตั้งค่าการใช้งานเฉพาะบุคคล การติดตามสถานะอุปกรณ์ หรือการแจ้งเตือนผู้ดูแล ซึ่งจะช่วยขยายขอบเขตการใช้งานและเพิ่มคุณค่าเชิงนวัตกรรมของผลิตภัณฑ์ในอนาคต

6.3 ข้อเสนอแนะเชิงงานวิจัย

งานวิจัยในอนาคตควรขยายกลุ่มตัวอย่างให้มีจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่มผู้สูงอายุที่มีระดับความบกพร่องทางการได้ยินแตกต่างกัน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา นอกจากนี้ ควรศึกษาผลกระทบของการใช้งานผลิตภัณฑ์ในระยะยาว ทั้งในด้านการรับรู้ทางการได้ยิน ความปลอดภัย สุขภาพจิต และคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ รวมถึงควรพิจารณาการใช้เครื่องมือประเมินเชิงวัตถุควบคู่กับการประเมินความพึงพอใจ เช่น การวัดการตอบสนองต่อเสียงเตือน หรือการลดความเสี่ยงจากเหตุการณ์อันตราย เพื่อเสริมความแข็งแรงของผลการวิจัย และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ช่วยเหลือผู้สูงอายุในระดับที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). รายงานการสำรวจประชากรสูงอายุในประเทศไทย.

[2] Brown, T. (2008). Design thinking. Harvard Business Review, 86(6), 84–92.

[3] Lin, F. R., Metter, E. J., O’Brien, R. J., Resnick, S. M., Zonderman, A. B., & Ferrucci, L. (2011). Hearing loss and incident dementia. Archives of Neurology, 68(2), 214–220. https://doi.org/10.1001/archneurol.2010.362

[4] National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2021). Age-related hearing loss. National Institutes of Health.

[5] Rogers, Y., Sharp, H., & Preece, J. (2011). Interaction design: Beyond human–computer interaction (3rd ed.). Wiley.

[6] World Health Organization. (2015). World report on ageing and health.

[7] World Health Organization. (2021). World report on hearing.

[8] Yost, W. A. (2013). Fundamentals of hearing: An introduction (5th ed.). Academic Press.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การพัฒนากิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพการมองเห็นของผู้สูงวัย

Development of Visual-Based Games to Enhance Visual Acuity in Older Adults

เพ็ญพิชชา ทรัพย์ห่วง สุกันยา ศรีนวล ศรัฐ สิมศิริ และสุทธิดา ศุภโสภณ*

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: suttida.supasopon@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย ซึ่งเป็นกลุ่มที่เริ่มประสบการเปลี่ยนแปลงและความเสื่อมถอยของการมองเห็นตามวัย เช่น ภาวะสายตายาวตามวัย การรับรู้ความคมชัดและความแตกต่างของสีที่ลดลง อันส่งผลกระทบต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน งานวิจัยมุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและสมรรถภาพทางกายของผู้สูงวัย โดยใช้ภาพเป็นองค์ประกอบหลักในการกระตุ้นการรับรู้ทางสายตา ควบคู่กับการส่งเสริมการมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบกิจกรรมในร่ม

กระบวนการวิจัยประกอบด้วยการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการมองเห็นและการเสื่อมของสายตาในผู้สูงวัย ทฤษฎีการออกแบบตัวอักษรเพื่อการเข้าถึง (Accessible typography) และแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design) เพื่อนำมาสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบกิจกรรม จากนั้นได้พัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ 1) Color & Shape Bingo 2) Story Boardgame และ 3) Colorful Gamebook ซึ่งล้วนเป็นกิจกรรมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการฝึกการสังเกต การแยกแยะสีและรูปทรง รวมถึงการจดจ่อทางสายตา

การประเมินความสนใจและความเหมาะสมของแนวคิดกิจกรรมต้นแบบดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามออนไลน์ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยผู้สูงวัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงวัย จำนวนทั้งสิ้น 103 คน ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าร้อยละ ผลการวิจัยพบว่า แนวคิด Story Boardgame ได้รับระดับความสนใจและความเหมาะสมสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น เนื่องจากสามารถส่งเสริมการรับรู้ทางสายตาได้อย่างมีประสิทธิภาพควบคู่กับการสร้างความเพลิดเพลินและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมภายในครอบครัว ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนากิจกรรมเกมต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัยในบริบทการใช้งานจริงต่อไป

คำสำคัญ: ผู้สูงวัย สมรรถภาพด้านการมองเห็น กิจกรรมเกม สื่อภาพ การออกแบบเพื่อทุกคน

Abstract

This research aims to develop visual-based game activities to enhance visual acuity in older adults, a population that commonly experiences age-related visual changes such as presbyopia, reduced visual clarity, and decreased color discrimination, which can affect daily activities and overall quality of life. The study focuses on designing indoor game activities that utilize visual elements as the primary medium to stimulate visual perception while accommodating age-related visual and physical limitations and promoting engagement and social interaction.

The research process began with a review of relevant concepts, theories, and prior studies, including theories of visual aging, accessible typography, and universal design principles. These frameworks were synthesized to establish design criteria for visual-based activities. Based on this framework, three prototype game concepts were developed: 1) Color & Shape Bingo, 2) Story Boardgame, and 3) Colorful Gamebook. All concepts were designed to stimulate visual observation, color and shape discrimination, and visual attention through the use of clear visual elements and simple activity structures.

The evaluation of interest and suitability of the prototype game concepts was conducted using an online questionnaire. The sample group consisted of 103 participants, including older adults and individuals involved in elderly care. The collected data were analyzed using descriptive statistics, including mean values and percentages. The results indicated that the Story Boardgame concept received the highest level of interest and perceived suitability among the three prototypes. This was attributed to its ability to effectively stimulate visual

engagement while simultaneously fostering enjoyment and social interaction within the household. The findings provide foundational insights for the development of visual-based game activities aimed at enhancing visual acuity in older adults in real-life contexts.

Keywords: Older adults, Visual acuity, Visual-based games, Indoor activities, Universal design

1. บทนำ

ปัญหาความเสื่อมถอยของสมรรถภาพด้านการมองเห็นในผู้สูงวัยถือเป็นประเด็นสำคัญด้านสาธารณสุขและคุณภาพชีวิต เนื่องจากการมองเห็นเป็นสมรรถภาพพื้นฐานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการดำรงชีวิตประจำวัน ความเป็นอิสระ และความปลอดภัยในการใช้ชีวิต [1] งานวิจัยหลายฉบับระบุว่า การเปลี่ยนแปลงของการมองเห็นเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงอายุประมาณ 40-45 ปีขึ้นไป และมีแนวโน้มรุนแรงขึ้นตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น โดยผู้สูงวัยมักประสบปัญหาทางสายตาหลากหลายรูปแบบ เช่น ภาวะสายตายาวตามวัย (Presbyopia) ต้อกระจก ต้อหิน ภาวะจอประสาทตาเสื่อมตามวัย และภาวะเบาหวานขึ้นจอตา ซึ่งส่งผลให้ความคมชัดในการมองเห็นลดลง การแยกแยะสีและรายละเอียดของภาพทำได้ยากขึ้น การปรับสายตาในสภาพแสงน้อยช้าลง และมีความไวต่อแสงจ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ คำว่า "ผู้สูงวัย" หมายถึง บุคคลที่มีอายุ 45 ปีขึ้นไป ที่เริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพด้านการมองเห็นตามวัย ไม่จำกัดเฉพาะผู้สูงอายุในเชิงกฎหมาย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้สูงวัย เช่น การอ่าน การค้นหาสิ่งของ หรือการทำกิจกรรมนันทนาการ เกิดความยากลำบากมากขึ้น [2]

แม้ว่าความเสื่อมถอยของการมองเห็นจะเป็นกระบวนการทางชีวภาพที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ปัจจัยด้านพฤติกรรมและบริบทการใช้ชีวิตในสังคมร่วมสมัย เช่น การใช้สมาร์ทโฟนหรืออุปกรณ์ดิจิทัลเป็นเวลานาน การอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงไม่เหมาะสม รวมถึงการลดลงของกิจกรรมทางกายและการออกนอกที่พักอาศัย อาจเร่งให้การเสื่อมถอยของสายตาเกิดขึ้นเร็ว และส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตมากยิ่งขึ้น เมื่อประกอบกับข้อจำกัดด้านสมรรถภาพทางกายและความเสี่ยงด้านความปลอดภัย ผู้สูงวัยจำนวนมากจึงมีแนวโน้มใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ภายในที่พักอาศัย กิจกรรมในร่มจึงกลายเป็นรูปแบบกิจกรรมหลักที่สามารถเข้าถึงได้อย่างต่อเนื่องในชีวิตประจำวัน [3]

กิจกรรมในร่มที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทและสมองที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นและการรับรู้ (Visual perception) โดยเฉพาะกิจกรรมที่ใช้ภาพเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น การฝึกการสังเกต การแยกแยะสีและรูปทรง และการจดจ่อทางสายตา นอกจากประโยชน์ด้านการรับรู้แล้ว กิจกรรมลักษณะดังกล่าวยังช่วยส่งเสริมสุขภาวะทางจิตใจ ลดความเครียด และลดความรู้สึกโดดเดี่ยวผ่านการมีส่วนร่วมและปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น อย่างไรก็ตาม ในบริบทปัจจุบันยังพบว่ากิจกรรมหรือสื่อสำหรับผู้สูงวัยจำนวนมากไม่ได้ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านการมองเห็นอย่างเป็นระบบ ทั้งในมิติของความชัดเจนของภาพ ความเหมาะสมของสี ตัวอักษร และความเข้าใจง่ายในการใช้งาน ทำให้ผู้สูงวัยไม่สามารถเข้าถึงหรือใช้งานกิจกรรมเหล่านั้นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ [4]

จากช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษากิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย โดยบูรณาการองค์ความรู้ด้านสรีรวิทยาการมองเห็นเข้ากับหลักการออกแบบอย่างเป็นระบบ งานวิจัยดำเนินการในลักษณะกรณีศึกษาเบื้องต้น เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์แนวคิด และพัฒนาแนวทางการออกแบบกิจกรรมต้นแบบที่สอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและบริบทการใช้งานจริงของผู้สูงวัย ผลการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาแนวทางการออกแบบผลิตภัณฑ์และกิจกรรมสำหรับผู้สูงวัยในอนาคต โดยเฉพาะในบริบทการเรียนการสอนรายวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุ และการต่อยอดเชิงออกแบบในระดับที่เหมาะสมต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาแนวทางและหลักการในการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย ผ่านกิจกรรมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง

2.2 เพื่อศึกษาความเหมาะสมของกิจกรรมเกมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและบริบทการใช้งานของผู้สูงวัย

2.3 เพื่อออกแบบและพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย

2.4 เพื่อประเมินความเหมาะสมและระดับความพึงพอใจของแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบ จากผู้สูงวัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงวัย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลของงานวิจัยนี้ดำเนินการตามระเบียบวิธีวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed methods) เพื่อให้สามารถตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้อย่างครอบคลุมและเป็นระบบ โดยเชื่อมโยงการศึกษาเชิงแนวคิดเข้ากับข้อมูลเชิงประจักษ์จากกลุ่มเป้าหมาย การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 แนวทางหลัก ได้แก่ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพมุ่งศึกษาข้อมูลจากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย หลักการออกแบบเพื่อการเข้าถึง และแนวคิดกิจกรรมเกมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง เพื่อสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดและเกณฑ์ในการออกแบบกิจกรรมเกมที่สามารถส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นได้อย่างเหมาะสม

การวิเคราะห์เชิงปริมาณดำเนินการผ่านแบบสอบถาม เพื่อประเมินระดับความสนใจ ความเหมาะสม และความพึงพอใจต่อแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นในขั้นต้น โดยเก็บข้อมูลในรูปแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) จากผู้สูงวัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงวัย ผลการวิเคราะห์ในส่วนนี้ถูกนำมาใช้ในการเปรียบเทียบคัดเลือก และปรับปรุงแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบให้สอดคล้องกับความต้องการและข้อจำกัดของผู้ใช้งานจริง

การบูรณาการผลการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณดังกล่าว ช่วยให้การพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางมีพื้นฐานทั้งทางทฤษฎีและข้อมูลจากผู้ใช้งานจริง และนำไปสู่การกำหนดแนวทางการออกแบบกิจกรรมเกมในร่มที่เหมาะสมกับผู้สูงวัยในขั้นตอนถัดไป

3.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพจากแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาข้อมูลทุติยภูมิจากการทบทวนแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านการมองเห็นในผู้สูงวัย การออกแบบตัวอักษรเพื่อการเข้าถึง และกิจกรรมเกมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง เพื่อสังเคราะห์เป็นกรอบแนวคิดและเกณฑ์ในการออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและบริบทการใช้งานของผู้สูงวัย ข้อมูลเชิงคุณภาพดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นฐานความรู้ในการกำหนดแนวทางการออกแบบกิจกรรมเกมต้นแบบ โดยครอบคลุม 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

3.1.1 แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design)

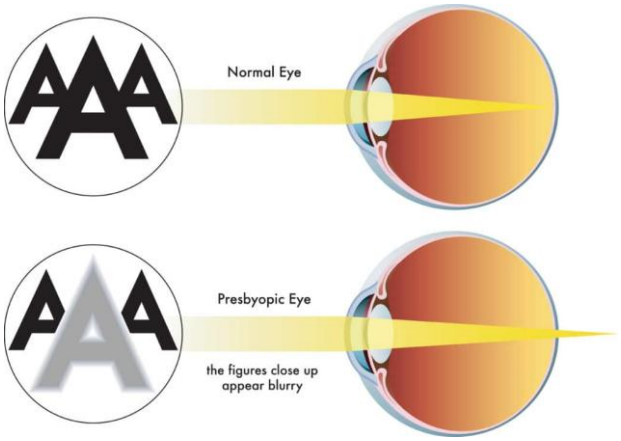
แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (UD) เป็นแนวคิดที่มุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรม สื่อ หรือผลิตภัณฑ์ให้สามารถใช้งานได้โดยผู้ใช้ที่มีความแตกต่างด้านสมรรถภาพ โดยไม่จำเป็นต้องมีการดัดแปลงเฉพาะบุคคล แนวคิดนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการออกแบบกิจกรรมสำหรับผู้สูงวัย เนื่องจากผู้สูงวัยมีความหลากหลายทั้งด้านสมรรถภาพการมองเห็น ความแข็งแรงของร่างกาย ความคล่องตัวของมือ และความสามารถในการทำความเข้าใจขั้นตอนหรือกติกาของกิจกรรม [5]

จากการวิเคราะห์เชิงแนวคิด ผู้วิจัยนำหลักการสำคัญของ UD มาสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบกิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง ได้แก่ 1) ความเรียบง่ายและเข้าใจได้ทันที (Simple and Intuitive Use) โดยลดความซับซ้อนของกติกา ใช้คำอธิบายสั้น กระชับ และใช้ภาพเป็นตัวนำ 2) การลดความพยายามทางกายภาพ (Low physical effort) เช่น การออกแบบกิจกรรมที่ไม่ต้องใช้แรงมาก ไม่ต้องเคลื่อนไหวซับซ้อน และสามารถทำได้ในท่าทางที่ผ่อนคลาย 3) ความปลอดภัยและความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (Tolerance for error) โดยกิจกรรมควรเอื้อให้เกิดการลองผิดลองถูกโดยไม่ส่งผลเสียหรือสร้างความกังวล 4) การรับรู้ข้อมูลอย่างชัดเจน (Perceptible information) ผ่านการจัดวางองค์ประกอบภาพอย่างเป็นระบบและมีลำดับการรับรู้ที่เหมาะสม [6]

แนวคิด UD จึงถูกนำมาใช้เป็นกรอบสำคัญในการกำหนดคุณลักษณะของกิจกรรมเกมในร่ม เพื่อให้ผู้สูงวัยสามารถเข้าถึงและใช้งานได้อย่างเท่าเทียมและต่อเนื่องในชีวิตประจำวัน

3.1.2 ทฤษฎีการมองเห็นและการเสื่อมของสายตาในผู้สูงอายุ

การเปลี่ยนแปลงด้านการมองเห็นเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกิดขึ้นตามวัย โดยเริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนตั้งแต่อายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป และมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงอายุและแต่ละบุคคล การเสื่อมถอยของการมองเห็นในผู้สูงวัยไม่ได้จำกัดอยู่เพียงความคมชัดของภาพ แต่รวมถึงความสามารถในการแยกแยะสี ความไวต่อแสง การมองเห็นในที่แสงน้อยและการรับรู้รายละเอียดขนาดเล็ก [7]



รูปที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะการมองเห็นของบุคคลทั่วไปและผู้สูงวัย
ที่มา: https://clearchoicelaser.com

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าภาวะสายตายาวตามวัย (Presbyopia) ต้อกระจก และจอประสาทตาเสื่อม เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้ข้อมูลจากภาพในผู้สูงวัย การออกแบบกิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดเหล่านี้อย่างเป็นระบบ โดยสังเคราะห์เป็นแนวทางการออกแบบ ได้แก่ 1) การออกแบบองค์ประกอบภาพให้มีขนาดใหญ่ มองเห็นชัด ลดรายละเอียดที่ไม่จำเป็น 2) การใช้สีที่มีความแตกต่างของความสว่างและคอนทราสต์สูง 3) การหลีกเลี่ยงพื้นผิวหรือองค์ประกอบที่สะท้อนแสงมากเกินไป 4) การจัดวางองค์ประกอบภาพให้กระจาย ไม่กระจุกอยู่จุดเดียว เพื่อรองรับผู้ที่มีปัญหาการมองเห็นส่วนกลาง ดังนั้นความเข้าใจด้านสรีรวิทยาการมองเห็นจึงเป็นฐานข้อมูล

สำคัญที่ช่วยให้กิจกรรมเกมสามารถกระตุ้นการใช้สายตาได้อย่างเหมาะสม โดยไม่ก่อให้เกิดความล้าหรือความเครียดทางสายตา [8]

3.1.3 ทฤษฎีการออกแบบตัวอักษรเพื่อการเข้าถึง (Accessible typography)

ทฤษฎีการออกแบบตัวอักษรเพื่อการเข้าถึงเป็นแนวคิดที่ใช้กำหนดคุณภาพการอ่านของสื่อ โดยมองว่าประสิทธิภาพในการอ่านไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอักษรเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นกับองค์ประกอบร่วมหลายประการ ได้แก่ ชนิดตัวอักษร ความหนา ช่องไฟ ระยะห่างระหว่างบรรทัด ความยาวบรรทัด การจัดวาง และความแตกต่างระหว่างตัวอักษรกับพื้นหลัง ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความล้าของสายตาและความถูกต้องในการรับรู้ข้อมูล [9]

จากการวิเคราะห์แนวคิดดังกล่าว ผู้วิจัยสังเคราะห์เป็นแนวทางในการออกแบบข้อความและสัญลักษณ์ในกิจกรรมเกม ได้แก่ 1) การเลือกใช้ตัวอักษรที่มีรูปทรงเรียบ อ่านง่าย และไม่ซับซ้อน 2) การใช้ขนาดตัวอักษรที่เหมาะสมกับการมองเห็นของผู้สูงวัย 3) การจัดช่องไฟและลำดับข้อมูลให้เอื้อต่อการกวาดสายตา 4) การหลีกเลี่ยงพื้นหลังที่มีลวดลายรบกวนสายตา [10]

ดังนั้นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการออกแบบตัวอักษรเพื่อการเข้าถึง ช่วยให้ผู้สูงวัยสามารถอ่านคำอธิบาย กติกา และสัญลักษณ์ในกิจกรรมเกมได้อย่างชัดเจน ลดความสับสน และเพิ่มความมั่นใจในการเข้าร่วมกิจกรรม

3.1.4 แนวคิดกิจกรรมในที่ร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง

แนวคิดกิจกรรมเกมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางเป็นกรอบแนวคิดที่มุ่งตอบสนองบริบทชีวิตของผู้สูงวัย ซึ่งมักใช้เวลาอยู่ภายในที่พักอาศัยเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากข้อจำกัดด้านการเคลื่อนไหว ความปลอดภัย และสภาพแวดล้อมภายนอก กิจกรรมในร่มที่เหมาะสมจึงควรเอื้อต่อการเข้าถึงง่าย ใช้งานซ้ำได้ และไม่ก่อให้เกิดความเหนื่อยล้าทั้งทางร่างกายและจิตใจ [1]



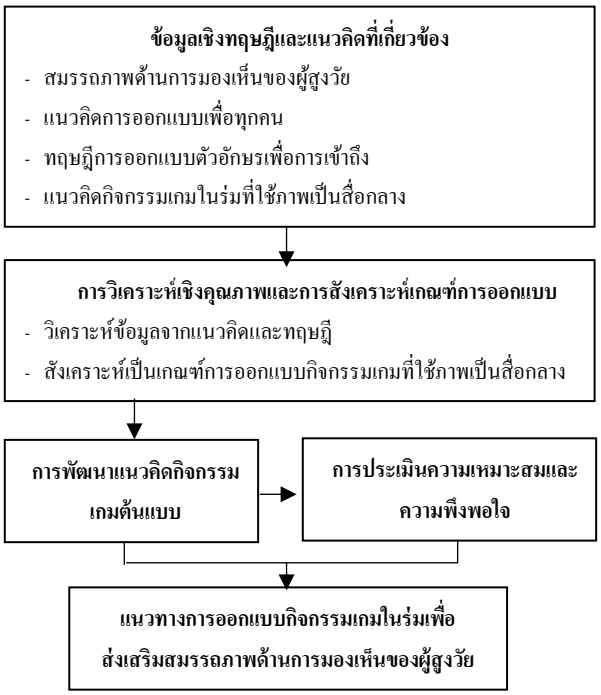
รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพกิจกรรมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง
ที่มา: Winest ศูนย์ดูแลผู้สูงอายุและฟื้นฟูผู้ป่วย

ในเชิงการวิเคราะห์ ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับ 3 มิติหลักของกิจกรรมในที่ร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง ได้แก่ 1) มิติด้านการรับรู้ทางสายตา กิจกรรมควรกระตุ้นการสังเกต การแยกแยะ และการจดจำภาพ 2) มิติด้านอารมณ์และแรงจูงใจ กิจกรรมควรสร้างความเพลิดเพลิน ลดความรู้สึกว่ากำลังฝึกหรือบำบัด 3) มิติด้านปฏิสัมพันธ์ทางสังคม กิจกรรมควรเอื้อต่อการเล่นร่วมกับผู้อื่น เพื่อส่งเสริมการสื่อสารและลดความโดดเดี่ยว โดยแนวคิดมีส่วนช่วยให้การออกแบบกิจกรรมมีความสอดคล้องกับบริบทชีวิตจริงของผู้สูงอายุ และสนับสนุนคุณภาพชีวิตทั้งในมิติทางร่างกาย จิตใจ และสังคม [11]

3.1.5 สังเคราะห์ผลการวิเคราะห์เป็นเกณฑ์การออกแบบ

จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาสังเคราะห์เป็น เกณฑ์การออกแบบกิจกรรมเกมและสื่อภาพ เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัยอย่างเป็นระบบ โดยมุ่งเน้นให้เกณฑ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบในขั้นถัดไป โดยผลการสังเคราะห์สามารถสรุปเป็นเกณฑ์การออกแบบหลักได้ ได้แก่ 1) เกณฑ์ด้านการรับรู้ทางสายตา (Visual perception) กิจกรรมควรใช้สีและความแตกต่างของระดับความสว่างที่ชัดเจน เพื่อช่วยเพิ่มการแยกแยะองค์ประกอบภาพ ลดปัญหาการมองเห็นที่ไม่ชัดเจนหรือการกลืนกันของสี องค์ประกอบภาพควรมีขนาดเหมาะสม ไม่ซับซ้อน และลดรายละเอียดที่ไม่จำเป็น เพื่อลดภาระในการรับรู้ของผู้สูงวัย 2) เกณฑ์ด้านการสื่อสารข้อมูลและความเข้าใจ (Readability and clarity) ข้อความ คำสั่ง หรือสัญลักษณ์ที่ใช้ในกิจกรรมควรออกแบบตามหลัก Accessible Typography โดยเลือกใช้ตัวอักษรที่อ่านง่าย มีขนาดเหมาะสม มีช่องไฟและระยะห่างที่ช่วยให้การกวาดสายตาเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และหลีกเลี่ยงพื้นหลังหรือองค์ประกอบที่รบกวนการอ่าน เพื่อให้ผู้สูงวัยสามารถเข้าใจและดำเนินกิจกรรมได้ด้วยตนเอง 3) เกณฑ์ด้านการใช้งานและความปลอดภัย (Usability and safety) กิจกรรมควรถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย ไม่ต้องใช้แรงหรือท่าทางซับซ้อน ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และเอื้อต่อการใช้งานในท่าทางที่ผ่อนคลายภายใต้บริบทของกิจกรรมในร่มหรือภายในที่พักอาศัย เพื่อให้สามารถทำกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่ก่อให้เกิดความเหนื่อยล้าทางร่างกาย 4) เกณฑ์ด้านบริบทการใช้งานและความต่อเนื่อง (Context and continuity) กิจกรรมควรเหมาะสมกับการใช้งานภายในบ้านหรือพื้นที่จำกัด สามารถทำซ้ำได้อย่างสม่ำเสมอ ไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกจำเจ และมีความยืดหยุ่นในการปรับรูปแบบการเล่นหรือระดับความยาก เพื่อส่งเสริมการฝึกใช้สายตาอย่างต่อเนื่องในชีวิตประจำวัน 5) เกณฑ์ด้านปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์เชิงบวก (Interaction and experience) กิจกรรมควรเอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้สูงวัยร่วมกับผู้อื่น เช่น สมาชิกในครอบครัวหรือผู้ดูแล เพื่อส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ลดความรู้สึกโดดเดี่ยว และสร้างประสบการณ์เชิงบวกที่ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเข้าร่วมกิจกรรม

โดยสรุป เกณฑ์การออกแบบที่สังเคราะห์ขึ้นนี้ทำหน้าที่เป็นกรอบแนวคิดเชิงออกแบบ สำหรับการพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง ซึ่งไม่เพียงมุ่งเน้นการกระตุ้นสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัยเท่านั้น แต่ยังคำนึงถึงความเข้าใจง่าย ความปลอดภัย ความต่อเนื่องในการใช้งาน และคุณภาพชีวิตในมิติทางอารมณ์และสังคม อันนำไปสู่การออกแบบกิจกรรมที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทชีวิตประจำวันของผู้สูงวัย



รูปที่ 3 กรอบแนวคิดของการวิจัย

3.2 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงอายุ

จากการวิเคราะห์แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่สังเคราะห์ได้มาใช้เป็นกรอบในการออกแบบและพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลาง เพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย โดยมุ่งเน้นให้กิจกรรมดังกล่าวสามารถใช้งานได้ในบริบทของกิจกรรมเกมในร่ม มีความเข้าใจง่าย ปลอดภัย และเหมาะสมกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและสมรรถภาพของผู้สูงวัย

ในขั้นตอนนี้ การออกแบบยังไม่มุ่งสรุปไปสู่รูปแบบผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย แต่เป็นการพัฒนา แนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบ (Conceptual prototypes) เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสมในขั้นถัดไป โดยแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบทุกแบบถูกออกแบบภายใต้กรอบเกณฑ์เดียวกัน ได้แก่ การกระตุ้นการรับรู้ทางสายตาผ่านภาพ สี และรูปแบบที่ชัดเจน ความเรียบง่ายของกติกาและขั้นตอนการเล่น ความปลอดภัยและความสะดวกในการใช้งานในบริบทกิจกรรมในร่ม การเอื้อต่อการทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ประกอบด้วย

3.2.1 Color & Shape Bingo ถูกออกแบบโดยมุ่งเน้นการฝึก การจดจำและการแยกแยะสีและรูปทรง ซึ่งเป็นทักษะพื้นฐานของการรับรู้ทางสายตาที่มักลดลงในผู้สูงวัย กิจกรรมถูกออกแบบให้อยู่ในรูปแบบเกมที่มีกติกาเรียบง่าย ใช้ภาพและสัญลักษณ์รูปทรงเรขาคณิตที่มีความชัดเจน เพื่อช่วยให้ผู้สูงวัยสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ รูปแบบการเล่นเอื้อต่อการเล่นเป็นกลุ่ม ซึ่งช่วยส่งเสริมสมาธิ ความต่อเนื่องในการจดจ่อ และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม โดยแนวคิดนี้ถูกออกแบบให้ผู้เล่นสามารถเรียนรู้กติกาได้อย่างรวดเร็ว ไม่ต้องอาศัยการอ่านคำอธิบายจำนวนมาก และเหมาะกับการใช้เป็นกิจกรรมเกมในร่มที่สามารถทำซ้ำได้อย่างสม่ำเสมอ



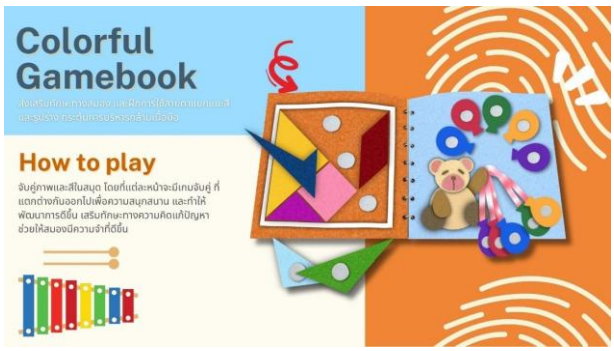
รูปที่ 4 แนวคิดรูปแบบเกม Color & Shape Bingo

3.2.2 Story Boardgame ถูกออกแบบโดยใช้ การเล่าเรื่องผ่านภาพ เป็นแกนหลักของกิจกรรม โดยเลือกใช้ภาพบรรยากาศและองค์ประกอบที่ผู้สูงวัยคุ้นเคย เพื่อกระตุ้นการสังเกต การติดตามเรื่องราว และการเชื่อมโยงความทรงจำ กิจกรรมลักษณะนี้ช่วยส่งเสริมการเคลื่อนไหวของสายตา การจดจ่อกับรายละเอียดของภาพ และการรับรู้ลำดับของข้อมูลทางสายตารูปแบบเกมกระดานถูกเลือกใช้เพื่อให้กิจกรรมมีลักษณะของความสนุก และการมีส่วนร่วม ลดความรู้สึกว่ากำลังทำแบบฝึกหรือกิจกรรมเชิงบำบัดโดยตรง อีกทั้งยังเอื้อต่อการเล่นร่วมกับสมาชิกในครอบครัวหรือผู้อื่น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดกิจกรรมเกมในร่มที่มุ่งเน้นทั้งการกระตุ้นสายตาและการเสริมสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม



รูปที่ 5 แนวคิดรูปแบบ Story Boardgame

3.2.3 Colorful Gamebook ถูกออกแบบโดยเน้น ความหลากหลายของกิจกรรมภายในรูปแบบเดียว เพื่อให้ผู้สูงวัยสามารถเลือกทำกิจกรรมได้ตามความสนใจและระดับสมรรถภาพของตนเอง แนวคิดนี้ผสานการใช้ภาพ สี และวัสดุที่มีพื้นผิวสัมผัส เพื่อเพิ่มมิติทางประสาทสัมผัสและลดความน่าเบื่อในการทำกิจกรรมซ้ำ การออกแบบมุ่งให้กิจกรรมมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการเล่นได้ และเหมาะกับการทำกิจกรรมในร่มอย่างต่อเนื่อง โดยยังคงยึดหลักความเรียบง่าย ความปลอดภัย และการรับรู้ทางสายตาที่ชัดเจนเป็นสำคัญ



รูปที่ 6 แนวคิดรูปแบบ Colorful gamebook

แนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นจากเกณฑ์การออกแบบเดียวกัน แต่มีจุดเน้นด้านรูปแบบกิจกรรมและประสบการณ์การใช้งานที่แตกต่างกัน เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการเปรียบเทียบและประเมินความเหมาะสม

3.3 การประเมินความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

การประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจต่อแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบดำเนินการโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 103 คน ซึ่งประกอบด้วยผู้สูงวัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงวัย เพื่อสะท้อนมุมมองทั้งจากผู้ใช้งานโดยตรงและผู้ที่มีบทบาทสนับสนุนการใช้งานในชีวิตประจำวัน โดยใช้แบบสอบถามออนไลน์เป็นเครื่องมือในการประเมินความสนใจ ความต้องการ และความเหมาะสมของแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ ได้แก่ Color & Shape Bingo, Story Boardgame และ Colorful Gamebook

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเพศชายจำนวน 47 คน เพศหญิงจำนวน 40 คน และกลุ่ม LGBTQ+ จำนวน 16 คน ในด้านช่วงอายุ ผู้ตอบแบบสอบถามอายุต่ำกว่า 45 ปี จำนวน 60 คน อายุระหว่าง 45-60 ปี จำนวน 34 คน และอายุมากกว่า 60 ปี จำนวน 9 คน ทั้งนี้ การกำหนดกลุ่มตัวอย่างดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อสะท้อนมุมมองจากผู้ใช้งานที่มีแนวโน้มเข้าสู่ช่วงผู้สูงวัย (อายุ 45 ปีขึ้นไป) ควบคู่กับผู้ดูแลหรือบุคคลใกล้ชิดที่มีบทบาทในการเลือกหรือสนับสนุนกิจกรรมสำหรับผู้สูงวัย

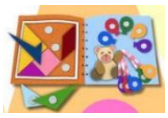
โดยแบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยกำหนดให้คะแนนตั้งแต่ 1 หมายถึง น้อยที่สุด ถึง 5 หมายถึง มากที่สุด และใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย เพื่อแปลผลระดับความเหมาะสมและความพึงพอใจของแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบในแต่ละด้าน

ผลการประเมินความสนใจและความต้องการต่อประเภทกิจกรรมจากแบบสอบถาม แสดงให้เห็นแนวโน้มความต้องการของกลุ่มตัวอย่างอย่างชัดเจน โดยกิจกรรมในร่มได้รับระดับความสนใจสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.71) รองลงมาคือกิจกรรมที่สามารถใช้งานภายในที่พักอาศัย (ค่าเฉลี่ย 4.39) กิจกรรมนันทนาการ (ค่าเฉลี่ย 4.33) และกิจกรรมที่สามารถพกพาได้ (ค่าเฉลี่ย 4.34) ขณะที่กิจกรรมที่เน้นการออกกำลังกาย (ค่าเฉลี่ย 3.87) และกิจกรรมกลางแจ้ง (ค่าเฉลี่ย 3.74) ได้รับความสนใจในระดับรองลงมา ผลการประเมินนี้ถูกนำมาใช้ในฐานะข้อมูลเชิงแนวโน้ม (Trend data) เพื่อสะท้อนทิศทางความต้องการของผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้องกับผู้สูงวัย ซึ่งมีแนวโน้มเลือกกิจกรรมที่สามารถดำเนินการได้ภายในบ้าน มีลักษณะผ่อนคลาย และไม่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวร่างกายหรือการเดินทางสูง และถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการกำหนดทิศทางการออกแบบกิจกรรมเกมต้นแบบ โดยมุ่งเน้นการพัฒนากิจกรรมในร่มที่เอื้อต่อการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ สอดคล้องกับบริบทชีวิตประจำวันของผู้สูงวัย และสนับสนุนทั้งการกระตุ้นการมองเห็นและการสร้างประสบการณ์เชิงบวกในการใช้งาน

ตารางที่ 1 ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์

รูปแบบ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย
 แบบที่ 1 Color & Shape Bingo	แนวคิดการออกแบบ	4.13
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รูปแบบ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย
 แบบที่ 2 Story Boardgame	แนวคิดการออกแบบ	4.33
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	
 แบบที่ 3 Colorful Gamebooks	แนวคิดการออกแบบ	4.10
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	

เมื่อพิจารณาผลการประเมินความเหมาะสมของแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าแนวคิด Story Boardgame ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.33) รองลงมาคือ Color & Shape Bingo (ค่าเฉลี่ย 4.13) และ Colorful Gamebook (ค่าเฉลี่ย 4.10) ตามลำดับ โดยผลการประเมินครอบคลุมประเด็นด้านแนวคิดการออกแบบ ความสื่อถึงประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม แนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง ความน่าสนใจ และความเหมาะสมกับผู้สูงวัย

นอกจากข้อมูลเชิงปริมาณแล้ว ผู้วิจัยยังนำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพจากคำถามปลายเปิดในแบบสอบถามมาประกอบการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่ากลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่าแนวคิด Story Boardgame มีความเหมาะสมในฐานะกิจกรรมเกมในร่มที่สามารถสร้างความสนุกสนานและส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ภายในครอบครัวได้อย่างเป็นธรรมชาติ รูปแบบเกมกระดานช่วยลดความรู้สึกว่ากำลังทำกิจกรรมฝึกหรือบำบัดโดยตรง และเอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้สูงวัยร่วมกับผู้อื่น

ในด้านการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็น กลุ่มตัวอย่างมองว่าแนวคิด Story Boardgame มีศักยภาพในการฝึกการเคลื่อนไหวของสายตา การสังเกต และการจดจ่อกับรายละเอียดของภาพ ผ่านการเลื่อนสายตาไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ขององค์ประกอบบนกระดาน ซึ่งช่วยให้กิจกรรมสามารถตอบโจทย์ทั้งด้านการกระตุ้นการมองเห็น การเข้าถึง และความเพลิดเพลินในการใช้งานได้พร้อมกัน

จากผลการประเมินดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลเชิงปริมาณและข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพจากกลุ่มตัวอย่างมาสังเคราะห์เป็นแนวทางในการคัดเลือกแนวคิดกิจกรรมเกมที่เหมาะสมที่สุด เพื่อนำไปสู่การพัฒนาเป็นต้นแบบในขั้นถัดไป โดยให้ความสำคัญกับการเลือกใช้วัสดุที่ไม่สะท้อนแสงและมีน้ำหนักเบา การออกแบบที่ปลอดภัยและใช้งานง่าย การใช้สีที่มีความตัดกันชัดเจนและโทนสีอบอุ่น การใช้ตัวอักษรขนาดใหญ่ อ่านง่าย และการออกแบบกิจกรรมที่สามารถใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอภายในที่พักอาศัย

4. การพัฒนาต้นแบบกิจกรรมเกม Story Boardgame

ภายหลังจากการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจต่อแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบ พบว่าแนวคิด Story Boardgame ได้รับคะแนนความเหมาะสมสูงที่สุดจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจึงคัดเลือกแนวคิดดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการพัฒนาต้นแบบขั้นถัดไป โดยมุ่งเน้นการปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้จริงในบริบทกิจกรรมในร่มสำหรับผู้สูงวัย ทั้งนี้กระบวนการพัฒนาต้นแบบได้อาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณร่วมกัน โดยยึดหลักการออกแบบเพื่อการเข้าถึง ความปลอดภัย และการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นเป็นแกนหลักในการออกแบบ

4.1 องค์ประกอบและโครงสร้างของต้นแบบกิจกรรมเกม

ต้นแบบ Story Boardgame ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ กล่องบรรจุ บอร์ดกิจกรรม การ์ดภารกิจ และสื่อประกอบกิจกรรม ซึ่งออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานในบริบทกิจกรรมในร่มของผู้สูงวัย โดยคำนึงถึงขนาด น้ำหนัก ความสะดวกในการหยิบจับ และความปลอดภัยในการใช้งานเป็นสำคัญ

กล่องบรรจุภายนอกผลิตจากกระดาษคราฟท์ มีการพิมพ์ลายเพื่อสื่อถึงแนวคิดของกิจกรรม ขนาด 35 × 23 เซนติเมตร ภายในประกอบด้วยฐานล็อก (Inner lock base) ขนาด 34 × 22.5 เซนติเมตร เพื่อช่วยจัดวางอุปกรณ์ให้เป็นระเบียบและลดการเคลื่อนที่ขณะใช้งาน นอกจากนี้ยังมีกล่องใส่การ์ดแยกต่างหาก ขนาด 7 × 10 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการจัดเก็บและหยิบใช้งาน



รูปที่ 7 ภาพคลี่ของกล่องและฐานล็อก



รูปที่ 8 ขั้นตอนการทำกล่อง

สื่อกิจกรรมหลักมีขนาด 20.5 × 20.5 × 0.2 เซนติเมตร ประกอบด้วยฉากกิจกรรมจำนวน 5 ฉาก ได้แก่ ห้องครัว ห้องนั่งเล่น ห้องนอน ห้องเก็บของ และสวนหลังบ้าน โดยแต่ละฉากออกแบบให้มีสิ่งของที่ซ่อนอยู่และติดตั้งด้วยตีนตุ๊กแก เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถหยิบ เคลื่อนย้าย และทำกิจกรรมซ้ำได้หลายครั้ง ซึ่งช่วยสนับสนุนการฝึกการสังเกตและการเคลื่อนไหวของสายตาอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 9 ขั้นตอนการทำสมุดภาพ Storyboard

4.2 การพัฒนาแนวคิดเนื้อเรื่องและภาพประกอบโดยใช้แนวคิด Nostalgia

นอกเหนือจากการออกแบบด้านโครงสร้างและการเข้าถึง ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับการพัฒนาเนื้อเรื่องและภาพประกอบของกิจกรรมเกม โดยเลือกประยุกต์ใช้แนวคิด Nostalgia เป็นกรอบในการออกแบบเชิงเนื้อหาและอารมณ์ ทั้งนี้เนื่องจากงานวิจัยด้านผู้สูงวัยระบุว่าการกระตุ้นความทรงจำจากประสบการณ์ในอดีตสามารถช่วยส่งเสริมการรับรู้ ความจำ และสุขภาวะทางอารมณ์ รวมถึงช่วยลดความรู้สึกโดดเดี่ยวและเพิ่มการมีส่วนร่วมทางสังคมได้



รูปที่ 10 ภาพการออกแบบระยะที่ 1

ในระยะเริ่มต้นของการออกแบบ ภาพประกอบเน้นลักษณะลายเส้นการ์ตูนร่วมสมัย มีความน่ารัก สดใส และเข้าใจง่าย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาบริบทผู้ใช้งานแล้ว พบว่ารูปแบบดังกล่าวยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ชีวิตของผู้สูงวัยได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงปรับแนวทางการออกแบบในระยะที่ 2 โดยนำแนวคิด Nostalgia มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเนื้อเรื่องและภาพประกอบ

การออกแบบในระยะที่ 2 ปรับรูปแบบภาพให้มีลักษณะย้อนความทรงจำ โดยอ้างอิงบรรยากาศและสุนทรียะของยุคประมาณ พ.ศ. 2520–2530 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผู้สูงวัยในปัจจุบันมีประสบการณ์ร่วม ภาพประกอบและสิ่งของที่ปรากฏในฉากต่าง ๆ เช่น เฟอร์นิเจอร์ เครื่องครัว และอุปกรณ์ในชีวิตประจำวัน ถูกออกแบบให้สะท้อนบริบทของยุคสมัยดังกล่าว เพื่อสร้างความคุ้นเคยและกระตุ้นการรำลึกถึงความทรงจำในอดีต



รูปที่ 11 ภาพการออกแบบระยะที่ 2

แนวคิด Nostalgia ถูกนำมาใช้ไม่เพียงเพื่อความสวยงามของภาพ แต่เพื่อทำให้กิจกรรมเกมทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการเล่าเรื่อง การทบทวนประสบการณ์ชีวิต และการแลกเปลี่ยนความทรงจำระหว่างผู้เล่น ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของกิจกรรมในฐานะกิจกรรมในร่มที่ส่งเสริมทั้งสมรรถภาพด้านการมองเห็น ความจำ และปฏิสัมพันธ์ทางสังคม

4.3 รูปแบบและวิธีการเล่นของกิจกรรมเกมต้นแบบ

กิจกรรมเกม Story Boardgame ถูกออกแบบให้สามารถเล่นได้ในรูปแบบกิจกรรมกลุ่ม โดยมีจำนวนผู้เล่นตั้งแต่ 2-5 คน เพื่อเอื้อต่อการมีส่วนร่วมและการปฏิสัมพันธ์ภายในครอบครัวหรือกลุ่มผู้สูงวัย รูปแบบการเล่นเริ่มจากการสุ่มหยิบการ์ดกิจกรรม ซึ่งแสดงภาพสิ่งของหรือเหตุการณ์ จากนั้นผู้เล่นจะใช้การสังเกตและการเคลื่อนไหวของสายตาเพื่อค้นหาภาพหรือวัตถุที่ซ่อนอยู่ภายในฉากกิจกรรม และเมื่อค้นหาสิ่งของได้แล้ว ผู้เล่นจะบอกเล่าเรื่องราว ความทรงจำ หรือประสบการณ์ในอดีตที่เกี่ยวข้องกับสิ่งนั้น อาจอยู่ในรูปแบบการเล่าเรื่อง การสนทนาร่วมกับผู้เล่นคนอื่น หรือการบันทึกเป็นไดอารี่กิจกรรม กระบวนการดังกล่าวช่วยกระตุ้นการใช้สายตา การจดจ่อกับรายละเอียด

ความจำ และการสื่อสารทางสังคม ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของกิจกรรมในฐานะเครื่องมือส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นและความสัมพันธ์ในครอบครัว



รูปที่ 12 ภาพเกมต้นแบบและการนำเสนอวิธีเล่นเกม

4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากต้นแบบกิจกรรมเกม Story Boardgame

จากการพัฒนาต้นแบบกิจกรรมเกม Story boardgame ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพที่ได้จากการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจในระยะก่อนหน้า มาวิเคราะห์และใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงต้นแบบ โดยมุ่งเน้นประเด็นสำคัญด้านการเข้าถึง การรับรู้ทางสายตา และความสะดวกในการใช้งานของผู้สูงวัยเป็นหลัก

ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าประเด็นที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานมากที่สุด ได้แก่ ความชัดเจนของข้อมูล การอ่านและทำความเข้าใจกติกา และการรับรู้ภาพภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงดำเนินการปรับปรุงต้นแบบในด้านการเข้าถึงตัวอักษร โดยเพิ่มระยะห่างระหว่างบรรทัดและช่องไฟของตัวอักษร รวมถึงปรับข้อความกติกาและภารกิจบนการ์ดให้มีความกระชับ ชัดเจน และลดภาระในการประมวลผลข้อมูลทางสายตา ซึ่งช่วยลดความสับสนในการตีความและเพิ่มความต่อเนื่องในการทำกิจกรรม

ในด้านวัสดุและองค์ประกอบภาพ ผู้วิจัยได้ปรับพื้นผิวของกระดานเกมและการ์ดทั้งหมดให้เป็นกระดาษเคลือบด้าน เพื่อแก้ไขปัญหาการสะท้อนแสงที่อาจก่อให้เกิดอาการล้าของสายตา รวมถึงปรับโทนสีขององค์ประกอบสำคัญให้เป็นโทนสีอบอุ่นที่มีความตัดกันสูง เพื่อสนับสนุนการมองเห็นและการแยกแยะองค์ประกอบของผู้สูงวัยที่มีข้อจำกัดด้านการรับรู้สีและความสว่าง

ภายหลังการปรับปรุงต้นแบบ ผู้วิจัยได้นำต้นแบบที่พัฒนาแล้วไปทดสอบการใช้งานกับผู้สูงวัยในบริบทกิจกรรมในร่ม ผลการทดสอบพบว่าผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจรูปแบบการเล่นและเข้าสู่กระบวนการทำกิจกรรมได้รวดเร็วขึ้นอย่างชัดเจน ความผิดพลาดในการรับรู้ข้อมูลลดลง และผู้ใช้งานสามารถมีส่วนร่วมกับกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่องมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับต้นแบบในระยะก่อนการปรับปรุง

ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการปรับปรุงต้นแบบตามข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพและหลักการออกแบบ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและความเหมาะสมของกิจกรรมเกม Story boardgame ในฐานะกิจกรรมในร่มที่ช่วยกระตุ้นการใช้สายตาได้อย่างปลอดภัย และสอดคล้องกับบริบทการใช้งานของผู้สูงวัย

5. สรุปการสร้างต้นแบบกิจกรรมเกม Story Boardgame

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็น ศึกษาความเหมาะสมของกิจกรรมเกมในร่ม ออกแบบแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบ และประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจจากกลุ่มผู้ใช้งานและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลผู้สูงวัย

จากผลการศึกษาด้านแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่า การส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัยควรตั้งอยู่บนความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของการมองเห็นตามวัย ควบคู่กับหลักการออกแบบเพื่อการเข้าถึง ได้แก่ แนวคิด Universal Design และ Accessible Typography ซึ่งสามารถนำมาสังเคราะห์เป็นเกณฑ์การออกแบบกิจกรรมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางได้อย่างเหมาะสม โดยเน้นความชัดเจน ความเรียบง่าย และการลดภาระทางสายตา รวมถึงผลการศึกษาความเหมาะสมของกิจกรรมเกมในร่ม จากการประเมินความสนใจของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากิจกรรมในร่มและกิจกรรมนันทนาการที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางได้รับความสนใจในระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่ากิจกรรมลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับบริบทการใช้ชีวิตและข้อจำกัดด้านการมองเห็นและการเคลื่อนไหวของผู้สูงวัย

ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาแนวคิดต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ Color & Shape Bingo, Story Boardgame และ Colorful Gamebook โดยทั้งหมดออกแบบภายใต้กรอบแนวคิดเดียวกัน คือ การใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการกระตุ้นการสังเกต การจดจ่อ และการเคลื่อนไหวของสายตา พร้อมทั้งเอื้อต่อการใช้งานเป็นกิจกรรมในร่มและกิจกรรมกลุ่ม

ผลการประเมินความเหมาะสมและระดับความพึงพอใจต่อแนวคิดกิจกรรมเกมต้นแบบพบว่า แนวคิด Story Boardgame ได้รับคะแนนความเหมาะสมและความพึงพอใจในระดับสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับแนวคิดอื่น โดยกลุ่มตัวอย่างเห็นว่าแนวคิดดังกล่าวสามารถผสานการฝึกการใช้สายตาเข้ากับกิจกรรมนันทนาการและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมได้อย่างเหมาะสม จึงถูกคัดเลือกเพื่อนำไปพัฒนาเป็นต้นแบบกิจกรรมเกมในขั้นถัดไป

โดยสรุป การสร้างต้นแบบกิจกรรมเกม Story Boardgame ในงานวิจัยนี้สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ครบถ้วนในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การสังเคราะห์แนวคิดเชิงทฤษฎี การออกแบบแนวคิดกิจกรรม ไปจนถึงการประเมินความเหมาะสมจากกลุ่มเป้าหมาย ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นศักยภาพของกิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางในฐานะเครื่องมือส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย และสามารถใช้เป็นฐานความรู้สำหรับการพัฒนากิจกรรมหรือผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงวัยในงานออกแบบและงานวิจัยต่อยอดในอนาคต

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยและการพัฒนาแนวคิดกิจกรรมเกม Story Boardgame ซึ่งเป็นกิจกรรมในร่มที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสมรรถภาพด้านการมองเห็นของผู้สูงวัย พบว่ายังมีประเด็นที่สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยในอนาคต ทั้งในด้านการประเมินผล การออกแบบกิจกรรม และการประยุกต์ใช้งานจริง ดังนี้

6.1 ด้านการประเมินสมรรถภาพด้านการมองเห็น

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการประเมินความเหมาะสมและความพึงพอใจต่อแนวคิดกิจกรรมเกมเป็นหลัก ยังไม่ได้มีการทดสอบเชิงคลินิกหรือการติดตามผลในระยะยาวเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพด้านการมองเห็นอย่างเป็นรูปธรรม งานวิจัยในอนาคตจึงควรออกแบบการทดลองที่สามารถวัดผลเชิงปริมาณด้านการรับรู้ทางสายตา เช่น ความสามารถในการสังเกต การแยกแยะรายละเอียด หรือการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อตา ก่อนและหลังการทำกิจกรรม เพื่อยืนยันประสิทธิผลของกิจกรรมในเชิงวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

6.2 ด้านกลุ่มเป้าหมายของการศึกษา

การศึกษานี้ยังไม่ได้จำแนกผู้สูงวัยตามระดับความบกพร่องทางการมองเห็นหรือภาวะโรคตาอย่างเฉพาะเจาะจง ส่งผลให้ผลการประเมินสะท้อนภาพรวมในระดับกว้าง งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาการศึกษากลุ่มผู้สูงวัยที่มีระดับสมรรถภาพด้านการมองเห็นแตกต่างกัน เพื่อพัฒนาแนวคิดกิจกรรมที่สามารถปรับระดับความยากง่ายให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3 ด้านการออกแบบกิจกรรม และวัสดุ

ต้นแบบกิจกรรมเกมที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นต้นแบบเชิงแนวคิดเพื่อการทดลองใช้งานเบื้องต้น วัสดุที่ใช้ยังมีข้อจำกัดด้านความทนทานต่อการใช้งานซ้ำและการดูแลรักษา งานวิจัยต่อยอดควรศึกษาการเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรง ทนทาน และเหมาะสมกับการทำความสะอาด เพื่อรองรับการใช้งานจริงในบริบทของกิจกรรมกลุ่มหรือการใช้งานระยะยาว

6.4 ด้านเนื้อหา และรูปแบบกิจกรรม

เนื้อเรื่องและฉากกิจกรรมในต้นแบบยังอยู่ภายใต้รูปแบบเดียว แม้จะช่วยสร้างความต่อเนื่องในการเล่าเรื่องและการจดจ่อของผู้ใช้งาน แต่ในระยะยาวอาจส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่าย งานวิจัยในอนาคตควรพัฒนาเนื้อหาในหลากหลายธีม หรือออกแบบโครงสร้างกิจกรรมที่สามารถปรับเปลี่ยนเนื้อหาได้ตามบริบทชีวิตและความสนใจของผู้สูงวัย เพื่อส่งเสริมการใช้งานอย่างต่อเนื่อง

6.5 ด้านการประยุกต์ใช้งานในบริบทจริง

กิจกรรมเกม Story Boardgame มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นกิจกรรมกลุ่มในบริบทต่าง ๆ เช่น กิจกรรมครอบครัว ศูนย์ผู้สูงวัย หรือชมรมผู้สูงวัย งานวิจัยในอนาคตควรศึกษารูปแบบการนำกิจกรรมไปใช้ในบริบทเหล่านี้อย่างเป็นระบบ รวมถึงบทบาทของผู้ดูแลหรือผู้นำกิจกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานและขยายผลเชิงบวกต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงวัย

ข้อเสนอแนะดังกล่าวสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัย และแนวคิดกิจกรรมเกมที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางให้มีความเหมาะสม ครอบคลุม และยั่งยืนยิ่งขึ้น ทั้งในเชิงการออกแบบ การวิจัย และการนำไปใช้จริงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2566). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2566. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

[2] กรมการแพทย์. (2563). การดูแลสุขภาพตาผู้สูงอายุ. กระทรวงสาธารณสุข. https://www.dms.go.th

[3] โรงพยาบาลราชวิถี. (2568). การดูแลสายตาผู้สูงอายุ. https://www.rajavithi.go.th

[4] เลิศวัลลภ ศรีษะพลภูสิทธิ และ ธมนพัชร์ ศรีษะพลภูสิทธิ. (2560). กิจกรรมนันทนาการกับคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ. วารสารสังคมศาสตร์, 6(2), 45–60.

[5] สำนักงานส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการแห่งชาติ. (2561). แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน. https://dep.go.th

[6] องค์อร วงษาลังการ. (2553). การใช้ตัวอักษรและสัญลักษณ์ในงานออกแบบนิเทศศิลป์เพื่อรองรับผู้พิการทางสายตาประเภทเห็นเลือนราง [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

[7] Bernard, M., Liao, C., & Mills, M. (2001). The effects of font type and size on the legibility and reading time of online text by older adults. CHI Letters, 3(1), 175–176. https://doi.org/10.1145/365024.365109

[8] Legge, G. E. (2016). Vision and reading. Oxford University Press.

[9] Owsley, C. (2011). Aging and vision. Vision Research, 51(13), 1610–1622.

[10] Story, M. F., Mueller, J. L., & Mace, R. L. (1998). The universal design file: Designing for people of all ages and abilities. North Carolina State University, Center for Universal Design.

[11] World Health Organization. (2019). World report on vision.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมเพื่อส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ

Designing a Game-Based Exercise Device to Promote Cognitive Function in Older Adults

ปาปกร ไกรพล เนติวัฒน์ ชาลีกุล ศรัฐ สิมศิริ และสุทธิดา ศุภโสภณ*

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: suttida.supasopon@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่สามารถส่งเสริมการรู้คิดควบคู่กับการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้สูงอายุ เนื่องจากผู้สูงอายุมีแนวโน้มเกิดการเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางร่างกายและการทำงานของสมองตามวัย ซึ่งส่งผลต่อความสามารถด้านความจำ การคิดวิเคราะห์ และการเรียนรู้ การออกแบบอุปกรณ์ที่ผสานกิจกรรมทางกายเข้ากับการกระตุ้นการรู้คิดจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการชะลอความเสื่อมถอยดังกล่าวและส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

การดำเนินงานวิจัยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นกรอบแนวทางหลัก โดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลด้านการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุ พัฒนาการด้านการรู้คิด หลักการออกแบบเพื่อทุกคน หลักการยศาสตร์ และขนาดสัดส่วนของมนุษย์ จากนั้นจึงพัฒนาแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่ได้รับแรงบันดาลใจจากกิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย ได้แก่ กีฬาเปตอง เกมกระดาน และเกมฝึกสมอง เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ใช้ทั้งการเคลื่อนไหวร่างกาย และกระบวนการคิดวิเคราะห์ร่วมกัน

อุปกรณ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นถูกนำไปประเมินความเหมาะสมโดยกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 37 คน เพศชายและเพศหญิง ช่วงอายุระหว่าง 60-79 ปี ผ่านแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าและการสัมภาษณ์เชิงกึ่งโครงสร้าง ผลการประเมินเชิงเปรียบเทียบแนวคิดการออกแบบ 3 รูปแบบ พบว่าแนวคิด Carspal Ball และ Attack Ball ได้รับคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันที่ 3.86 ขณะที่แนวคิด Invading to defending มีค่าเฉลี่ย 3.64 จากคะแนนเต็ม 5 ผลการประเมินสะท้อนว่าอุปกรณ์สามารถตอบสนองต่อการใช้งานของผู้สูงอายุได้ในด้านความเข้าใจในการใช้งาน ความเหมาะสมของขนาด น้ำหนัก สีสัน และความปลอดภัย รวมถึงสามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วมทางร่างกายและการรู้คิดได้ในระดับที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมในการส่งเสริมกิจกรรมทางกายและการรู้คิดของผู้สูงอายุ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดและทดสอบกับกลุ่มผู้สูงอายุในวงกว้างในอนาคต

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การออกกำลังกายแบบเกม การรู้คิด การออกแบบผลิตภัณฑ์ การคิดเชิงออกแบบ

Abstract

This study aims to design and develop a game-based exercise equipment that promotes cognitive engagement alongside physical movement among older adults. Age-related decline in physical capacity and cognitive function often affects memory, analytical thinking, and learning abilities. Integrating physical activity with cognitive stimulation through product design is therefore considered a potential approach to slowing cognitive decline and enhancing quality of life for older adults.

The research employed the Design Thinking Process as the primary framework. Relevant theories and literature on exercise for older adults, cognitive development, Universal Design, ergonomics, and human scale were reviewed and synthesized to inform the design criteria. Based on these analyses, game-based exercise concepts inspired by familiar activities among older adults; such as pétanque, board games, and cognitive training games, were developed to encourage both bodily movement and cognitive processing.

The developed prototypes were evaluated by a sample group of 37 older adults, both male and female, aged between 60 and 79 years, using a Likert-scale questionnaire and semi-structured interviews. A comparative evaluation of three design concepts revealed that Carspal Ball and Attack Ball achieved the highest mean satisfaction score of 3.86, while Invading to Defending received a mean score of 3.64 out of 5. The findings indicate that the game-based exercise equipment was perceived as appropriate in terms of usability, size, weight, color contrast, and

safety, and was able to stimulate both physical participation and cognitive engagement at a suitable level.

This study demonstrates the potential of game-based exercise equipment design as a tool for promoting physical activity and cognitive stimulation among older adults. The findings may serve as a foundation for further prototype development and future studies involving usability testing with larger and more diverse groups of older adults.

Keywords: Product older adults, game- based exercise, cognitive function, product design, Design thinking

1. บทนำ

ประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ ส่งผลให้ประเด็นด้านสุขภาพของผู้สูงอายุเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากขึ้น โดยเฉพาะปัญหาการเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางร่างกาย และการทำงานของสมองที่เกิดขึ้นตามวัย ผู้สูงอายุในช่วงวัยต้นถึงวัยกลาง (อายุประมาณ 60-79 ปี) [1] แม้ส่วนใหญ่จะยังสามารถช่วยเหลือตนเองได้และไม่อยู่ในภาวะสมองเสื่อมรุนแรง แต่กลับพบการลดลงของความสามารถด้านการรู้คิด เช่น ความจำ การคิดวิเคราะห์ การตัดสินใจ และการเรียนรู้ ซึ่งส่งผลต่อการดำรงชีวิตประจำวันและคุณภาพชีวิตโดยรวม

จากการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอมีบทบาทสำคัญในการช่วยชะลอความเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางร่างกาย และยังส่งผลเชิงบวกต่อการทำงานของสมอง [2] โดยเฉพาะกิจกรรมทางกายที่ต้องอาศัยการคิด การวางแผน และการตัดสินใจควบคู่ไปกับการเคลื่อนไหวร่างกาย อย่างไรก็ตาม รูปแบบการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุในปัจจุบันส่วนใหญ่มักมุ่งเน้นเฉพาะการฟื้นฟูหรือเสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย ขณะที่การกระตุ้นด้านการรู้คิดและการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงการออกแบบอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์ค่อนข้างจำกัด [3]

การออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถเชื่อมโยงการเคลื่อนไหวร่างกาย การกระตุ้นการรู้คิด และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเข้าด้วยกัน โดยกลไกของเกมช่วยสร้างแรงจูงใจ ลดความตึงเครียด และเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุ ทำให้การออกกำลังกายไม่เป็นเพียงกิจกรรมเพื่อสุขภาพ แต่เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดความสนุก ความท้าทาย และการเรียนรู้ร่วมกัน อุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมยังสามารถนำไปใช้ในพื้นที่สาธารณะหรือชุมชนใกล้บ้าน เพื่อส่งเสริมให้ผู้สูงอายุออกมาทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น และลดความรู้สึกโดดเดี่ยวในชีวิตประจำวัน [4]

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมเพื่อส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking process) เป็นแนวทางหลักในการพัฒนาตั้งแต่การทำความเข้าใจผู้ใช้งาน การกำหนดประเด็นปัญหา การสร้างแนวคิด การพัฒนาต้นแบบ และการประเมินแนวคิดการออกแบบ การออกแบบคำนึงถึงหลักการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design) หลักการยศาสตร์ (Ergonomics) และขนาดสัดส่วนของมนุษย์ (Human scale) เพื่อให้มั่นใจว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีความปลอดภัย ใช้งานง่าย และเหมาะสมกับผู้สูงอายุในช่วงวัยดังกล่าว

ผลลัพธ์ของการศึกษาในครั้งนี้คาดว่าจะนำไปสู่แนวทางเบื้องต้นในการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่สามารถส่งเสริมทั้งกิจกรรมทางกาย และการรู้คิดของผู้สูงอายุได้อย่างเหมาะสม และสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมสำหรับผู้สูงอายุในบริบทของชุมชนและพื้นที่สาธารณะต่อไป โดยงานนี้เป็นเพียงการศึกษาในลักษณะกรณีศึกษาเบื้องต้น เพื่อรวบรวมข้อมูลและทดลองแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมสำหรับผู้สูงอายุ ภายใต้บริบทของรายวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุ โดยมุ่งเน้นการนำผลการศึกษาไปใช้เป็นฐานข้อมูล และแนวทางในการพัฒนาการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุในอนาคต มากกว่าการประเมินผลเชิงคลินิกหรือการทดลองใช้งานในวงกว้าง

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาข้อมูลการออกกำลังกาย และกิจกรรมแบบเกมที่สามารถส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ

2.2 เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรม และความต้องการของผู้สูงอายุที่มีผลต่อการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม

2.3 เพื่อออกแบบ และพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่ส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ โดยคำนึงถึงหลักการออกแบบเพื่อทุกคน การยศาสตร์ และขนาดสัดส่วนของมนุษย์

2.4 เพื่อประเมินความเหมาะสมของอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่พัฒนาขึ้นจากการใช้งานของกลุ่มผู้สูงอายุ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎี และข้อมูลเชิงประจักษ์จากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ เพื่อนำไปใช้เป็นฐานในการตัดสินใจออกแบบ และคัดเลือกแนวคิดอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต้นแบบ ทั้งนี้กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลถูกออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย และกรอบแนวคิดการออกแบบที่มุ่งเน้นการส่งเสริมการรู้คิดควบคู่กับการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้สูงอายุ โดยกรอบการวิเคราะห์

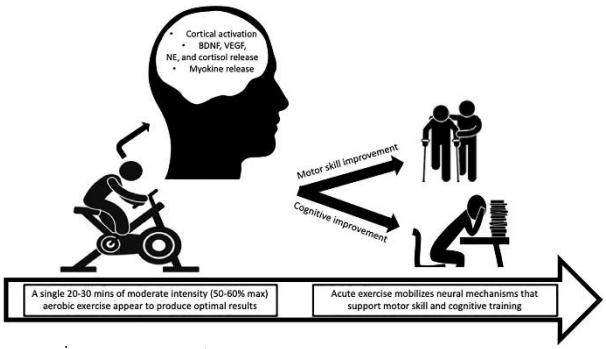
ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎี (Theoretical analysis) 2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงประจักษ์จากกลุ่มตัวอย่าง (Empirical analysis) 3) การวิเคราะห์เชิงการออกแบบ และการตัดสินใจ (Design Evaluation analysis) โดยการจัดโครงสร้างการวิเคราะห์ในลักษณะดังกล่าวมีส่วนช่วยให้ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ได้อย่างเป็นระบบ และลดความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลเชิงวิชาการกับการออกแบบเชิงปฏิบัติ

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎี

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎีในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างฐานความรู้สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุช่วงวัยต้นถึงวัยกลาง (อายุประมาณ 60-79 ปี) โดยเน้นการส่งเสริมการรู้คิดควบคู่กับการเคลื่อนไหวร่างกาย การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องครอบคลุมแนวคิดหลัก ได้แก่ การออกกำลังกายเพื่อผู้สูงอายุ พัฒนาการด้านการรู้คิด (Cognitive function) การออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design) หลักการยศาสตร์ (Ergonomics) และขนาดสัดส่วนของมนุษย์ (Human scale) ซึ่งถูกนำมาสังเคราะห์เพื่อกำหนดเกณฑ์ในการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

3.1.1 การออกกำลังกายและการส่งเสริมการรู้คิดในผู้สูงอายุ

งานวิจัยด้านประสาทวิทยาและพฤติกรรมมนุษย์ระบุว่าการออกกำลังกายมีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของสมอง โดยเฉพาะกิจกรรมทางกายที่ต้องใช้การคิด การวางแผน และการตัดสินใจร่วมกับการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองส่วนบริหาร (Executive functions) เช่น ความจำใช้งาน (Working memory) การยับยั้งพฤติกรรม (Inhibitory control) และความสามารถในการวางแผน [5]



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายและการกระตุ้นการทำงานของสมองเพื่อการรู้คิด
ที่มา: https://www.frontiersin.org

แนวคิดการออกกำลังกายเชิงรู้คิด (Cognitive–Motor Exercise) ชี้ให้เห็นว่าการผสมผสานกิจกรรมทางกายกับภารกิจทางสติปัญญาสามารถช่วยชะลอการเสื่อมถอยของการรู้คิดในผู้สูงอายุได้ดีกว่าการออกกำลังกายที่เน้นการเคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียว

แนวคิดดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมในงานวิจัยนี้ โดยกำหนดให้กลไกการเล่นต้องกระตุ้นทั้งการเคลื่อนไหวร่างกายและกระบวนการรู้คิดในระดับที่เหมาะสมกับสมรรถภาพของผู้สูงอายุ

3.1.2 แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal design)

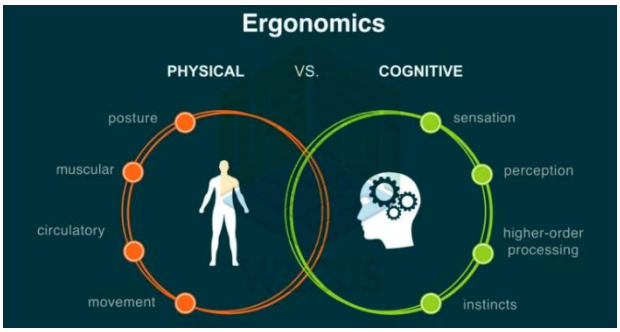
แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนเป็นปรัชญาการออกแบบที่มุ่งเน้นให้ผลิตภัณฑ์และสภาพแวดล้อมสามารถใช้งานได้โดยคนทุกกลุ่ม โดยไม่จำเป็นต้องมีการปรับแก้เฉพาะบุคคล ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบสำหรับผู้สูงอายุที่อาจมีข้อจำกัดด้านการมองเห็น การเคลื่อนไหว การทรงตัว หรือการรับรู้ข้อมูล [6]

หลักการสำคัญของ Universal Design เช่น ความเรียบง่ายในการใช้งาน ความยืดหยุ่นในการใช้ ความชัดเจนของข้อมูล และการลดความผิดพลาด ถูกประยุกต์ใช้เพื่อรองรับผู้สูงอายุที่มีความสามารถทางร่างกายแตกต่างกัน รวมถึงผู้สูงอายุที่ใช้ไม้เท้าช่วยเดิน หรือมีข้อจำกัดด้านการทรงตัว โดยเน้นการออกแบบกติกาและรูปแบบการเล่นที่เข้าใจง่าย ใช้แรงน้อย ใช้สีและสัญลักษณ์ที่มองเห็นชัดเจน ลดความซับซ้อนของขั้นตอน และลดความเสี่ยงจากการใช้งานผิดวิธี [7]

3.1.3 หลักการยศาสตร์ (Ergonomics)

หลักการยศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับอุปกรณ์ เพื่อให้การใช้งานเกิดความปลอดภัย สะดวกสบาย และลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ ในบริบทของผู้สูงอายุ การออกแบบตามหลักการยศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการลดแรงที่ต้องใช้ ลดการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อน และป้องกันการหกล้มหรืออุบัติเหตุระหว่างใช้งาน

งานวิจัยนี้นำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการกำหนดท่าทางการใช้งาน การจับ การโยน และการเคลื่อนไหวของร่างกายระหว่างการเล่นเกมออกกำลังกาย เพื่อให้สอดคล้องกับข้อจำกัดทางกายภาพของผู้สูงอายุ และลดภาระต่อข้อต่อและกล้ามเนื้อ [8]

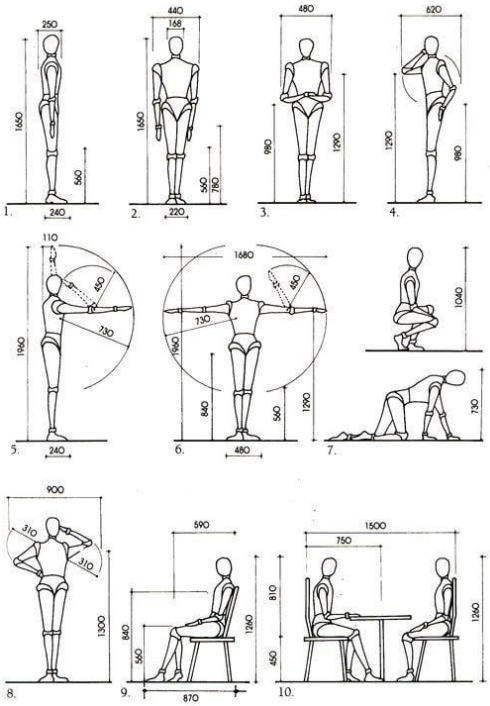


รูปที่ 2 องค์ประกอบของการยศาสตร์ทางกายภาพและการยศาสตร์ทางการรู้คิด
ที่มา: https://wlcus.com

3.1.4 ขนาดสัดส่วนของมนุษย์ (Human scale)

การออกแบบตามขนาดสัดส่วนของมนุษย์ เป็นการใช้ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย และพื้นที่การเคลื่อนไหวของมนุษย์มาเป็นเกณฑ์กำหนดขนาด ระยะ และพื้นที่ใช้งานของผลิตภัณฑ์ สำหรับผู้สูงอายุ ข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญต่อการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้งานได้อย่างปลอดภัย และไม่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าหรืออุบัติเหตุ

ในงานวิจัยนี้ ข้อมูล Human Scale ถูกใช้ในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์ ระยะการเอื้อมหยิบ ความสูงในการใช้งาน และพื้นที่สำหรับการเล่น โดยคำนึงถึงการใช้งานในพื้นที่สาธารณะ ซึ่งกำหนดพื้นที่เล่นโดยประมาณไม่ต่ำกว่า 2 × 2 เมตร เพื่อรองรับการเคลื่อนไหว การโยนบอล และการเล่นเป็นกลุ่มของผู้สูงอายุได้อย่างปลอดภัย [3]



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยมูลฐานของขนาดจากขนาดสัดส่วนของกลุ่มคนตัวอย่าง
ที่มา: https://www.decospace-bkk.com

3.1.5 ผู้สูงอายุกับอุปกรณ์และกิจกรรมตัวอย่างเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านสติปัญญา

การออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ ไม่เพียงแต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทางกายภาพและความปลอดภัยในการใช้งานเท่านั้น แต่ยังต้องให้ความสำคัญกับความคุ้นเคยของกิจกรรมที่ผู้สูงอายุมีประสบการณ์มาก่อน เนื่องจากกิจกรรมที่คุ้นเคยสามารถลดภาระทางการรับรู้ เพิ่มความมั่นใจ และกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้ใช้งานได้ดีกว่ากิจกรรมที่ไม่เคยมีประสบการณ์มาก่อน [9]

งานวิจัยด้านการรู้คิดในผู้สูงอายุระบุว่าการใช้กิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคยหรือมีความหมายทางประสบการณ์ชีวิต สามารถช่วยกระตุ้นความจำระยะยาว การรับรู้ และการคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเมื่อกิจกรรมดังกล่าวผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายร่วมกับการใช้กระบวนการคิด [10]

จากการวิเคราะห์อุปกรณ์ และกิจกรรมตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากกิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคยจำนวน 3 ประเภทมาประยุกต์ใช้เป็นฐานในการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม ดังนี้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์กิจกรรมคุ้นเคยของผู้สูงอายุเพื่อใช้เป็นฐานในการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายเชิงรู้คิด

กิจกรรมคุ้นเคย	ลักษณะกิจกรรม	การกระตุ้นรู้คิด	แนวทางประยุกต์
เปตอง	โยนบอล เล็งเป้า เล่นเป็นกลุ่ม	การวางแผน การตัดสินใจ	เกมโยนบอล ใช้แรงน้อย เล่นร่วมกัน
เกมกระดาน	เดินหมาก วางตำแหน่ง	ความจำ การคิดวิเคราะห์	โครงสร้างตาราง ลำดับการเล่น
เกมจำสี	จดจำสี ตำแหน่ง ตัวเลข	ความสนใจ การประมวลผล	ใช้สี/สัญลักษณ์เป็นกลไกเกม

3.1.6 การสังเคราะห์ทฤษฎีสู่เกณฑ์การออกแบบ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎีร่วมกับการวิเคราะห์กิจกรรมและอุปกรณ์ตัวอย่างที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย สามารถสังเคราะห์เป็นเกณฑ์การออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม เพื่อใช้เป็นกรอบในการพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจออกแบบในขั้นตอนถัดไป โดยเกณฑ์การออกแบบที่ได้จากการสังเคราะห์ประกอบด้วย 4 ประเด็นหลัก ได้แก่ 1) การผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายกับภารกิจทางการรู้คิด เพื่อกระตุ้นความจำ การคิดวิเคราะห์ และการรับรู้ควบคู่ไปกับกิจกรรมทางกาย 2) การออกแบบที่สอดคล้องกับความคุ้นเคยของผู้สูงอายุ โดยประยุกต์แนวคิดจากกิจกรรมที่ผู้สูงอายุมีประสบการณ์มาก่อน เช่น กีฬาเปตองและเกมกระดาน เพื่อเพิ่มความเข้าใจและแรงจูงใจในการใช้งาน 3) การออกแบบที่ใช้งานง่าย ปลอดภัย และไม่ซับซ้อน ตามแนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน เพื่อลดภาระทางการรับรู้และลดความเสี่ยงจากการใช้งานผิดวิธี 4) การคำนึงถึงหลักการยศาสตร์และขนาดสัดส่วนของมนุษย์ เพื่อให้เหมาะสมกับสมรรถภาพทางร่างกายของผู้สูงอายุ ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บ และรองรับการใช้งานในพื้นที่สาธารณะ

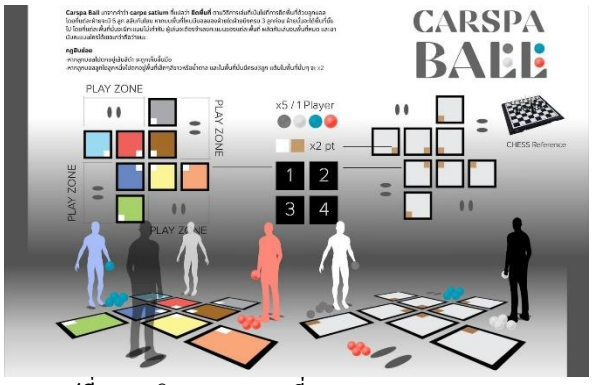
เกณฑ์การออกแบบดังกล่าวถูกนำไปใช้เป็นกรอบแนวคิดเชิงเบื้องต้นในการพัฒนาแนวคิดอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมจำนวน 3 รูปแบบ และใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินและคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต้นแบบภายใต้บริบทของรายวิชาออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อผู้สูงอายุ

3.2 การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

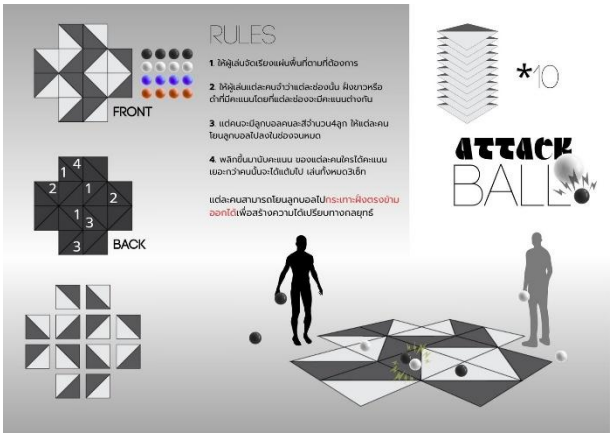
ภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎี การวิเคราะห์กิจกรรมคุ้นเคยของผู้สูงอายุ และการสังเคราะห์ทฤษฎีสู่เกณฑ์การออกแบบ ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์ดังกล่าวมาใช้เป็นกรอบแนวทางในการพัฒนาแนวคิดการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม เพื่อส่งเสริมการรู้คิดของผู้สูงอายุ โดยมุ่งเน้นการผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายกับกระบวนการคิด การจดจำ และการตัดสินใจ ภายใต้หลักการออกแบบเพื่อทุกคน การยศาสตร์ และขนาดสัดส่วนของมนุษย์

กระบวนการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบดำเนินการตามกระบวนการคิดเชิงออกแบบ โดยเริ่มจากการระดมแนวคิด และพัฒนาแบบร่าง จากนั้นจึงพัฒนาเป็นแบบร่างเชิงออกแบบที่มีรายละเอียดด้านรูปแบบ วิธีการเล่น วัสดุ และการใช้งานที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปประเมินและเปรียบเทียบความเหมาะสมของแนวคิดแต่ละรูปแบบได้ และจากกระบวนการดังกล่าว ผู้วิจัยได้พัฒนาแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบจำนวน 3 รูปแบบ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการประยุกต์กิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย ได้แก่ กีฬาเปตอง เกมกระดาน และเกมฝึกสมองที่เน้นการจดจำสีและตัวเลข โดยแต่ละรูปแบบมีลักษณะและกลไกการเล่นที่แตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายร่วมกันคือการส่งเสริมการเคลื่อนไหวร่างกายและการกระตุ้นการรู้คิดควบคู่กัน

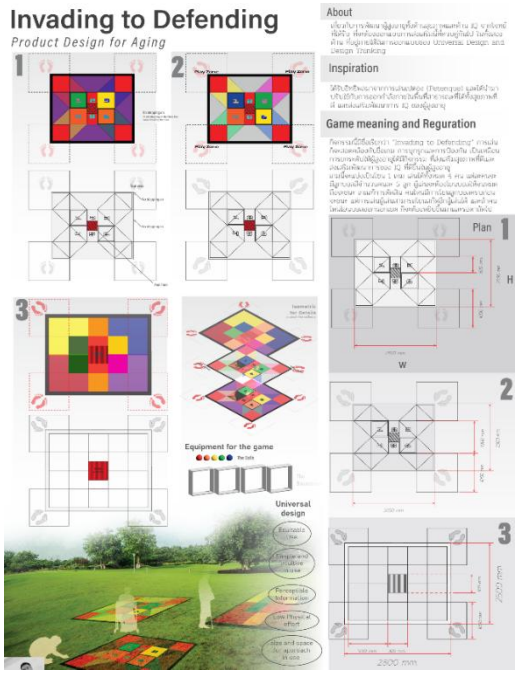
แนวคิดการออกแบบรูปแบบที่ 1 มุ่งเน้นการออกกำลังกายผ่านการโยนบอล และการเล็งเป้า โดยได้รับแรงบันดาลใจจากกีฬาเปตอง เพื่อกระตุ้นการทรงตัว การประสานงานระหว่างมือและสายตา รวมถึงการวางแผน และการตัดสินใจระหว่างการเล่น แนวคิดการออกแบบรูปแบบที่ 2 เน้นการเคลื่อนไหว และการตอบสนองเชิงรุก โดยเพิ่มความท้าทายด้านการรับรู้ตำแหน่งและการตัดสินใจในระยะเวลาจำกัด ขณะที่แนวคิดการออกแบบรูปแบบที่ 3 มุ่งเน้นการฝึกการรู้คิดผ่านการจดจำสี ตัวเลข และตำแหน่ง โดยผสานเข้ากับการเคลื่อนไหวร่างกายในระดับที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุ



รูปที่ 4 แนวคิดการออกแบบที่ 1 Carspal Ball (เกมกระดาน)



รูปที่ 5 แนวคิดการออกแบบที่ 2 Attack Ball



รูปที่ 6 แนวคิดการออกแบบที่ 3 Invading to Defeating

ในการพัฒนาแบบร่างเชิงออกแบบของแนวคิดทั้ง 3 รูปแบบ ผู้วิจัยได้คำนึงถึงความเหมาะสมด้านขนาด น้ำหนัก สี และวัสดุ เพื่อให้สอดคล้องกับสมรรถภาพทางร่างกายและข้อจำกัดของผู้สูงอายุ รวมถึงการออกแบบกติกาและวิธีการเล่นให้เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และสามารถเล่นร่วมกันเป็นกลุ่มในพื้นที่สาธารณะได้ ทั้งนี้แบบร่างเชิงออกแบบแต่ละรูปแบบถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อในการอธิบายแนวคิดและนำไปประเมินความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างในขั้นตอนถัดไป

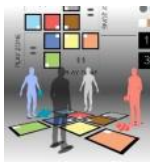
ดังนั้น แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบทั้ง 3 รูปแบบ จึงทำหน้าที่เป็นทางเลือกในการพัฒนาอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม ซึ่งจะถูกนำไปประเมินความพึงพอใจและความเหมาะสมจากกลุ่มผู้สูงอายุ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาต้นแบบจริงในขั้นตอนการประเมินต่อไป

3.3 การประเมินความพึงพอใจต่อต่อผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ภายหลังจากการออกแบบและพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมจำนวน 3 รูปแบบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินความพึงพอใจและความเหมาะสมของแนวคิดการออกแบบดังกล่าว เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ในขั้นตอนการประเมินนี้เป็นการประเมินแนวคิดการออกแบบและความเหมาะสมของรูปแบบผลิตภัณฑ์ในระดับต้นแบบ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงออกแบบก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตต้นแบบจริง

โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการประเมินความพึงพอใจ ประกอบด้วยผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จำนวนทั้งสิ้น 37 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถช่วยเหลือตนเองได้ และมีความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายในระดับเบาถึงปานกลาง การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามคุณสมบัติที่สอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายของการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบสอบถามออนไลน์ (Google form) ซึ่งออกแบบตามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert scale) เพื่อวัดระดับความพึงพอใจและความเหมาะสมของแนวคิดการออกแบบในด้านต่าง ๆ ทั้งความสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบ ความชัดเจนของประโยชน์ใช้สอย ความสวยงามของรูปแบบผลิตภัณฑ์ แนวโน้มในการนำไปใช้งานจริง ความน่าสนใจของผลิตภัณฑ์และความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ

ตารางที่ 2 ผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์

รูปแบบ	ประเด็นที่ใช้ในการประเมิน	ค่าเฉลี่ย
 แบบที่ 1 Carspal Ball	แนวคิดการออกแบบ	3.86
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	
 แบบที่ 2 Attack Ball	แนวคิดการออกแบบ	3.86
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	
 แบบที่ 3 Invading to Defending	แนวคิดการออกแบบ	3.64
	สื่อถึงประโยชน์ใช้สอย	
	มีความสวยงาม	
	มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง	
	มีความน่าสนใจ	
	มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ	

จากตารางแสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมทั้ง 3 รูปแบบ พบว่าแนวคิดการออกแบบ Carspal Ball และ Attack Ball ได้รับค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากันที่ 3.86 ขณะที่แนวคิด Invading to Defending มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อยที่ 3.64 แสดงให้เห็นว่าแนวคิดทั้งสองรูปแบบแรกมีศักยภาพใกล้เคียงกันในการตอบสนองต่อการใช้งานของผู้สูงอายุ

เพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสามารถสะท้อนจุดเด่นของแนวคิดที่ได้รับการตอบรับสูง ผู้วิจัยจึงไม่ได้เลือกแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ดำเนินการ สังเคราะห์จุดเด่นร่วมของแนวคิด Carspal Ball และ Attack Ball โดยใช้แนวคิด Carspal Ball เป็นโครงสร้างหลักของรูปแบบการเล่น เนื่องจากมีความเข้าใจง่าย สอดคล้องกับกิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย และเหมาะสมกับการเล่นเป็นกลุ่ม ขณะเดียวกันได้นำองค์ประกอบด้านกลไกการเล่นเชิงรุกและการสร้างความท้าทายจากแนวคิด Attack Ball มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มมิติด้านกลยุทธ์ การตัดสินใจ และการตอบสนองระหว่างผู้เล่น

ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ต้นแบบขั้นสุดท้ายจึงเป็นผลลัพธ์จากการผสมผสานแนวคิดของทั้งสองรูปแบบ โดยยังคงใช้ชื่อ Carspal Ball เป็นชื่อผลิตภัณฑ์หลัก เพื่อสะท้อนภาพรวมของรูปแบบการเล่นที่เข้าใจง่ายและเป็นมิตรกับผู้สูงอายุ ขณะที่โครงสร้างการเล่นและกลไกบางส่วนได้รับการพัฒนาต่อยอดจากแนวคิด Attack Ball เพื่อเสริมสร้างการมีส่วนร่วม การเคลื่อนไหวร่างกาย และการกระตุ้นการรู้คิดอย่างเหมาะสม

4. การผลิตต้นแบบ Carspal Ball

จากผลการประเมินความพึงพอใจต่อแนวคิดการออกแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม พบว่าแนวคิดการออกแบบ Carspal Ball และ Attack Ball ได้รับคะแนนความเหมาะสมในระดับใกล้เคียงกันและสูงกว่าแนวคิดอื่น ผู้วิจัยจึงไม่ได้เลือกแนวคิดใดแนวคิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ดำเนินการ สังเคราะห์จุดเด่นของทั้งสองแนวคิดร่วมกัน เพื่อพัฒนาเป็นแนวคิดการออกแบบขั้นสุดท้ายสำหรับการผลิตต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม โดยใช้แนวคิด Carspal Ball เป็นโครงสร้างหลักของรูปแบบการเล่น เนื่องจากมีความเข้าใจง่ายและสอดคล้องกับกิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย ขณะเดียวกันได้นำกลไกด้านความท้าทายและการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์จากแนวคิด Attack Ball มาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มมิติกระตุ้นการรู้คิดและการมีส่วนร่วมของผู้เล่น โดยการผลิตต้นแบบในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้งานจริง ตรวจสอบความเหมาะสมด้านรูปแบบ ขนาด วัสดุ วิธีการเล่น และความปลอดภัยของอุปกรณ์ รวมถึงเพื่อประเมินความชัดเจนของการออกแบบก่อนนำไปพัฒนาต่อยอด ทั้งนี้ การศึกษายังไม่ได้เป็นการทดลองใช้งานจริงกับผู้สูงอายุ แต่เป็นการประเมินในระดับต้นแบบเชิงออกแบบ

4.1 การพัฒนาแนวคิดการออกแบบ

ในระยะเริ่มต้นของการออกแบบ ผู้วิจัยมุ่งเน้นการสร้างกิจกรรมที่ผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายกับการกระตุ้นการรู้คิด โดยได้รับแรงบันดาลใจจากกิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย เช่น กีฬาเปตองและเกมกระดาน อย่างไรก็ตาม ในช่วงเริ่มต้นยังไม่ได้คำนึงถึงประเด็นด้านการปรับระดับความยากของเกม ความเหมาะสมของวัสดุในด้านความปลอดภัย และการเลือกใช้สีที่สอดคล้องกับการรับรู้ทางสายตาของผู้สูงอายุอย่างเป็นระบบ

ภายหลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎีด้านการออกกำลังกายเชิงรู้คิด หลักการออกแบบเพื่อทุกคน หลักการยศาสตร์ และผลการประเมินแนวคิดจากผู้ใช้งาน จึงได้มีการปรับแนวคิดการออกแบบให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยเพิ่มความสามารถในการปรับระดับความยากของเกม เช่น การเพิ่มหรือลดจำนวนภารกิจ การจัดวางตำแหน่งเป้าหมายที่แตกต่างกัน และการกำหนดลำดับการเล่นที่หลากหลาย เพื่อรองรับผู้สูงอายุที่มีสมรรถภาพทางกายและการรู้คิดแตกต่างกัน

นอกจากนี้ ได้มีการพิจารณาด้านวัสดุและการใช้สีอย่างเป็นระบบ โดยเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา ดูดซับแรงกระแทก และไม่ก่อให้เกิดอันตราย รวมถึงการใช้สีที่มีความตัดกันชัดเจน เพื่อช่วยเพิ่มการมองเห็น การจดจำตำแหน่ง และลดความสับสนในการใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นของผู้สูงอายุ

จากการปรับแนวคิดดังกล่าว ส่งผลให้แนวคิดการออกแบบขั้นสุดท้ายของอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball มีความเหมาะสมทั้งในด้านการใช้งาน ความปลอดภัย และการส่งเสริมพัฒนาการด้านสติปัญญาของผู้สูงอายุ และสามารถนำไปสู่ขั้นตอนการผลิตต้นแบบได้อย่างเป็นระบบ

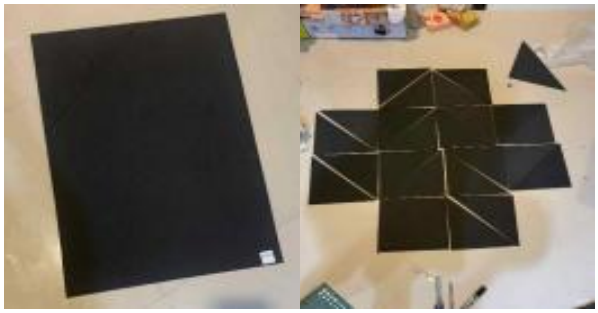


รูปที่ 7 แนวคิดการออกแบบขั้นสุดท้ายของ Carspal Ball

4.2 ขั้นตอนการผลิตต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม

การผลิตต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball เป็นการสร้างต้นแบบระดับทดลอง เพื่อใช้ตรวจสอบรูปแบบ ขนาด วัสดุ และความเหมาะสมในการใช้งาน โดยเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุที่สามารถนำไปผลิตจริง มีน้ำหนักเบา และมีความปลอดภัยต่อผู้สูงอายุ ได้แก่ โฟมยาง ผ้าขนแกะเทียม และลูกบอลพลาสติกโฟมยาง

ต้นแบบถูกออกแบบเป็นแผ่นพื้นที่ขนาดชิ้นละ 50×50 เซนติเมตร ซึ่งสามารถจัดเรียงต่อกันเป็นพื้นที่การเล่นขนาดประมาณ 200×200 เซนติเมตร เหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่กลางแจ้ง และรองรับการเล่นเป็นกลุ่มตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป ลักษณะการออกแบบดังกล่าวช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบสนามได้ตามบริบทของพื้นที่และความสามารถของผู้ใช้งาน



รูปที่ 8 ขั้นตอนการตัดและประกอบแผ่นยาง EVA

ในด้านความปลอดภัย อุปกรณ์ถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายและปรับระดับการใช้งานได้ เช่น การนำไปวางบนโต๊ะหรือพื้นที่ต่างระดับ เพื่อช่วยรองรับผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดด้านการก้ม เงย หรืออาการปวดหลัง ลูกบอลถูกกำหนดให้มีน้ำหนักเหมาะสม ไม่หนักหรือเบาจนเกินไป และพื้นที่การเล่นมีขนาดกว้างเพียงพอเพื่อลดความเสี่ยงจากการชนหรือหกล้มระหว่างการเล่น



รูปที่ 9 ขั้นตอนการตัด เย็บ และย้อมสีผ้าขนแกะเทียม

วัสดุที่ใช้ในการผลิตต้นแบบได้รับการคัดเลือกโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและความเหมาะสมต่อผู้สูงอายุ โดยโฟมยางมีน้ำหนักเบาขนย้ายสะดวก และดูดซับแรงกระแทก ผ้าขนแกะเทียมช่วยเพิ่มแรงเสียดทานให้กับพื้นที่เล่นและลดการลื่นไถล ขณะที่ลูกบอลพลาสติกโฟมยางมีรูปทรงกลม ขนาดเหมาะสมกับการจับของอุ้งมือผู้สูงอายุ และพกพาสะดวก ส่วนในด้านการดูแลรักษา อุปกรณ์สามารถทำความสะอาดได้ด้วยวิธีทั่วไป เช่น การใช้ทิชชูเปียก ผ้าชุบน้ำ หรือผ้าปัดฝุ่น ทั้งนี้ไม่แนะนำให้ซักล้างด้วยน้ำโดยตรง เนื่องจากวัสดุสังเคราะห์อาจเกิดการชำรุดได้

4.2.1 วิธีการเล่นและขอบเขตการใช้งานของต้นแบบ

การเล่นเกม Carspal Ball เป็นกิจกรรมที่ผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายกับการใช้กระบวนการคิด การจดจำ และการตัดสินใจ โดยเริ่มจากการจัดเรียงแผ่นพื้นที่เกมขนาดแผ่นละ 50 x 50 เซนติเมตร ให้เป็นสนามตามความเหมาะสมของพื้นที่ ซึ่งเมื่อต่อครบจะได้พื้นที่การเล่นประมาณ 200 x 200 เซนติเมตร เหมาะสำหรับการเล่นในพื้นที่กลางแจ้ง ผู้เล่นต้องจดจำตำแหน่งและค่าคะแนนของแต่ละช่องที่ปรากฏทั้งด้านสีขาวและสีดำก่อนเริ่มเกม

ผู้เล่นแต่ละคนจะได้รับลูกบอลประจำตัวคนละสี จำนวน 4 ลูก และผลัดกันโยนลูกบอลลงบนแผ่นพื้นที่ตามลำดับ โดยควบคุมทิศทางและแรงในการโยนเพื่อให้ได้คะแนนตามเป้าหมายที่วางแผนไว้ระหว่างการเล่น ผู้เล่นสามารถโยนลูกบอลให้กระทบลูกบอลของฝ่ายตรงข้าม เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งหรือขัดขวางการทำคะแนน ซึ่งช่วยเพิ่มมิติด้านกลยุทธ์ทั้งการรุกและการป้องกัน

เมื่อผู้เล่นทุกคนโยนลูกบอลครบแล้ว จะทำการพลิกแผ่นพื้นที่เพื่อนับคะแนนจากตำแหน่งที่ลูกบอลหยุดอยู่ ผู้ที่ได้คะแนนรวมสูงสุดจะเป็นผู้ชนะในรอบนั้น โดยกำหนดรูปแบบการแข่งขันเป็น 2 ใน 3 เซต เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เล่นได้ปรับกลยุทธ์และเรียนรู้รูปแบบเกมอย่างต่อเนื่อง วิธีการเล่นดังกล่าวออกแบบให้รองรับผู้เล่นตั้งแต่ 4 คนขึ้นไป และช่วยส่งเสริมการเคลื่อนไหวร่างกายในระดับเบาถึงปานกลางควบคู่กับการกระตุ้นการรู้คิดและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เล่น

4.3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ความเข้าใจในการใช้งานต้นแบบ

ภายหลังจากการผลิตต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองเล่นต้นแบบในลักษณะการทดสอบเชิงความเข้าใจในการใช้งานระยะต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่า ผู้ที่ไม่เคยรู้จักเกมนี้มาก่อนสามารถเข้าใจแนวคิด วิธีการเล่นและกติกาของเกมได้มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้การทดลองในขั้นตอนนี้ยังไม่ใช่การทดลองใช้งานจริงกับผู้สูงอายุ แต่เป็นการประเมินความชัดเจนของการออกแบบในมุมมองของผู้ใช้งานภายนอก ซึ่งถูกดำเนินการในลักษณะการนำเสนอแนวคิดเกม อธิบายวิธีการเล่นเบื้องต้น และให้ผู้ทดลองเล่นได้ทดลองเล่นตามกติกาที่ออกแบบไว้ โดยผู้วิจัยทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลในด้านความเข้าใจต่อกติกา ความสามารถในการปฏิบัติตามขั้นตอนการเล่น ความสับสนที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเล่น รวมถึงปฏิกิริยาและการตีความของผู้ทดลองเล่นที่มีต่อรูปแบบเกม

ผลจากการทดลองเล่นพบว่า ผู้ทดลองเล่นสามารถเข้าใจแนวคิดโดยรวมของเกมได้ในระดับที่เหมาะสม โดยเฉพาะกลไกหลักของเกม เช่น การโยนบอล การเล็งเป้า และการจดจำตำแหน่งหรือสีของชิ้นส่วนเกม อย่างไรก็ตาม ในบางขั้นตอนยังพบความสับสนเกี่ยวกับลำดับการเล่นและเงื่อนไขบางประการของเกม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากติกาและโครงสร้างของเกมยังสามารถปรับปรุงให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่ายมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 10 การนำเสนอแนวคิดเกม การทดลองเล่น และการสังเกตการใช้งานต้นแบบ

ในด้านการรับรู้เชิงภาพและรูปแบบ ผู้ทดลองเล่นให้ความเห็นว่าการใช้สีที่มีความตัดกันช่วยให้สามารถแยกแยะตำแหน่งของชิ้นส่วนเกมได้ดีขึ้น ขณะที่รูปทรงและขนาดของอุปกรณ์ช่วยให้เข้าใจบทบาทของแต่ละองค์ประกอบของเกมได้ง่าย วัสดุที่ใช้ในการผลิตต้นแบบ เช่น แผ่นยาง EVA และผ้าขนแกะเทียม ช่วยสร้างความรู้สึกปลอดภัยและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน แม้ว่าจะยังไม่ได้อยู่ในบริบทของการใช้งานจริงกับผู้สูงอายุ

จากผลการสังเกตการทดลองเล่น พบว่าผู้ทดลองเล่นสามารถเข้าใจแนวคิดหลักและกลไกของเกมได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะกิจกรรมการโยนบอล การเล็งเป้า และการจดจำตำแหน่งหรือสีของชิ้นส่วนเกม อย่างไรก็ตาม ในบางขั้นตอนยังพบความสับสนเกี่ยวกับลำดับการเล่นและเงื่อนไขของเกม ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงประเด็นที่ควรนำไปพิจารณาปรับปรุงในกระบวนการออกแบบและพัฒนาต้นแบบในลำดับถัดไป

5. สรุปการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball เพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านสติปัญญาควบคู่กับการเคลื่อนไหวร่างกายของผู้สูงอายุ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design thinking process) เป็นกรอบแนวทางหลักในการดำเนินงาน ตั้งแต่การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทฤษฎี การศึกษากิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย การสังเคราะห์เกณฑ์การออกแบบ การพัฒนาแนวคิด ไปจนถึงการประเมินและการผลิตต้นแบบ

จากการวิเคราะห์ทฤษฎีด้านการออกกำลังกายเชิงรู้คิด หลักการออกแบบเพื่อทุกคน หลักการยศาสตร์ และขนาดสัดส่วนของมนุษย์ ร่วมกับการวิเคราะห์กิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย เช่น กีฬาเปตอง เกมกระดาน และเกมฝึกสมอง ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เป็นเกณฑ์การออกแบบที่มุ่งเน้นการผสมผสานการเคลื่อนไหวร่างกายกับการกระตุ้นการรู้คิดภายใต้เงื่อนไขของความปลอดภัย ความเข้าใจง่าย และความเหมาะสมกับสมรรถภาพของผู้สูงอายุ

กระบวนการออกแบบนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกมจำนวน 3 รูปแบบ ซึ่งได้รับการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 37 คน ผ่านแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า ผลการประเมินพบว่าแนวคิด Carspal Ball และ Attack Ball ได้รับค่าเฉลี่ยความเหมาะสมในระดับใกล้เคียงกันและสูงกว่าแนวคิดอื่น ผู้วิจัยจึงได้นำจุดเด่นของทั้งสองแนวคิดมาสังเคราะห์ร่วมกัน โดยเลือกใช้โครงสร้างเกมกระดานและรูปแบบการเล่นที่เข้าใจง่ายจากแนวคิด Carspal Ball ผสานกับกลไกเชิงกลยุทธ์และการโต้ตอบระหว่างผู้เล่นจากแนวคิด Attack Ball เพื่อพัฒนาเป็นแนวคิดการออกแบบขั้นสุดท้าย

ในการพัฒนาต้นแบบ ได้มีการปรับแนวคิดจากระยะเริ่มต้น โดยเพิ่มเติมประเด็นด้านการปรับระดับความยากของเกมให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุที่มีสมรรถภาพแตกต่างกัน การเลือกใช้วัสดุที่มีความปลอดภัย น้ำหนักเบา และลดแรงกระแทก รวมถึงการใช้สีที่มีความตัดกันชัดเจนเพื่อช่วยด้านการมองเห็นและการจดจำ ต้นแบบ Carspal Ball ถูกผลิตขึ้นในรูปแบบ Prototype โดยเลือกใช้แผ่นยาง EVA และผ้าขนแกะเทียม ซึ่งเหมาะสมต่อการใช้งานในบริบทของผู้สูงอายุและพื้นที่สาธารณะ

ผลจากการทดลองเล่นต้นแบบในลักษณะการประเมินความเข้าใจของผู้ใช้งานที่ไม่เคยรู้จักเกมมาก่อน พบว่าต้นแบบสามารถสื่อสารแนวคิดหลักและรูปแบบการเล่นได้ในระดับที่เหมาะสม โดยเฉพาะกลไกการโยนบอล การเล็งเป้า และการจดจำตำแหน่งหรือสีของชิ้นส่วนเกม อย่างไรก็ตาม ยังพบประเด็นที่ควรนำไปปรับปรุง เช่น ความชัดเจนของลำดับการเล่นและเงื่อนไขบางประการของเกม ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาและต่อยอดในขั้นต่อไป

โดยสรุป การสร้างต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball ในงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการออกแบบที่เชื่อมโยงองค์ความรู้เชิงทฤษฎี กิจกรรมที่ผู้สูงอายุคุ้นเคย และข้อมูลจากการประเมินเชิงประจักษ์ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สามารถส่งเสริมทั้งการเคลื่อนไหวร่างกาย การกระตุ้นการรู้คิด และความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานในการพัฒนาแนวทางการออกแบบและการศึกษาวิจัยในอนาคตได้

6. ข้อเสนอแนะ

จากผลการออกแบบและการสร้างต้นแบบอุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball รวมถึงการทดลองเล่นเพื่อประเมินความเข้าใจในการใช้งานในระยะเริ่มต้น สามารถเสนอแนะแนวทางการพัฒนาและต่อยอดงานวิจัยในอนาคตได้ดังนี้

6.1 ข้อเสนอแนะเชิงการออกแบบผลิตภัณฑ์

ควรพัฒนาระบบการเล่นให้สามารถปรับระดับความยากได้อย่างเป็นขั้นตอน เพื่อรองรับผู้สูงอายุที่มีสมรรถภาพทางร่างกายและการรู้คิดแตกต่างกัน เช่น การปรับจำนวนลูกบอล พื้นที่การเล่น หรือเงื่อนไขการให้คะแนน นอกจากนี้ ควรปรับปรุงกติกาและลำดับการเล่นให้มีความชัดเจนและสื่อสารได้ง่ายมากยิ่งขึ้น รวมถึงพิจารณาการเลือกใช้วัสดุจริงที่มีความปลอดภัย น้ำหนักเบา ดูแลรักษาง่าย และมีความทนทานต่อการใช้งานในพื้นที่สาธารณะในระยะยาว

6.2 ข้อเสนอแนะเชิงการวิจัยและการทดสอบ

ควรมีการนำอุปกรณ์ไปทดลองใช้งานกับผู้สูงอายุจริงในบริบทการใช้งานจริง เช่น พื้นที่ชุมชนหรือศูนย์ผู้สูงอายุ เพื่อประเมินผลด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย การมีส่วนร่วม และการกระตุ้นการรู้คิดอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้ ควรใช้เครื่องมือประเมินทางการรู้คิดที่มีมาตรฐานร่วมกับการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความชัดเจนของผลการวิจัย

6.3 ข้อเสนอแนะเชิงการนำไปประยุกต์ใช้

อุปกรณ์ออกกำลังกายแบบเกม Carspal Ball สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพของผู้สูงอายุในระดับชุมชนหรือองค์กรที่เกี่ยวข้อง โดยควรมีสื่อแนะนำการใช้งานหรือผู้นำกิจกรรมช่วยอธิบายวิธีการเล่นในระยะแรก เพื่อสร้างความเข้าใจและความมั่นใจแก่ผู้ใช้งาน ทั้งนี้ แนวคิดการออกแบบที่ใช้กิจกรรมคุ้นเคยเป็นฐานยังสามารถต่อยอดไปสู่อุปกรณ์หรือรูปแบบเกมอื่น ๆ ที่ส่งเสริมทั้งการเคลื่อนไหวร่างกาย การรู้คิด และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของผู้สูงอายุในอนาคตเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหวร่างกายและการรู้คิดของผู้สูงอายุในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมกิจการผู้สูงอายุ. 2566. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

[2] กรมอนามัย. 2565. แนวทางการส่งเสริมกิจกรรมทางกายเพื่อชะลอภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

[3] Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. 2013. A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. Journal of Aging Research, 2013, 657508.

[4] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2563. การออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมสุขภาพกายและสมองในผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: สสส.

[5] Erickson, K. I., Hillman, C. H., & Kramer, A. F. 2015. Physical activity, brain, and cognition. Current Opinion in Behavioral Sciences, 4, 27–32.

[6] สำนักส่งเสริมและพิทักษ์ผู้สูงอายุ. 2561. การออกแบบสิ่งแวดล้อมและอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: กรมกิจการผู้สูงอายุ.

[7] Story, M. F., Mueller, J. L., & Mace, R. L. 1998. The universal design file: Designing for people of all ages and abilities. NC State University.

[8] Pheasant, S., & Haslegrave, C. M. 2006. Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work (3rd ed.). CRC Press.

[9] สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. 2564. รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2564. นครปฐม: มหาวิทยาลัยมหิดล.

[10] Kramer, A. F., & Erickson, K. I. 2007. Effects of physical activity on cognition, well-being, and brain: Human interventions. Alzheimer's & Dementia, 3(2), 45–51.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

"Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

การพัฒนาเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ

A Game-Based Product Development to Support Auditory Development in the Elderly

สิริยากร พรหมมิ สุภิสรา รักรุ่งเรือง ศรัฐ สิมศิริ* และ สุทธิดา ศุภโสภณ

สาขาวิชาศิลปประยุกต์และออกแบบผลิตภัณฑ์ ภาควิชาเทคโนโลยีศิลปอุตสาหกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

*E-mail: sarath308@hotmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ ส่งผลให้ปัญหาด้านสุขภาพ โดยเฉพาะการเสื่อมถอยของการได้ยิน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การบกพร่องทางการได้ยินส่งผลกระทบต่อการสื่อสาร การดำรงชีวิตประจำวัน และสภาวะทางจิตใจของผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านการได้ยินและการเรียนรู้ของผู้สูงอายุ ศึกษารูปแบบเกมที่เหมาะสม และพัฒนาเกมต้นแบบเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการได้ยิน

กระบวนการศึกษาประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลออนไลน์และออฟไลน์เกี่ยวกับพฤติกรรมผู้สูงอายุ พัฒนาการด้านการได้ยิน รูปแบบการเรียนรู้ของผู้บกพร่องทางการได้ยิน รวมถึงการวิเคราะห์รูปแบบเกมในแต่ละประเภท นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบสอบถามและการสัมภาษณ์ เพื่อนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามกระบวนการ Design Thinking และหลัก Universal Design

ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบเป็นบอร์ดเกมในรูปแบบการ์ดเกม โดยประยุกต์แนวคิดจากการละเล่นของไทยให้เหมาะสมกับบริบทของผู้สูงอายุ เน้นการใช้ภาพเป็นสื่อหลัก ลดความซับซ้อนของกติกา และส่งเสริมการฝึกฝนการได้ยินควบคู่กับการกระตุ้นสมอง จากการประเมินความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 37 คน พบว่าแนวคิด Granny's Treats หรือ "หมากหวาน" ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดด้านความน่าสนใจและความเหมาะสมในการพัฒนาเป็นต้นแบบจริง ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเกมที่ออกแบบอย่างเหมาะสมสามารถช่วยส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้

คำสำคัญ: ผู้สูงอายุ การได้ยิน เกมเพื่อการบำบัด

Abstract

Thailand is entering a fully aged society, leading to an increasing prevalence of age-related health issues, particularly hearing deterioration among older adults. Hearing impairment significantly affects daily communication, quality of life, and psychological well-being. This study aimed to examine hearing and learning development in older adults, investigate suitable game formats, and develop a game-based product to enhance hearing development among elderly individuals with hearing difficulties.

The research methodology involved collecting data from both online and offline sources regarding elderly behavior, hearing development, learning characteristics of individuals with hearing impairment, and various game formats. Additional data were obtained through questionnaires and interviews with the target group. The findings were analyzed and applied to the product design process based on the Design Thinking framework and Universal Design principles.

The developed prototype was a board game in the form of a card game, adapted from traditional Thai games and redesigned to suit older adults. The game emphasized visual communication, simple gameplay mechanics, and activities that promote hearing practice alongside cognitive stimulation. An evaluation conducted with 37 participants revealed that the prototype concept "Granny's Treats" (Mak-Wan) achieved the highest mean scores in terms of interest and suitability for further development. The results indicate that well-designed game-based products can serve as an effective tool for enhancing hearing development and improving the overall quality of life of older adults.

Keywords: Older adults, Hearing development, Therapeutic games

1. บทนำ

ในปัจจุบัน สังคมผู้สูงอายุเป็นประเด็นสำคัญที่ได้รับความสนใจในระดับโลก โดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งกำลังมีแนวโน้มเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ จำนวนประชากรที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ผู้สูงอายุต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งนำไปสู่ความท้าทายในการดำรงชีวิตในหลายมิติ หนึ่งในปัญหาที่พบได้บ่อยคือการเสื่อมถอยของระบบการได้ยิน ซึ่งเป็นประสาทสัมผัสที่มีบทบาทสำคัญต่อการสื่อสาร การเรียนรู้ และการใช้ชีวิตประจำวัน เมื่อระบบการได้ยินเสื่อมสภาพลง ผู้สูงอายุจำนวนไม่น้อยจะประสบปัญหาในการรับฟังเสียง การสนทนา การแยกแยะเสียง รวมถึงการรับรู้เสียงรอบข้างในชีวิตประจำวัน ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสื่อสารกับผู้อื่น และอาจนำไปสู่ผลกระทบทางด้านจิตใจ เช่น ความไม่มั่นใจในการเข้าสังคม การแยกตัวออกจากสังคม ความรู้สึกโดดเดี่ยว รวมถึงภาวะซึมเศร้าและความเครียดในระยะยาว ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปัญหาการได้ยินของผู้สูงอายุไม่ได้ส่งผลเฉพาะด้านร่างกายเท่านั้น หากยังเชื่อมโยงกับคุณภาพชีวิตในด้านจิตใจและสังคมอย่างมีนัยสำคัญ

แม้ว่าการบำบัดและการฝึกฝนเพื่อกระตุ้นระบบประสาทการฟังของผู้สูงอายุจะเป็นแนวทางที่สามารถช่วยชะลอความเสื่อมและส่งเสริมสมรรถภาพการได้ยินได้ แต่รูปแบบการฝึกฝนแบบดั้งเดิมมักขาดความน่าสนใจและแรงจูงใจในการเข้าร่วมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผู้สูงอายุบางส่วนไม่สามารถฝึกฝนได้อย่างสม่ำเสมอ ดังนั้น การนำ "เกม" มาใช้เป็นสื่อกลางในการส่งเสริมสุขภาพ การเรียนรู้ และการบำบัด จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่มีศักยภาพ เกมที่ได้รับการออกแบบอย่างมีเป้าหมาย เช่น เกมเพื่อการเรียนรู้หรือเกมเพื่อการบำบัด สามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของสมอง ส่งเสริมการมีส่วนร่วม และลดความรู้สึกกดดันจากการฝึกฝนอย่างเป็นทางการการออกแบบเกมสำหรับผู้สูงอายุจำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในด้านเนื้อหา รูปแบบการเล่น ความชัดเจนของเสียงและภาพ รวมถึงกลไกของเกมที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป เพื่อให้ผู้สูงอายุสามารถรับรู้ เข้าใจ และมีปฏิสัมพันธ์กับเกมได้อย่างเหมาะสม อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ผู้สูงอายุเกิดความสนใจและอยากมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างต่อเนื่องโดยไม่รู้สึกว่ากำลังถูกบังคับให้ฝึกฝน

ด้วยเหตุผลดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเกมที่ออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการได้ยิน โดยให้ความสำคัญกับความเข้าใจง่าย ความปลอดภัย ความสนุกสนาน และศักยภาพในการฝึกฝนการได้ยินอย่างต่อเนื่อง จุดมุ่งหมายสำคัญคือการช่วยเสริมสร้างคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม ผ่านกิจกรรมที่ไม่น่าเบื่อ และส่งเสริมให้ผู้สูงอายุยังคงรู้สึกถึงคุณค่าและบทบาทของตนเองในชีวิตประจำวัน

2. วัตถุประสงค์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านการได้ยิน รวมถึงเพื่อศึกษารูปแบบของเกมส่งเสริมพัฒนาการ และเพื่อสร้างต้นแบบของเกมสำหรับผู้สูงอายุที่มีปัญหาด้านการได้ยิน

3. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด และข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเน้นการออกแบบเกมที่มีความเข้าใจผู้เล่น กำหนดปัญหาและคิดแนวทางการแก้ไขปัญหาที่สามารถทำให้ผู้เล่นเข้าถึงเกมได้ อย่างการใช้ภาพ สี แสง การสั่นแทนการใช้เสียง นำแบบไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย จดบันทึก นำข้อเสนอแนะมาปรับและพัฒนาตัวเกม ตามแนวทางของ Design thinking process รวมถึงใช้หลักการ Universal design มาทำให้ผู้คนสามารถเข้าถึงเกมนี้ได้ โดยไม่จำเป็นจะต้องเป็นผู้สูงอายุหรือผู้ที่ประสบปัญหาด้านการได้ยิน ทุกคนสามารถเล่นเกมนี้ได้อย่างเท่าเทียม และแนวคิดการเรียนรู้ผ่านเกม หรือ Game based learning (GBL) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบที่ใช้เกมเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมทักษะ ความรู้ และเป็นการเรียนรู้แบบที่ให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น และการเรียนรู้ผ่านเกมสามารถใช้กับผู้สูงอายุได้ดี เนื่องจากเกมช่วยกระตุ้นสมอง ส่งเสริมความจำ และยังช่วยลดความเครียด

3.1 แนวคิดเกี่ยวกับผู้สูงอายุและการเปลี่ยนแปลงตามวัย

ผู้สูงอายุหมายถึงบุคคลที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสังคม โดยเฉพาะการเสื่อมถอยของระบบประสาทและอวัยวะรับสัมผัส (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2565) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลต่อความสามารถในการรับรู้ การเรียนรู้ และการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น หากไม่ได้รับการส่งเสริมอย่างเหมาะสมอาจนำไปสู่ภาวะโดดเดี่ยวและคุณภาพชีวิตที่ลดลง (กรมอนามัย, 2564)

3.2 แนวคิดเกี่ยวกับพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ

การได้ยินเป็นประสาทสัมผัสสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร การเรียนรู้ และการดำรงชีวิตประจำวัน ผู้สูงอายุมักประสบภาวะการได้ยินเสื่อมตามวัย (Presbycusis) ซึ่งส่งผลให้การแยกแยะเสียง การรับฟังบทสนทนา และการเข้าใจความหมายของเสียงลดลง (องค์การอนามัยโลก, 2564) ปัญหาด้านการได้ยินไม่เพียงส่งผลต่อร่างกาย แต่ยังส่งผลต่อสภาพจิตใจ เช่น ความเครียด ความวิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า (ปิยานี ณ นคร, 2564)

องค์การอนามัยโลกระบุว่าการฝึกฝนและกระตุ้นการรับรู้ด้านการฟังอย่างสม่ำเสมอสามารถช่วยชะลอการเสื่อมของระบบการได้ยินและเสริมสร้างการทำงานของสมองในผู้สูงอายุได้ (องค์การอนามัยโลก, 2564)

3.3 แนวคิดการเรียนรู้และการกระตุ้นสมองในผู้สูงอายุ

การเรียนรู้ของผู้สูงอายุยังสามารถเกิดขึ้นได้ แม้ความเร็วในการเรียนรู้จะลดลง แต่หากกิจกรรมมีความเหมาะสม สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม และไม่ซับซ้อนเกินไป จะช่วยกระตุ้นสมองและการรับรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุพัตรา โชติพานิช, 2563) แนวคิดการกระตุ้นสมอง (Cognitive Stimulation) ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมที่ผสมผสานความสนุก ความท้าทาย และการมีปฏิสัมพันธ์ สามารถช่วยลดความเสี่ยงของภาวะสมองเสื่อมและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้

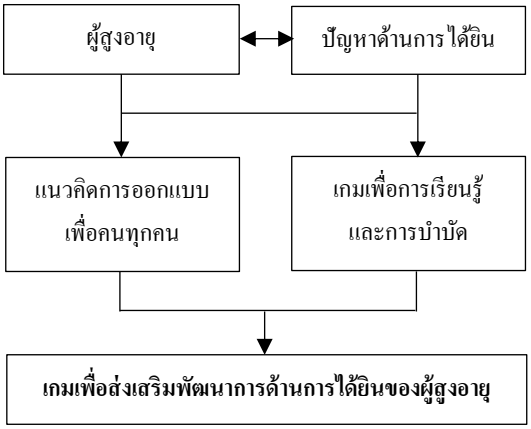
3.4 แนวคิดเกมเพื่อการเรียนรู้และการบำบัด

เกมเพื่อการเรียนรู้และการบำบัด (Game-based Learning and Therapeutic Games) เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการส่งเสริมทักษะด้านการรับรู้ สมาธิ และการเรียนรู้ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ เกมที่ออกแบบอย่างมีเป้าหมายสามารถช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองและระบบประสาทผ่านกิจกรรมที่ผู้เล่นมีส่วนร่วมโดยไม่รู้สึกว่ากำลังถูกฝึกฝน (ศิริเดช บุญส่ง, 2558)

สำหรับผู้สูงอายุ เกมควรมีรูปแบบที่เข้าใจง่าย กติกาไม่ซับซ้อน มีภาพและสัญลักษณ์ที่ชัดเจน และให้ความสำคัญกับประสบการณ์เชิงบวก เพื่อส่งเสริมแรงจูงใจในการเล่นอย่างต่อเนื่อง (พรทิพย์ จุลพันธ์, 2560)

3.5 แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคนและการออกแบบที่ยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง

แนวคิดการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal Design) มุ่งเน้นการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ทุกคนสามารถใช้งานได้อย่างเท่าเทียม โดยไม่จำเป็นต้องปรับแก้เพิ่มเติม ซึ่งเหมาะสมอย่างยิ่งกับการออกแบบสำหรับผู้สูงอายุ (กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ, 2563) ขณะเดียวกัน แนวคิดการออกแบบที่ยึดผู้ใช้เป็นศูนย์กลางและกระบวนการ Design Thinking ช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจความต้องการ ข้อจำกัด และบริบทการใช้งานจริงของผู้สูงอายุ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมและนำไปใช้ได้จริงมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

4. ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์

กระบวนการ Design Thinking Process เป็นแนวทางหลักในการออกแบบเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการการได้ยินของผู้สูงอายุ โดยเริ่มจากการศึกษาในเชิงลึกผ่านเอกสาร ตำราเว็บไซต์ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งในด้านการเสื่อมสภาพของหูตามช่วงอายุ การเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและจิตใจ ศึกษาพฤติกรรมและความต้องของผู้สูงอายุ ศึกษาเกมและองค์ประกอบหลักของเกม จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) ซึ่งได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากการทำแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจในเกมหรือบอร์ดเกม เพื่อนำมาปรับปรุงและนำข้อเสนอแนะในการออกแบบให้ตอบสนองต่อกลุ่มใช้งานได้มากที่สุด

แนวคิดหรือ Concept ที่ได้คือการใช้การละเล่นของไทยมาเป็นบอร์ดเกมและปรับรูปแบบของการละเล่นให้เข้ากับยุคสมัยมากขึ้น โดยบอร์ดเกมจะเป็นเกมการ์ดที่เน้นการใช้รูปภาพในการสื่อสารและการเล่น ซึ่งการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ได้ดำเนินตามหลัก Design Thinking Process หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และเริ่ม Sketch Idea จำนวน 3 แบบ โดยเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 37 คน เพื่อหาข้อมูลโดยใช้เกณฑ์พิจาราณาด้านผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องกับแนวคิดการออกแบบ ผลิตภัณฑ์สามารถสื่อถึงประโยชน์ใช้สอย ผลิตภัณฑ์มีความสวยงาม ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มในการนำไปใช้งานได้จริง ผลิตภัณฑ์มีความน่าสนใจ และ ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมกับผู้สูงอายุ หลังจากนั้นเลือกรูปแบบที่ได้รับความสนใจมากที่สุด มาจัดทำภาพฉาย (Orthographic Projection) พร้อมกำหนดขนาด (Dimension) เพื่อแสดงรายละเอียดเชิงโครงสร้าง และภาพต้นแบบ (Perspective) เพื่อให้เห็นลักษณะ โดยรวมของผลิตภัณฑ์ในมิติที่สมบูรณ์ก่อนการสร้างต้นแบบ



รูปที่ 2 Sketch Idea แบบที่ 1 Watch out! Fighting Chicken

เกม Watch out! Fighting Chicken เป็นการนำรูปแบบการชนไก่ ซึ่งถือเป็นเกมกีฬาที่เป็นหนึ่งใน Soft power ของไทย ประยุกต์ให้เข้ากับเกม "หมากฮอส" โดยบนกระดานจะมีสัญลักษณ์พิเศษเพื่อให้ผู้เล่นจะต้องเลือกสุ่มไพ่ เพื่อปฏิบัติตามคำสั่งที่กำหนดไว้ในไพ่ที่สุ่มได้



รูปที่ 3 Sketch Idea แบบที่ 2 Secret in Bloom ซ่อนในสวน

เกม Secret in Bloom ที่ได้มาจากแนวคิดของเกม "มอญซ่อนผ้า" มาดัดแปลงให้อยู่ในรูปแบบเกมไพ่ในลักษณะการจับคู่ โดยผู้เล่นที่สามารถสุ่มไพ่และจับคู่ได้ครบ 6 คู่ก่อน จะเป็นผู้ชนะ



รูปที่ 4 Sketch Idea แบบที่ 3 Granny's Treat หมากหวาน

เกม Granny's Treat เป็นการนำแนวคิดของการเล่นหมากเก็บ กับเกมจับคู่ภาพ ซึ่งประยุกต์จากเดิมที่ใช้ลูกหินให้กลายเป็นขนมหวานของไทย ผสมผสานกับการส่งเสริมด้านสายตาและความจำในการจับคู่ภาพ พร้อมทั้งการส่งเสริมให้สามารถทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้ดีขึ้น

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ ได้แบ่งการเสนอผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละประเด็นเพื่อให้เห็นภาพรวมในการศึกษาและพัฒนาต้นแบบเกมดังนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา

ผู้สูงอายุส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางร่างกายและจิตใจที่ส่งผลต่อการรับรู้โดยเฉพาะประสาทสัมผัสทางการได้ยินที่เสื่อมลงตามวัย ทำให้มีผลต่อความสามารถในการสื่อสารและการเข้าสังคม ผู้สูงอายุบางส่วนมีแนวโน้มหลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ต้องใช้การฟังเสียงหรือมีเสียงรบกวนสูง ส่งผลให้เกิดภาวะโดดเดี่ยวและความเครียดในระยะยาว ดังนั้น การออกแบบผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของเกมสำหรับผู้สูงอายุจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของประสาทการได้ยิน รวมถึงความสามารถในการมองเห็น การเคลื่อนไหว และสมาธิ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยและความสนุกในเวลาเดียวกัน

ส่วนการออกแบบเกมที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุควรมีกระบวนการพัฒนาที่เข้าใจผู้ใช้ (Empathy) โดยเน้นการเข้าถึงง่าย การเล่นไม่ซับซ้อน และมีการตอบสนองต่อผู้เล่นในเชิงบวก เช่น การใช้ภาพสี และสัญลักษณ์ที่ชัดเจน การออกแบบเสียงให้มีระดับความถี่ที่ผู้สูงอายุสามารถได้ยินชัด การใช้วัสดุที่ปลอดภัย น้ำหนักเบา จับถนัดมือ การกำหนดกติกาที่เข้าใจง่ายและไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีซับซ้อน การออกแบบลักษณะนี้ช่วยให้ผู้สูงอายุรู้สึกสนุก มีส่วนร่วม และเกิดการฝึกฝนด้านการได้ยินโดยไม่รู้สึกว่ากำลัง "ถูกฝึก" หรือ บังคับ

อีกทั้งผลการศึกษาองค์ความรู้จากเกมประเภทต่าง ๆ พบว่าเกมที่เหมาะสมกับผู้สูงอายุควรเป็นเกมที่มีลักษณะของ เกมกระดาน (Board Game) เพราะเป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นอื่น และสามารถออกแบบให้ฝึกการฟัง การจดจำเสียง หรือการตอบสนองต่อสัญญาณได้อย่างหลากหลาย โดยองค์ประกอบสำคัญที่ควรมี ได้แก่เป้าหมายของเกม ชัดเจน ไม่ยาวเกินไปกติกาเรียบง่าย เหมาะกับการเรียนรู้ของผู้สูงอายุเสียงประกอบ มีจังหวะช้า ชัด ไม่ซับซ้อนระบบการให้รางวัลหรือสะสมแต้ม เพื่อกระตุ้นการได้ยินช่วยให้ผู้สูงอายุเกิดการฝึกสมาธิ การแยกแยะเสียง และการจดจำเสียงได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลเชิงบวกต่อสุขภาพจิต เช่น ลดความเครียดและความวิตกกังวล เพิ่มความมั่นใจในการสื่อสารสร้างแรงจูงใจในการเข้าสังคมช่วยชะลอความเสื่อมของสมองส่วนการรับฟังและความจำระยะสั้น

5.2 ผลการออกแบบผลิตภัณฑ์สำหรับการออกกำลังกายเพื่อส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุ

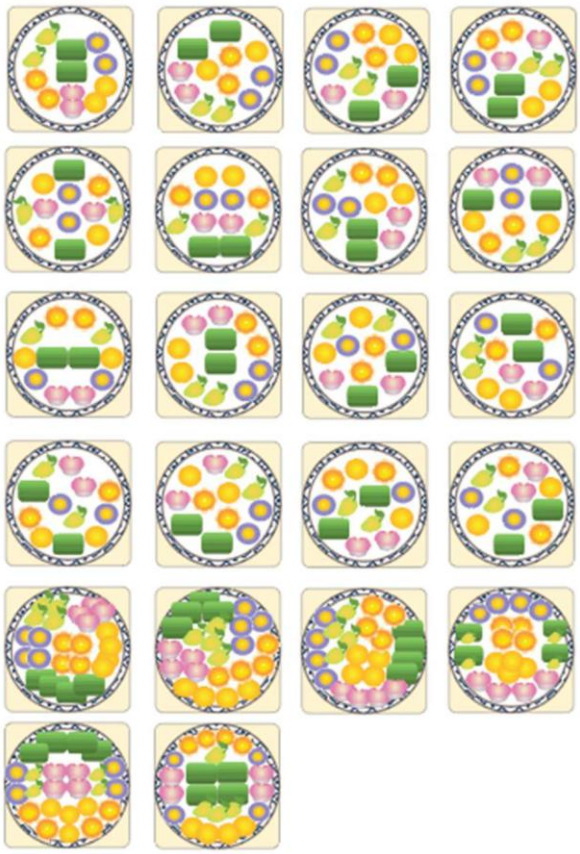
จากผลการศึกษาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงได้นำหลักการ Design Thinking Process และ Universal Design สามารถทำให้เข้าใจในกลุ่มผู้ใช้อย่างผู้สูงอายุและกำหนดประเด็นพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ โดยมีทิศทางของการออกแบบส่วนใหญ่มุ่งเน้นเกมกระดานที่เข้าใจและเล่นได้ง่าย ไม่ซับซ้อน จะช่วยเพิ่มโอกาสที่จะถูกนำไปใช้เล่นเพื่อการสันทนาการ ซึ่งระหว่างเล่นร่างกายของผู้เล่นจะมีการเคลื่อนไหวพฤติกรรมที่แสดงออกมาเหล่านั้นถือเป็นกุศโลบายให้ผู้สูงอายุออกกำลังกายมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมพัฒนาการทางด้านอารมณ์ของผู้สูงอายุในขณะเล่นเกมที่ได้มีการปฏิสัมพันธ์กับผู้เล่นคนอื่น ๆ โดยผลิตภัณฑ์จะถูกประเมินโดยกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุเกิน 60 ปีทำแบบสอบถามจำนวน 37 คน ด้านความชื่นชอบที่มีต่อเกมพบว่าเกม Watch Out! Fighting Chicken และ เกม Secret in Bloom มีค่าเฉลี่ย 4.00 เท่ากัน ส่วนเกม Granny's Treat มีค่าเฉลี่ย 4.50 คณะวิจัยจึงจึงได้เลือกเกม Granny's Treat มาทำต้นแบบในรูปแบบของบอร์ดเกมโดยมีการ์ดสำหรับสุ่มหมากจำนวน 24 ใบ การ์ดสำหรับสำหรับจับคู่หมากหวาน 18 ใบ แบบเล่นหลายคน จำนวน 12 ใบแบบเล่นคนเดียว 6 ใบ และมีหมากหวานที่เป็นขนมไทยสามารถรับประทานได้ทั้งหมด 30 ตัว



รูปที่ 5 ต้นแบบตัวหมาก



รูปที่ 6 การ์ดสุ่มหมาก



รูปที่ 7 การ์ดจับคู่หมากหวาน

5.3 ผลการประเมินต้นแบบผลิตภัณฑ์ Granny's Treats

จากการนำต้นแบบบอร์ดเกม "Granny's Treats – หมากหวาน" ไปทดลองใช้งานและประเมินผลกับกลุ่มผู้สูงอายุจำนวนหนึ่ง

พบว่าผู้เล่นส่วนใหญ่มีความพึงพอใจต่อแนวคิดของเกมที่มุ่งส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยิน พร้อมทั้งสร้างความสนุกสนานและกระตุ้นการมีส่วนร่วมในกลุ่มผู้สูงอายุได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อเสนอแนะบางประการที่ควรนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความเหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น โดยแบ่งเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบของบอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ โดยใช้แนวคิดการออกแบบที่คำนึงถึงผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง และการประยุกต์ใช้เกมเป็นเครื่องมือในการส่งเสริมสุขภาพและการเรียนรู้ จากผลการทดลองใช้และการประเมินความคิดเห็นของกลุ่มผู้สูงอายุ พบว่า บอร์ดเกม "Granny's Treats – หมากหวาน" สามารถสร้างความสนุกสนาน ความเพลิดเพลิน และกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้เล่นได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังมีศักยภาพในการส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยิน โดยเฉพาะในด้านการรับรู้และแยกแยะเสียง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ผ่านเกม (Game-based learning) และแนวคิดการกระตุ้นการทำงานของสมองในผู้สูงอายุ

ผลการประเมินยังสะท้อนให้เห็นถึงข้อจำกัดบางประการของต้นแบบเกม โดยเฉพาะในด้านรูปแบบและกลไกของเกม ซึ่งพบว่ากติกาบางส่วนยังมีความซับซ้อนสำหรับผู้สูงอายุที่เริ่มต้นเล่นครั้งแรก โดยเฉพาะการนับแต้มและการใช้การ์ดพิเศษ ส่งผลให้ผู้เล่นบางส่วนเกิดความสับสนในช่วงเริ่มต้น นอกจากนี้ ในด้านองค์ประกอบทางกายภาพของชิ้นงาน ผู้สูงอายุบางส่วนมีข้อจำกัดด้านการมองเห็นและการหยิบจับ ส่งผลให้ขนาดของการ์ดและอุปกรณ์ในเกมยังไม่เหมาะสมอย่างเต็มที่ ขณะเดียวกัน ด้านความสวยงามและการสื่อสารผ่านภาพ แม้ภาพประกอบและสีสันจะได้รับการประเมินในเชิงบวก แต่ยังมีข้อเสนอให้ปรับโทนสีและเพิ่มเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยให้ชัดเจนยิ่งขึ้น เพื่อเสริมคุณค่าเชิงอารมณ์และความคุ้นเคยของผู้เล่น โดยสรุปแล้ว บอร์ดเกม "Granny's Treats – หมากหวาน" เป็นแนวคิดการออกแบบที่มีความเหมาะสมและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์จริงสำหรับผู้สูงอายุ ทั้งในมิติของการส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยิน การกระตุ้นการทำงานของสมอง และการสร้างปฏิสัมพันธ์ทางสังคม อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นต้องมีการปรับปรุงรายละเอียดด้านการออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับสมรรถนะและข้อจำกัดของผู้สูงอายุได้ดียิ่งขึ้น

7. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยขนาดเล็กที่ทำขึ้นเบื้องต้น (Pilot study) ก่อนการวิจัยจริง (Full-scale study) เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ (Feasibility) ความเหมาะสมของเครื่องมือ ระเบียบวิธี และการตรวจสอบประเมินปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ช่วยประหยัดเวลาและทรัพยากร รวมถึงลดความเสี่ยงก่อนทำวิจัยเต็มรูปแบบต่อไปในอนาคต โดยมีประเด็นที่ควรนำไปพิจารณาเพิ่มความสมบูรณ์ในการพัฒนาเกมในลักษณะคล้ายคลึงกันเพื่อส่งเสริมพัฒนาการด้านการได้ยินของผู้สูงอายุ ดังต่อไปนี้

ผลิตภัณฑ์เกมควรมีการปรับรูปแบบและกติกาของเกมให้มีความเรียบง่ายมากขึ้น โดยลดจำนวนกติกาย่อยที่ไม่จำเป็น ใช้สัญลักษณ์หรือภาพแทนข้อความ และออกแบบระบบการนับแต้มให้เข้าใจได้ทันที เพื่อช่วยลดภาระทางการรับรู้ (Cognitive load) ของผู้สูงอายุ นอกจากนี้ควรปรับปรุงองค์ประกอบทางกายภาพของชิ้นงาน เช่น เพิ่มขนาดการ์ดและหมาก ใช้วัสดุที่มีความหนา แข็งแรง และพื้นผิวด้านเพื่อลดแสงสะท้อน รวมถึงเลือกใช้ฟอนต์ที่มีขนาดใหญ่ หนา และอ่านง่าย เพื่อให้เหมาะสมกับข้อจำกัดด้านการมองเห็นและการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ

การออกแบบภาพและอัตลักษณ์ควรปรับโทนสีของเกมให้มีความนุ่มนวล ลดความจัดจ้านของสี เพื่อไม่ก่อให้เกิดความล้าทางสายตาในระยะเวลาการเล่นที่ยาวนาน พร้อมทั้งเพิ่มเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมไทยให้เด่นชัดยิ่งขึ้น เช่น การใช้ลวดลายพื้นบ้าน ตัวละคร หรือเรื่องราวที่เชื่อมโยงกับการละเล่นไทย เพื่อสร้างความคุ้นเคย ความรู้สึกผูกพัน และคุณค่าเชิงอารมณ์ให้กับผู้สูงอายุ

การวิจัยในอนาคตควรกำหนดระยะเวลาในการทดลองใช้เกมให้นานขึ้น อีกทั้งจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่ควรมีจำนวนมากพอที่จะทดสอบในด้านความแตกต่างเรื่องเพศ หรือรูปแบบการใช้ชีวิต เพื่อศึกษาผลลัพธ์ด้านพัฒนาการการได้ยินในมิติที่หลากหลาย รวมถึงอาจเปรียบเทียบผลการใช้เกมกับกิจกรรมส่งเสริมการได้ยินรูปแบบอื่น นอกจากนี้ ยังสามารถพัฒนาเกมในรูปแบบดิจิทัลหรือกึ่งดิจิทัล เพื่อเพิ่มรูปแบบการใช้งานและเข้าถึงกลุ่มผู้สูงอายุที่มีบริบทแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

[1] กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2565). สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2565. กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

[2] กรมอนามัย. (2564). รายงานสถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2564. กระทรวงสาธารณสุข.

[3] กรมส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ. (2563). หลักการออกแบบเพื่อทุกคน (Universal Design). กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์.

[4] องค์การอนามัยโลก. (2564). รายงานสถานการณ์การได้ยินของโลก. World Health Organization.

[5] ปิยานี ณ นคร. (2564). การส่งเสริมสุขภาพหูและการได้ยินในผู้สูงอายุ. วารสารพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 39(1).

[6] พรทิพย์ จุลพันธ์. (2560). แนวคิดการออกแบบสื่อและเกมเพื่อผู้สูงอายุ. วารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 8(1).

[7] ศิริเดช บุญส่ง. (2558). หลักการออกแบบเกมเพื่อการเรียนรู้. วารสารเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 10(2).

[8] สุพัตรา โชติพานิช. (2563). กิจกรรมบำบัดและการส่งเสริมสุขภาพผู้สูงอายุ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ACA – 03

The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts

" Design the Future, Create Transformation"

February 12 – 13, 2026

ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวของความหมายและหน้าที่ในแม่เตาไฟยุคต้น กรณีศึกษาเรือนลองเฮาส์ของชาวอิโรควอยส์

Unity of Meaning and Function in the Early Hearth A Case Study of the Iroquoian Longhouse

ชานน พันธุ์นายัง และ ธนาคาร โมกขะสมิต*

หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม (แนวคิดในการออกแบบ) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

*E-mail: mokkhasmita_t@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้วิเคราะห์ "ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว" (Unity State) ของแม่เตาไฟในฐานะองค์ประกอบสถาปัตยกรรมยุคแรกเริ่มที่หน้าที่และความหมายหลอมรวมเป็นหนึ่ง โดยใช้เรือนลองเฮาส์ของชาว-อิโรควอยส์เป็นกรณีศึกษา ผ่านกรอบแนวคิดเชิงสังเคราะห์ 4 มิติ ได้แก่ แรงบังคับเชิงโครงสร้าง (Semper) ศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ (Norberg-Schulz) ตรรกะเชิงพื้นที่ (Hillier) และการรับรู้เชิงนิเวศ (Gibson) เพื่อชี้ให้เห็นถึงกลไกที่สถาปัตยกรรมใช้จัดระเบียบกายภาพและสังคมเข้าด้วยกัน

ระเบียบวิธีวิจัยเป็นการวิจัยเชิงคุณภาพผ่านการตีความผังพื้นทางโบราณคดีของ John L. Creese ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยโปรแกรม depthmapX และการจำลองรัศมีพลังงาน ผลการศึกษาพบภาวะความเป็นหนึ่งเดียวใน 3 ด้านหลัก คือ 1) ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงพื้นที่ (Spatial Unity) ในฐานะแกนกลางการเชื่อมโยงที่กำหนดการสัญจร 2) ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงสังคม (Social Unity) ผ่านการเป็นศูนย์กลางวิถีชีวิตแบบคอมมูน และ 3) ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงหน้าที่ (Functional Unity) โดยมีรัศมีพลังงานเป็นแรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศที่กำหนดพฤติกรรมมนุษย์โดยสัญชาตญาณ

ข้อค้นพบยืนยันว่าภาวะความเป็นหนึ่งเดียวในสถาปัตยกรรมยุคต้นมิได้เกิดจากความเรียบง่ายทางเทคโนโลยี แต่เป็นความสมบูรณ์เชิงโครงสร้าง (Structural Integrity) ที่สามารถรักษาความสัมพันธ์องค์รวมระหว่างมนุษย์ สังคม และสิ่งแวดล้อมไว้ ณ จุดศูนย์กลางเดียวได้อย่างทรงพลัง ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการเข้าถึงแก่นแท้ของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

คำสำคัญ: แม่เตาไฟ ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว เรือนลองเฮาส์ อิโรควอยส์ มานุษยวิทยาสถาปัตยกรรม

Abstract

This research investigates the "Unity State" of meaning and function within the hearth, an archetypal architectural element where utility and symbolism are inextricably linked. Using the Iroquoian Longhouse as a primary case study, the research synthesizes four architectural dimensions Semper's tectonic force, Norberg-Schulz's existential center, Hillier's social logic and Gibson's ecological perception to identify the structural integration of physical and social orders.

The methodology combines qualitative interpretation of John L. Creese's archaeological plans with quantitative analysis using depthmapX and ecological radiation mapping. The findings reveal that the Unity State manifests in three dimensions: 1) Spatial Unity, where the hearth acts as an integration core; 2) Social Unity, serving as the communal hub for collective life; and 3) Functional Unity, where thermal radiation functions as an ecological force governing human behavior.

The study concludes that the Unity State in early architecture stems from structural integrity rather than technological simplicity, effectively preserving the holistic relationship between humans, society, and the environment at a single focal point—a vital perspective for understanding the essence of vernacular architecture.

Keywords: Hearth, Unity state, Longhouse, Iroquois, Architectural anthropology

1. บทนำ

ในทางทฤษฎีสถาปัตยกรรม "แม่เตาไฟ" (The hearth) ไม่ได้เป็นเพียงเครื่องมือพื้นฐานในการตอบสนองความต้องการเชิงกายภาพ เช่น การให้ความร้อนหรือการปรุงอาหารเท่านั้น แต่ได้รับการยอมรับในฐานะองค์ประกอบที่เป็นรากฐานสำคัญของการก่อรูปอารยธรรมมนุษย์ Gottfried Semper นักทฤษฎีสถาปัตยกรรมคนสำคัญได้นิยามแม่เตาไฟว่าเป็น "องค์ประกอบทางศีลธรรมแรกสุด" (The moral element) [1] ซึ่งเป็นแกนกลางที่ทำให้มนุษย์เกิดการรวมตัว สร้างพันธมิตรทางสังคม และสถาปนาความเป็นสถานที่ (Place) ขึ้นมาเป็นครั้งแรก ก่อนที่องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ผนัง พื้น หรือหลังคา จะถูกสร้างขึ้นเพื่อปกป้องศูนย์กลางที่ศักดิ์สิทธิ์นี้

อย่างไรก็ตาม ความเข้าใจเกี่ยวกับแม่เตาไฟในงานสถาปัตยกรรมมักจะถูกแยกส่วนออกจากกันระหว่างหน้าที่ใช้สอย (Function) และความหมายเชิงสัญลักษณ์ (Meaning) โดยเฉพาะเมื่อมองผ่านมุมมองเชิงหน้าที่นิยม (Functionalism) ที่ลดทอนแม่เตาไฟลงเหลือเพียงเครื่องจักรให้ความร้อน หรือในทางกลับกันคือการมองเป็นเพียงสัญลักษณ์ทางพิธีกรรมที่ขาดการเชื่อมโยงกับมิติเชิงพื้นที่

บทความวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะเสนอแนวคิด "ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว" (Unity state) เพื่อชี้ให้เห็นว่าในสถาปัตยกรรมยุคแรกเริ่ม หน้าที่และความหมายของแม่เตาไฟนั้นหลอมรวมเป็นเนื้อเดียวกันอย่างแยกไม่ออก โดยใช้กรณีศึกษา "เรือนลองเฮาส์" (Longhouse) ของชาวอิโรควอยส์ (Iroquois) ในทวีปอเมริกาเหนือ ซึ่งถือเป็นตัวอย่างทางสถาปัตยกรรมที่สะท้อนระบบทางสังคมและเทคนิค (Sociotechnical system) ที่ชัดเจนที่สุดประการหนึ่ง โดยเฉพาะการใช้ชีวิตแบบ "ลัทธิคอมมิวนิสต์ในการอยู่อาศัย" (Communism in living) [5] ที่มีแม่เตาไฟเป็นศูนย์กลางในการกำกับทุกมิติของการดำรงชีวิต

การย้อนกลับไปศึกษาแม่เตาไฟผ่านเรือนลองเฮาส์ในขอบเขตนี้ไม่ได้เป็นเพียงการศึกษาประวัติศาสตร์ แต่เป็นการวิเคราะห์เพื่อถอดรหัสกลไกพื้นฐานที่สถาปัตยกรรมใช้ในการถักทอระเบียบทางกายภาพ (Physical order) เข้ากับระเบียบทางสังคม (Social order) เพื่อให้ได้มาซึ่งพื้นที่ที่มีความหมายต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์อย่างแท้จริง

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อวิเคราะห์กลไกทางสถาปัตยกรรมของแม่เตาไฟในฐานะศูนย์กลางที่หลอมรวมหน้าที่ใช้สอยและความหมายเชิงสัญลักษณ์ (Unity state) ในสถาปัตยกรรมยุคแรกเริ่ม

2.2 เพื่อสำรวจและพิสูจน์ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวผ่านกรณีศึกษาเรือนลองเฮาส์ของชาวอิโรควอยส์ โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Space syntax) และการรับรู้เชิงนิเวศ (Ecological perception)

2.3 เพื่อสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ สังคม และสภาพแวดล้อม ที่ถูกจัดระเบียบผ่านโครงสร้างของแม่เตาไฟภายใต้กรอบแนวคิดมานุษยวิทยาสถาปัตยกรรม

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหาและทฤษฎี

การศึกษานี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์แม่เตาไฟ ในฐานะหัวใจสำคัญของสภาวะ Unity state โดยจำกัดขอบเขตการวิเคราะห์ผ่านกรอบแนวคิดของนักคิด 4 ท่านหลัก ได้แก่

3.1.1 มิติมานุษยวิทยาและเทคทอนิคส์: อ้างอิงทฤษฎีองค์ประกอบสถาปัตยกรรม (The four elements) ของ Gottfried Semper เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและหน้าที่ [1]

3.1.2 มิติปรากฏการณ์วิทยา: อ้างอิงแนวคิดจิตวิญญาณแห่งสถานที่ (Genius Loci) ของ Christian Norberg-Schulz เพื่ออธิบายความหมายและศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ [2]

3.1.3 มิติตรรกะเชิงพื้นที่: อ้างอิงทฤษฎีตรรกะสังคมของที่ว่างและแนวคิด Integration core ของ Bill Hillier เพื่ออธิบายโครงสร้างผังพื้น [3]

3.1.4 มิติสัญชาตญาณและการรับรู้: อ้างอิงทฤษฎีการรับรู้เชิงนิเวศ และแนวคิด Affordance ของ James J. Gibson เพื่ออธิบายแรงขับเคลื่อนทางกายภาพจากแสงและความร้อน [4]

3.2 ขอบเขตด้านกรณีศึกษา

ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของกรณีศึกษาไปที่ เรือนลองเฮาส์ของชาวอิโรควอยส์ (Iroquoian Longhouse) ในภูมิภาคอเมริกาเหนือช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 15 ถึง 18 โดยใช้ชุดข้อมูลพื้นฐานจาก 2 แหล่งหลัก ได้แก่

ข้อมูลด้านชาติพันธุ์วรรณนา (Ethnohistory): อ้างอิงบันทึกและการตีความทางมานุษยวิทยาของ Lewis H. Morgan (1881) [5] ซึ่งอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างผังอาคารแบบเปิดโล่งกับวิถีชีวิตแบบรวมหมู่ (Communism in living) โดยมองว่าสถาปัตยกรรมคือเครื่องมือที่รองรับโครงสร้างทางสังคมแบบตระกูลขยายที่ใช้สอยทรัพยากรร่วมกันรอบแม่เตาไฟ

ข้อมูลทางโบราณคดีเชิงประจักษ์ (Archaeology): อ้างอิงการวิเคราะห์เชิงระบบสังคม-เทคนิค (Sociotechnical system) และผลการศึกษาผ่านระเบียบวิธีทางสถิติการประมาณค่าความหนาแน่นของเคอร์เนล (Kernel Density Estimation: KDE) ของ John L. Creese (2011, 2016) [6] เพื่อระบุตำแหน่งของรอยหลุมเสา (Post molds) และหลุมเก็บของ (Pits) ที่มีความสัมพันธ์คงที่กับระยะประชิด (Proxemic distances) รอบแม่เตาไฟ ซึ่งเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงถึงการจัดระเบียบพื้นที่รอบศูนย์กลางที่มีความต่อเนื่องทางวัฒนธรรมยาวนานกว่า 5 ศตวรรษ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative research) เป็นหลัก โดยเน้นการตีความและสังเคราะห์ข้อมูลร่วมกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางสถิติ (Spatial analysis) เพื่อพิสูจน์ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity state) ผ่านกรณีศึกษาเรือนลองเฮาส์ชาวอิโรควอยส์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 การรวบรวมและคัดเลือกชุดข้อมูลพื้นฐาน (Data collection)

ผู้วิจัยทำการคัดเลือกและรวบรวมข้อมูลผังพื้น (Floor plan) จากหลักฐานทางโบราณคดีของ John L. Creese [6] โดยมุ่งเน้นผังที่มีความสมบูรณ์ของรอยหลุมเสา (Post molds) และตำแหน่งแม่เตาไฟ (Hearths) ที่ชัดเจน เพื่อนำมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลดิจิทัล (Digital redrawing) สำหรับการวิเคราะห์เชิงประเภทวิทยา

4.2 การสร้างกรอบการวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์ (Theoretical framework mapping)

นำแนวคิดและทฤษฎีทั้ง 4 มิติ (Semper, Norberg-Schulz, Hillier และ Gibson) มาสร้างเป็นดัชนีชี้วัดในการอ่านผังพื้น โดยกำหนดประเด็นการสังเกตการณ์ดังนี้

4.2.1 มิติทางกายภาพ: ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างเสากับตำแหน่งแม่เตาไฟ (Semper)

4.2.2 มิติพฤติกรรม: กำหนดรัศมีพลังงานและความร้อนเพื่อดูขอบเขตการใช้งาน (Gibson)

4.2.3 มิติทางพื้นที่: กำหนดแกนสัญจรและทัศนวิสัยเพื่อคำนวณค่าการเชื่อมต่อ (Hillier)

4.2.4 มิติเชิงความหมาย: ตีความการเปลี่ยนจากพื้นที่ว่างสู่สถานที่เชิงประสบการณ์ (Norberg-Schulz)

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer-Aided spatial analysis)

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือทางสถิติและเทคโนโลยีในการจำลองเพื่อหาค่าเชิงประจักษ์ ดังนี้

การวิเคราะห์ด้วย depthmapX: นำผังพื้นมาสร้างเป็นโครงข่าย Axial map เพื่อคำนวณหาค่าการเชื่อมโยง (Integration value) โดยเปรียบเทียบระหว่างขอบเขตทางเดินกลางและขอบเขตอาคารทั้งหมดเพื่อระบุตำแหน่ง Integration core

การสังเคราะห์ผลและสรุปภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Data synthesis) นำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (ทฤษฎี) และเชิงปริมาณ (โปรแกรม) มาซ้อนทับกัน (Overlay analysis) เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่หน้าที่และความหมายหลอมรวมกันในพื้นที่แม่เตาไฟ โดยแบ่งการสรุปผลออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงพื้นที่ (Spatial), เชิงสังคม (Social) และเชิงหน้าที่ (Functional)

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

5.1 แม่เตาไฟในฐานะแรงบังคับเชิงโครงสร้างของสถาปัตยกรรม (Gottfried Semper)

Gottfried Semper เสนอว่า "แม่เตาไฟ" (The Hearth) คือจุดเริ่มต้นของอารยธรรมและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เป็น "แรงบังคับเชิงโครงสร้าง" (Architectural generator) มากกว่าจะเป็นเพียงผลลัพธ์เชิงรูปทรง [1] โดยไฟในฐานะพลังงานที่ให้ทั้งคุณและโทษเป็นเงื่อนไขสำคัญที่บังคับให้มนุษย์ต้องสร้างองค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ ฐาน (Mound) หลังคา (Roof) และผนัง (Enclosure) ขึ้นเพื่อทำหน้าที่ปกป้องและควบคุมศูนย์กลางนี้

ภายใต้กรอบคิดนี้ สถาปัตยกรรมจึงเกิดขึ้นจากการตอบสนองต่อ "เหตุการณ์ของไฟ" (The event of fire) มิใช่การออกแบบเพื่อสุนทรียภาพล่วงหน้า องค์ประกอบพื้นฐานทั้งสี่ของ Semper จึงพัฒนาขึ้นร่วมกันเป็นระบบที่ไม่อาจแยกขาดจากแกนกลางได้ ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่และแม่เตาไฟในสถาปัตยกรรมยุคแรกเริ่มเป็น "ความสัมพันธ์เชิงกำหนด" (Deterministic Relationship) ที่บังคับให้กิจกรรมและการใช้สอยต้องรวมศูนย์ (Centralization)

ดังนั้น ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity state) ในยุคแรกเริ่มจึงมิได้เกิดจากข้อจำกัดทางเทคโนโลยี แต่เกิดจากเงื่อนไขเชิงโครงสร้างที่กำหนดให้รูปแบบ ความหมาย และหน้าที่ต้องผลิตซ้ำจากจุดเดียวกัน ทำให้แม่เตาไฟทำหน้าที่เป็นกลไกที่ยับยั้งการแยกตัวของความหมายและหน้าที่ออกจากกันในมิติเชิงพื้นที่ [1]

5.2 แม่เตาไฟในฐานะศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ของสถานที่ (Christian Norberg-Schulz)

แม้แนวคิดของ Gottfried Semper คือการอธิบายแรงบังคับเชิงโครงสร้าง แนวคิดของ Christian Norberg-Schulz ก็คือการอธิบาย "ความหมาย" ของศูนย์กลางนั้นในฐานะ "สถานที่" (Place) [2] โดย Norberg-Schulz เสนอว่าสถาปัตยกรรมทำหน้าที่เป็นโครงสร้างที่ช่วยยึดโยงการดำรงอยู่ของมนุษย์เข้ากับโลก (Existential Foothold) ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมนุษย์สามารถรับรู้ถึง "ศูนย์กลาง" (Center) ที่แน่นอน

ในบริบทของเรือนยุคแรกเริ่ม แม่เตาไฟมิได้ทำหน้าที่เพียงตำแหน่งเชิงเรขาคณิต แต่เป็น "จุดอ้างอิงเชิงการดำรงอยู่" (Existential center) ที่กำกับทิศทางและระเบียบของกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวระหว่างความหมายและหน้าที่ในมิตินี้จึงเกิดจากการที่ศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ยังคงทำหน้าที่เป็นทั้งจุดใช้งานทางกายภาพและจุดนิยามความหมายของสถานที่ไปพร้อมกัน

ดังนั้น แม่เตาไฟจึงเป็นกลไกเชิงประสบการณ์ที่เปลี่ยน "พื้นที่ว่าง" (Space) ให้กลายเป็น "สถานที่" (Place) ที่มีความหมาย

และเป็นเงื่อนไขสำคัญที่รักษาสภาวะไม่แยกขาดระหว่างหน้าที่สอยกับการรับรู้เชิงสัญลักษณ์ในระดับจิตใต้สำนึก [2]

5.3 แม่เตาไฟในฐานะกลไกบังคับการรวมศูนย์ทางผัง (Bill Hillier)

เพื่อให้ศูนย์กลางเชิงความหมายของ Norberg-Schulz ทำงานได้จริงในวิถีชีวิตประจำวัน จำเป็นต้องมีกลไกเชิงพื้นที่ที่กำกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ทฤษฎีลำดับพื้นที่ (Spatial configuration) ของ Bill Hillier จึงถูกนำมาใช้อธิบายว่าการจัดวางพื้นที่คือโครงสร้างที่กำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ทางสังคมโดยตรง [3]

Hillier เสนอว่าศูนย์กลางที่แท้จริงเกิดจากตำแหน่งที่มี "ระดับการเชื่อมโยงสูงสุด" (Integration Core) ภายในระบบพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งผลการวิเคราะห์เรือนลองเฮาส์แสดงให้เห็นว่า แม่เตาไฟถูกวางในตำแหน่งเชิงยุทธศาสตร์ที่บังคับให้การสัญจรในชีวิตประจำวันต้องผ่านศูนย์กลางนี้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โครงสร้างพื้นที่เช่นนี้จึงดึงดูดกิจกรรมส่วนบุคคลและกิจกรรมกลุ่มให้กลับมารวมศูนย์อยู่รอบแม่เตาไฟอย่างต่อเนื่อง

กลไกเชิงผังของ Hillier จึงเป็นตัวเชื่อมสำคัญที่เปลี่ยน "ความหมายเชิงสัญลักษณ์" ให้กลายเป็น "หน้าที่เชิงพื้นที่" ที่ถูกบังคับใช้จริงผ่านการจัดวางผังอาคาร เมื่อพิจารณาร่วมกับแนวคิดของ Semper และ Norberg-Schulz จะเห็นได้ว่าแม่เตาไฟทำงานผ่านกลไก 3 ระดับพร้อมกัน คือ เป็นทั้งแรงบังคับเชิงโครงสร้าง ศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ และจุดรวมศูนย์เชิงผัง ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้ความหมายและหน้าที่หลอมรวมเป็นหนึ่งเดียวกัน (Unity state) ในสถาปัตยกรรมยุคต้น [3]

5.4 มิติทางสัญชาตญาณและการรับรู้เชิงนิเวศ (James J. Gibson)

ในระดับพื้นฐานที่สุด แม่เตาไฟทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางผ่านแนวคิด "โอกาสในการหยิบยื่นพฤติกรรม" (Affordance) ตามทฤษฎีการรับรู้เชิงนิเวศของ James J. Gibson ซึ่งชี้ให้เห็นว่ามนุษย์รับรู้สภาพแวดล้อมผ่านโอกาสที่เอื้อต่อการดำรงชีพ [4]

ในบริบทนี้ คุณสมบัติทางกายภาพอย่างความร้อน (Thermal affordance) และแสงสว่าง (Luminous affordance) ทำหน้าที่เป็น "แรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศ" (Ecological force) ที่กำหนดขอบเขตพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยโดยสัญชาตญาณ รัศมีของแสงและความอุ่นจากเตาไฟคือปัจจัยชีวภาพที่บังคับให้ร่างกายมนุษย์ต้องจัดระเบียบแบบรวมศูนย์ (Centric orientation) เพื่อความอยู่รอด

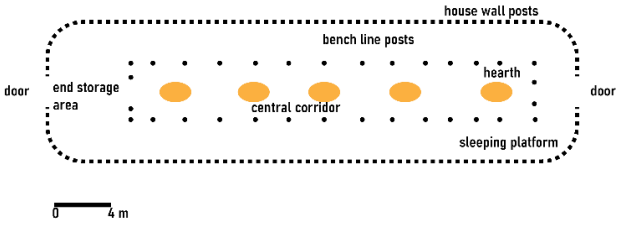
ภาวะ Unity state ในมิตินี้จึงปรากฏชัดผ่านการที่ "ร่างกาย" หลอมรวมเข้ากับ "โอกาสที่พื้นที่หยิบยื่นให้" (Person-environment fit) โดยสัญชาตญาณ แรงดึงดูดทางกายภาพนี้เกิดขึ้นก่อนกระบวนการทางสัญลักษณ์ และเป็นกลไกสำคัญที่ทำให้แม่เตาไฟเป็นศูนย์รวมที่หน้าที่และพฤติกรรมไม่สามารถแยกออกจากกันได้ในเชิงชีวภาพ [4]

ตารางที่ 1 กรอบแนวคิดเชิงสังเคราะห์เพื่ออธิบายภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity state) ของแม่เตาไฟในมิติต่าง ๆ

มิติการวิเคราะห์ (Dimension)	นักคิด / แนวคิดหลัก	กลไกเชิงสถาปัตยกรรม (Mechanism)	ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity State)
1.มิติมานุษยวิทยาและเทคทอนิคส์	Gottfried Semper	ศูนย์กลางทางศีลธรรมและแรงบังคับก่อรูป	Functional Unity: โครงสร้างและหน้าที่การกินอยู่ผลิตขึ้นจากแกนกลางเดียวกัน [1]
2. มิติเชิงประสบการณ์และสถานที่	Norberg-Schulz (Genius Loci)	ศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ (Existential Center)	Meaningful Unity: นิยามของสถานที่รวมอยู่ที่ความหมายของแม่เตาไฟ [2]
3. มิติตรรกะเชิงพื้นที่	Bill Hillier (Spatial Logic)	แกนกลางแห่งการเชื่อมโยง	Spatial Unity: ลำดับพื้นที่บังคับให้เกิดปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในจุดเดียว [3]
4. มิติเชิงสัญชาตญาณและนิเวศ	James J. Gibson (Affordance)	การตอบสนองต่อสภาวะแสงและความร้อน	Physical Unity: ร่างกายและพฤติกรรมรวมตัวตามสัญชาตญาณ แหล่งพลังงาน [4]

6. ผลการวิจัย

6.1 การวิเคราะห์ทางประเภทวิทยาของเรือนลองเฮาส์ (Typological Analysis)

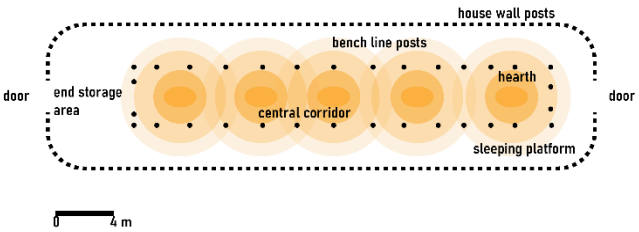


รูปที่ 1 ผังพื้นเชิงประเภทวิทยาของเรือนลองเฮาส์ชาวอิโรควอยส์

จากการจัดทำผังพื้นใหม่โดยอ้างอิงข้อมูลทางโบราณคดีของ John L. Creese [6] พบว่า เรือนลองเฮาส์มีลักษณะทางประเภทวิทยา (Typology) ที่เป็นเอกลักษณ์ คือการจัดวางแม่เตาไฟ (Hearths) ไว้ที่กึ่งกลางอาคารในลักษณะอนุกรมตามแนวแกนยาว (Linear hearth alignment) ดังปรากฏใน รูปที่ 1

โครงสร้างนี้แสดงให้เห็นว่าพื้นที่อยู่อาศัยถูกจัดระเบียบรอบแกนกลางนี้อย่างเคร่งครัด รอยหลุมเสา (Post molds) และหลุมเก็บของ (Pits) ที่ปรากฏรอบแม่เตาไฟยืนยันถึงการรักษา "ระยะประชิด" (Proxemic distances) ที่มีความคงตัวทางวัฒนธรรม โดยแม่เตาไฟแต่ละกองจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของหน่วยครอบครัวขยายที่ใช้สอยร่วมกัน (Communal living) ซึ่งเป็นจุดตั้งต้นสำคัญของการเกิดภาวะความเป็นหนึ่งเดียวเชิงพื้นที่

6.2 การวิเคราะห์มิติเชิงนิเวศและการรับรู้เชิงสัญชาตญาณ



รูปที่ 2 การวิเคราะห์แรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศ (Ecological force) และรัศมีพลังงาน

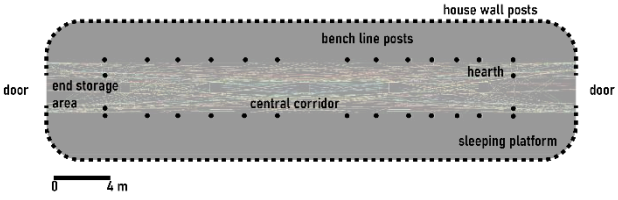
จากการวิเคราะห์รัศมีการส่องสว่างของแม่เตาไฟใน รูปที่ 2 ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎี Affordance ของ Gibson [4] เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง "พลังงานทางกายภาพ" และ "พฤติกรรมการอยู่อาศัย" โดยพบข้อค้นพบสำคัญดังนี้

6.1.1 รัศมีของแสงในฐานะขอบเขตพฤติกรรม (Behavioral setting): รูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการจัดวางแม่เตาไฟตามจุดต่าง ๆ ในเรือนลองเฮาส์ไม่ได้เป็นไปอย่างสะเปะสะปะ แต่มีการเว้นระยะห่างที่พอเหมาะเพื่อให้รัศมีของแสงและผลผลิตทางความร้อน (Luminous & Thermal radiation) ครอบคลุมพื้นที่ใช้งานส่วนกลางอย่างทั่วถึง รัศมีที่สว่างจ้านี้ทำหน้าที่เป็น "แรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศ" (Ecological force) ที่บีบอัดให้กิจกรรมการดำรงชีวิตต้องเกิดขึ้นภายในขอบเขตของแสงเท่านั้น

6.1.2 โอกาสในการหยิบยื่นพฤติกรรมเพื่อการอยู่รอด (Survival affordance): ในบริบทของอเมริกาเหนือที่มีสภาพอากาศหนาวเย็นจัด รัศมีของแสงและความร้อนจากแม่เตาไฟคือปัจจัยชีวภาพเพียงอย่างเดียวที่รับประกันความอยู่รอด ร่างกายของผู้อยู่อาศัยจึงถูกดึงดูดเข้าสู่ศูนย์กลางโดยสัญชาตญาณ (Centric orientation) ภาวะ Unity state ในมิตินี้จึงปรากฏชัดผ่านการหลอมรวมระหว่าง "ความต้องการทางชีวภาพ" ของมนุษย์ และ "ตำแหน่งทางกายภาพ" ของแหล่งพลังงาน จนหน้าที่ (การให้ไฟ) และพฤติกรรม (การรวมกลุ่ม) กลายเป็นสิ่งเดียวกันอย่างแยกไม่ออก

6.1.3 ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวเชิงสัญชาตญาณ: รัศมีที่เปล่งออกมาจากแต่ละกองไฟในรูปที่ 2 ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดขอบเขตของ "หน่วยทางสังคมขยาย" พื้นที่ที่แสงส่องถึงคือพื้นที่ที่มีความปลอดภัยและมีความแท้จริงเชิงประสบการณ์สูงสุด ส่งผลให้แม่เตาไฟในผังพื้นของ Creese [6] เป็นจุดบรรจบที่ร่างกายหลอมรวมเข้ากับสภาพแวดล้อม (Person-environment fit) อย่างสมบูรณ์ก่อนกระบวนการทางสัญลักษณ์ใด ๆ จะเกิดขึ้น

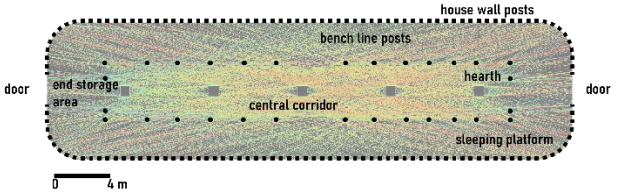
6.3 การวิเคราะห์มิติตรรกะเชิงพื้นที่และสังคม



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ตรรกะเชิงพื้นที่ผ่านเส้นแกนสัญจร (Axial Lines) เฉพาะบริเวณทางเดินกลาง

จากการวิเคราะห์ผังพื้นเรือนลองเฮาส์ด้วยโปรแกรม depthmapX เพื่อหาค่าการเชื่อมต่อ (Integration Value) ผ่านเส้น AxialLines ใน รูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ผู้วิจัยได้กำหนดเงื่อนไขการคำนวณ 2 รูปแบบ เพื่อตรวจสอบความคงตัวของศูนย์กลางพื้นที่ ดังนี้

6.3.1 การวิเคราะห์ในขอบเขตทางเดินกลาง (Core-oriented analysis): รูปที่ 3 เมื่อจำกัดขอบเขตการคำนวณเฉพาะบริเวณทางเดินหลักและพื้นที่กิจกรรมรอบแม่เตาไฟ พบว่าเส้น Axial lines ที่มีความเข้มของค่าการเชื่อมต่อสูงสุด (มักแสดงด้วยสีแดง) ปรากฏทับซ้อนอยู่บนตำแหน่งของแม่เตาไฟอย่างต่อเนื่อง สิ่งนี้ยืนยันว่า "ทางสัญจรหลัก" และ "ศูนย์กลางหน้าที่" คือพื้นที่เดียวกัน ทำให้กิจกรรมทุกประเภทในบ้านถูกบังคับให้เกิดปฏิสัมพันธ์ (Social Encounter) ณ จุดรวมศูนย์นี้



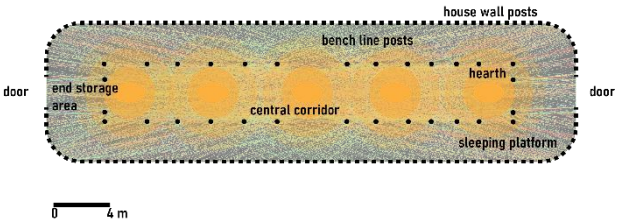
รูปที่ 4 การวิเคราะห์ตรรกะเชิงพื้นที่แบบองค์รวม (Global scale) ครอบคลุมพื้นที่อาคารทั้งหมด

6.3.2 การวิเคราะห์ในขอบเขตอาคารทั้งหมด (Global-scale Analysis): รูปที่ 4 เมื่อขยายขอบเขตการคำนวณไปจนสุดผนังอาคาร รวมถึงพื้นที่ส่วนนอน (Sleeping platforms) พบว่าค่าการเชื่อมต่อสูงสุดยังคงกระจุกตัวอยู่ที่แกนกลางอาคารบริเวณแม่เตาไฟเช่นเดิม แม้พื้นที่นอนจะถูกขยายออกไป แต่ค่าความลึก (Depth) ของพื้นที่นอนเหล่านั้นกลับทำให้พื้นที่แม่เตาไฟมีความโดดเด่นในฐานะ Integration core มากยิ่งขึ้น

6.3.3 ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวเชิงพื้นที่ (Spatial unity): ผลจากการเจนเนอเรททั้ง 2 รูปแบบ ดังใน (รูปที่ 3 และ รูปที่ 4) ชี้ให้เห็นว่าแม่เตาไฟทำหน้าที่เป็น "แกนกลางเชิงตรรกะ" ที่ควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ส่วนบุคคล (Private side) และพื้นที่สาธารณะ (Public core) ภาวะ Unity state ในมิตินี้จึงปรากฏชัดผ่านโครงสร้างทางผัง (Spatial configuration) ที่ Hillier [3] ระบุว่าเป็นตัวกำหนดโครงสร้างทางสังคม ตำแหน่งของแม่เตาไฟจึงไม่ใช่แค่ที่วางกองไฟ แต่คือกลไกเชิงพื้นที่ที่ "บังคับ" ให้เกิดความเป็นเอกภาพของสมาชิกในเรือนลองเฮาส์อย่างเป็นรูปธรรม

6.4 การสังเคราะห์ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว

จากการวิเคราะห์ผ่านระดับชั้นของข้อมูลทั้งสามส่วน ผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์การหลอมรวมของหน้าที่และความหมายในเรือนลองเฮาส์ชาวอิโรควอยส์ได้ ดังนี้



รูปที่ 5 การสังเคราะห์ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity State) ผ่านการซ้อนทับของมิติเชิงกายภาพ สังคม และความหมาย

6.4.1 การซ้อนทับของโครงสร้างทางกายภาพและโครงสร้างพฤติกรรม: เมื่อพิจารณารูปที่ 1 (ผังพื้นของ Creese) ร่วมกับรูปที่ 2 (รัศมีแสงของ Gibson) จะเห็นว่าการจัดวางองค์ประกอบทางกายภาพ เช่น แนวเสาและหลุมเก็บของ ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างเป็นอิสระ แต่ถูก "บีบอัด" โดยแรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศจากแม่เตาไฟ ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวในระดับนี้คือการที่ สถาปัตยกรรมไม่ได้เป็นเพียงที่ว่าง แต่เป็นเครื่องมือในการจัดการพลังงาน ที่เชื่อมโยงสัญชาตญาณการอยู่รอดของมนุษย์เข้ากับขอบเขตทางกายภาพของอาคารโดยตรง

6.4.2 การเปลี่ยนผ่านจากหน้าที่เชิงปริมาณสู่ความหมายเชิงคุณภาพ: ผลจาก depthmapX ในรูปที่ 4 ยืนยันว่า แม่เตาไฟคือตำแหน่งที่มีค่าการเชื่อมต่อสูงสุด (Integration core) ซึ่งเมื่อนำมาซ้อนทับกับรัศมีของแสงในรูปที่ 2 จะพบว่า "จุดที่สว่างที่สุด" กับ "จุดที่มีการปฏิสัมพันธ์สูงที่สุด" คือจุดเดียวกัน ภาวะ Unity State ในมิตินี้จึงหมายถึงการที่หน้าที่เชิงเทคนิค (การให้ไฟ) และหน้าที่เชิงสังคม (การสร้างปฏิสัมพันธ์) หลอมรวมเป็นหนึ่งเดียวกัน จนไม่สามารถแยกพื้นที่ทำอาหารออกจากพื้นที่สร้างสายสัมพันธ์ของตระกูลได้ ในรูปที่ 5

6.4.3 ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวในแม่เตาไฟยุคต้น: การวิเคราะห์ทั้งหมดชี้ให้เห็นว่า ในบริบทของเรือนลองเฮาส์ แม่เตาไฟไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเพียง "เฟอร์นิเจอร์" หรือ "ส่วนประกอบ" ของบ้าน แต่ทำหน้าที่เป็น "แกนกลางแห่งการดำรงอยู่" (Existential axis) [2] ที่ยึดโยงทุกมิติเข้าไว้ด้วยกัน ดังที่ปรากฏในผลการวิเคราะห์ที่ให้ค่าสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในเชิงผังพื้น พลังงาน และตรรกะพื้นที่

ดังนั้น ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวของความหมายและหน้าที่ในแม่เตาไฟยุคต้น จึงไม่ใช่เรื่องของความเรียบง่ายทางเทคโนโลยี แต่เป็นเรื่องของ "ความสมบูรณ์เชิงโครงสร้าง" (Structural Integrity) ที่สถาปัตยกรรมยุคต้นสามารถรักษาความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ สังคม และสภาพแวดล้อมไว้ในจุดศูนย์กลางเดียวได้อย่างทรงพลัง

7. อภิปรายผล

จากการศึกษาภาวะความเป็นหนึ่งเดียว (Unity state) ของแม่เตาไฟในเรือนลองเฮาส์ชาวอิโรควอยส์ ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสถาปัตยกรรมและทฤษฎีเชิงสหวิทยาการ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

7.1 ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงพื้นที่ (Spatial unity): การเป็นศูนย์รวมของพื้นที่ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม DepthmapX ในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ยืนยันว่าแม่เตาไฟทำหน้าที่เป็น "แกนกลางแห่งการเชื่อมโยง" (Integration core) ที่ทรงพลังที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการพิจารณาเฉพาะทางเดินกลางหรือขอบเขตอาคารทั้งหมด ตำแหน่งของแม่เตาไฟคือจุดที่ค่าสถิติการเข้าถึงสูงที่สุดเสมอ สิ่งนี้สะท้อนภาวะ Spatial unity ที่สถาปัตยกรรมทำหน้าที่บังคับการสัญจรและการรับรู้เชิงสายตาให้พุ่งเข้าหาศูนย์กลางอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้พื้นที่ส่วนบุคคลและพื้นที่ส่วนรวมหลอมรวมกันผ่านแกนกลางนี้

7.2 ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงสังคม (Social unity): การเป็นพื้นที่เล่าเรื่องและสืบสานวัฒนธรรม ข้อมูลจากผังพื้นของ Creese ในรูปที่ 1 และแนวคิดเรื่อง Moral Element ของ Semper ชี้ให้เห็นว่าแม่เตาไฟคือพื้นที่ผลิตสร้างความสัมพันธ์ทางสังคม การที่ไม่มีผนังกั้นทึบระหว่างหน่วยพักอาศัยขนาบข้างแม่เตาไฟ ทำให้เกิดภาวะการใช้ชีวิตแบบคอมมูน (Communism in living) ภาวะ Social Unity ในมิตินี้จึงปรากฏชัดผ่านการใช้พื้นที่รอบเตาไฟเป็นพื้นที่ "เล่าเรื่อง" และประกอบกิจกรรมร่วมกันของตระกูลขยาย เป็นจุดที่วัฒนธรรมและความเชื่อถูกถ่ายทอดผ่านประสบการณ์การอยู่ร่วมกันในพื้นที่เดียว

7.3 ความเป็นหนึ่งเดียวเชิงหน้าที่ (Functional unity): การหลอมรวมปัจจัยแห่งการดำรงอยู่ ผลการวิเคราะห์รัศมีพลังงานในรูปที่ 2 ตามแนวคิด Affordance ของ Gibson แสดงให้เห็นว่าหน้าที่เชิงกายภาพ (การให้ความร้อน แสงสว่าง และการปรุงอาหาร) ไม่ได้เป็นเพียงฟังก์ชันแยกส่วน แต่เป็น "แรงขับเคลื่อนเชิงนิเวศ" (Ecological force) ที่บีบอัดพฤติกรรมมนุษย์ให้เข้าหาศูนย์กลาง ภาวะ Functional unity คือการที่สัญชาตญาณการอยู่รอดหลอมรวมเข้ากับตำแหน่งทางสถาปัตยกรรม จนหน้าที่ทางกายภาพกลายเป็นตัวกำหนดรูปแบบการใช้ชีวิตที่ไม่อาจแยกออกจากกันได้

7.4 ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวในฐานะศูนย์กลางเชิงการดำรงอยู่ (Existential synthesis) เมื่อพิจารณาทั้ง 3 มิติร่วมกันผ่านแนวคิดของ Norberg-Schulz จะพบว่าแม่เตาไฟคือจุดบรรจบที่เปลี่ยน "พื้นที่" (Space) ให้กลายเป็น "สถานที่" (Place) หรือ จุดยึดเหนี่ยวการดำรงอยู่ (Existential foothold) ความเป็นหนึ่งเดียวที่เกิดขึ้นจึงเป็นภาวะที่สถาปัตยกรรมทำหน้าที่ตอบสนองมนุษย์ครบทุกมิติ ตั้งแต่ระดับกายภาพ (ความร้อน) ระดับสังคม (ปฏิสัมพันธ์) ไปจนถึงระดับจิตวิญญาณ (ความหมายของบ้าน) ภายใต้โครงสร้างทางกายภาพเพียงหนึ่งเดียว

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยเรื่องภาวะความเป็นหนึ่งเดียวของความหมายและหน้าที่ในแม่เตาไฟยุคต้น ผ่านกรณีศึกษาเรือนลองเฮาส์ของชาวอิโรควอยส์ ประสบความสำเร็จในการพิสูจน์ว่า แม่เตาไฟไม่ได้เป็นเพียงองค์ประกอบเชิงหน้าที่ แต่เป็น "กลไกก่อรูปทางสถาปัตยกรรม" ที่ถักทอระเบียบทางกายภาพและระเบียบทางสังคมเข้าด้วยกันอย่างสมบูรณ์ ข้อสรุปที่สำคัญมีดังนี้

การนิยามภาวะ Unity State: ภาวะความเป็นหนึ่งเดียวในแม่เตาไฟยุคต้นคือสภาวะที่สถาปัตยกรรมตอบสนองต่อสัญชาตญาณการอยู่รอด (Biological need) และการสถาปนาความหมายเชิงสถานที่ (Existential place) ในตำแหน่งเดียวกัน โดยมีแม่เตาไฟเป็นแกนกลางที่ไม่อาจแยกส่วนได้

หลักฐานจากกรณีศึกษา: ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยี Space syntax (DepthmapX) และทฤษฎีการรับรู้เชิงนิเวศ ยืนยันว่าแม่เตาไฟในเรือนลองเฮาส์ทำหน้าที่เป็น "แกนกลางแห่งการเชื่อมโยง" (Integration core) ที่ทรงพลังที่สุด ซึ่งควบคุมทั้งการสัญจร แสงสว่าง และการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของสมาชิกในตระกูล

คุณค่าของสถาปัตยกรรมยุคต้น: งานวิจัยชี้ให้เห็นว่า ความเข้มแข็งของสถาปัตยกรรมยุคต้นไม่ได้มาจากความซับซ้อนของเทคโนโลยี แต่มาจากความสามารถในการรักษา "ความเป็นศูนย์กลาง" ที่รวบรวมหน้าที่ทางกายภาพ (Functional) ตรรกะเชิงพื้นที่ (Spatial) และมิติทางจิตวิญญาณ (Social/Symbolic) ไว้ภายใต้โครงสร้างเดียว

การขยายขอบเขตการศึกษา: ผู้วิจัยเสนอให้มีการนำกรอบแนวคิด Unity state (3 มิติ: Spatial, Social และ Functional) นี้ไปทดลองใช้กับสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในภูมิภาคอื่นที่มีปัจจัยเชิงนิเวศแตกต่างกัน เช่น เรือนไทยเดิม หรือเรือนพื้นถิ่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อตรวจสอบว่า "ภาวะความเป็นหนึ่งเดียว" จะมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบอย่างไรภายใต้เงื่อนไขของสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

การวิจัยเชิงลึกด้านวัสดุศาสตร์มานุษยวิทยา: ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในมิติของ Tectonics หรือความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุก่อสร้างกับการจัดการพลังงานไฟในยุคต้น เพื่อขยายความเข้าใจในทฤษฎีของ Semper ให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Semper, G. (1989). The four elements of architecture and other writings (H. F. Mallgrave & W. Herrmann, Trans.). Cambridge University Press.

[2] Norberg-Schulz, C. (1979). Genius loci: Towards a phenomenology of architecture. Rizzoli.

[3] Hillier, B., & Hanson, J. (1984). The social logic of space. Cambridge University Press.

[4] Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception. Houghton Mifflin.

[5] Morgan, L. H. (1965). Houses and house-life of the American aborigines. University of Chicago Press. (Original work published 1881)

[6] Creese, J. L. (n.d.). Post molds and preconceptions: New observations about Iroquoian longhouse architecture. Ontario Archaeology.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

แนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

A passive defense approach to vernacular architecture formation

ฐิฏิมา อัมพวรรณ* **และ อดิศร ศรีเสาวนันท์**

หลักสูตรสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

*E-mail: thidima.u@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรม ระบุและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของกรอบแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ขยายขอบเขตการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับแนวคิดการปกป้องเชิงรับ เสนอโครงร่างกรอบทฤษฎีและอภิปรายรูปแบบการป้องกันภัยสู่องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ด้วยสมมติฐานงานวิจัยที่ว่าการปกป้องเชิงรับคือกรอบแนวคิดและแนวทางที่ใช้ทำความเข้าใจและตีความสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น สร้างความเข้าในกระบวนการก่อรูปผ่านวิธีการป้องกันภัยสู่การสร้างรูปแบบทางกายภาพและเชิงสัญลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไปตามถิ่นฐาน ภัย และประสบการณ์ของมนุษย์ ข้อค้นพบในงานวิจัยครั้งนี้พบว่าการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นตั้งแต่ยุคแรกจนถึงปัจจุบันเกิดขึ้นเพื่อปกป้องมนุษย์จากความแปรปรวนของภูมิอากาศ การคุกคามจากมนุษย์และสัตว์ และภัยต่อจิตวิญญาณ แสดงวิธีป้องกันภัยผ่านหลักการพื้นฐานและรูปแบบการป้องกันภัยเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยเมื่ออาศัยภายในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น โดยมีรูปแบบการป้องกันภัยพื้นฐาน ได้แก่ การขุด การปิดล้อม การยก เป็นต้น ผลการศึกษาสรุปตัวแปรของกรอบแนวคิดสามตัวแปร ได้แก่ ภัย มนุษย์และสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ที่สัมพันธ์ผ่านความรู้สึกไม่ปลอดภัยของมนุษย์ที่อยู่ภายนอกอาคารและมีภัยเข้ามากระทำ มนุษย์ก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยเมื่อได้รับการปกป้องจากภัย จำแนกรูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นตามกรอบแนวคิดเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปใต้ดิน บนดินและเหนือดิน โดยมีที่ตั้ง ภัย และวิธีการป้องกันภัยเป็นปัจจัยสำคัญในการก่อรูปดังกล่าว จากวิธีการป้องกันภัยก่อรูปด้วยปัจจัยเงื่อนไขที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิงทรัพยากรพื้นถิ่นและประเภทของบ้าน ก่อรูปเป็นหกองค์ประกอบการป้องกันภัยทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ได้แก่ ระดับ การจัดการเชิงพื้นที่ โครงสร้าง การปิดล้อม ช่องเปิดและเฟอร์นิเจอร์ เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการศึกษาการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

คำสำคัญ: ปกป้องเชิงรับ ก่อรูป สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ภัยพิบัติ

Abstract

This article aims to literature review, identify and analyze the relationship between the variables of the passive defense concept framework to the formation of vernacular architecture. Expanding the scope of in-depth study of the concept of passive defense. It presents a theoretical framework and discusses the principles of protection to vernacular architectural elements. Based on the research hypothesis that passive defense is a conceptual framework and approach used to understand and interpret vernacular architecture. Creating an understanding of the process of formation through the prevention of threats to create different physical and symbolic forms according to the location, threats and human experiences. The findings of this research indicate that the formation of vernacular architecture from the earliest times to the present has been to protect humans from climate variability, human and animal threats, and threats to the spirit. Demonstrate how to protect through basic principles and forms of protection to create a feeling of security when living within vernacular architecture. Basic forms of protection include digging, enclosing, and lifting, etc. The study results summarized the three conceptual framework variables: threats, humans and vernacular architecture, which are related through the feeling of insecurity of people outside the building and being attacked by threats. Humans have created vernacular architecture to create a feeling of security when protected from danger. Vernacular architecture can be classified according to concept into 3 groups: vernacular architecture, namely underground, above ground and above ground. Location, threats and principles of protection are important factors in forming such a structure. From the disaster prevention method, it is formed by the factors of location, climate and shelter requirements, local resources and types of houses, forming 6 elements of vernacular architectural include levels, spatial arrangement, structure, enclosure, openings and furniture to serve as a framework for studying the formation of vernacular architecture.

Keywords: Passive defense, Formation vernacular architecture, Disaster

1. บทนำ

การทำความเข้าใจสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นอย่างที่สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเป็น ควรเริ่มต้นจากปัจจัยแรกสร้างคือความต้องการที่พักพิงอาศัยที่มีความสามารถปกป้องมนุษย์ และก่อให้เกิดความรู้สึกปลอดภัย (Feeling of security)จากภัยในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นความต้องการดั้งเดิมของมนุษย์สู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ส่งผลต่อวิธีการ วิธีคิด รูปแบบ ขนาดสัดส่วน ตำแหน่งการจัดวางพื้นที่ และรูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ณ ช่วงเวลานั้น การก่อรูปเกิดจากการปกป้องเชื่อมโยงอย่างซับซ้อนกับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ที่ตั้ง ภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิง ศาสนา สภาพเศรษฐกิจและสังคม วัสดุ การก่อสร้างและเทคโนโลยี [1] ประกอบสร้างรูปแบบการป้องกันที่จับต้องได้ ก่อรูปสัญลักษณ์สร้างความรู้สึกปลอดภัยของผู้อยู่อาศัย ทั้งนี้มักปรากฏร่องรอยของความรู้สึกทางจิตวิทยาของผู้อยู่อาศัย

การศึกษาแนวคิดการปกป้องเชิงรับเป็นแนวทางหรือกรอบแนวคิดในการศึกษา วิเคราะห์ วิพากษ์สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไม่พบแนวทางที่ชัดเจนและยังไม่พบการถกเถียงในวงวิชาการในประเทศไทยองค์ความรู้ยังไม่ได้รับการขยายหรือเติมเต็มทุกมิติ พบการกล่าวถึงในเบื้องต้นจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น การสร้างองค์ความรู้จากแนวคิดความเป็นส่วนตัวในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในพื้นที่มุสลิมการศึกษาด้านวัสดุ เทคนิคการก่อสร้างในพื้นที่ที่มีภัยจากแผ่นดินไหว เป็นต้น การเกริ่นนำด้วยแนวคิดการปกป้องสู่การศึกษาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นผ่านความเป็นส่วนตัว (Privacy) คติความเชื่อ (Belief) สัญลักษณ์ (Symbol) ตามแนวคิดของวัฒนธรรม กรอบแนวทางการกำหนดรูปแบบของอาคาร รวมถึงแนวคิดอื่น ๆ ได้แก่ แนวคิดของสภาพภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิง แนวคิดของวัสดุ การก่อสร้างและเทคโนโลยี แนวคิดของเงื่อนไขที่ตั้งและทฤษฎีทางเลือกของรูปแบบสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นต้น [2] การปกป้องได้รับการกล่าวถึงในฐานะการเป็นปัจจัยความสำคัญในการเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเอกสารต่าง ๆ แสดงเนื้อหาสั้น ๆ และประเด็นที่หลากหลายกระจัดกระจาย ไม่ได้รับการรวบรวมเพื่อเรียงร้อยแสดงความเชื่อมโยงความแตกต่างหรือพัฒนาการ และใช้แนวคิดปกป้องเพื่อตีความและอธิบายสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นช่องว่างองค์ความรู้ทางวิชาการที่ผู้วิจัยสนใจเติมเต็มองค์ความรู้ของการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่เกิดจากความต้องการของมนุษย์เพื่อปกป้องตนเองครอบครัว อาหารของมีค่า หรือการปกป้องจิตวิญญาณความเชื่อเฉพาะกลุ่มวัฒนธรรม อธิบายปรากฏการณ์ ความหมาย ที่มาของรูปแบบการปกป้องเชิงกายภาพและสัญลักษณ์ ที่ส่งผลให้เกิดการก่อตัวในลักษณะต่าง ๆ เป็นพื้นที่ลำดับชั้นสิ่งประดับหรือองค์ประกอบอื่น ๆ ของสถาปัตยกรรมภายในและสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เพิ่มมิติคำอธิบายจากความต้องการที่พักพิงที่เกิดขึ้นจากความรู้สึกปลอดภัย แนวคิดการปกป้องเชิงรับเป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจการก่อหรือเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ผู้วิจัยเล็งเห็นประโยชน์ที่จะนำไปสู่การสร้างแนวทางให้นักวิชาการ นักศึกษาหรือบุคคลที่สนใจจะสามารถต่อยอดองค์ความรู้จากสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เพื่อสร้างสรรค์งานวิชาการและงานออกแบบต่อไป

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทบทวนวรรณกรรม ระบุและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของกรอบแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

3. ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตของกรอบทฤษฎีที่ใช้ศึกษา ผู้วิจัยกำหนดแนวคิดตั้งต้นเรื่องการปกป้องในงานเขียนเรื่อง House Form and Culture ของ เอมอส ราโปพอร์ต (Amos rapoport) ที่กล่าวถึงปัจจัยที่มีปฏิสัมพันธ์ที่ซับซ้อนระหว่าง การปกป้อง (Defense) ที่สัมพันธ์กับที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิง ศาสนา เศรษฐกิจ และวัสดุ การก่อสร้าง เทคโนโลยี ซึ่งส่งผลต่อการก่อและเปลี่ยนรูปที่อยู่อาศัยพื้นถิ่น เป็นกรอบแนวคิดหลักที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแนวคิดการปกป้องเชิงรับมีหลักการมีวิธีหรือรูปแบบการป้องกันภัยเพื่อการสร้างความรู้สึกปลอดภัยต่อร่างกาย จิตวิญญาณและภัยจากภายนอกโดยวิธีและรูปแบบเหล่านั้นจะแตกต่างกันตามประสบการณ์และการรับรู้ในแต่ละวัฒนธรรม ขยายขอบเขตผ่านเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวของกับแนวคิดการปกป้องเชิงรับในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

ขอบเขตของเนื้อหาและวิธีการศึกษาการปกป้องในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นในงานวิจัยนี้มุ่งความสนใจไปยังบ้านและที่อยู่อาศัยพื้นถิ่น โดยขอบเขตของเนื้อหาขั้นต้นด้วยข้อเขียนเรื่องการปกป้องของพอล โอลิเวอร์ (Paul oliver) และเอมอส ราโปพอร์ตกำหนดเป็นขอบเขตเนื้อหากลุ่มภัยเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ภัยจากธรรมชาติ ภัยจากมนุษย์ และภัยต่อวัฒนธรรม ขยายขอบเขตผ่านการศึกษาเอกสารชั้นต้นที่มีผู้บันทึกเอาไว้ โดยเป็นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเท่านั้น เพื่อระบุและอภิปรายพัฒนาการของรูปแบบการป้องกันภัยตามแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อหรือเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เพื่อพัฒนาแนวคิดจากกรอบทฤษฎีการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่สร้างขึ้นอภิปรายประเด็นที่เอื้อต่อกระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัยในการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น วิธีการและรูปแบบที่ใช้มีความแตกต่างและเหมือนกันร่วมกันในแต่ละถิ่นที่ การส่งต่อวิธีการสร้างความรู้สึกปลอดภัย รูปแบบการป้องกันภัยตามแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปหรือเปลี่ยนแปลงรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น พัฒนาการ การดำรงอยู่ การเติบโต การสูญสลาย เงื่อนไขและตีความเชื่อมโยงและสังเคราะห์เป็นผลของการศึกษา

เนื่องจากบทความงานวิจัยเรื่องนี้เป็นงานวิจัยที่มีทฤษฎีพื้นฐานเบื้องต้นบางส่วนประเด็นของการอภิปรายที่สร้างขึ้นด้วยคำถามงานวิจัยจึงใช้ข้อเสนอและแนวคิดจากนักทฤษฎีเป็นสำคัญ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปกป้องอันเป็นปัจจัยพื้นฐานของการการก่อหรือเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเพื่อสร้างกรอบแนวคิดเติมเต็มช่องว่างทางความรู้ในการศึกษา ทำความเข้าใจและวิพากษ์งานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ประเด็นอภิปรายที่สร้างขึ้นด้วยคำถามการวิจัยและกลุ่มตัวอย่างเป็นกรณีศึกษา แสดงมูลเหตุ วิธีคิด วิธีการใช้และรูปแบบที่ถูกเลือกใช้ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลายปัจจัยแวดล้อมและปัจจัยภายในก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นตามถิ่นฐาน

กระบวนการรวบรวมข้อมูลและปฏิบัติข้อมูลสร้างความแข็งแรงให้โครงร่างทฤษฎีที่นำมาใช้พิสูจน์สมมติฐาน อภิปรายพัฒนาการ วิธีการสู่รูปแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัย ประเด็นเนื้อหาในบทความนี้แบ่งแผนดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ข้อคิดเห็นที่เสนอไว้ก่อน 2) กระบวนการวิเคราะห์โครงร่างทฤษฎี 3) กระบวนการรวบรวมข้อมูลและ 4) กระบวนการอภิปรายและสรุปผล

4.1 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ข้อคิดเห็นที่เสนอไว้ก่อน กำหนดใช้ปัญหา การทบทวนแนวคิดและข้อคิดเห็นที่เสนอไว้ก่อน (Problem and conceptual review) ศึกษาและวิเคราะห์เพื่อหาช่องว่างทางความรู้ เติมเต็มองค์ความรู้ทางวิชาการจากแนวคิดหรือข้อเสนอที่เกี่ยวกับการปกป้อง และการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นวิธีการวิจัยเพื่อกำหนดที่มาและความสำคัญสมมติฐานงานวิจัย ประเด็นปัญหาของการอภิปรายและการสรุปผล และสู่นำไปสู่ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์โครงร่างทฤษฎีการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการวิเคราะห์โครงร่างทฤษฎี (Draft of Theory Framework) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลจากการรวบรวมข้อคิดเห็นที่เสนอไว้ก่อน เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สร้างกรอบแนวคิดและโครงร่างทฤษฎีเชื่อมโยงตัวแปร ปัจจัย วิธีคิดในการสร้างความรู้สึกปลอดภัยสู่วิธีการป้องกันภัยสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

ขั้นตอนที่ 3 สร้างกระบวนการรวบรวมข้อมูล (Data collection) นำโครงร่างทฤษฎีสร้างเครื่องมือและแผนการดำเนินการเพื่อรวบรวมข้อมูลด้วยกรอบแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นสร้างระเบียบวิธีวิจัย ดังนี้

- การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำปัจจัยจากโครงร่างทฤษฎีเป็นแนวทางและใช้เป็นคำสำคัญเพื่อศึกษาทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยเป็นการศึกษางานวิจัยเชิงประวัติศาสตร์งานวิจัยพื้นฐานที่ศึกษาด้านกายภาพอาคาร การจัดวางผังรูปด้าน พฤติกรรมการใช้งาน รูปแบบและพัฒนาการ และมิติอื่น ๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับปัจจัยการก่อหรือเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ได้แก่ ภัย การตั้งถิ่นฐาน ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ ความเชื่อ สภาพเศรษฐกิจและสังคม วัสดุ การก่อสร้างและเทคโนโลยี

- การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นขั้นตอนเพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบและแสดงให้เห็นกระบวนการศึกษาการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นผ่านกรอบทฤษฎีที่สร้างขึ้นจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและการลงภาคสนามครั้งที่ 1 ผู้วิจัยสรุปเกณฑ์การคัดเลือกประชากรและกลุ่มตัวอย่าง และออกแบบวิธีการเครื่องมือในการเก็บข้อมูลเพื่อรวบรวมข้อมูลที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ ตีความ และอภิปรายด้วยมุมมองใหม่ เติมเต็มช่องว่างทางความรู้ที่นักวิชาการได้เสนอไว้ก่อน

ขั้นตอนที่ 4 สังเคราะห์และอภิปรายกรอบแนวคิด (Synthesis and Conception discussion) กำหนดใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเชิงบรรยาย (Content analysis) และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ตัวแปร

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการปกป้องเชิงรับในงานสถาปัตยกรรม

5.1 โจเซฟ กิลต์ (Joseph Gwilt)

การป้องกันจากความแปรปรวนของฤดูกาลถือเป็นหัวใจสำคัญของสถาปัตยกรรม แสดงให้เห็นนัยยะสำคัญของการปกป้องเป็นมูลเหตุการก่อรูปและบทบาทหน้าที่ของสถาปัตยกรรม แม้จะไม่มีการขยายความ"การปกป้อง"แต่พบข้อเสนอที่น่าสนใจในงานเขียนส่วนที่ 1 หัวข้อความต้องการของมนุษย์และอาคารหลังแรก โดยอธิบายถึงการปกป้องของอาคารแต่ละหลังขึ้นอยู่กับอาชีพและสถานการณ์ที่แตกต่างกัน มนุษย์แสวงหาพื้นที่ภายในและย้ายตนเองจากพื้นที่ภายนอกเข้าไปพักพิงเพื่อปกป้องตนเองจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ [3] ผู้วิจัยสรุปวิธีการป้องกันภัยในงานเขียนชิ้นนี้ ได้แก่ การสร้างที่กำบังและการเพิ่มความแข็งแรง และเป็นวิธีการป้องกันภัยแรก ๆ ที่ปรากฏในงานเขียนที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดการปกป้องในงานสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ต่อมาทั้ง

สองวิธีการป้องกันภัยนี้ได้ส่งต่อสู่คนรุ่นหลังและมีการพัฒนารูปแบบให้มีศักยภาพในการปกป้องได้ทุกสภาพอากาศ

5.2 คอนสแตนตินอส อปอสโตลู โดเซียดิส (Constantinos A. Doxiadis)

หลักการปกป้องพื้นที่เป็นหนึ่งในศาสตร์การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ที่ถูกเสนอโดยโดเซียดิสงานเขียนแสดงให้เห็นความสำคัญของการเพิ่มความสามารถในการปกป้องพื้นที่ของมนุษย์ที่สัมพันธ์กับหลักการอื่น ในศาสตร์นี้ โดยมีวิธีการป้องกันภัยและการแสดงออกในการปกป้องพื้นที่ 2 รูปแบบ ได้แก่ การเว้นระยะห่างและการห่อหุ้ม การเว้นระยะห่างในการตั้งถิ่นฐานเป็นการเว้นระยะห่างจากมนุษย์ สัตว์ หรือสิ่งของที่มนุษย์เลือกที่จะมีความสัมพันธ์ด้วยในระยะที่ไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกไม่สบายใจหรือไม่ปลอดภัยเมื่อมองเห็น [4]

5.3 เอมอส ราโปพอร์ต (Amos Rapoport)

ราโปพอร์ตเสนอนิยามและแนวคิดเกี่ยวกับการปกป้องเพื่ออธิบายรูปแบบของเมืองมากกว่าที่จะใช้อธิบายรูปแบบของที่อยู่อาศัย ทั้งนี้การปกป้องมีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจเลือกรูปแบบที่อยู่อาศัย โดยการปกป้องมีรูปแบบที่สามารถมองเห็นได้ด้วยลักษณะทางกายภาพและเชิงสัญลักษณ์ ตัวแปรที่ส่งผลให้รูปแบบที่อยู่อาศัยแตกต่างกันภายใต้แนวคิดการปกป้อง ได้แก่ ทัศนคติและการให้คุณค่า สภาวะความเสี่ยงภัย รูปแบบของครอบครัวและที่ตั้ง ซึ่งแต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ปัจจัยที่นำไปสู่การก่อหรือเปลี่ยนรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นตามข้อเสนอของราโปพอร์ต ได้แก่ ที่ตั้ง ภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิง ศาสนา สภาพเศรษฐกิจและสังคม วัสดุ การก่อสร้างและเทคโนโลยี [1]

5.4 ออสก้า นิวแมน (Oscar Newman)

พื้นที่ปกป้องตนเอง (Defensible space) เป็นทฤษฎีการปรับโครงสร้างทางกายภาพของชุมชนเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยสามารถปกป้องควบคุมพื้นที่บ้านและสภาพแวดล้อมได้ โดยนิวแมนเสนอแนวคิดที่ว่าการออกแบบที่ดีสามารถช่วยให้ผู้อยู่อาศัยมีความรู้สึกเป็นเจ้าของและรับผิดชอบต่อพื้นที่ ซึ่งสามารถกระตุ้นให้เกิดการปกป้องพื้นที่นั้น นิวแมนได้เสนอแนะเรื่องระดับของพื้นที่ปกป้องตนเอง 4 ระดับ ได้แก่ 1) อาณาเขตสาธารณะ (Public) 2) อาณาเขตกึ่งสาธารณะ (Semi-Public) 3) อาณาเขตกึ่งส่วนตัว(Semi-Private) 4) อาณาเขตส่วนตัว (Private) โดยเมื่อแบ่งแยกอาณาเขตทางกายภาพตามระดับอย่างชัดเจนจะส่งผลต่อคุณสมบัติด้านการปกป้องตนเองเพราะเมื่อรู้สึกเป็นเจ้าของอาณาเขตจะก่อให้เกิดความรู้สึกหวงแหนการปกป้องหรือโต้ตอบเมื่อมีการรุกล้ำอาณาเขตจะมีมากที่สุดเมื่อเป็นอาณาเขตส่วนตัวและลดน้อยลงไปตามระดับความไกลตัว [5]

5.5 พอล โอลิเวอร์ (Paul oliver)

การปกป้องและรูปแบบการป้องกันเกิดจากความต้องการที่อยู่อาศัยที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ถึงอันตรายหรือภัยคุกคามต่อวัฒนธรรม การคาดการณ์ถึงภัยธรรมชาติหรือความกลัวต่อการทำลายล้างจากพลังธรรมชาติ การปกป้องเป็นมูลเหตุในการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นของมนุษย์ที่จากความต้องการที่พักพิงที่กำบังป้องกันภัยของมนุษย์ โดยอธิบายเชื่อมโยงถึงความกลัวที่ส่งผลเป็นเงื่อนไขในการเลือกสถานที่และการตั้งถิ่นฐาน โดยการรับรู้และการตระหนักถึงความเสี่ยงของภัยธรรมชาติจะแตกต่างกันไปในแต่ละวัฒนธรรมการป้องกันตัวจากสัตว์กินเนื้อเป็นปัจจัยในการระบุตำแหน่งเฉพาะของแต่ละถิ่นฐาน โดยโอลิเวอร์ได้เสนอหลักการพื้นฐานการป้องกันภัยตามประเภทของภัย ได้แก่ ภัยธรรมชาติเสนอหลักการการเลือกที่ตั้งและการสร้างอาณาเขต ภัยจากมนุษย์เสนอหลักการตำแหน่งปลอดภัยและอาคารที่มีโครงสร้างป้องกันภัย ภัยจากสัตว์เสนอหลักการการเลือกที่ตั้ง และสุดท้ายได้แก่ ภัยที่ส่งผลต่อวัฒนธรรมและจิตวิญญาณเสนอหลักการลำดับชั้นการแบ่งเขตเชิงพื้นที่และตำแหน่งศักดิ์สิทธิ์ [6]

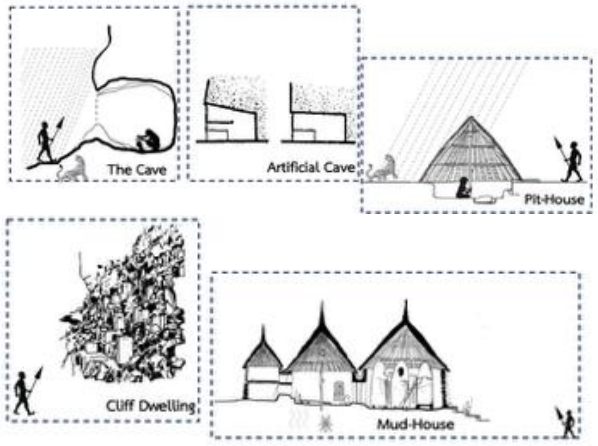
ความเหมือนและความแตกต่างของข้อเสนอเรื่องการปกป้องระหว่างโอลิเวอร์และราโปพอร์ต มีความน่าสนใจดังนี้ความเหมือนคือการเลือกที่ตั้งเป็นปัจจัยในการป้องกันภัยโดยมีความแตกต่างในรายละเอียดที่ให้ความสำคัญแตกต่างกัน เช่น ราโปพอร์ตให้ความสำคัญต่อการปกป้องยุ้งฉางเพราะเป็นพื้นที่สำคัญในการเก็บอาหารที่ใช้เพื่อดำรงชีวิตของคนในยุคดั้งเดิม และได้อธิบายถึงการปกป้องตนเองจากสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แมลง ยุง หรือสัตว์ที่ก่อความรำคาญ ในขณะที่โอลิเวอร์ได้แบ่งประเภทของภัยที่มนุษย์ต้องปกป้องชีวิตและทรัพย์สินอย่างชัดเจน ได้แก่ ภัยจากธรรมชาติ ภัยจากศัตรูและผู้ล่า ภัยจากสัตว์ป่า และภัยที่ส่งผลต่อวัฒนธรรมรวมถึงอธิบายถึงการรับรู้ถึงภัยที่แตกต่างกันในแต่ละวัฒนธรรม และวิธีการป้องกันภัยด้วยการหลีกเลี่ยงการเรียนรู้ลักษณะนิสัยของสัตว์ป่าที่แสดงความเฉพาะของพื้นที่เพื่อเอาชีวิตรอด วิธีการป้องกันภัยที่ง่ายที่สุดอาจหาได้จากคุณสมบัติของภูมิประเทศโดยวิธีที่ประหยัดที่สุดคือการปกปิดและกีดขวางการเข้าถึงจากภัย ในขณะที่ในสังคมเมืองขนาดใหญ่และมีกำลังคนเลือกที่ตั้งบนที่สูงเพื่อสร้างป้อมปราการและคันน้ำเพื่อปกป้องปราสาทและผู้ปกครอง

6. ผลการวิจัย

6.1รูปแบบการป้องกันภัยในแนวคิดการปกป้องเชิงรับ

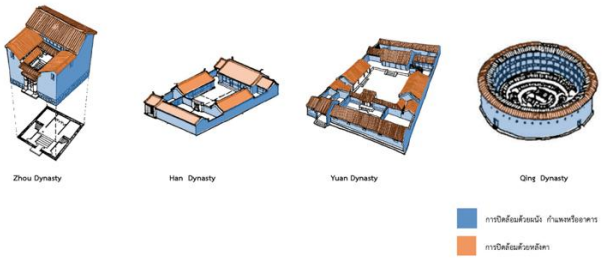
การป้องกันภัยจากความแปรปรวนของฤดูกาลถือเป็นหัวใจสำคัญของสถาปัตยกรรม [3] ความสำคัญของรูปแบบการป้องกันภัยมีบทบาทหน้าที่ป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมโดยรูปแบบการป้องกันภัยในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเริ่มต้นขึ้นตั้งแต่มนุษย์ยุคแรกแสวงหาสถานที่สำหรับ "หลบภัย" ภายในถ้ำหรือเหนือต้นไม้ มนุษย์ย้ายตนเองจากที่โล่งภายนอกเข้าสู่พื้นที่ภายในเพื่อปกป้องตนเองและขจัดความรู้สึกไม่ปลอดภัยที่เกิดขึ้นจากสภาพอากาศที่เลวร้าย การโจมตีจากศัตรูผู้รุกรานหรือสัตว์ป่า ก่อเกิดความรู้สึกปลอดภัยในการดำรงชีวิตโดยไม่ได้คำถึง

ความสะดวกสบายต่อมามนุษย์เริ่มก่อรูปที่พักอาศัย ปรากฏเป็นรูปแบบเพื่อใช้ป้องกันภัยประเภทต่าง ๆ ที่ตนเองเผชิญ จากการศึกษาผู้วิจัยสรุปรูปแบบการป้องกันภัยในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ตามลักษณะทางกายภาพของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปใต้ดิน กลุ่มที่ 2 รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปบนดิน และ กลุ่มที่ 3 รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปเหนือดิน จากการศึกษารูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปใต้ดินนั้น พบว่านอกจากรูปแบบการขุดและปิดล้อมซึ่งเป็นรูปแบบป้องกันภัยหลักแล้ว ในการตั้งถิ่นฐานของกลุ่มสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปใต้ดินเกิดรูปแบบการป้องกันภัยด้วยการรวมกลุ่ม และปิดล้อมชั้นนอกอีกชั้นเพื่อสร้างความเข้มแข็งข่มขวัญศัตรูและปกป้องกลุ่มไม่ให้ศัตรูเข้าจู่โจม



รูปที่ 2 "การขุดและปิดล้อม" รูปแบบการป้องกันภัยในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปใต้ดิน

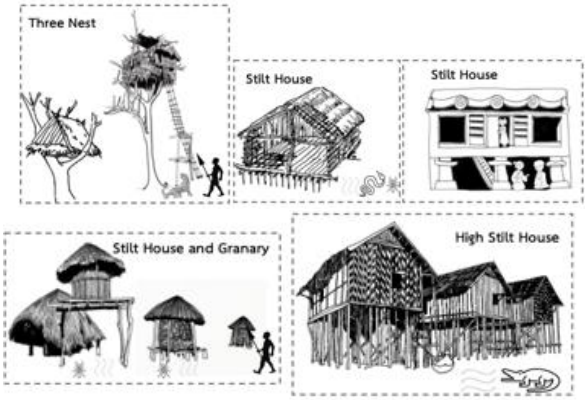
กลุ่มที่ 2 รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปบนดิน มนุษย์เริ่มพัฒนาและก่อรูปที่พักพิงชั่วคราวและถาวรบนพื้นดิน เริ่มตั้งแต่การก่อรูปเต็นท์ของกลุ่มผู้ล่าสัตว์ หรือเลี้ยงสัตว์กลางทุ่ง ทั้งนี้ผู้วิจัยของยกตัวอย่างและสรุปผลการศึกษารูปแบบการป้องกันภัยที่สำคัญของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นจีนที่ก่อรูปบนดินตั้งแต่สมัยราชวงศ์โจถึงราชวงศ์หมิง ได้แก่ การปิดล้อมและลำดับการเข้าถึง เนื่องจากเป็นรูปแบบที่แสดงถึงรากที่หยั่งลึกของรูปแบบป้องกันภัยและได้รับการส่งต่อไปยังดินแดนต่าง ๆ ที่มีการย้ายถิ่นของชาวจีนโพ้นทะเล ชนชาติจีนเป็นชนชาติที่มีมาอย่างยาวนานตั้งแต่ 7000-3000 ปี ก่อนคริสตกาล รูปแบบการป้องกันภัยของชนชาติจีน ได้แก่ กำแพงเมืองจีน (Great wall of china) สิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ตัวแทนของจักรวรรดิจีน ที่แสดงถึงรากของวิธีคิด วิธีการสู่รูปแบบการป้องกันภัย เนื่องจากการเมืองการปกป้องของจีนแบ่งอาณาจักรเป็นรัฐน้อยใหญ่มากมายและมีแย่งชิงอำนาจกันตลอด กำแพงเมืองแรกเริ่มที่ถูกสร้างขึ้นโดยรัฐฉีเพื่อป้องกันการโจมตีจากรัฐหลู่ และแนวคิดการสร้างกำแพงเมืองยังคงดำเนินต่อมา และเกิดเป็นกำแพงเมืองจีนขึ้นเมื่อชาวจีนต้องการปกป้องตนเองจากการถูกโจมตีโดยชนเผ่าเร่ร่อนทางตอนเหนือ การปกป้องอาณาจักรที่เพิ่งก่อตั้งนี้มีความสำคัญเพราะการจู่โจมของชนเผ่าเร่ร่อนก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจต่อเศรษฐกิจที่กำลังพัฒนา และเมื่ออยู่ในภาวะปกติสุขกำแพงเมืองจีนเป็นสัญลักษณ์ของความเป็นระเบียบเรียบร้อยของจีน ผู้วิจัยสรุปรูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปบนดิน ได้แก่ การปิดล้อมลำดับการเข้าถึง ผู้วิจัยสรุปในเบื้องต้นหัวข้อการปิดล้อมและลำดับการเข้าถึง รูปแบบการป้องกันภัยในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปบนดิน กรณีศึกษาสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นจีนประเภทบ้านลานและตึกแถวสมัยราชวงศ์หยวน หมิงและชิง ตามลำดับ



รูปที่ 3 "การปิดล้อม" รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปบนดิน

ที่มาของภาพ: ดัดแปลงจาก Ronald, G.K. 2000

กลุ่มที่ 3 รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปเหนือดิน มนุษย์เริ่มพัฒนาและก่อรูปที่พักพิงเหนือดินขึ้นเพื่อป้องกันภัยที่จู่โจมในระดับพื้นดิน ได้แก่ ภัยจากการจู่โจมของสัตว์ป่าขนาดใหญ่สัตว์ขนาดเล็กภัยจากมนุษย์ที่เป็นศัตรูหรือนักล่า ภัยธรรมชาติจากน้ำท่วม เป็นต้น การก่อรูปสถาปัตยกรรมกลุ่มนี้ใช้รูปแบบการป้องกันภัย "การยกและการปิดล้อม" เป็นพื้นฐาน สรุปรูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปเหนือดิน ได้แก่ การยก บ้านบนเสา บ้านบนเสาสูงและยุ้งฉาง



รูปที่ 4 "การยกและปิดล้อม" รูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปเหนือดิน

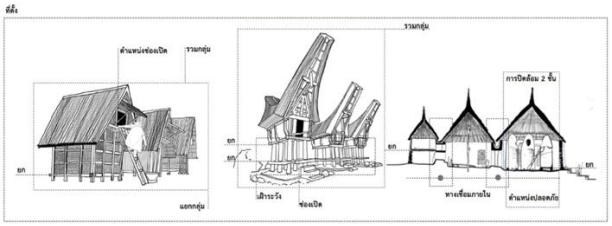
กลุ่มที่ 4 แบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นยุ้งฉางที่ก่อรูปเหนือดิน

การยก รูปแบบการยกมีทั้งการยกพื้นต่ำและยกพื้นสูงการยกพื้นต่ำพบในยุ้งฉางที่ตั้งอยู่ในพื้นที่มีไม่ประสบภัยน้ำท่วมระดับสูง เช่น ยุ้งฉางของชาวซุนดา ประเทศอินโดนีเซีย มีรูปแบบการยกพื้นเตี้ย เนื่องจากตั้งอยู่ที่ไม่ประสบภัยน้ำท่วมรูปแบบการป้องกันด้วยการยกจึงเกิดขึ้นเพื่อป้องกันความชื้นจากดินจะทำลายขาวเปลือกภายในให้เกิดความเสียหาย ในขณะที่ยุ้งฉางของชาวโตราจา ประเทศอินโดนีเซีย เป็นการยกพื้นสูงและมีสองระดับ พื้นที่ระดับแรกใช้เป็นพื้นที่ทางสังคมเพื่อเฝ้าระวังการขโมย พื้นที่ระดับที่ 2 เป็นพื้นที่ยกระดับสูงจนไม่สามารถเข้าถึงได้ต้องใช้บันไดเป็นช่องทางในการเข้าถึง

การปิดล้อม การปิดล้อมยุ้งฉางเป็นการปิดล้อมด้วยผนัง พื้นและหลังคา เพื่อป้องกันการเข้าถึงของมนุษย์ในทุกด้านการปิดล้อมนี้เป็นรูปแบบที่ทำงานร่วมกับวัสดุซึ่งขึ้นอยู่กับภูมิอากาศของที่ตั้งยุ้งฉาง ในพื้นที่ร้อนชื้นพบการใช้วัสดุธรรมชาติที่ก่อรูปแล้วมีคุณสมบัติระบายอากาศได้ดี เช่น ไม้ไผ่สาน ไม้จริงหรือโคลน เป็นต้น ในพื้นที่ที่มาอากาศร้อนจัดหรือหนาวจัดพบการใช้วัสดุธรรมชาติที่ก่อรูปแล้วมีคุณสมบัติควบคุมอากาศได้ดี เช่น โคลนหรือดิน เป็นต้น การปิดล้อมของยุ้งฉางที่น่าสนใจคือการปิดล้อม 2 ชั้น

ช่องเปิด เป็นรูปแบบป้องกันภัยเพื่อป้องกันการเข้าถึง เนื่องจากช่องเปิดทำหน้าที่เปิดให้เข้าถึงและปิดกั้นกีดขวางไม่ให้เข้าถึงตำแหน่งของช่องเปิดของยุ้งฉางจะอยู่ในระดับที่สูงเกินกว่าจะเข้าถึงได้อย่างปกติ ส่วนใหญ่ต้องใช้บันได้เป็นทางเชื่อมสู่ช่องเปิด เช่น ตำแหน่งช่องเปิดของยุ้งฉางชาวซุนดาอยู่ในระดับที่สูงจากระดับพื้นมาก แม้ว่าพื้นของยกยุ้งฉางจะถูกยกในระดับที่สูงจากพื้นดินน้อย โดยขนาดของช่องเปิดมีขนาดเล็กลักษณะคล้ายช่องหน้าต่างมากกว่าช่องประตูขนาดของช่องเปิดนี้เพียงพอให้คนเข้าออกได้ทีละ 1 เท่านั้น

ตำแหน่งที่ตั้ง เป็นรูปแบบการป้องกันภัยที่แสดงวิธีคิดของแต่ละกลุ่มได้อย่างน่าสนใจ เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของยุ้งฉางของชาวซุนดาจะเกิดจากการรวมกลุ่มของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นประเภทยุ้งฉางเหมือนกันและตั้งแยกจากพื้นที่พักอาศัย เพื่อป้องกันภัยจากไฟไหม้หากเกิดไฟไหม้ซึ่งเป็นภัยระดับโลกของชาวซุนดาแนวคิดการแยกกลุ่มอาคารจะช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่ยุ้งฉางของชาวโตราจามีรูปแบบการรวมกลุ่มของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นประเภทยุ้งฉางเหมือนกัน แต่เลือกที่ตั้งที่ใกล้กับตลาดหรือทางเข้าออกหมู่บ้าน เพื่อใช้พื้นที่ใต้ยุ้งฉางเป็นพื้นที่ทางสังคมเฝ้าระวังและป้องกันภัยจากการขโมย ส่วนตำแหน่งที่ตั้งของยุ้งฉางของชาวคาเมรูนจะอยู่ตำแหน่งชั้นในสุดของบ้าน จากการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีคิดในการการป้องกันภัยของ ภัยประเภทเดียวกันเช่นภัยจากการขโมยจากมนุษย์ แต่มนุษย์ในแต่ละถิ่นฐานมีความเชื่อ ประสบการณ์หรือวิธีคิดแตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการก่อรูปแบบป้องกันภัยที่ต่างกันในขณะมนุษย์ในแต่ละถิ่นฐานมีความเชื่อประสบการณ์หรือวิธีคิดแตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการก่อรูปแบบป้องกันภัยที่เหมือนกันได้



ยุ้งฉางของชาวซุนดา ยุ้งฉางของชาวโตราจา ยุ้งฉางของชาวคาเมรูน

รูปที่ 5 ตัวอย่างรูปแบบการป้องกันภัยของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นยุ้งฉางที่ก่อรูปเหนือดิน

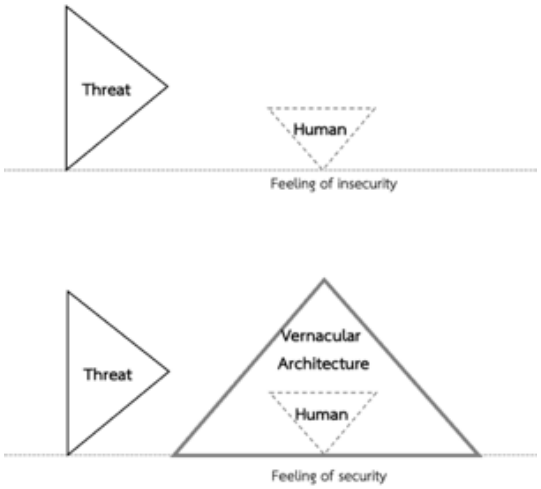
6.2 ตัวแปรในแนวคิดการปกป้องเชิงรับ

แนวคิดการการปกป้องเชิงรับมีองค์ประกอบ 3 ตัวแปรหลัก ได้แก่

ภัย เป็นตัวแปรต้น แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภัยธรรมชาติ ภัยจากมนุษย์และสัตว์ ภัยต่อจิตวิญญาณ ทั้งนี้ภัยเป็นตัวแปรที่มีปัจจัยภายใน ได้แก่ ระดับความรุนแรง ความถี่และความเสี่ยง โดยปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลต่อประสบการณ์การรับรู้ของมนุษย์ และส่งผลต่อวิธีการป้องกันภัย

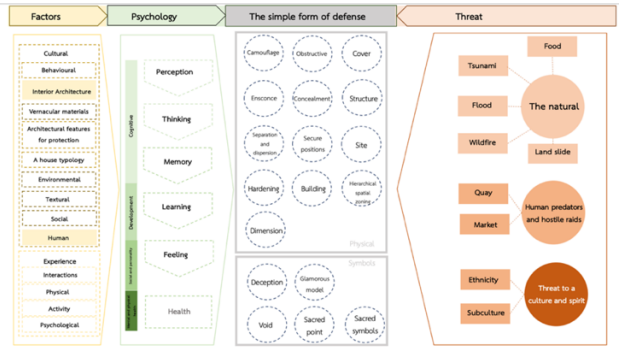
มนุษย์ เป็นตัวแปรผกผัน ที่ก่อให้เกิดวิธีป้องกันภัย ก่อร่างสร้างรูปเป็นรูปแบบการป้องกันภัยและองค์ประกอบการป้องกันภัยในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เมื่อมีภัยปรากฏและเข้ามากระทำกับมนุษย์ซึ่งเป็นตัวแปรผกผัน มนุษย์จะเกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัย มนุษย์ใช้ปัจจัยภายในได้แก่ ประสบการณ์และวัฒนธรรม ความเชื่อที่สะสม คิดวิธีป้องกันภัย และก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเพื่อปกป้องชีวิตและทรัพย์สินจากภัยนั้น ๆ ด้วยปัจจัยภายนอก

สถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เป็นตัวแปรตาม ที่ก่อรูปขึ้นเพื่อป้องกันภัยมีองค์ประกอบและรูปแบบป้องกันภัยที่แตกต่างกันด้วยปัจจัยภายนอก



รูปที่ 5 ตัวแปรของแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

การปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ ภัย ที่เข้ามากระทำต่อมนุษย์ มนุษย์คิดสร้างสรรค์วิธีการป้องกันภัย เพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัย ได้แก่ ภัยธรรมชาติ เป็นภัยที่สามารถรับรู้ถึงอันตรายที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น หิมะถล่ม ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว น้ำท่วม พายุเฮอริเคน ไฟป่าและดินถล่ม เป็นต้น ภัยจากมนุษย์และสัตว์เป็นภัยจากนักล่าและการจู่โจมที่ไม่เป็นมิตร เป็นภัยจากคนที่เกิดจากการจู่โจม การล่าหัว การปล้นสะดม การโจรกรรม การอาฆาต การฆ่าล้างแค้นและการรุกราน เป็นต้น และภัยต่อจิตวิญญาณ ภัยคุกคามจากสิ่งที่จับต้องไม่ได้ หรือการภัยที่ส่งผลกระทบต่อวัฒนธรรม เช่น ชนกลุ่มน้อยที่อาศัยอยู่ในกลุ่มวัฒนธรรมหลักเป็นต้น เมื่อภัยเหล่านั้นเข้ามากระทำต่อมนุษย์ มนุษย์คิดสร้างสรรค์วิธีการป้องกันภัย ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่สามารถสร้างเป็นรูปแบบกายภาพ ได้แก่ การปกปิด การหลบซ่อน การอำพราง การคลุม โครงสร้าง เป็นต้น และกลุ่มที่เป็นเชิงสัญลักษณ์ ได้แก่ มายา จุดศักดิ์สิทธิ์ สัญลักษณ์ศักดิ์สิทธิ์ เป็นต้น รูปแบบการป้องกันภัยเหล่านี้ส่งผลต่อจิตวิทยาของมนุษย์เมื่ออยู่อาศัยภายในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่ก่อรูปขึ้นเป็นองค์ประกอบการป้องกันภัยทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น



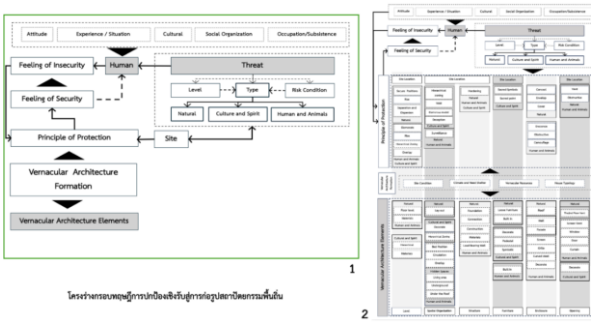
รูปที่ 6 กระบวนการวิเคราะห์กรอบทฤษฎีการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

นอกจากประเภทของภัยที่เข้ามากระทำต่อมนุษย์ภัยยังมีปัจจัยของระดับความรุนแรงของภัย ความเสี่ยงที่จะเกิดภัยนั้น ๆ และเมื่อภัยเข้ามากระทำต่อมนุษย์จะสร้างความรู้สึกไม่ปลอดภัยในการดำรงชีวิตประจำวันด้วยปัจจัยภายในของมนุษย์ ได้แก่ ทัศนคติ ประสบการณ์ที่มีต่อภัยนั้น ๆ วัฒนธรรมและความเชื่อโครงสร้างและสถานะทางสังคมและอาชีพ ส่งผลต่อวิธีคิดหลักการป้องกันภัยที่แตกต่างกันตามความเชื่อที่ติดตัวมา ความรู้ความเข้าใจความชอบส่วนบุคคลเป็นต้น หลักการพื้นฐานการป้องกันภัยจัดกลุ่มได้ตามประเภทของภัย ดังนี้

ภัยจากธรรมชาติ ใช้หลักการพื้นฐานการป้องกันภัย ได้แก่ การทำให้แข็งแรงขึ้น ตำแหน่งปลอดภัย การยก การแยกและกระจาย การคลุมปกปิด การห่อหุ้ม การกีดขวาง และการระบายอากาศ เป็นต้น

ภัยจากมนุษย์และสัตว์ ใช้หลักการพื้นฐานการป้องกันภัย ได้แก่ การทำให้แข็งแรงขึ้น การยก การพราง ลำดับการเข้าถึง การทับซ้อนของพื้นที่ การกีดขวาง เป็นต้น

ภัยต่อจิตวิญญาณใช้หลักการพื้นฐานการป้องกันภัย ได้แก่ ลำดับการเข้าถึง ที่ว่าง มายา ตำแหน่งศักดิ์สิทธิ์ สัญลักษณ์สิทธิ์ เป็นต้น



รูปที่ 7 โครงร่างกรอบทฤษฎีการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

หลักการพื้นฐานข้างต้นก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นตามเงื่อนไขของที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศและความต้องการที่พักพิง ทรัพยากรพื้นถิ่นและประเภทของบ้าน การก่อรูปเป็นองค์ประกอบการป้องกันภัยทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น ได้ 6 องค์ประกอบได้แก่ ระดับ การจัดการเชิงพื้นที่ โครงสร้าง การปิดล้อม ช่องเปิดและเฟอร์นิเจอร์

7. อภิปรายผล

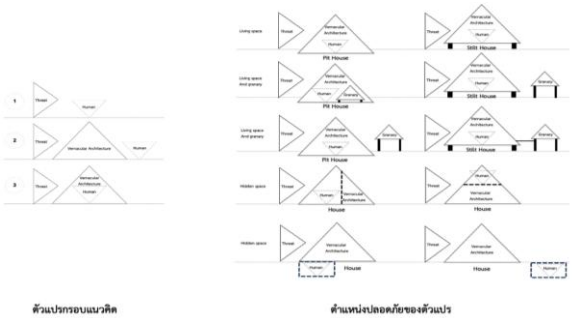
เมื่อมนุษย์รู้สึกไม่ปลอดภัยความรู้สึกนั้นจะครอบงำมุมมองและทัศนคติส่งผลให้เกิดผลกระทบและความกังวลในการดำรงชีวิต และกระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัยนั้นเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเพื่อตอบสนองความรู้สึกไม่ปลอดภัยเฉพาะปัจเจกบุคคล ทฤษฎีความรู้สึกปลอดภัยแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น มีตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ภัย มนุษย์และสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

ภัยเป็นตัวแปรต้นซึ่งในกระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัยตามแนวคิดนั้นคือตัวแปรที่สร้างความรู้สึกไม่ปลอดภัยให้เกิดกับมนุษย์ซึ่งเป็นตัวแปรผกผัน

มนุษย์ เป็นตัวแปรผกผันที่ต้องการมีชีวิตปกติสุข ความรู้สึกไม่ปลอดภัยเกิดขึ้นตามกระบวนการจากการรับรู้ (Perception) ความคิด (Thinking) ความทรงจำ (Memory) พัฒนาสู่การเรียนรู้ (Learning) สู่ความรู้สึก (Feeling) จากกระบวนการสร้างความรู้สึกไม่ปลอดภัยนั้นเกิดขึ้น ปรากฏสถานการณ์ความรู้สึกไม่ปลอดภัย ดังนี้ 1) มีภัยเข้ามากระทำ 2) คาดเดาว่าจะมีภัยเข้ามากระทำ 3) ประสบการณ์ที่ภัยเข้ามากระทำ หรือ 4) การบอกเล่าส่งต่อจากรุ่นสู่รุ่นถึงภัยที่เข้ามากระทำ

มนุษย์ตอบสนองความรู้สึกไม่ปลอดภัยตามสถานการณ์จากการแสวงหาถิ่นฐานที่ตั้งที่ปกป้องตนเองและกลุ่ม เพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยในขั้นต้น สู่การกระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัย ขั้นต่อมาด้วยการคิดป้องกันภัยด้วยวิธีต่าง ๆ ตามวิธีการ และภาพจำที่ติดตัวเป็นสัมภาระทางวัฒนธรรม และรับเอาคติความเชื่อ วิธีคิดป้องกันภัยพื้นถิ่นตามถิ่นฐานเพื่อผสานเข้าเป็นเนื้อเดียวกับวิธีการป้องกันภัยดั้งเดิม มนุษย์เลือกหลักการป้องกันภัย พัฒนาก่อรูปเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น เพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยในการอาศัยภายในอาคารด้วยปัจจัยภายในของมนุษย์ ได้แก่ ทัศนคติ ประสบการณ์ วัฒนธรรม องค์ประกอบสถานะทางสังคม รสนิยมและอาชีพ

สถาปัตยกรรมพื้นถิ่นเป็นตัวแปรตามที่ก่อรูปขึ้นจากการรับรู้ถึงภัย ความคิดและความทรงจำที่มีต่อภัยเรียนรู้ที่จะตอบสนองต่อความรู้สึกไม่ปลอดภัยและคิดวิธีป้องกันภัยเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยขึ้นด้วยหลักการป้องกันภัยร่วมกับปัจจัยภายนอก ได้แก่ ที่ตั้ง ภูมิอากาศ และความต้องการที่พักพิงทรัพยากรพื้นถิ่นและประเภทของบ้านส่งผลให้เกิดรูปแบบการป้องกันภัยที่มีความเหมือนและความแตกต่างกันในแต่ละถิ่นที่การเปลี่ยน/ก่อรูปในกระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัยเป็นการเปลี่ยนจากนามธรรมจับต้องไม่ได้สู่รูปธรรมเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น 6 องค์ประกอบ ได้แก่ ระดับ การจัดการเชิงพื้นที่โครงสร้างการปิดล้อมช่องเปิดและเฟอร์นิเจอร์ทั้งนี้ "ตำแหน่งปลอดภัย" เป็นหลักการป้องกันภัยที่สำคัญ กระบวนการสร้างความรู้สึกปลอดภัยของมนุษย์ที่ย้ายตนเองจากภายนอกเข้าสู่ภายในในแต่ละกลุ่มชาติพันธุ์มีวัฒนธรรมคติความเชื่อและวิธีคิดที่มีทัศนคติ ประสบการณ์อาชีพและสถานะทางสังคม ที่เหมือนและแตกต่างกันส่งผลสู่การเป็นผู้ปกป้อง และการได้รับการปกป้องซึ่งแสดงออกผ่าน "ตำแหน่งปลอดภัย" ภายในสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น



รูปที่ 8 ตัวแปรและตำแหน่งปลอดภัยของตัวแปรตามกรอบแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่น

ทั้งนี้ตำแหน่งปลอดภัยของตัวแปรมนุษย์ที่อยู่อาศัยภายในตัวแปรสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นนั้น มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ วิธีการป้องกันภัยเพื่อสร้างความรู้สึกปลอดภัยจากภัยต่าง ๆ ที่เข้ามากระทำ เช่น ในสภาพอากาศที่แปรปรวนและประสบภัย จากความหนาวเย็นและร้อนจัดของภัยธรรมชาติมนุษย์ขุดหลุมก่อรูปบ้านหลุม และอาศัยอยู่ภายในโดยมีคุณสมบัติ ความเสถียรของอุณหภูมิใต้ดินทำให้รู้สึกปกติสุข และปลอดภัย ในการดำรงชีวิต

ตำแหน่งปลอดภัยของมนุษย์ทำงานร่วมกับการพรางเพื่อหลบซ่อนภัยจากการบุกรุกคุกคามหรือโจรกรรมของมนุษย์นักล่า การพรางนี้ก่อรูปเป็นฉากกั้นโดยใช้คุณสมบัติของแสงและเงาเพื่อพรางไม่ให้มองเห็นหรือก่อรูปเป็นการตกแต่งที่ทำให้แยกไม่ออกเพื่อทำให้มองไม่เห็นช่องลับหรือห้องใต้หลังคาที่ซ่อนอยู่ตำแหน่งปลอดภัยก[การพรางนี้ก่อรูปขึ้นเพื่อหลบซ่อนและกำบังภัยจากมนุษย์เป็นสำคัญ

ตำแหน่งปลอดภัยด้วยการยกหนีจากภัยธรรมชาติ ภัยจากมนุษย์และสัตว์การยกระดับพื้นอาคารขึ้นและมีระดับความสูงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับภัยที่เข้ามากระทำการยกระดับพื้นนี้มีการใช้ตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน โดยรูปแบบที่ก่อรูปนั้นขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของที่ตั้งทัศนคติประสบการณ์วัฒนธรรมเป็นปัจจัยสำคัญ

ตำแหน่งปลอดภัยด้วยการก่อรูปสิ่งกีดขวางปิดล้อม 2 ชั้นก่อรูปพื้นที่ภายในพื้นที่ เพื่อปกป้องหรือเก็บรักษาสิ่งที่ต้องการปกป้องไม่ว่าจะเป็นอาหารหรือชีวิต ตำแหน่งปลอดภัยนี้มีความยากในการเข้าถึงเนื่องจากความแข็งแรงของโครงสร้างและสิ่งกีดขวางที่ชะลอระยะเวลาการเข้าถึง

ตำแหน่งปลอดภัยภายนอกอาคารหลักการก่อรูปอาคารรองเพื่อใช้ปกป้องชีวิตเมื่อประสบภัยที่มีรุนแรงสามารถทำลายชีวิตทรัพย์สินและอาคารหลักได้ตำแหน่งปลอดภัยนี้อาจตั้งอยู่ห่างจากอาคารหลักพอสมควร เพื่อป้องกันความเสียหายจากการโจมตีอาคารหลักการก่อรูปต้องอาศัยหลักการทำให้แข็งแรงขึ้นและมีเส้นทางระยะการหนีที่ปลอดภัยยากต่อการคาดเดาตำแหน่งและเส้นทางการเข้าถึง

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทบทวนวรรณกรรมระบุและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรของกรอบแนวคิดการปกป้องเชิงรับสู่การก่อรูสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นบทความนี้เติมเต็มช่องว่างองค์ความรู้ทางวิชาการ ว่าด้วยตัวแปรและสร้างแนวคิดการปกป้องเชิงรับเพื่อเสนอแนวทางในการอ่านตีความการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นด้วยกรอบทฤษฎีการปกป้องเชิงรับโดยตัวแปรของกรอบแนวคิดส่งผลต่อการก่อรูปสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นและสถาปัตยกรรมภายในพื้นถิ่นองค์ประกอบและรูปแบบที่ก่อรูปขึ้นเกิดจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกที่เข้ามากระทำ ดังนั้นหากนำแบบแผนชุดนี้เป็นระเบียบวิธีในการลงสนามในพื้นที่ที่ประสบภัยพิบัติต่าง ๆ จะได้ชุดข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อวงวิชาการและวิชาชีพในการใช้ประยุกต์เพื่อสร้างสรรค์ข้อกำหนดหรือแนวทางการออกแบบที่อยู่อาศัยเพื่อรับมือกับภัยพิบัติในปัจจุบันและอนาคต

เอกสารอ้างอิง

[1] Amos, R. (1969). House Form and Culture. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

[2] Joseph, F. and Bala, H.K.. (2021). Vernacular architecture approaches and concepts. Periyar Maniammai Institute of Science & Technology.

[3] Joseph, G. (1867). Encyclopedia Of Architecture: The Complete Guide to Architecture, from Antiquity to the Nineteenth Century. Revised by Wyatt Papworth. With a new foreword by Michael Mostroller. NY. 1982. Bonanza Books facsimile reprint of the 1967 original.

[4] Constantinos Apostolou, D. (1968). Ekistics: An introduction to the Science of Human Settlements. Oxford University Press, London. pp. 27-31.

[5] Oscar, N. (1972). Defensible Space; Crime Prevention through Urban Design. New York: Macmillan.

[6] Paul, O. (1997). Encyclopedia of vernacular architecture of the world. Cambridge University Press.

ACA – 03
The 3rd National Conference on Architecture and Creative Arts
"Design the Future, Create Transformation"
February 12 – 13, 2026

การศึกษานำร่องอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ด ต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น

Pilot study of The Influence of the Physical Image of Street Food Vendors on the Dining Choices of Consumers Across Different Generations

ภานุพงศ์ จิตต์ไพบูลย์ และ วสิน วิเศษศักดิ์ดี*

สาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบเพื่อความยั่งยืน ภาควิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
*E-mail: wasin.w@archd.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานำร่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดที่มีผลต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคในแต่ละเจเนอเรชัน และเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพลักษณ์ทางกายภาพที่สามารถตอบสนองความต้องการเฉพาะของผู้บริโภคแต่ละช่วงวัย การศึกษามุ่งเน้นผู้บริโภค 4 กลุ่มเจเนอเรชัน ได้แก่ Baby Boomers, Generation X, Generation Y และ Generation Z ภายใต้บริบทของสังคมเมืองที่มีความหลากหลายทางช่วงวัยและพฤติกรรมการบริโภค

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างนำร่องจำนวน 100 คน โดยแบ่งตามเจเนอเรชันอย่างเท่าเทียม แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม การรับรู้ต่อภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ด และความตั้งใจในการเลือกรับประทานอาหาร ใช้มาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท 5 ระดับ เครื่องมือผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงการวิเคราะห์เชิงแนวโน้มของอิทธิพลตัวแปรอิสระต่อความตั้งใจเลือกบริโภคของผู้บริโภคแต่ละเจเนอเรชัน

ผลการศึกษาพบว่า ภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดมีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณภาพอาหาร ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย และความตั้งใจเลือกบริโภคของผู้บริโภคทุกเจเนอเรชัน อย่างไรก็ตาม ความสำคัญขององค์ประกอบภาพลักษณ์ทางกายภาพแตกต่างกันตามช่วงวัย โดยกลุ่ม Baby Boomers และ Generation X ให้ความสำคัญกับความสะอาด สุขอนามัย และความปลอดภัยของอาหาร ขณะที่กลุ่ม Generation Y และ Generation Z ให้ความสำคัญกับอัตลักษณ์ร้าน ภาพลักษณ์แบรนด์ และประสบการณ์เชิงภาพลักษณ์มากกว่า ผลการศึกษานำร่องนี้ช่วยสะท้อนแนวโน้มเบื้องต้นและเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบการวิจัยฉบับสมบูรณ์ในอนาคต

คำสำคัญ: ภาพลักษณ์ทางกายภาพ สตรีทฟู้ด เจนเนอเรชั่น

Abstract

This pilot study aimed to examine the influence of the physical image of street food vendors on consumers' food selection across different generational groups and to analyze the components of physical image that respond to the specific needs of consumers at various life stages. The study focused on four generational cohorts—Baby Boomers, Generation X, Generation Y, and Generation Z—within the context of an urban society characterized by generational diversity and varying consumption behaviors.

This research employed a quantitative approach, using a questionnaire as the primary data collection instrument. Data were collected from a pilot sample of 100 respondents, evenly distributed across the four generational groups. The questionnaire consisted of three sections: demographic information, perceptions of the physical image of street food vendors, and intention to select street food. A five-point Likert scale was used to measure responses. The instrument was validated through expert review for content validity, and the data were analyzed using descriptive statistics, including means and standard deviations, as well as trend-based analysis to examine the influence of independent variables on consumption intention across generations.

The findings indicated that the physical appearance of street food vendors significantly influenced perceptions of food quality,

confidence in food safety, and the intention to select street food across all generational groups. However, the relative importance of physical image components varied by generation. Baby Boomers and Generation X placed greater emphasis on cleanliness, hygiene, and food safety, whereas Generation Y and Generation Z emphasized vendor identity, brand image, and visually oriented consumption experiences. The results of this pilot study provide preliminary insights and serve as a foundational basis for the design of future comprehensive research.

Keywords: Physical image, Street food, Generations

1. บทนำ

สตรีทฟู้ด (Street food) เป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตคนไทยที่มีความสัมพันธ์แนบแน่นกับเศรษฐกิจ สังคมและวัฒนธรรมมาอย่างยาวนาน สตรีทฟู้ดไม่เพียงทำหน้าที่เป็นแหล่งอาหารราคาย่อมเยา เข้าถึงง่าย และสะดวกสำหรับผู้บริโภคในทุกระดับรายได้เท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจระดับฐานราก โดยช่วยสร้างงานและรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการรายย่อย เพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่อุปทาน และมีบทบาทในการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงวัฒนธรรม [1], [2] จึงกล่าวได้ว่าสตรีทฟู้ดเป็นทั้งเครื่องมือทางเศรษฐกิจและเป็นพื้นที่สะท้อนอัตลักษณ์ของสังคมไทย ในด้านสังคม สตรีทฟู้ดทำหน้าที่เป็นพื้นที่พบปะทางสังคมที่เชื่อมโยงผู้คนจากหลากหลายภูมิหลัง เป็นส่วนหนึ่งของความมั่นคงทางอาหาร (Food security) และเป็นภาพสะท้อนวิถีชีวิตของคนเมืองที่ต้องการความสะดวก รวดเร็ว และเข้าถึงง่าย [3], [4] นอกจากนี้อาหารริมทางยังเป็นช่องทางสำคัญในการสืบทอดมรดกทางวัฒนธรรมอาหารไทยให้คงอยู่และเป็นที่รู้จักในระดับนานาชาติ [5] ดังนั้น สตรีทฟู้ดจึงไม่ได้เป็นเพียงกิจกรรมทางเศรษฐกิจ แต่ยังเป็น "วัฒนธรรมการกิน" ที่มีบทบาทต่อคุณภาพชีวิตและอัตลักษณ์ของชุมชนเมืองไทย

ในปัจจุบันสังคมไทยกำลังเปลี่ยนผ่านสู่ สังคมหลายเจเนอเรชัน (Multi-generational society) ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มคนที่มีช่วงอายุแตกต่างกันอย่างชัดเจน ตั้งแต่กลุ่มเบบี้บูมเมอร์ (Baby boomer) เจเนอเรชันเอ็กซ์ (Generation X) เจเนอเรชันวาย (Generation Y) เจเนอเรชันแซด (Generation Z) ไปจนถึงเจเนอเรชันอัลฟ่า (Generation Alpha)แต่ละกลุ่มมีพฤติกรรมการบริโภค ความคาดหวัง และมุมมองต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อรูปแบบการเลือกรับประทานอาหาร รวมถึงการรับรู้ต่อ"ภาพลักษณ์ทางกายภาพ" (Physical image) ของร้านสตรีทฟู้ด เช่น ความสะอาด บรรยากาศ การจัดพื้นที่ และเอกลักษณ์ทางการออกแบบ

อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการออกแบบและบริหารจัดการสตรีทฟู้ด [6], [7], [8], [9], [10] พบว่ายังไม่มีการศึกษาที่มุ่งเปรียบเทียบ "ความต้องการด้านการออกแบบ" ที่ตอบสนองผู้บริโภคแต่ละเจเนอเรชันอย่างชัดเจน แม้งานวิจัยบางส่วนจะกล่าวถึงคุณลักษณะของสตรีทฟู้ดในเชิงกายภาพ เช่น ความสะอาด ความปลอดภัย และการจัดวางพื้นที่ขาย แต่อาจยังไม่ครอบคลุมมิติของความรู้สึก การรับรู้ และภาพลักษณ์ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคในแต่ละช่วงวัยอย่างแท้จริง

การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา สำรวจและวิเคราะห์อิทธิพลของ "ภาพลักษณ์ทางกายภาพ" ต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ด โดยมุ่งเน้นมุมมองของผู้บริโภคในแต่ละเจเนอเรชัน เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบพัฒนา และยกระดับสตรีทฟู้ดไทยให้เป็นทั้งพื้นที่ทางเศรษฐกิจ วัฒนธรรม และสังคมที่ตอบสนองต่อทุกช่วงวัยอย่างยั่งยืนในอนาคต

2. วัตถุประสงค์และขอบเขตการศึกษา

2.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ดส์ของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น

2.2 เพื่อวิเคราะห์แนวคิดและองค์ประกอบของภาพลักษณ์ทางกายภาพของสตรีทฟู้ดที่ตอบสนองความต้องการเฉพาะของแต่ละเจนเนอเรชั่น

3. ขอบเขตการศึกษา

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่างในแต่ละเจนเนอเรชั่น ที่ประกอบไปด้วย

- กลุ่ม Baby Boomers (เกิดประมาณ พ.ศ. 2489 – 2507)
- กลุ่ม Generation X (เกิดประมาณ พ.ศ. 2508 – 2522)
- กลุ่ม Generation Y หรือ Millennials (เกิดประมาณ พ.ศ. 2523 – 2537)
- กลุ่ม Generation Z (เกิดประมาณ พ.ศ. 2538 เป็นต้นไป)

3.2 ประชากรกลุ่มตัวอย่างที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

3.3 ศึกษาแนวคิดและองค์ประกอบเฉพาะด้านภาพลักษณ์ทางกายภาพที่ส่งผลต่อการเลือกบริโภคสตรีทฟู้ดของผู้บริโภค

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ประชากร คือ ผู้บริโภคอาหารสตรีทฟู้ด ที่เคยมีประสบการณ์รับประทานอาหารสตรีทฟู้ด ในกรุงเทพฯ และปริมณฑล เนื่องจากกรุงเทพฯ มีความโดดเด่นด้านสตรีทฟู้ดจากจำนวนผู้ค้าริมทางหลายแสนรายและการบริโภคของประชาชนในวงกว้าง จนได้รับการยอมรับในระดับสากลในฐานะหนึ่งในจุดหมายปลายทางสตรีทฟู้ดสำคัญ

ของโลกโดยขนาดของประชากร ข้อมูลจากสถิติกรุงเทพมหานครปี 2568 มีประชากรจำนวน 5,527,948 คน [11] (ข้อมูลจากสถิติกรุงเทพมหานครปี 2568) และคิดคำนวนการกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ สูตรของ Taro Yamane [12] รวมทั้งหมด 400 คน

4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง กำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยการศึกษานำร่อง จำนวน 100 คน ที่ประกอบไปด้วย

- กลุ่ม Baby Boomers (เกิดประมาณ พ.ศ. 2489 – 2507) จำนวน 25 คน
- กลุ่ม Generation X (เกิดประมาณ พ.ศ. 2508 – 2522) จำนวน 25 คน
- กลุ่ม Generation Y หรือ Millennials (เกิดประมาณ พ.ศ. 2523 – 2537) จำนวน 25 คน
- กลุ่ม Generation Z (เกิดประมาณ พ.ศ. 2538 เป็นต้นไป) จำนวน 25 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยเรื่อง อิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่นโดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม (Questionnaire) ประกอบด้วย 2 ส่วน ซึ่งทุกส่วนเป็นอัตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด ซึ่งอยู่ในรูปแบบของลิเคิร์ท (Likert's Scale) สำหรับคะแนน 5 หมายถึง มากที่สุด 1 หมายถึง น้อยที่สุดในการกำหนดความหมายค่าเฉลี่ยตามแนวคิดของ บุญชม ศรีสะอาด (2560)ในแต่ละช่วงห่างกัน 0.50 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ทางกายภาพของสตรีทฟู้ด ประกอบด้วย 4 ด้าน

- ด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่
- ด้านการจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม
- ด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์
- ด้านการแสดงอัตลักษณ์ร้าน / ภาพลักษณ์แบรนด์

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามการตัดสินใจเลือกรับประทานสตรีทฟู้ด ประกอบด้วย 3 ด้าน

- ด้านการรับรู้คุณภาพอาหาร
- ด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย
- ด้านความตั้งใจเลือกบริโภค

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลได้มีการตรวจสอบตามความตรงเชิงเนื้อหา และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย IOC (Index of item objective congruence) การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ผลการตรวจสอบพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 แสดงว่าผ่านเกณฑ์แสดงว่าคำถามในเครื่องมือนี้สามารถวัดเนื้อตรงตามวัตถุประสงค์ได้ หลังจากนั้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) รวบรวมข้อมูลจากการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 ชุด โดยผู้วิจัยส่งแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ พร้อมทั้งชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทำวิจัยตลอดจนลักษณะของแบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างทราบเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน ไปยังกลุ่มเป้าหมายแต่ละเจเนอเรชั่น

สำหรับข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ค้นคว้าจากเอกสารทางวิชาการ วารสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสืบค้นข้อมูลที่เผยแพร่ในเว็บไซต์ต่าง ๆ จากอินเทอร์เน็ต เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถาม นำข้อมูลมาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เพื่อหาค่าสถิติและวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการวิเคราะห์การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) แล้วหาค่าเฉลี่ยของคำตอบแบบสอบถาม โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายในรูปแบบของลิเคิร์ท (Likert's scale) และนำข้อมูลมาวิเคราะห์สมมติฐานการวิจัย อิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ด ของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่นโดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) การวิเคราะห์เชิงแนวโน้มของอิทธิพลตัวแปรอิสระต่อความตั้งใจเลือกบริโภคของผู้บริโภคแต่ละเจเนอเรชัน

5. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง อิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ดส์ของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น มีทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 หัวข้อ ดังนี้

- แนวคิดเกี่ยวกับสตรีทฟู้ด (Street foods)
- ภาพลักษณ์ทางกายภาพ (Physical image)
- ผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น (Consumer generations)

5.1 แนวคิดเกี่ยวกับสตรีทฟู้ด (Street foods)

สตรีทฟู้ด หรืออาหารริมทาง หมายถึงอาหารและเครื่องดื่มที่ปรุงสำเร็จพร้อมบริโภค จำหน่ายโดยผู้ค้าในพื้นที่สาธารณะ เช่น ถนน ตลาด รถเข็น หรือแผงลอย ซึ่งมีลักษณะเด่นด้านความสะดวก รวดเร็ว ราคาเข้าถึงได้ และการเข้าถึงง่าย [13], [14] องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ระบุว่าสตรีทฟู้ดเป็นแหล่งอาหารสำคัญของประชากรเมือง โดยเฉพาะกลุ่มรายได้น้อยและแรงงาน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันสตรีทฟู้ดได้ขยายบทบาทไปสู่ผู้บริโภคทุกกลุ่ม รวมถึงนักท่องเที่ยว และกลายเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์ทางสังคมและ

วัฒนธรรมที่สะท้อนอัตลักษณ์อาหารท้องถิ่นอย่างชัดเจน [15], [16] ทั้งนี้ รูปแบบทางกายภาพของสตรีทฟู้ดมีทั้งแผงลอยหรือรถเข็นแบบเคลื่อนย้ายได้ และร้านค้าขนาดเล็กกึ่งถาวร โดยมีประเภทอาหารหลากหลาย ตั้งแต่อาหารจานหลัก อาหารว่าง ไปจนถึงเครื่องดื่ม ซึ่งล้วนมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจ สังคม และวัฒนธรรมของเมือง

5.2 ภาพลักษณ์ทางกายภาพ (Physical image)

ภาพลักษณ์ทางกายภาพหมายถึงการรับรู้ที่เกิดจากองค์ประกอบทางกายภาพที่สามารถมองเห็นและสัมผัสได้ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างความประทับใจ การประเมินคุณภาพ และการตัดสินใจของผู้บริโภค [17], [18] ในบริบทของสตรีทฟู้ด ภาพลักษณ์ทางกายภาพครอบคลุมลักษณะของแผงลอยหรือรถเข็น สภาพแวดล้อมโดยรอบ และสุขลักษณะของผู้ค้า ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคใช้ประเมินคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารจากสิ่งที่มองเห็นภายนอก [19], [20] งานวิจัยด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพชี้ว่า ความสะอาด ความเป็นระเบียบ การออกแบบ การจัดแสง และการจัดพื้นที่สาธารณะ มีอิทธิพลโดยตรงต่อการรับรู้คุณภาพ ความพึงพอใจ และพฤติกรรมการเลือกซื้อ รวมถึงการกลับมาใช้บริการซ้ำและการบอกต่อ [21], [22] ดังนั้น ภาพลักษณ์ทางกายภาพจึงไม่เพียงทำหน้าที่ดึงดูดลูกค้า แต่ยังช่วยสร้างเอกลักษณ์ ความน่าเชื่อถือ และความยั่งยืนให้กับกิจการสตรีทฟู้ดในระยะยาว [23]

5.3 ผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น (Consumer generations)

เจเนอเรชั่นหมายถึงกลุ่มบุคคลที่เติบโตภายใต้บริบททางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งส่งผลให้มีค่านิยม ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคที่แตกต่างกัน [24], [25] การแบ่งกลุ่มผู้บริโภคตามเจเนอเรชั่น เช่น Baby Boomers, Generation X, Generation Y และ Generation Z ช่วยให้สามารถอธิบายความแตกต่างด้านการรับรู้ ความคาดหวัง และการตัดสินใจบริโภคได้อย่างเป็นระบบ โดยแต่ละกลุ่มมีแนวโน้มให้ความสำคัญกับปัจจัยที่แตกต่างกัน ตั้งแต่คุณภาพและความคุ้มค่า ความสะดวกและประสิทธิภาพ ไปจนถึงประสบการณ์ ภาพลักษณ์ และคุณค่าทางสังคม [26], [27] ในบริบทของสตรีทฟู้ด ผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่นมีแนวโน้มให้ความสำคัญต่อองค์ประกอบของภาพลักษณ์ทางกายภาพแตกต่างกัน เช่น ความสะอาด ความรวดเร็ว บรรยากาศ หรือความสามารถในการสร้างประสบการณ์และการสื่อสารผ่านสื่อออนไลน์ [28] ดังนั้น แนวคิดเรื่องเจเนอเรชั่นจึงเป็นกรอบสำคัญในการวิเคราะห์อิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพที่มีต่อการเลือกรับประทานสตรีทฟู้ดของผู้บริโภคในแต่ละช่วงวัยอย่างมีนัยสำคัญทางวิชาการ

6. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ดส์ของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชั่น

โดยการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) แล้วหาค่าเฉลี่ยของคำตอบแบบสอบถาม โดยใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายในรูปแบบของลิเคิร์ท (Likert's Scale) ผลวิเคราะห์แสดงข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

6.1.1 <u>ส่วนที่ 1</u> แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ทางกายภาพของสตรีทฟู้ด ประกอบด้วย 4 ด้าน

- ด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่
- ด้านการจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม
- ด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์
- ด้านการแสดงอัตลักษณ์ร้าน / ภาพลักษณ์แบรนด์

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
ความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่				
1. ร้านมีการทำความสะอาดพื้นที่ปรุง/จำหน่ายอาหารสม่ำเสมอ	4.70 / 0.40	4.60 / 0.45	4.55 / 0.48	4.45 / 0.50
2. พื้นที่รอบร้านสะอาด ไม่มีขยะหรือสิ่งสกปรก	4.65 / 0.42	4.55 / 0.46	4.50 / 0.50	4.40 / 0.52
3. ภาชนะและอุปกรณ์สะอาด ถูกสุขอนามัย	4.68 / 0.38	4.58 / 0.44	4.52 / 0.47	4.42 / 0.51
4. ผู้ขายแต่งกายสะอาด เหมาะสม	4.66 / 0.41	4.57 / 0.45	4.48 / 0.49	4.38 / 0.53
รวมด้านความสะอาดและสุขอนามัย	**4.67 / 0.40**	**4.58 / 0.45**	**4.51 / 0.48**	**4.41 / 0.52**

จากตารางผลความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทุกช่วงวัยให้คะแนนอยู่ในระดับสูง โดยกลุ่ม Baby Boomers (Mean = 4.67, SD = 0.40) มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด รองลงมาคือ Gen X (Mean = 4.58, SD = 0.45) Gen Z (Mean = 4.41, SD = 0.52) และ Gen Y (Mean = 4.51, SD = 0.48) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าทุกรายการได้รับคะแนนเฉลี่ยในระดับสูง โดยเฉพาะรายการ พื้นที่การทำอาหารสะอาดและเป็นระเบียบ และ การจัดการขยะอย่างเหมาะสม ซึ่งได้รับการประเมินในระดับสูงจากทุกกลุ่มวัย แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจต่อความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่โดยรวมในระดับมากถึงมากที่สุด

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
การจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม				
1. การจัดวางสินค้า/วัตถุดิบเป็นระเบียบ	4.25 / 0.55	4.30 / 0.52	4.45 / 0.48	4.50 / 0.47
2. การออกแบบ/ตกแต่งร้านดูน่าสนใจ	4.15 / 0.58	4.28 / 0.54	4.48 / 0.46	4.55 / 0.45
3. สภาพแวดล้อมโปร่งโล่ง ไม่อึดอัด	4.20 / 0.53	4.32 / 0.50	4.42 / 0.49	4.48 / 0.48
4. แสงสว่างเพียงพอและดูสะอาดตา	4.22 / 0.54	4.30 / 0.52	4.45 / 0.48	4.50 / 0.47
รวมด้านการจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม	**4.21 / 0.55**	**4.30 / 0.52**	**4.45 / 0.48**	**4.51 / 0.47**

จากตารางผลความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านการจัดการพื้นที่และสภาพแวดล้อม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทุกกลุ่มช่วงวัยให้คะแนนอยู่ในระดับสูง โดยกลุ่ม Gen Z มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.51, SD = 0.47) รองลงมาคือ Gen Y (Mean = 4.45, SD = 0.48) Gen X (Mean = 4.30, SD = 0.52) และ Baby Boomers (Mean = 4.21, SD = 0.55) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าทุกกลุ่มวัยให้คะแนนสูงในทุกประเด็น โดยเฉพาะรายการ การจัดวางพื้นที่ให้เป็นระเบียบ และ การแยกพื้นที่ปรุงอาหาร ซึ่งได้รับค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ กลุ่ม Gen Y และ Gen Z มีแนวโน้มให้คะแนนสูงกว่ากลุ่มวัยอื่นในเกือบทุกรายการประเมิน แสดงให้เห็นถึงความพึงพอใจต่อการจัดการพื้นที่และสภาพแวดล้อมของร้านในระดับมากถึงมากที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
ความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์				
1. มีการปกปิดอาหาร/วัตถุดิบอย่างเหมาะสม	4.72 / 0.36	4.55 / 0.43	4.50 / 0.48	4.38 / 0.51
2. อุปกรณ์ปรุงอาหารดูใหม่และสะอาด	4.68 / 0.38	4.48 / 0.45	4.45 / 0.49	4.35 / 0.52
3. มีใบรับรอง/สัญลักษณ์มาตรฐาน (ถ้ามี)	4.60 / 0.42	4.45 / 0.46	4.42 / 0.50	4.32 / 0.53
4. การจัดการเงินสดและอาหารแยกกัน	4.70 / 0.37	4.52 / 0.44	4.48 / 0.48	4.36 / 0.52
รวมด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์	**4.68 / 0.38**	**4.50 / 0.45**	**4.46 / 0.49**	**4.35 / 0.52**

จากตารางผลความคิดเห็นเกี่ยวกับด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์ พบว่า Baby Boomers ให้คะแนนเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.68, SD = 0.38) รองลงมาคือ Gen X (Mean = 4.50, SD = 0.45) Gen Y (Mean = 4.46, SD = 0.49) และ Gen Z (Mean = 4.35, SD = 0.52) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่าทุกรายการ เช่น การปกปิดอาหาร วัตถุดิบอย่างเหมาะสม และการจัดการเงินสดและอาหารแยกกัน ได้รับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับสูงจากทุกกลุ่มวัย โดยกลุ่ม Baby Boomers ให้คะแนนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการแสดงอัตลักษณ์ร้าน / ภาพลักษณ์แบรนด์

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
การแสดงอัตลักษณ์ร้าน / ภาพลักษณ์แบรนด์				
1.ป้ายชื่อร้าน/โลโก้จดจำง่าย	4.00 / 0.62	4.15 / 0.58	4.35 / 0.50	4.45 / 0.48
2. การนำเสนออาหารน่ารับประทาน	4.10 / 0.60	4.20 / 0.56	4.40 / 0.49	4.48 / 0.47
3. ร้านมีเรื่องราวหรือความเป็นมา	3.90 / 0.65	4.05 / 0.60	4.30 / 0.52	4.40 / 0.50
4. ภาพลักษณ์สะท้อนความเป็นสตรีทฟู้ดแท้	3.95 / 0.61	4.10 / 0.58	4.35 / 0.50	4.45 / 0.48
รวมด้านอัตลักษณ์ร้าน / แบรนด์	**3.99 / 0.62**	**4.13 / 0.58**	**4.35 / 0.50**	**4.45 / 0.48**

จากตารางผลการประเมินด้านการแสดงอัตลักษณ์ร้านและภาพลักษณ์แบรนด์ พบว่า Gen Z ให้คะแนนเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.45, SD = 0.48) รองลงมาคือ Gen Y (Mean = 4.35, SD = 0.50) Gen X (Mean = 4.13, SD = 0.58) และ Baby Boomers (Mean = 3.99, SD = 0.62) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า กลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้ความสำคัญกับป้ายร้าน การนำเสนออาหาร และภาพลักษณ์ที่สะท้อนความเป็นสตรีทฟู้ดอย่างชัดเจน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มวัยอื่นในทุกตัวชี้วัด

6.1.2 <u>ส่วนที่ 2</u> แบบสอบถามการตัดสินใจเลือกรับประทานสตรีทฟู้ด ประกอบด้วย 3 ด้าน

- ด้านการรับรู้คุณภาพอาหาร
- ด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย
- ด้านความตั้งใจเลือกบริโภค

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านการรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้านสตรีทฟู้ด

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
การรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้านสตรีทฟู้ด				
1. ภาพลักษณ์ของร้านสตรีทฟู้ดส่งผลต่อความคาดหวังว่าอาหารจะมีรสชาติอร่อย	3.42 /0.68	3.68 / 0.71	4.02 / 0.63	4.25 / 0.59
2. การจัดวางและตกแต่งร้านที่ดูดีทำให้ฉันเชื่อว่าอาหารมีคุณภาพดี	3.35 / 0.72	3.74 / 0.69	4.10 / 0.61	4.32 / 0.56
3. ความรู้สึกมั่นใจในคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ เมื่อร้านมีภาพลักษณ์ที่ดี	3.50 / 0.65	3.80 / 0.67	4.18 / 0.58	4.40 / 0.54
รวมด้านการรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้านสตรีทฟู้ด	**3.42 / 0.68**	**3.74 / 0.69**	**4.10 / 0.61**	**4.32 / 0.56**

ผลการประเมินด้านการรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้านสตรีทฟู้ด พบว่า Gen Z มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.32, SD = 0.56) รองลงมาคือ Gen Y (Mean = 4.10, SD = 0.61) Gen X (Mean = 3.74, SD = 0.69) และ Baby Boomers (Mean = 3.42, SD = 0.68) ตามลำดับ เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่ากลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้คะแนนสูงในทุกประเด็น โดยเฉพาะด้านภาพลักษณ์ร้านที่ส่งผลต่อความคาดหวังในรสชาติอาหาร และความเชื่อมั่นในคุณภาพวัตถุดิบ

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย				
1. ภาพลักษณ์ของร้านที่สะอาดและเป็นระเบียบทำให้รู้สึกปลอดภัยที่จะรับประทาน	3.78 / 0.62	4.05 / 0.58	4.32 / 0.52	4.48 / 0.49
2. ความเชื่อมั่นว่าอาหารที่ร้านนี้ถูกสุขอนามัย เมื่อเห็นผู้ขายแต่งกายสะอาด	3.85 / 0.60	4.10 / 0.56	4.40 / 0.50	4.55 / 0.47
3. การที่ร้านมีการปกปิดอาหารอย่างดี ทำให้เชื่อว่าอาหารมีความปลอดภัย	3.90 / 0.58	4.18 / 0.55	4.45 / 0.48	4.60 / 0.45
รวมด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย	**3.84 / 0.60**	**4.11 / 0.56**	**4.40 / 0.50**	**4.54 / 0.47**

ผลการประเมินด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย พบว่า Gen Z มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.54, SD = 0.47) รองลงมาคือ Gen Y (Mean = 4.40, SD = 0.50) Gen X (Mean = 4.11, SD = 0.56) และ Baby Boomers (Mean = 3.84, SD = 0.60) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าทุกรายการได้รับคะแนนในระดับค่อนข้างสูง โดยเฉพาะประเด็นด้านความสะอาดของร้าน การแต่งกายของผู้ขาย และการปกปิดอาหาร ซึ่งกลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้คะแนนสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามด้านความตั้งใจเลือกบริโภค

รายการประเมิน	Baby Boomers (Mean / SD)	Gen X (Mean / SD)	Gen Y (Mean / SD)	Gen Z (Mean / SD)
ความตั้งใจเลือกบริโภค				
1. ภาพลักษณ์ทางกายภาพที่ดีของร้านทำให้มีแนวโน้มที่จะเลือกร้านนั้น	3.55 / 0.66	3.85 / 0.63	4.20 / 0.57	4.38 / 0.54
2. มีแนวโน้มที่จะกลับมารับประทานที่ร้านเดิมที่มีภาพลักษณ์ที่ดี	3.60 / 0.64	3.92 / 0.61	4.28 / 0.55	4.45 / 0.52
3. จะแนะนำร้านสตรีทฟู้ดที่มีภาพลักษณ์ที่ดีให้กับผู้อื่น	3.48 / 0.67	3.88 / 0.62	4.35 / 0.54	4.55 / 0.50
4. เต็มใจที่จะจ่ายเพิ่มขึ้นเล็กน้อยสำหรับร้านสตรีทฟู้ดที่มีภาพลักษณ์ดี	3.20 / 0.70	3.55 / 0.66	4.05 / 0.60	4.25 / 0.58
รวมด้านความตั้งใจเลือกบริโภค	**3.46 / 0.68**	**3.80 / 0.63**	**4.22 / 0.57**	**4.41 / 0.54**

ผลการประเมินด้านความตั้งใจเลือกบริโภค พบว่า Gen Z มีค่าเฉลี่ยรวมสูงที่สุด (Mean = 4.41, SD = 0.54) รองลงมาคือ Gen Y (Mean = 4.22, SD = 0.57) Gen X (Mean = 3.80, SD = 0.63) และ Baby Boomers (Mean = 3.46, SD = 0.68) เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า กลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้คะแนนสูงในทุกประเด็น โดยเฉพาะความตั้งใจกลับมาใช้บริการซ้ำ การแนะนำร้านให้ผู้อื่น และความเต็มใจที่จะจ่ายเพิ่มสำหรับร้านสตรีทฟู้ดที่มีภาพลักษณ์ที่ดี

6.2 บทสรุปผลการวิจัย (Summary of findings)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคในแต่ละเจเนอเรชัน โดยทำการวิเคราะห์จากความคิดเห็นของผู้บริโภคกลุ่ม Baby Boomers, Gen X, Gen Y และ Gen Z ในมิติของการจัดการพื้นที่และสภาพแวดล้อม ความสะอาดและสุขอนามัย ความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์ อัตลักษณ์ร้านและภาพลักษณ์แบรนด์ การรับรู้คุณภาพอาหาร ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย และความตั้งใจเลือกบริโภค

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ตอบแบบสอบถามอิทธิพลต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคในแต่ละเจเนอเรชัน

ประเด็น	Baby Boomers	Gen X	Gen Y	Gen Z
ความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ทางกายภาพของสตรีทฟู้ด				
1. ด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่	4.7	4.58	4.51	4.41
2. ด้านการจัดวางพื้นที่และสภาพแวดล้อม	4.21	4.3	4.45	4.51
3. ด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์	4.68	4.5	4.46	4.35
4. ด้านการแสดงอัตลักษณ์ร้าน / ภาพลักษณ์แบรนด์	3.99	4.13	4.35	4.45
การตัดสินใจเลือกรับประทานสตรีทฟู้ด				
1. ด้านการรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้าน	3.42	3.74	4.1	4.32
2. ด้านความเชื่อมั่นในความปลอดภัย	3.84	4.11	4.4	4.54
3. ด้านความตั้งใจเลือกบริโภค	3.46	3.8	4.22	4.41

6.2.1 ภาพลักษณ์ทางกายภาพด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ด้านความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทุกช่วงวัยให้ความสำคัญต่อความสะอาดและสุขอนามัยของพื้นที่ในระดับสูง โดยกลุ่ม Baby Boomers ให้คะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ Gen X ขณะที่ Gen Y และ Gen Z ให้คะแนนในระดับใกล้เคียงกัน สะท้อนว่ามาตรฐานด้านความสะอาดเป็นปัจจัยสำคัญร่วมกันของผู้บริโภคทุกเจเนอเรชันในการประเมินร้านอาหาร

6.2.2 ภาพลักษณ์ทางกายภาพด้านการจัดการพื้นที่และความสะอาด ผลการวิจัยพบว่าผู้บริโภคทุกเจเนอเรชันให้ความสำคัญต่อการจัดการพื้นที่และความสะอาดของร้านสตรีทฟู้ดในระดับสูง โดยกลุ่ม **Gen Z** ให้คะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ **Gen Y** ขณะที่ **Gen X** และ **Baby Boomers** ให้คะแนนลดหลั่นกันเล็กน้อย สะท้อนให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพเป็นปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการประเมินร้านอาหารในทุกช่วงวัย

6.2.3 ภาพลักษณ์ทางกายภาพด้านความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์ ผลการศึกษาพบว่า ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความปลอดภัยของอาหารและอุปกรณ์ได้รับการประเมินในระดับสูงจากผู้บริโภคทุกช่วงวัย โดยกลุ่ม Baby Boomers ให้คะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ Gen X, Gen Y และ Gen Z ตามลำดับ สะท้อนว่าความปลอดภัยด้านอาหารเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเลือกรับประทานอาหารสตรีทฟู้ดในทุกเจเนอเรชัน

6.2.4 ภาพลักษณ์ทางกายภาพด้านอัตลักษณ์ร้านและภาพลักษณ์แบรนด์ ผลการวิจัยสะท้อนว่าอัตลักษณ์ร้านและภาพลักษณ์แบรนด์มีความสำคัญแตกต่างกันตามช่วงวัย โดยกลุ่ม Gen Z ให้ความสำคัญสูงที่สุด รองลงมาคือ Gen Y ขณะที่ Gen X และ Baby Boomers ให้คะแนนในระดับต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภครุ่นใหม่ให้ความสำคัญต่อภาพลักษณ์และความเป็นเอกลักษณ์ของร้านมากกว่ากลุ่มวัยอื่น

6.2.5 การรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้าน

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าการรับรู้คุณภาพอาหารจากภาพลักษณ์ร้านสตรีทฟู้ดแตกต่างกันตามช่วงวัย โดยกลุ่ม Gen Z ให้คะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ Gen Y ขณะที่ Gen X และ Baby Boomers มีคะแนนต่ำกว่า สะท้อนว่าภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านมีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณภาพอาหาร โดยเฉพาะในกลุ่มผู้บริโภครุ่นใหม่

6.2.6 ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย

ผลการวิจัยพบว่าความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยอยู่ในระดับสูงในทุกช่วงวัย โดยกลุ่ม **Gen Z** ให้คะแนนสูงที่สุด รองลงมาคือ **Gen Y, Gen X** และ **Baby Boomers** ตามลำดับ สะท้อนว่าภาพลักษณ์ร้านที่สะอาดและเป็นระเบียบมีบทบาทสำคัญต่อการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในการบริโภคอาหารสตรีทฟู้ด

6.2.7 ความตั้งใจเลือกบริโภค

ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดมีอิทธิพลต่อความตั้งใจเลือกบริโภค การกลับมาใช้บริการซ้ำ และการแนะนำร้านให้ผู้อื่น โดยเฉพาะในกลุ่ม Gen Y และ Gen Z

โดยสรุป ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเลือกรับประทานอาหารของผู้บริโภคทุกเจเนอเรชัน อย่างไรก็ตาม ความสำคัญขององค์ประกอบแต่ละด้านแตกต่างกันตามช่วงวัย โดยกลุ่ม Baby Boomers และ Gen X ให้ความสำคัญกับความสะอาดและความปลอดภัยเป็นหลัก ขณะที่กลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้ความสำคัญกับอัตลักษณ์ร้าน การรับรู้คุณภาพอาหาร และประสบการณ์เชิงภาพลักษณ์มากขึ้น

7. อภิปรายผล

ผลการวิจัยสามารถอภิปรายผลของภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้คุณภาพ ความเชื่อมั่นในความปลอดภัย และการตัดสินใจเลือกบริโภคของผู้บริโภคในทุกเจเนอเรชัน อย่างไรก็ตาม ระดับความสำคัญขององค์ประกอบดังกล่าวมีความแตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของแต่ละช่วงวัย โดยกลุ่ม Baby Boomers และ Gen X ให้ความสำคัญกับความสะอาด สุขอนามัย ความปลอดภัย และความเป็นระเบียบของพื้นที่ร้านเป็นหลัก ขณะที่กลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้ความสำคัญกับอัตลักษณ์ร้าน ภาพลักษณ์แบรนด์ และการสื่อสารคุณภาพผ่านภาพลักษณ์ทางกายภาพมากขึ้น ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิด Servicescape ของ Bitner, M. J. (1992) [21] ที่ระบุว่าสภาพแวดล้อมทางกายภาพมีบทบาทในการกำหนดการรับรู้และพฤติกรรมของผู้บริโภค รวมถึงงานศึกษาด้านพฤติกรรมผู้บริโภคตามเจเนอเรชัน [24], [27] ที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณค่าและความคาดหวังในการบริโภค

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า ภาพลักษณ์ทางกายภาพไม่ได้ทำหน้าที่เพียงเป็นเครื่องมือสร้างความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยของอาหารเท่านั้น แต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของประสบการณ์การบริโภค โดยเฉพาะในกลุ่ม Gen Y และ Gen Z ซึ่งมีแนวโน้มใช้ภาพลักษณ์ร้านเป็นตัวแทนในการประเมินคุณภาพอาหารและมาตรฐานของผู้ประกอบการ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kotler และ Keller (2016) [17] รวมถึงงานศึกษาด้านอัตลักษณ์อาหารริมทางที่พบว่าการออกแบบและภาพลักษณ์ของร้านสามารถส่งผลต่อความตั้งใจซื้อ ความพึงพอใจ และการบอกต่อของผู้บริโภค [29] โดยสรุป ภาพลักษณ์ทางกายภาพของสตรีทฟู้ดจึงควรถูกพัฒนาอย่างสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคแต่ละเจเนอเรชัน เพื่อสร้างทั้งความเชื่อมั่นด้านความปลอดภัยและคุณค่าเชิงประสบการณ์ในการบริโภคอย่างยั่งยืน

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานำร่องนี้สะท้อนให้เห็นว่า ภาพลักษณ์ทางกายภาพของร้านสตรีทฟู้ดเป็นปัจจัยสำคัญที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในแต่ละเจเนอเรชันแตกต่างกัน โดยองค์ประกอบหลักที่ส่งผลต่อการรับรู้และการตัดสินใจเลือกบริโภคประกอบด้วย ความสะอาดและสุขอนามัย ความปลอดภัยของอาหาร การจัดการพื้นที่ อัตลักษณ์ร้าน และการสื่อสารคุณภาพผ่านภาพลักษณ์ทางกายภาพ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่ากลุ่ม Baby Boomers และ Gen X ให้ความสำคัญกับมาตรฐาน ความปลอดภัย และความเป็นระเบียบของร้านเป็นหลัก ขณะที่กลุ่ม Gen Y และ Gen Z ให้ความสำคัญกับอัตลักษณ์ร้าน ภาพลักษณ์แบรนด์ และประสบการณ์เชิงภาพลักษณ์มากขึ้น โดยเฉพาะกลุ่ม Gen Z ซึ่งมองภาพลักษณ์ทางกายภาพเป็นทั้งตัวชี้วัดคุณภาพอาหารและองค์ประกอบของประสบการณ์การบริโภคโดยรวม

จากผลการศึกษานำร่องดังกล่าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนางานวิจัยฉบับสมบูรณ์ในอนาคตได้ โดยการขยายขนาดกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมผู้บริโภคในบริบทพื้นที่และลักษณะร้านสตรีทฟู้ดที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงการนำตัวแปรภาพลักษณ์ทางกายภาพในแต่ละมิติมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุด้วยวิธีการวิเคราะห์ขั้นสูง เพื่อยืนยันอิทธิพลของภาพลักษณ์ทางกายภาพที่มีต่อความตั้งใจเลือกบริโภคในแต่ละเจเนอเรชันอย่างเป็นระบบและชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือของผลการวิจัยและนำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายและเชิงปฏิบัติที่เหมาะสมต่อการพัฒนาธุรกิจสตรีทฟู้ดอย่างยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] FAO. (2007). Promoting sustainable street food systems. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[2] Chambers, R. (2012). Urban livelihoods and street food economies. London: Earthscan.

[3] Cohen, E. (1998). Tourism and food: Attraction and impediment. Annals of Tourism Research, 25(4), 834–855.

[4] Tan, S. Y., & Chin, Y. S. (2014). Street food culture and food safety. Journal of Asian Food Studies, 6(1), 21–35.

[5] Cheung, S. C. H. (2004). Rethinking food and taste in Asia. Ethnos, 69(1), 25–44.

[6] Hwang, J., & Park, S. (2018). The role of physical environment in food service settings. International Journal of Hospitality & Tourism Administration, 19(3), 235–258.

[7] Hashim, N., & Mohd Yunus, N. (2019). Street food hygiene and consumer perception. Asian Journal of Food Studies, 8(2), 45–60.

[8] สุภาภรณ์ ชูรอด, และคณะ. (2562). การรับรู้ด้านสุขอนามัยของผู้บริโภคต่ออาหารริมทาง. วารสารโภชนาการ, 54(1), 12–25.

[9] อภิรดี มีจันทร์, และคณะ. (2563). การจัดการสุขาภิบาลอาหารริมทางในเขตเมือง. วารสารสาธารณสุข, 50(2), 145–158.

[10] พรชนก จันทร์ประเสริฐ, และคณะ. (2560). ปัจจัยด้านกายภาพที่มีผลต่อความเชื่อมั่นในการบริโภคอาหารริมทาง. วารสารวิจัยสังคมศาสตร์, 10(2), 95–110.

[11] กรุงเทพมหานคร. สำนักยุทธศาสตร์และประเมินผล. (2568). *รายงานสถิติกรุงเทพมหานคร*. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.

[12] ยามาเน่, ทาโร. (2517). สถิติ: แนวคิดและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย.

[13] FAO. (1997). Street foods. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[14] Cohen, E., & Avieli, N. (2012). Food in tourism: Attraction and impediment. Journal of Culinary Science & Technology, 10(1), 1–14.

[15] Liu, C., & Chen, Y. (2014). Street food consumption and urban culture. Journal of Consumer Culture, 14(3), 301–320.

[16] Bell, D., & Borer, M. I. (2020). Urban food cultures. London: Routledge.

[17] Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). Marketing management (15th ed.). Harlow: Pearson Education.

[18] Lynch, K. (1960). The image of the city. Cambridge, MA: MIT Press.

[19] Muinde, O. K., & Kuria, E. (2005). Hygienic and sanitary practices of vendors of street foods. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, 5(1), 1–14.

[20] Rane, S. (2011). Street vended food in developing world: Hazard analyses. Indian Journal of Microbiology, 51(1), 100–106.

[21] Bitner, M. J. (1992). Service scapes: The impact of physical surroundings on customers and employees. Journal of Marketing, 56(2), 57–71.

[22] Schiffman, L. G., & Kanuk, L. L. (2010). Consumer behavior (10th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

[23] Kavaratzis, M., & Ashworth, G. J. (2005). City branding: An effective assertion of identity. Place Branding, 1(2), 182–194.

[24] Strauss, W., & Howe, N. (1991). Generations: The history of America's future. New York: William Morrow.

[25] Twenge, J. M. (2017). iGen. New York: Atria Books.

[26] Sheahan, P. (2005). Generation Y: Thriving and surviving. Melbourne: Hardie Grant.

[27] Fromm, J., & Garton, C. (2013). Marketing to millennials. New York: AMACOM.

[28] ปิยวดี ฤทธิ์ช่วย. (2562). พฤติกรรมการบริโภคอาหารริมทางของผู้บริโภคต่างเจเนอเรชัน. วารสารบริหารธุรกิจ, 42(3), 67–82.

[29] ฐาณุพัชช์ จิตภักดีภรรัชต์, และ สันติธร ภูริภักดี. (2564). อัตลักษณ์อาหารริมทางกับพฤติกรรมผู้บริโภคในสังคมเมือง. วารสารการออกแบบและสถาปัตยกรรม, 15(1), 23–39.

https://archd.kmutnb.ac.th

ISBN 978-616-368-136-2

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Faculty of Architecture and Design,
King Mongkut's University of Technology north Bangkok