

ความหลากหลายทางรูปทรงเจดีย์ไทย: การพัฒนาระบบการสังเคราะห์ด้วยระบบ

หน่วยองค์ประกอบและไวยากรณ์ทางรูปทรง

Morphological Diversity of Thai Stupas: Developing a Synthetic

Process through Modular Systems and Shape Grammar

รับบทความ	29/04/2569
แก้ไขบทความ	24/06/2569
ยอมรับบทความ	24/06/2569

นภัส ขวัญเมือง

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Napat Kwanmuang

Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University

nkwanmuang@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษา “ระบบการก่อรูปทรง” ของสถาปัตยกรรมเจดีย์ไทย เพื่อขยายมิติการศึกษาจากแนวทางประวัติศาสตร์ศิลปะสู่การพัฒนาเครื่องมือออกแบบเชิงระบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานและสร้างมาตรฐานหน่วยองค์ประกอบย่อย (Modular Units) ที่สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นรูปทรงใหม่ได้อย่างเป็นระบบ ระเบียบวิธีวิจัยเป็นประเภทการวิจัยเชิงออกแบบ (Design-Based Research) ผ่านการทดลองเชิงสัมพันธ์กับเจดีย์กรณีศึกษา 6 ประเภทหลัก ได้แก่ เจดีย์ทรงระฆัง เจดีย์ทรงปราสาท เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม และเจดีย์ทรงเครื่อง ผลการวิจัยพบว่า เจดีย์ไทยสามารถอธิบายได้ในฐานะโครงสร้างแนวดิ่งที่มีลำดับองค์ประกอบคงที่ 5 ระดับ ได้แก่ 1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน เมื่อนำองค์ประกอบเหล่านี้มาปรับมาตรฐานพิกัดหน้าตัดและจุดเชื่อมต่อ ภายใต้กฎไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) จะสามารถสร้างความเป็นไปได้ของรูปทรงที่แตกต่างกันได้ถึง 7,776 รูปแบบ (6⁵) โดยยังคงรักษาอัตลักษณ์เชิงโครงสร้างเดิมไว้ได้อย่างสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์เส้นรอบนอก (Silhouette Analysis) ผู้วิจัยได้ค้นพบ “ตรรกะรูปทรง” 3 ประการที่เป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดลักษณะทางสัณฐาน ได้แก่ 1) ทิศทางของเส้นรอบนอก 2) ความต่อเนื่องของเส้นรอบนอก และ 3) ตำแหน่งจุดเปลี่ยนทิศทางของเส้นรอบนอก รูปแบบของเส้นรอบนอกที่วิเคราะห์สามารถสร้างรูปทรงที่แตกต่างซึ่งเกิดจากการสลับส่วนล่าง 3 รูปแบบ ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3 รูปแบบ ส่วนกลาง 4 รูปแบบ ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน 3 รูปแบบ และส่วนบน 4 รูปแบบ ได้ทั้งหมด 432 รูปแบบ (3x3x4x3x4) คุณูปการของงานวิจัยนี้คือ การนำเสนอเครื่องมือออกแบบ (design tool) ที่เปลี่ยนมุมมองต่อสถาปัตยกรรมไทยจากรูปแบบที่ทำสืบต่อกันสู่ระบบการสร้างสรรค์รูปทรงใหม่ ซึ่งช่วยสนับสนุนทั้งความเข้าใจพื้นฐานด้านสถาปัตยกรรมเจดีย์ การเรียนการสอน และการสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมไทยภายใต้ตรรกะที่ชัดเจนและตรวจสอบได้

คำสำคัญ: เจดีย์ไทย สันฐานวิทยาทางสถาปัตยกรรม ระบบหน่วยองค์ประกอบ ไวยากรณ์ทางรูปทรง เส้นรอบนอก

การวิจัยเชิงออกแบบ ตรรกะรูปทรง

Abstract

This research focuses on the "form-generating system" of Thai stupa architecture, aiming to expand the field of study from traditional art history toward the development of systematic design tools. The primary objectives are to analyze morphological structures and establish a standardized system of Modular Units capable of systematic synthesis into novel forms. Adopting a Design-Based Research methodology, this study conducts morphological experiments on six primary stupa typologies: The Bell-shaped Stupa (*Chedi Song-RaKhang*), The Prang-style Stupa (*Phra Prang* or Corn-shaped tower), The Prasat-style Stupa (Castle-style or Tiered-tower), The Lotus-bud Stupa (*Phum Khao Bin*), The Square Lotus Stupa (*Bua-Liam*), and The Ornate Stupa (*Song-Krueang*). The findings reveal that the Thai stupa can be defined as a vertical structure with a fixed hierarchical sequence of five constituent levels: 1) Lower Section, 2) Lower-Middle Transition, 3) Middle Section, 4) Middle-Upper Transition, and 5) Upper Section. By standardizing cross-sectional coordinates and interface points under Shape Grammar rules, the study demonstrates the generative potential of 7,776 unique variations (6^5) while maintaining complete structural identity. Through Silhouette Analysis, the researcher identified three core "formal logics" acting as critical morphological variables: 1) Silhouette Directionality, 2) Silhouette Continuity, and 3) The Positioning of Inflection Points. The analysis of silhouette profiles reveals that new variations can be generated through the systematic permutation of components across five levels. By alternating between 3 lower section types, 3 lower-middle transition types, 4 middle section types, 3 middle-upper transition types, and 4 upper section types, a total of 432 unique morphological variations ($3 \times 3 \times 4 \times 3 \times 4$) can be synthesized. The contribution of this research lies in the proposal of a design tool that shifts the perspective of Thai architecture from traditional stylistic reproduction toward Generative Design, providing a robust, logical, and verifiable foundation for both pedagogical applications and Thai architectural creation.

Keywords: *Thai Stupa, Architectural Morphology, Modular System, Shape Grammar, Silhouette, Design-Based Research, Morphological Logic*

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถาปัตยกรรมเจดีย์ไทยมีความหลากหลายและมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่องยาวนานตามมิติของพื้นที่และยุคสมัย งานศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่มักอธิบายรูปแบบเหล่านี้ผ่านกรอบของประวัติศาสตร์ศิลปะ ปัจจัยแวดล้อม หรือการตีความเชิงสัญลักษณ์ ซึ่งช่วยให้เข้าใจที่มาและคุณค่าทางศิลปกรรมได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการขยายมิติการศึกษาสู่การประยุกต์ใช้ในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษา “ระบบการก่อรูปทรง” ผ่านการจัดวางหน่วยองค์ประกอบย่อย เพื่อทำความเข้าใจกลไกความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังรูปลักษณ์ที่แตกต่างกันอย่างเป็นระบบ

ข้อสังเกตที่สำคัญปรากฏชัดผ่าน “เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์” ซึ่งศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สันติ เล็กสุขุม (สันติ เล็กสุขุม, 2538: 25-26) และศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย สายสิงห์ (ศักดิ์ชัย สายสิงห์, 2560: 284) กล่าวตรงกันว่า เป็นการผสมผสานระหว่างรูปทรงของเจดีย์ทรงระฆังและเรือนธาตุของเจดีย์ทรงปราสาท ข้อสังเกตนี้ก่อให้เกิดคำถามเชิงวิจัยว่า “ระบบการก่อรูปทรง” ที่ใช้ในการสังเคราะห์รูปทรงใหม่ในอดีตนั้นมีตรรกะอย่างไร ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่า รูปทรงเจดีย์เหล่านี้ประกอบขึ้นจาก “หน่วยองค์ประกอบย่อย” (Modular Units) ที่สัมพันธ์กันภายใต้กฎเกณฑ์ชุดหนึ่ง ซึ่งหากสามารถถอดรหัสความสัมพันธ์เหล่านี้ได้ ย่อมนำไปสู่การสร้างกระบวนการสังเคราะห์รูปทรงเจดีย์อย่างเป็นระบบ

จากที่กล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงตั้งคำถามวิจัยว่า หน่วยองค์ประกอบของสถาปัตยกรรมเจดีย์ไทยสามารถจัดระเบียบเพื่อพัฒนาเป็นเครื่องมือสำหรับสังเคราะห์รูปทรงสัญญาณที่มีความหลากหลายและเป็นระบบได้อย่างไร จึงนำไปสู่การพัฒนารอบการวิเคราะห์เพื่อแสดงตรรกะที่อยู่เบื้องหลังความงามทางศิลปกรรมและการพัฒนา “เครื่องมือออกแบบ” (Design Tool) ที่สามารถสร้างความเป็นไปได้ของรูปทรงใหม่บนฐานของเหตุผล นอกจากนี้ยังร่วมเติมเต็มระเบียบวิธีวิจัย ด้วยการเสนอใช้ระบบหน่วยองค์ประกอบ (Modular Systems) และไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) เป็นเครื่องมือถอดรหัสโครงสร้างเชิงลึกของเจดีย์ ผลลัพธ์ที่ได้ช่วยสนับสนุนทั้งด้านวิชาการในการเสนอการทำความเข้าใจสถาปัตยกรรมเจดีย์รูปแบบใหม่ อันนำไปสู่การเปลี่ยนผ่านกรอบการศึกษาจากวัตถุทางวัฒนธรรมเชิงพรรณนา สู่ระบบสัญญาณวิทยาที่สามารถอธิบายความหลากหลายผ่านตัวแปรได้อย่างเป็นตรรกะและตรวจสอบได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์และจัดระบบโครงสร้างสัญญาณของเจดีย์ไทย
ทำความเข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายใต้ระบบการก่อรูปทรง
2. เพื่อพัฒนาหลักเกณฑ์การจำแนกองค์ประกอบสู่ระบบหน่วยย่อย
เพื่อสร้างมาตรฐานในการแบ่งส่วนประกอบเจดีย์ที่สามารถนำไปจัดการเชิงระบบได้
3. เพื่อสังเคราะห์รูปทรงเจดีย์ใหม่ผ่านระบบหน่วยองค์ประกอบ
เพื่อทดสอบความสามารถของเครื่องมือเชิงระบบในการสร้างสรรค์รูปทรง และวิเคราะห์ความแปรผันผ่านลักษณะเส้นกรอบนอก (Silhouette Analysis)

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษา “โครงสร้างของรูปทรง” ของเจดีย์ไทย โดยจำกัดขอบเขตอยู่ที่การวิเคราะห์องค์ประกอบในแนวแกนตั้งเพื่อจำแนกและจัดระเบียบ “หน่วยองค์ประกอบย่อย” มิได้ครอบคลุมถึงรายละเอียดของงานประดับตกแต่งหรือการตีความหมายเชิงสัญลักษณ์ที่นอกเหนือไปจากโครงสร้างทางรูปทรง

ขอบเขตด้านกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้พิจารณาคัดเลือกกรณีศึกษาจากเจดีย์ในประเทศไทยที่มีความแตกต่างของเส้นกรอบนอกในส่วนกลางและส่วนบน และเป็นเจดีย์ที่มีรูปแบบมาตรฐานและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในสังคม เพื่อให้ผลการวิจัยตั้งอยู่บนฐานที่บุคคลทั่วไปสามารถเข้าใจและเชื่อมโยงได้โดยง่าย ซึ่งกำหนดกรณีศึกษาจากเจดีย์ 6 ประเภท ได้แก่ (เจดีย์ต้นแบบทั้งหมดแสดงในภาพ 1)

- **เจดีย์ทรงระฆัง** มีพระศรีรัตนเจดีย์ วัดพระศรีรัตนศาสดารามเป็นต้นแบบ
- **เจดีย์ทรงปราสาท** มีพระบรมธาตุไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นต้นแบบ
- **เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์** มีเจดีย์ประธานวัดมหาธาตุ จังหวัดสุโขทัยเป็นต้นแบบ
- **เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม** มีพระธาตุเรณู จังหวัดนครพนมเป็นต้นแบบ
- **เจดีย์ทรงเครื่อง** มีสุวรรณเจดีย์ วัดพระศรีรัตนศาสดารามเป็นต้นแบบ

ขอบเขตด้านระเบียบวิธีวิจัย เพื่อให้การศึกษาและวิเคราะห์มีความเป็นระบบ ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการจัดการข้อมูลโดยการจำแนกเจดีย์แต่ละประเภทออกเป็น “หน่วยองค์ประกอบย่อย” (Modular Units) เพื่อสร้าง “ตัวแปร” ที่เอื้อต่อการเปรียบเทียบและการสลับเปลี่ยนตัวแปรภายใต้เกณฑ์เดียวกัน ซึ่งการศึกษาจำกัดอยู่ภายใต้กรอบการวิเคราะห์หน่วยองค์ประกอบ (Modular Analysis) และการประเมินความแตกต่างของรูปทรงผ่านการวิเคราะห์เส้นกรอบนอก (Silhouette Analysis) ด้วยเครื่องมือเชิงระบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาสถาปัตยกรรมเจดีย์ในงานวิชาการที่ผ่านมา

การศึกษาสถาปัตยกรรมเจดีย์ไทยที่ผ่านมามุ่งเน้นมิติ ประวัติศาสตร์ศิลปะ และวิวัฒนาการของรูปแบบ โดยมีรากฐานสำคัญจากการจำแนกองค์ประกอบหลักออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนล่าง ส่วนกลาง ส่วนบน (เทียบเคียงกับส่วนฐาน ส่วนเรือน และส่วนยอด) ซึ่งศาสตราจารย์ ดร.สันติ เล็กสุขุม (สันติ เล็กสุขุม, 2538) และ ศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย สายสิงห์ (ศักดิ์ชัย สายสิงห์, 2560) ได้วางระเบียบวิธีวิจัยในการวิเคราะห์ลำดับการคลี่คลายขององค์ประกอบย่อยตามยุคสมัยและการส่งผ่านอิทธิพลศิลปะข้ามวัฒนธรรมไว้อย่างเป็นระบบ จากการศึกษาวรรณกรรมสรุปได้ว่า รูปลักษณะของเจดีย์ไทยมีระเบียบวิธีสร้างสรรค์ที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ งานวิจัยนี้จึงนำฐานคิดดังกล่าวมาพัฒนาต่อยอดด้วยการจำแนกหน่วยองค์ประกอบย่อย (Modular Units) เพื่อสร้างระบบการสังเคราะห์รูปทรงผ่านไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) ในลำดับถัดไป

แนวคิด ทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์รูปทรง

งานวิจัยประยุกต์ใช้ 3 แนวคิดหลักเป็นกรอบในการพัฒนาระบบการก่อรูปทรง ดังนี้

สัณฐานวิทยาทางสถาปัตยกรรม (Architectural Morphology) คือการศึกษาโครงสร้าง รูปทรง และมวลของอาคารในภาพรวม ตามแนวคิดของสแตดแมน (Steadman) (1983) และสตินี (Stiny) (2006) ที่กล่าวถึงการก่อเกิดผังอาคารซึ่งมีที่มาจากระบบขององค์ประกอบที่สัมพันธ์กัน กรอบแนวคิดนี้จึงสำคัญต่อการศึกษาเจดีย์ไทยที่มีการจัดเรียงองค์ประกอบในแนวแกนตั้งอย่างเป็นระบบ ช่วยให้เห็นความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างในเจดีย์แต่ละประเภทได้อย่างชัดเจนและเป็นวิทยาศาสตร์

ระบบหน่วยองค์ประกอบ (Modular Systems) คือการพิจารณารูปทรงสถาปัตยกรรมแยกออกเป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน จากทฤษฎีของคริสโตเฟอร์ อเล็กซานเดอร์ (Alexander) (1964) ที่มองสถาปัตยกรรมเป็นผลึกของปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยและการวิเคราะห์แยกส่วนประกอบของสถาปัตยกรรมออกมาอย่างเป็นระบบของชิง (Ching) (2015) งานวิจัยนี้จึงได้นำแนวคิดดังกล่าวมากำหนด “หน่วยองค์ประกอบย่อย” (Modular Units) ให้มีมาตรฐานพิกัดและหน้าตัดที่สอดคล้องกัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและสลับเปลี่ยนส่วนประกอบภายใต้ระบบควบคุมเดียวกันได้

ไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) คือ ชุดกฎเกณฑ์ที่ใช้ควบคุมการสร้าง การปรับเปลี่ยน และการประกอบชิ้นส่วนย่อยต่าง ๆ ตามแนวคิดของมิตเชลล์ (Mitchell) (1990) ที่ใช้ไวยากรณ์ทางรูปทรงอธิบายการก่อรูปสถาปัตยกรรมด้วยชุดกฎเกณฑ์เรขาคณิต ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือนี้มาใช้ถอดรหัสกฎเกณฑ์ขององค์ประกอบเจดีย์ไทย เพื่อสร้างตรรกะเชิงโครงสร้างและกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนย่อย อันจะนำไปสู่ระบบคำนวณเชิงสังเคราะห์ที่สามารถสร้างสรรค์รูปทรงใหม่ได้อย่างเป็นระบบและมีระเบียบวิธีรองรับ

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ดำเนินงานภายใต้รูปแบบ การวิจัยเชิงออกแบบ (Design-Based Research) ซึ่งมุ่งเน้นการสร้าง “ความรู้เชิงกระบวนการ” ผ่านการทดลองเชิงสัณฐาน (Morphological Experimentation) โดยใช้วิธีการควบคุมตัวแปรเชิงโครงสร้างเพื่อให้สามารถอธิบายกลไกการเกิดรูปทรงเจดีย์ไทยได้อย่างเป็นระบบและทำซ้ำได้ มีรายละเอียดดังนี้

ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรควบคุม 3 ตัวแปรคือ 1) แกนแนวดิ่งของเจดีย์ 2) จำนวนองค์ประกอบ 5 ส่วน ที่มีแนวแกนกลางและระนาบรอยต่อที่มีค่ามาตรฐาน เพื่อให้ชิ้นส่วนแต่ละส่วนไม่ว่าจะเป็นชิ้นส่วนจากเจดีย์รูปแบบใดสามารถต่อกันได้พอดี 3) ลำดับการจัดวางองค์ประกอบจากฐานสู่ยอด

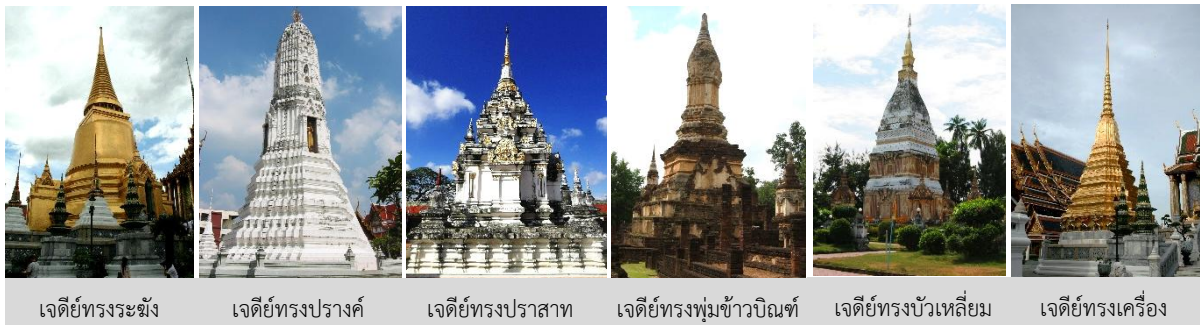
ตัวแปรอิสระ องค์ประกอบในแต่ละระดับ ซึ่งสามารถสลับเปลี่ยนได้ภายในระดับเดียวกัน โดยไม่เปลี่ยนตำแหน่งเชิงลำดับในแนวแกนตั้ง

ตัวแปรตาม ความแตกต่างของรูปทรงโดยรวม ซึ่งวิเคราะห์ผ่านเส้นกรอบเงา (silhouette)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย (ดูภาพ 4 ประกอบ)

ขั้นตอนที่ 1 : การวิเคราะห์ต้นแบบ ถอดรหัสรูปทรงเจดีย์ไทยจากกรณีศึกษาเพื่อจำแนกลำดับชั้นขององค์ประกอบที่มีหน้าที่เฉพาะตัวอย่างเป็นระบบ

- คัดเลือกกรณีศึกษาเจดีย์ไทย พิจารณาจากความแตกต่างเชิงสัณฐานวิทยาของเส้นกรอบเงาเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังต้องเป็นตัวแทนที่ดีของสายสัณฐานหลักทั้ง 3 สาย ได้แก่ สายเจดีย์ทรงระฆัง สายเจดีย์ทรงเครื่อง และสายเจดีย์ที่มีเรือนธาตุ และเป็นเจดีย์ที่มีองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่เด่นชัดและสามารถแบ่งส่วนได้ครบถ้วนทั้ง 5 ระดับพิกัด ผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกกรณีศึกษามาทั้งหมด 6 ประเภทได้แก่ เจดีย์ทรงระฆัง เจดีย์ทรงปราสาท เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม และเจดีย์ทรงเครื่อง (ดูภาพ 1)



เจดีย์ทรงระฆัง

เจดีย์ทรงปราสาท

เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์

เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม

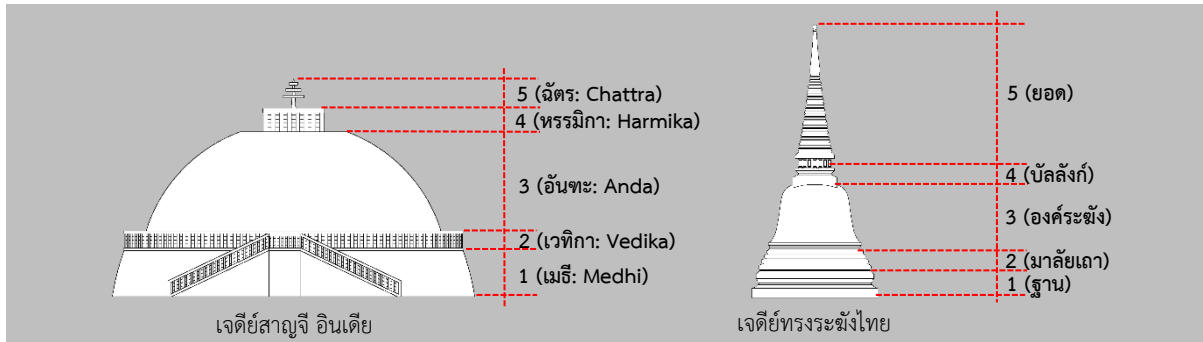
เจดีย์ทรงเครื่อง

เจดีย์ทรงเครื่อง

ภาพ 1 เจดีย์ต่าง ๆ ที่พิจารณานำมาเป็นต้นแบบทั้ง 6 ประเภท

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

- เปรียบเทียบองค์ประกอบเจดีย์สามัญ อินเดีย (ต้นแบบเจดีย์ทรงระฆัง) กับเจดีย์ทรงระฆังของไทย เพื่อค้นหา “องค์ประกอบพื้นฐานร่วม” พิจารณาแล้วได้องค์ประกอบร่วมทั้งหมด 5 องค์ประกอบ (ดูภาพ 2) ซึ่งจะนำมาเป็นหลักในการพิจารณาแบ่งองค์ประกอบเจดีย์กรณีศึกษาประเภทอื่นต่อไป

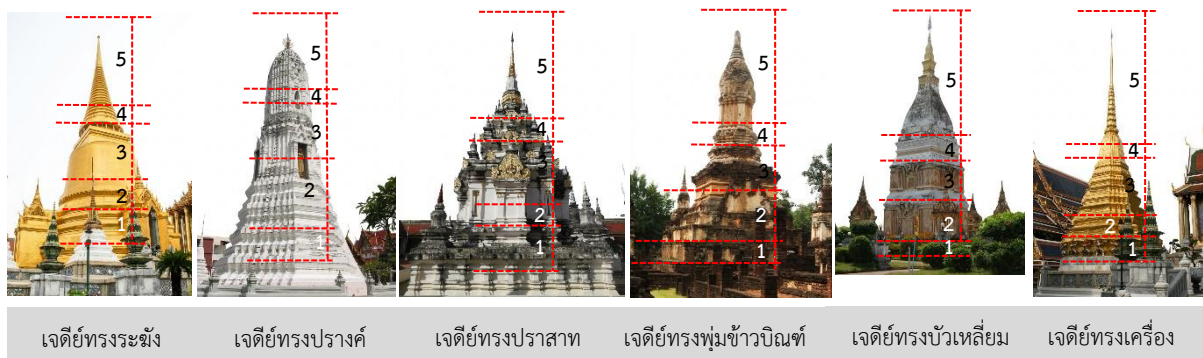


ภาพ 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบเจดีย์สาญจีกับเจดีย์ทรงระฆังของไทย ได้องค์ประกอบรวม 5 องค์ประกอบ (ฉัตรเทียบกับยอด หรมิกาเทียบกับบัลลังก์ อันทะเทียบกับองค์ระฆัง เวทิกาเทียบกับมัลลยา เมธีเทียบกับฐาน)

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

- วิเคราะห์โครงสร้างแนวดิ่งและแยกองค์ประกอบออกเป็น 5 หน่วย ได้แก่ 1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน

ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือชุดเจดีย์ต้นแบบที่สามารถแยกหน่วยองค์ประกอบได้อย่างชัดเจน (ดูภาพ 3)



ภาพ 3 การวิเคราะห์แยกองค์ประกอบของเจดีย์แต่ละประเภท

- 1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

ขั้นตอนที่ 2 : การแบ่งและปรับมาตรฐานองค์ประกอบ ปรับเปลี่ยนองค์ประกอบที่จำแนกได้ให้เป็น “5 หน่วยมาตรฐาน” (Modular Units) ปรับความสูงขององค์ประกอบในระดับเดียวกันให้เท่ากัน เพื่อให้เอื้อต่อการเปรียบเทียบและกำหนดสัดส่วนในผังให้สามารถจัดเรียงต่อกันตามแกนตั้งได้ ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือ ได้องค์ประกอบ 5 ระดับ ที่สามารถสลับกันได้ภายในระดับเดียวกัน (ดูภาพ 5 และ 6)

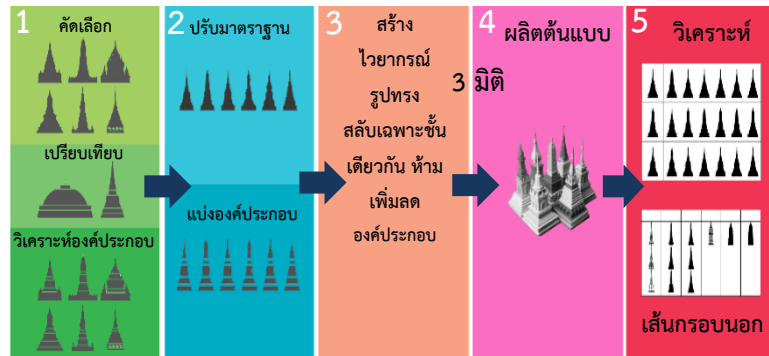
ขั้นตอนที่ 3 : การกำหนดกฎไวยากรณ์ทางรูปทรง ประยุกต์ใช้ไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) กำหนดชุดคำสั่งควบคุมความสัมพันธ์และการจัดวาง เพื่อทำหน้าที่เป็นกลไกควบคุมการทดลอง โดยกำหนดให้การสลับสามารถทำได้เฉพาะองค์ประกอบในระดับเดียวกันและห้ามเพิ่มหรือลดจำนวนองค์ประกอบ

ในการทดลองสลับเปลี่ยนองค์ประกอบย่อย ระบบจะมุ่งเน้นการสร้างรูปแบบตามความน่าจะเป็นเชิงเรขาคณิตเป็นหลัก โดยผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดจะถูกนำไปวิเคราะห์และคัดกรองร่วมกับตรรกะฐานทางสถาปัตยกรรมไทยในหัวข้ออภิปรายผลต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 : การผลิตต้นแบบสามมิติ การสร้างต้นแบบช่วยตรวจสอบความเป็นไปได้ของการประกอบจริง และความสัมพันธ์ของมวลในสามมิติ พัฒนาระบบการต่อสลับด้วยเดือยและรูเดือย โดยผลิตต้นแบบด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์

สามมิติ (3D Printing) ชุดที่ 1 ใช้สีเดียวกันทั้งหมด ชุดที่ 2 ใช้สีแยกประเภทขององค์ประกอบ เพื่อทดสอบการรับรู้ภาพรวม และทดลองประกอบรูปแบบภายใต้กฎเดียวกัน (ดูภาพ 7)

ขั้นตอนที่ 5 : การวิเคราะห์ผลลัพธ์ จำลองรูปทรงที่เป็นไปได้ผ่านเครื่องมือเชิงระบบและประเมินความหลากหลายเชิงปริมาณด้วยการวิเคราะห์เส้นกรอบนอก (Silhouette Analysis) เป็นการวิเคราะห์เน้นเชิงโครงสร้างและเชิงระบบ มิได้ใช้เกณฑ์เชิงสุนทรียะส่วนบุคคล



ภาพ 4 ภาพขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตารางวิเคราะห์โครงสร้างเส้นกรอบนอก (Silhouette Diagrams) และหุ่นจำลองสามมิติ

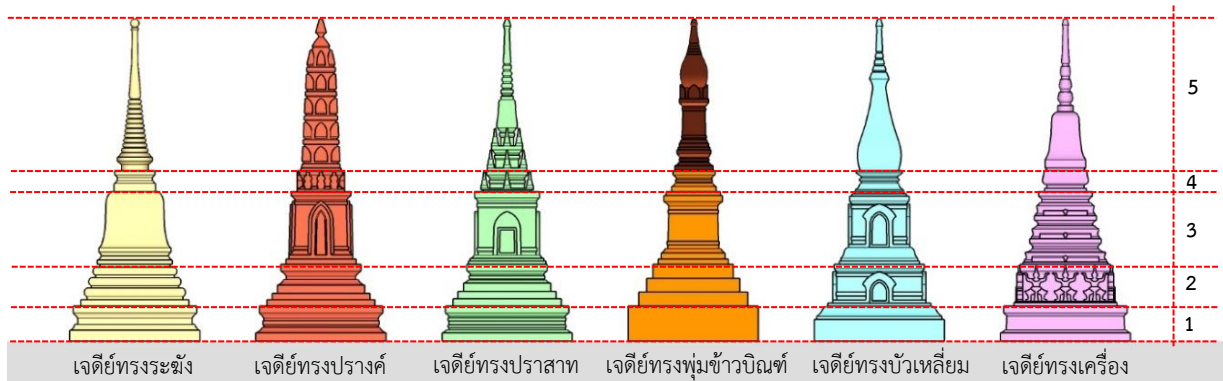
ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างต้นแบบ

จากการคัดเลือกเจดีย์ไทย 6 ประเภทที่มีลักษณะเส้นกรอบนอกแตกต่างกัน พบว่า ทั้งหมดมี “ระบบองค์ประกอบแนวตั้ง” ร่วมกัน โดยเรียงลำดับจากฐานสู่ยอดอย่างต่อเนื่อง และสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน ผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้สามารถอธิบายเจดีย์ไทยได้ในฐานะ “ระบบองค์ประกอบ” ที่มีโครงสร้างร่วมกัน

ผลการแบ่งและปรับมาตรฐานองค์ประกอบ

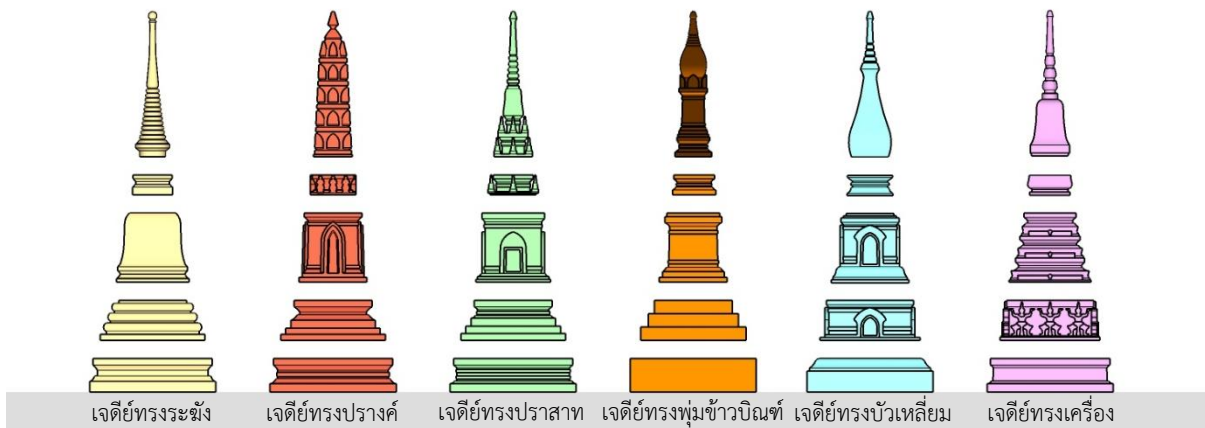
เมื่อแยกองค์ประกอบทั้ง 5 ส่วนออกจากกัน และปรับความสูงขององค์ประกอบในระดับเดียวกันให้เท่ากัน (ดูภาพ 4 และ 5) พร้อมกำหนดสัดส่วนในผังให้สามารถจัดเรียงต่อกันตามแกนตั้งได้ พบว่า องค์ประกอบในระดับเดียวกันสามารถนำมาสลับกันได้โดยไม่เกิดความขัดแย้งเชิงโครงสร้าง ดังที่แสดงในตาราง 1 และ 2 ผลลัพธ์ของขั้นตอนนี้คือ ชุดองค์ประกอบ 5 ระดับ ที่สามารถประกอบเป็นเจดีย์ต้นแบบ 6 รูปแบบ และพร้อมสำหรับการทดลองเชิงระบบในขั้นถัดไป



ภาพ 5 รูปแบบเจดีย์แต่ละประเภทที่ทำการปรับสัดส่วนจากเจดีย์ต้นแบบ ซึ่งยังคงรักษารูปองค์ประกอบทั้ง 5 ส่วนไว้

1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย



ภาพ 6 องค์ประกอบทั้ง 5 ส่วนของเจดีย์แต่ละประเภทซึ่งมีความสูงเท่ากัน และมีสัดส่วนในผังที่มีมาตรฐานเดียวกัน

เพื่อให้สามารถสลับองค์ประกอบในระดับเดียวกันได้

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

ผลการกำหนดกฎและการสลับองค์ประกอบ

ภายใต้กฎที่กำหนดการสลับได้เฉพาะองค์ประกอบในระดับเดียวกัน ไม่สามารถเปลี่ยนลำดับแนวตั้ง และไม่เพิ่มหรือลดจำนวนองค์ประกอบเมื่อดำเนินการสลับองค์ประกอบ พบว่า ระบบสามารถสร้างรูปแบบได้หลายความเป็นไปได้ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ความแตกต่างของรูปแบบและรูปทรงเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบองค์ประกอบในแต่ละชั้นและเส้นกรอบนอก (ดูตาราง 1 และ ตาราง 2)

ตาราง 1 ตัวอย่างการสลับองค์ประกอบของเจดีย์ทรงระฆัง
เจดีย์ทรงปราสาท และเจดีย์ทรงปราสาท

ประเภทเจดีย์	สลับส่วนบน	สลับส่วนเปลี่ยน ผ่านส่วนกลาง-บน	สลับส่วนกลาง	สลับส่วนเปลี่ยน ผ่านส่วนกลาง-กลาง	สลับส่วนล่าง	สลับทุกส่วน ยกเว้นส่วนบน
เจดีย์ทรงระฆัง						
เจดีย์ทรงปราสาท						
เจดีย์ทรงปราสาท						

ที่มา : ผู้วิจัย

ตาราง 2 ตัวอย่างการสลับองค์ประกอบของเจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์
เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม และเจดีย์ทรงเครื่อง

ประเภทเจดีย์	สลับส่วนบน	สลับส่วนเปลี่ยน ผ่านส่วนกลาง-บน	สลับส่วนกลาง	สลับส่วนเปลี่ยน ผ่านส่วนกลาง-กลาง	สลับส่วนล่าง	สลับทุกส่วน ยกเว้นส่วนบน
เจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์						
เจดีย์ทรงบัวเหลี่ยม						
เจดีย์ทรงเครื่อง						

ที่มา : ผู้วิจัย

ผลลัพธ์ของชุดองค์ประกอบจำนวน 5 ระดับ ของเจดีย์ต้นแบบ 6 รูปแบบนี้สามารถสร้างให้เกิดรูปแบบเจดีย์ที่ไม่ซ้ำกันได้ 7,776 รูปแบบ (6^5) อย่างไรก็ตามไม่ใช่ทุกรูปแบบจะมีความกลมกลืนเชิงสัดส่วนเท่ากัน

ผลการผลิตต้นแบบสามมิติ

การผลิตต้นแบบสามมิติด้วยเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติช่วยให้สามารถตรวจสอบความต่อเนื่องของแกนแนวดิ่ง ความพอดีของระบบการต่อสลับ และความสัมพันธ์ของมวลในเชิงปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบชุดที่ใช้สลับแยกประเภทเจดีย์กับชุดที่ใช้สลับเดียวกัน พบว่าชุดที่ใช้สลับแยกประเภทช่วยให้เกิดการรับรู้แบบแยกองค์ประกอบได้ดี ส่วนการใช้สลับเดียวช่วยให้การรับรู้ภาพรวมของรูปทรงชัดเจนกว่า



ภาพ 7 ตัวอย่างการเปรียบเทียบการต่อสลับของเจดีย์ต้นแบบสามมิติแบบสีเดียวและแบบแยกสี

ที่มา : ภาพประกอบโดยผู้วิจัย

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างเชิง Silhouette

ภายใต้โครงสร้างแนวดิ่งที่คงที่ พบว่า ความแตกต่างของรูปทรงเจดีย์ถูกกำกับด้วย “ตรรกะรูปทรง” 3 ประการ ได้แก่

- 1) ทิศทางของเส้นกรอบ ได้แก่ ตั้งฉาก เฉียงเข้า เฉียงออก และเส้นโค้ง
- 2) ความต่อเนื่องทางเรขาคณิต คือการคงทิศทางของเส้น หรือการเปลี่ยนทิศภายในองค์ประกอบ
- 3) ตำแหน่งจุดเปลี่ยนของการเปลี่ยนรูป คือจุดที่เกิดการเปลี่ยนความลาดเอียง ซึ่งมีผลต่อการรับรู้มวลโดยรวม

การจำแนกเส้นกรอบในแต่ละระดับ

ส่วนล่าง สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นตั้งฉากตลอดช่วง 2) เส้นตั้งฉากในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน 3) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉากและเฉียงออกในช่วงบน

ตาราง 3 การจำแนกเส้นกรอบนอกส่วนล่าง

ส่วนขององค์ประกอบ	เส้นตั้งฉากตลอดช่วง			เส้นตั้งฉากในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉากและเฉียงออกในช่วงบน		
	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก
ส่วนล่าง									
									
									

ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นตั้งฉากตลอดช่วง 2) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง 3) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉากและเฉียงออกในช่วงบน

ตาราง 4 การจำแนกเส้นกรอบนอกส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง

ส่วนขององค์ประกอบ	เส้นตั้งฉากตลอดช่วง			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเฉียงออกในช่วงบน		
	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน รายละเอียด เส้นกรอบนอก
ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง									
									

ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนกลาง สามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นตั้งฉากในช่วงล่าง โค้งแอ่นเข้าหาแกนตั้งในตอนกลาง ต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งป่องในช่วงบน 2) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉาก 3) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉากและเฉียงออกในช่วงบน 4) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง

ตาราง 5 การจำแนกเส้นกรอบนอกส่วนกลาง

ส่วนขององค์ประกอบ	เส้นตั้งฉากในช่วงล่าง โค้งแอ่นเข้าหาแกนแนวดิ่งในตอนกลาง ต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งป่องในช่วงบน			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉาก			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นตั้งฉากและเฉียงออกในช่วงบน			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง		
	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก
ส่วนกลาง												
												
												

ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นเฉียงออกในช่วงบน 2) เส้นตั้งฉากตลอดช่วง 3) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง

ตาราง 6 การจำแนกเส้นกรอบนอกส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน

ส่วนขององค์ประกอบ	เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเฉียงออกในช่วงบน			เส้นตั้งฉากตลอดช่วง			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งตลอดช่วง		
	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอนรายละเอียดเส้นกรอบนอก
ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน									
									
									

ที่มา : ผู้วิจัย

ส่วนบน สามารถจำแนกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1) เส้นโค้งแอ่นจากช่วงล่างเข้าสู่แกนแนวดิ่ง 2) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งป่องเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน 3) เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งแอ่นเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน 4) เส้นโค้งออกนอกแกนแนวดิ่งในช่วงล่าง ต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน

ตาราง 7 การจำแนกเส้นกรอบนอกส่วนบน

ส่วนขององค์ประกอบ	เส้นโค้งแอ่นจากช่วงล่างเข้าสู่แกนแนวดิ่ง			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่างต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งปองเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน			เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงล่างต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งแอ่นเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน			เส้นโค้งออกนอกแกนแนวดิ่งในช่วงล่างต่อเนื่องด้วยเส้นโค้งเข้าหาแกนแนวดิ่งในช่วงบน		
	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน วายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน วายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน วายละเอียดเส้นกรอบนอก	ลายเส้น	เส้นกรอบนอก	ลวดทอน วายละเอียดเส้นกรอบนอก
ส่วนบน												

ที่มา : ผู้วิจัย

ข้อสังเคราะห์

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสัมพัทธ์ สามารถกำหนดตัวแปรพื้นฐานของเส้นกรอบนอก Silhouette ได้ 3 ประเภท ได้แก่

ทิศทางของเส้นกรอบ ประกอบด้วย เส้นตั้งฉาก เส้นเฉียงเข้าหาแกนแนวดิ่ง เส้นเฉียงออกจากแกนแนวดิ่ง เส้นโค้งเข้าหาแกนแนวดิ่ง และเส้นโค้งออกจากแกนแนวดิ่ง

ความต่อเนื่องของเส้น ประกอบด้วย เส้นต่อเนื่องตลอดช่วง เส้นเปลี่ยนทิศหนึ่งครั้ง และเส้นเปลี่ยนทิศมากกว่าหนึ่งครั้ง

ตำแหน่งการเปลี่ยนทิศของเส้น ประกอบด้วย ช่วงล่าง ช่วงกลาง และช่วงบน

ตัวแปรทั้งสามกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นกลไกกำหนดลักษณะของเส้นกรอบนอก Silhouette ในแต่ละระดับขององค์ประกอบจากผลการวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้น กล่าวได้ว่า ความหลากหลายของรูปทรงเจดีย์เกิดจากการปรับค่า “ทิศทาง ความต่อเนื่อง และตำแหน่งการเปลี่ยนทิศของเส้นกรอบ” ในแต่ละระดับ ภายใต้โครงสร้างแนวดิ่งที่คงที่

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การพัฒนากระบวนการสร้างความหลากหลายทางรูปทรงของเจดีย์ไทย” มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่า ความหลากหลายของรูปทรงเจดีย์ไทยสามารถอธิบายได้ในฐานะ “ระบบเชิงองค์ประกอบหรือไม่” และหากสามารถอธิบายได้ กลไกดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

- เจดีย์ไทยสามารถวิเคราะห์ในฐานะโครงสร้างแนวดิ่งที่มีลำดับองค์ประกอบคงที่ ประกอบด้วย 5 ระดับ ได้แก่ 1) ส่วนล่าง 2) ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3) ส่วนกลาง 4) ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน และ 5) ส่วนบน
- ความแตกต่างของรูปทรงเกิดจากการเปลี่ยนแปลงเส้นกรอบนอก (Silhouette) ในแต่ละระดับ
- ตัวแปรเชิงเส้นกรอบสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ทิศทางของเส้นกรอบ 2) ความต่อเนื่องหรือการเปลี่ยนทิศของเส้น 3) ตำแหน่งของการเปลี่ยนทิศ
- เส้นกรอบนอก (Silhouette) ของเจดีย์เป็นผลลัพธ์ของการจัดเรียงค่าตัวแปรดังกล่าวในทั้ง 5 ระดับ ภายใต้โครงสร้างแนวดิ่งที่คงที่

- รูปทรงที่เกิดจากการสลับส่วนล่าง 3 รูปแบบ ส่วนเปลี่ยนผ่านล่าง-กลาง 3 รูปแบบ ส่วนกลาง 4 รูปแบบ ส่วนเปลี่ยนผ่านกลาง-บน 3 รูปแบบ และส่วนบน 4 รูปแบบ จะสามารถสร้างความแตกต่างของรูปทรงกันได้ 432 รูปแบบ ($3 \times 3 \times 4 \times 3 \times 4$)

กล่าวได้ว่า ความหลากหลายทางรูปทรงของเจดีย์ไทยสามารถอธิบายได้จากการสร้างระบบให้กับองค์ประกอบ มิใช่เพียงความแตกต่างเชิงรายละเอียดหรือการตกแต่ง นอกจากนี้ระบบตัวแปรเชิง Silhouette ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำหน้าที่เป็น “เครื่องมือออกแบบ” (design tool) สำหรับการสร้างและทดลองรูปทรงเจดีย์ใหม่ภายใต้โครงสร้างแนวดิ่งที่คงที่อย่างเป็นระบบ

อภิปรายผล

การตรึงโครงสร้างแนวดิ่งไว้ แล้ววิเคราะห์ความแตกต่างผ่านตัวแปรเชิงเส้นกรอบ ทำให้สามารถอธิบายความหลากหลายของรูปทรงได้อย่างเป็นเหตุเป็นผล และตรวจสอบได้ กรอบการจำแนกเส้นกรอบนอก (Silhouette) ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ทำหน้าที่เป็นแบบจำลองเชิงแนวคิดที่เชื่อมโยงระหว่าง องค์ประกอบสถาปัตยกรรมและผลลัพธ์เชิงภาพรวม แนวทางดังกล่าวนี้เป็นการเสนอแนวทางใหม่ในการอธิบายรูปทรงจาก “ระดับการรับรู้ทางกายภาพ” ไปสู่ “ระดับโครงสร้างความสัมพันธ์ของระบบ” ความสำเร็จในการอธิบายนี้ เกิดจากการประสานสัมพันธ์ของเครื่องมือทั้งสาม กล่าวคือ สันฐานวิทยา (Morphology) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางกายภาพ หน่วยองค์ประกอบ (Modular Units) ทำหน้าที่จำแนกกลุ่มระบุพิสัยตัวแปรย่อย และไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) ทำหน้าที่ควบคุมปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ ความเชื่อมโยงเชิงระบบนี้เองที่ช่วยยกระดับการศึกษาสถาปัตยกรรมไทยจากแนวทางพรรณนาดั้งเดิม สู่ระดับระบบโครงสร้างขององค์ประกอบสถาปัตยกรรม

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางการวิเคราะห์รูปทรงเจดีย์ไทยสามารถขยับจากกรอบการอธิบายเชิงประวัติศาสตร์หรือเชิงรูปแบบสถาปัตยกรรม มาเป็นกรอบการอธิบายเชิงระบบได้ แม้แนวทางการจำแนกเชิงยุคสมัยจะมีคุณค่าในการอธิบายพัฒนาการทางศิลปกรรม แต่ยังไม่สามารถอธิบาย “กลไกการก่อรูป” ในระดับองค์ประกอบได้โดยตรง งานวิจัยนี้จึงเสนอแนวทางที่แตกต่าง โดยการวิเคราะห์การแปรผันของรูปทรงอย่างมีระบบและกฎเกณฑ์

อย่างไรก็ดี การประยุกต์ใช้สันฐานวิทยาทางสถาปัตยกรรม (Architectural Morphology) ระบบหน่วยองค์ประกอบ (Modular Systems) และไวยากรณ์ทางรูปทรง (Shape Grammar) กับสถาปัตยกรรมเจดีย์ไทย ยังคงมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากองค์ประกอบในแนวแกนตั้งของเจดีย์ไทยมีคุณลักษณะเฉพาะที่สามารถมองได้ทั้งสองมิติพร้อมกัน กล่าวคือ ในมิติหนึ่งมีความเป็นอิสระและแตกต่างจากชิ้นส่วนข้างเคียง แต่ในอีกมิติหนึ่งกลับแสดงออกถึงความต่อเนื่องและเชื่อมโยงเป็นเนื้อเดียวกับองค์ประกอบอื่น ด้วยเหตุนี้ การสลับเปลี่ยนชิ้นส่วนในบางกรณีจึงอาจไม่สามารถผสมกันได้อย่างกลมกลืนเชิงทัศนียภาพ อีกทั้งสถาปัตยกรรมเจดีย์ไทยยังมีกรรมวิธีการแปรเปลี่ยนรูปทรงที่อยู่นอกเหนือข้อกำหนดของระบบหน่วยมาตรฐานทั่วไป อาทิ การย่อมุมและการซ้อนชั้นไล่เรียงสัดส่วน ซึ่งส่งผลให้ชิ้นส่วนย่อยในแต่ละระดับเกาะเกี่ยวและสัมพันธ์กันอย่างแนบแน่นตลอดทั้งองค์อาคาร หากนားเบียบวิธีกระบวนการคิดดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาบูรณาการร่วมกับมิติด้านสุนทรียภาพ และขนบการออกแบบเชิงประเพณีนิยมควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้ผลลัพธ์ของรูปทรงสถาปัตยกรรมที่สังเคราะห์ขึ้นใหม่ ยังคงสะท้อนคุณค่าและจิตวิญญาณของสถาปัตยกรรมไทยได้อย่างเที่ยงตรงและสมบูรณ์

จากการสังเคราะห์และจำลองรูปทรงเจดีย์ทั้ง 7,776 รูปแบบ ผู้วิจัยพบข้อสังเกตสำคัญในเชิงสันฐานวิทยาว่า ส่วนกลาง (ระดับที่ 3) และส่วนบน (ระดับที่ 5) คือองค์ประกอบสองส่วนที่มีปริมาตรและสันฐานรูปทรงที่ชัดเจนและส่งผลมากต่อลักษณะเส้นกรอบนอก (Silhouette Profile) ของเจดีย์ไทยทั้งหมด

ทั้งนี้ ในระบบแบบแผนสันฐานดั้งเดิมขององค์ประกอบเจดีย์ทั้งสองส่วนดังกล่าว พิจารณาได้ว่า มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงหน้าที่และรูปแบบ ซึ่งผู้วิจัยได้จำแนกออกเป็น 3 สายสันฐานหลัก ได้แก่

- สายสันฐานเจดีย์ทรงระฆัง : องค์ระฆัง (ส่วนกลาง) สัมพันธ์โดยตรงกับชุดปล้องโฉนและปลียอด (ส่วนบน)
- สายสันฐานเจดีย์ทรงเครื่อง : ชุดฐานสิงห์สามชั้น (ส่วนกลาง) สัมพันธ์โดยตรงกับส่วนยอดเจดีย์ทรงเครื่อง (ส่วนบน)

- **สายสัมพันธ์เจดีย์แบบมีเรือนธาตุ : เรือนธาตุ** (ส่วนกลาง) สัมพันธ์โดยตรงกับส่วนยอดปราสาท ยอดปราสาท ยอดพุ่มข้าวบิณฑ์ และยอดบัวเหลี่ยม (ส่วนบน) ตามลำดับ

ผู้วิจัยจึงขอเสนอข้อพิจารณาเชิงตรรกะสถาปัตยกรรม โดยจำแนกผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการสลับองค์ประกอบแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินคุณค่าดังนี้

- กลุ่มสับเปลี่ยนในสายสัมพันธ์เดียวกัน

กลุ่มนี้คือผลลัพธ์ที่เกิดจากการสลับชิ้นส่วนข้ามประเภทเจดีย์ แต่ผลลัพธ์โดยรวมยังคงคล้ายคลึงกับแบบแผนเดิม ไม่แตกต่างไปจากตรรกะการรับรู้เชิงสถาปัตยกรรมไทย เนื่องจากการจับคู่ระหว่างชิ้นส่วนที่มี โครงสร้างหน้าที่เรขาคณิตประเภทเดียวกัน

ตัวอย่างเชิงรูปธรรม : การนำ เรือนธาตุ (ส่วนกลางของเจดีย์ทรงปราสาท) มาจับคู่สลับกับส่วนยอดปราสาท ยอดบัวเหลี่ยม หรือยอดพุ่มข้าวบิณฑ์ ซึ่งเป็นเจดีย์ประเภทที่มีส่วนกลางเป็นเรือนธาตุเช่นเดียวกัน

ข้อพิจารณาเชิงวิชาการ : แม้การสลับจะเกิดจากเจดีย์ต่างประเภท แต่โดยพื้นฐานสัมพันธ์กันแล้ว ทั้งสองชิ้นส่วนต่างทำหน้าที่ในระบบ เจดีย์ที่มีเรือนธาตุเหมือนกัน คือส่วนกลางทำหน้าที่เป็นมวลรับน้ำหนักทรงเหลี่ยมที่มั่นคง และส่วนบนทำหน้าที่เป็นยอดการสลับกลุ่มนี้จึงไม่ขัดแย้งกับการรับรู้เชิงทัศนียภาพ

- กลุ่มสับเปลี่ยนข้ามสายสัมพันธ์

กลุ่มนี้คือ ผลลัพธ์ที่เกิดจากการสลับรูปแบบข้ามสายสัมพันธ์เป็นการแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ แต่จะปรากฏข้อบกพร่องด้านความความสัมพันธ์เชิงหน้าที่และรูปแบบ จากการนำองค์ประกอบที่มีลักษณะสัมพันธ์ทางเรขาคณิตแตกต่างกันมาผสมกัน

ตัวอย่างเชิงรูปธรรม : การนำปล้องโฉมและปลียอด (ส่วนยอดของเจดีย์ทรงระฆัง) มาวางอยู่บนเรือนธาตุสี่เหลี่ยม (ส่วนกลางของเจดีย์ทรงปราสาท) หรือวางบน **ชุดฐานสิงห์สามชั้น** (ส่วนกลางของเจดีย์ทรงเครื่อง) ซึ่งมีสัมพันธ์แตกต่างจากองค์ระฆังของเจดีย์ทรงระฆัง

ข้อพิจารณาเชิงวิชาการ : การสลับในกลุ่มนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนผ่านทางรูปทรง ซึ่งในมุมมองของสถาปัตยกรรมไทยประเพณี ผลลัพธ์ของกลุ่มนี้อาจพิจารณาได้ว่า เป็นรูปแบบที่ขาดความต่อเนื่องทางรูปทรงและขัดต่อตรรกะการรับรู้ดั้งเดิม อย่างไรก็ตามในเชิงระเบียบวิธีวิจัยการออกแบบ ผลลัพธ์ในกลุ่มนี้ทำหน้าที่แสดงให้เห็นถึงทางเลือกที่นอกเหนือจากกรอบประเพณีนิยม เป็นการนำเสนอรูปแบบที่ท้าทายในการนำไปคลี่คลายหรือตีความใหม่ต่อไป

งานวิจัยนี้ทำการลดทอนมิติเชิงสัดส่วน โดยปรับให้องค์ประกอบทั้ง 5 ระดับมีความสูงเท่ากันและกำหนดให้จุดเชื่อมต่อมีขนาดหน้าตัดเดียวกันนั้น มิได้มีวัตถุประสงค์ที่ปฏิเสธหรือละเลยคุณค่าของมิติสัดส่วนดั้งเดิม อันเป็นหัวใจของการรับรู้แบบสถาปัตยกรรมไทย แต่เป็นความพยายามเชิงระเบียบวิธีวิจัยเพื่อสร้างแบบจำลองเชิงระบบที่ปิดกั้นที่เอื้อต่อการเปลี่ยนผ่านมุมมองต่อสถาปัตยกรรมไทยจากรูปแบบที่ทำสืบต่อกัน มาสู่การวิเคราะห์กลไกความเป็นไปได้ใหม่เชิงระบบ อย่างไรก็ตามการนำเครื่องมือนี้ไปใช้จำเป็นต้องนำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับปรุงขนาดและสัดส่วนละเอียด เพื่อให้สอดคล้องกับตรรกะการรับรู้และสุนทรียภาพทางสถาปัตยกรรมไทยอีกครั้งหนึ่ง

คุณภาพของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีคุณภาพการเชิงวิชาการใน 4 ประการหลัก ได้แก่

- พัฒนาแนวทางวิเคราะห์เจดีย์ไทยที่สามารถอธิบายและตรวจสอบได้
- เสนอกรอบการจำแนกเส้นกรอบนอก (Silhouette) ในรูปแบบตัวแปร ทำให้ความแตกต่างของรูปทรงสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน
- พัฒนาแบบจำลองเชิงระบบที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือออกแบบ เพื่อทดลองและควบคุมความหลากหลายของรูปทรง
- เสนอแนวทางการทำความเข้าใจและเรียนรู้สถาปัตยกรรมไทยผ่าน “กลไกเชิงโครงสร้าง” ซึ่งเป็นทางเลือกนอกเหนือจากการศึกษาเชิงประวัติศาสตร์ศิลปะ

ข้อจำกัดของการวิจัย

แม้ว่างานวิจัยนี้จะเสนอกรอบวิเคราะห์เชิงระบบได้อย่างชัดเจน แต่ยังมีข้อจำกัดด้านขอบเขตของกรณีศึกษาซึ่งยังจำกัดอยู่เฉพาะในกลุ่มรูปแบบที่คัดเลือก นอกจากนี้การจำแนกลำดับองค์ประกอบเจดีย์ออกเป็น 5 ระดับพิกัด แม้จะช่วยให้เกิดความชัดเจนในการสร้างระบบหน่วยองค์ประกอบ แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นการลดทอนและไม่ครอบคลุมรายละเอียดอื่น ๆ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการพิจารณาเพียงในกรอบการจำแนกนี้เท่านั้น

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

จากข้อจำกัดของการวิจัยที่ได้กล่าวไปนั้นผู้วิจัยมีความเห็นว่า ยังสามารถสร้างพื้นที่การศึกษาให้ครอบคลุมไปยังรูปแบบเจดีย์และสถาปัตยกรรมไทยประเภทอื่นได้ เพื่อขยายขอบเขตความเข้าใจและทดสอบความสามารถของกรอบแนวคิดในบริบทที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนากรอบตัวแปรเส้นกรอบนอก (Silhouette) ไปสู่แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการสร้างรูปแบบใหม่อย่างเป็นระบบ หรือพัฒนาเครื่องมือเชิงดิจิทัลสำหรับการทดลองจัดเรียงตัวแปร เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของรูปทรงในรูปแบบต่าง ๆ

บรรณานุกรม

- ศักดิ์ชัย สายสิงห์. (2560). *เจดีย์ในประเทศไทย: รูปแบบ พัฒนาการและพลัศรฐธา*. เมืองโบราณ.
- สันติ เล็กสุขุม. (2534). *เจดีย์สมัยสุโขทัย ที่วัดเจดีย์เจ็ดแถว*. เมืองโบราณ.
- สันติ เล็กสุขุม. (2538). *ความเป็นมาและคำศัพท์เรียกองค์ประกอบเจดีย์ในประเทศไทย*. มติชน.
- สันติ เล็กสุขุม. (2561). *ศิลปะสุโขทัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). เมืองโบราณ.
- เอเดรียน สโนดกราส. (2541). *สัญลักษณ์แห่งพระสฐูป* (พิมพ์ครั้งที่ 2). อมรินทร์วิชาการ.
- Alexander, C. (1964). *Notes on the synthesis of form*. Harvard University Press.
- Alexander, C., Ishikawa, S., & Silverstein, M. (1977). *A pattern language: Towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
- Ching, Francis D. K. (2015). *Architecture: Form, space, & order* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Mallgrave, H. F. (2005). *Architectural theory from the Renaissance to the present*. Taschen.
- Mitchell, W. J. (1990). *The logic of architecture: Design, computation, and cognition*. MIT Press.
- Steadman, J. P. (1983). *Architectural morphology*. Pion.
- Stiny, G. (2006). *Shape: Talking about seeing and doing*. MIT Press.