

การศึกษาวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก

A Study of the Shade and Shadow Projection Method of Stairs in Isometric Drawing

วีระยุต ชัยศรี¹

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยศึกษาวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก โดยกำหนดมาตราส่วนกล่องแสงที่เป็นที่นิยมใช้ใช้ในการเขียนแบบร่มเงาของวัตถุในงานแบบไอโซเมตริก คือ กล่องแสงมาตราส่วน 1:1 และกล่องแสงมาตราส่วน 1:1.5 วิธีการวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบจำลองบันไดจำนวน 5 แบบ ใช้วิธีการกำหนดมาตราส่วนกล่องแสง 2 แบบ โดยอธิบายพื้นฐานการหาตำแหน่งเงาบนบันไดด้วยการใช้แบบจำลอง การใช้โปรแกรมเขียนแบบออโต้แคด (AutoCAD Program) อธิบายทั้งในงานแบบภาพสามมิติ และงานแบบไอโซเมตริก แล้วจึงให้นักศึกษาเขียนแบบ โดยการใช้วิธีการกำหนดในกล่องแสง 3 วิธี คือ 1) การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสง (180°) ในรูปด้านบน 2) การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงในรูปด้านหน้า และ 3) การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงในรูปด้านข้าง ทั้งนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่านักศึกษามีความพึงพอใจในวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันได ด้วยการกำหนดมาตราส่วนของกล่องแสงทั้ง 2 แบบ ปัญหาอันเกิดจากบันไดที่มีราวบันไดโค้ง ทำให้นักศึกษาต้องใช้เวลาในการเขียนแบบนาน แต่เมื่อเปลี่ยนมาตราส่วนกล่องแสงเป็น 1:1.5 และใช้การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงในรูปด้านข้าง นักศึกษาสามารถทำงานได้เร็วขึ้น ทั้งยังสามารถประยุกต์การใช้มาตราส่วนกล่องแสง 1:1.5 เพื่อหาตำแหน่งเงาที่สะดวกมากเมื่อระนาบรับเงามีการเปลี่ยนแปลง วิธีการหาตำแหน่งร่มเงาวิธีนี้สามารถลดความซับซ้อนของขั้นตอนในการหาตำแหน่งร่มเงา

คำสำคัญ: บันได ร่มเงา เขียนแบบไอโซเมตริก กล่องแสง ระนาบรับเงา

Abstract

The researcher studied how to draw shade and shadow projection method on isometric drawing of stair models. The study determined the scale of light ray box that was commonly used in shade and shadow drawing of the object in an isometric drawing with 1: 1 scale and light ray box 1:1.5 scale. The researcher set 2 scales of light on 5 stairs models. The experiment explained the basis of checking shade and shadow on the stairs' models. Auto CAD program was used to explain in both 3D model and isometric drawing. Then assigned the students to draw isometric drawing by using 3 light ray directions in the elevations of the light ray box 1) finding the shadow position by using the line of main light in contrast with the line of light (180°) on the top view, 2) finding where shadow using the line of main light, the intersection with the line of light on the front view, and 3) finding the shadow point by using the line of main light in contrast to the line of light on the side view. The results showed that the students were satisfied in the shadow of stairs drawings in isometric drawings by defining the scale of both the light ray boxes. Previously, the curved stair railing that it took time to draw. It was changed to 1:1.5 scale and used the line of main light in contrast to the line of

¹ ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

light on the side view, the students can work faster. In addition, this method can be applied with light ray box method 1:1.5 scale to find shade and shadow position when there was a change in a shadow point. The method can reduce the complexity of the process of finding the shade position.

Keywords: Stairs, Shade and Shadow, Isometric Drawing, Light Ray Box, Shadow Plane

1. บทนำ

เนื่องจากงานแบบเขียนเกิดขึ้นเพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการถ่ายทอดความคิดเป็นภาษาเขียนที่ถือได้ว่าภาษาสากลและแบบยังใช้ในการอ้างอิง เพื่อการปฏิบัติงานจริงระหว่างผู้ออกแบบ ผู้ผลิต และผู้เป็นเจ้าของหรือผู้ว่าจ้าง งานแบบจึงมีความสำคัญยิ่งในการใช้เพื่อสื่อสารเข้าใจกัน เมื่อแบบมีความซับซ้อนมากขึ้น ความเข้าใจความเป็น 3 มิติในงาน ที่เขียนบนกระดาษ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งขึ้น ดังนั้นการเขียนแสงและเงาในงานเขียนแบบนั้น จึงเป็นการพยายามนำความเป็น 3 มิติที่เกิดจากการมองเห็นวัตถุในความเป็นจริงมาแสดงในแบบซึ่งเป็นระนาบ 2 มิติ ทั้งนี้การมองเห็นด้วยตาหรือการรับรู้ด้วยประสาทตาต้องอาศัยแสง จึงถือว่าแสงกับรูปร่างนั้นไม่สามารถแยกออกจากกันได้

จากการเรียนการสอนในวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น ซึ่งมีการศึกษาการศึกษาวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก ในการอธิบายหลักการและวิธีการเขียนนั้นนักศึกษาค่อนข้างเข้าใจได้อย่างล่ำซำ ทั้งนี้ตำราที่ใช้ในการเรียนการสอนปัจจุบันมีน้อยและมีใช้อยู่นั้นมีวิธีการหาตำแหน่งร่มเงาบนบันได แค่วิธีเดียวคือกำหนดทิศทางแสงทำมุมทแยงกับวัตถุที่ 45° เท่านั้น ได้แก่ หนังสือ “การเขียนแบบสถาปัตยกรรม” (เฉลิม, 2550) และหนังสือ “หลักการเขียนแบบเบื้องต้น” (เอกพงษ์, 2537) ผู้วิจัยได้เห็นถึงปัญหาในการสอนนักศึกษา และต้องการหาวิธีการสอนที่ทำให้นักศึกษาได้เข้าใจและเขียนแบบร่มเงาบนบันไดในแบบไอโซเมตริกได้เร็วขึ้น จึงต้องการวิจัยหาวิธีการหาตำแหน่งร่มเงาในงานเขียนแบบไอโซเมตริกของบันไดในรูปแบบต่างๆ ซึ่งน่าจะมีเงื่อนไขและวิธีการที่สามารถปรับตามความเหมาะสมของบันไดแบบต่างๆ ในงานสถาปัตยกรรมและสถาปัตยกรรมภายใน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาวิธีการเขียนแบบ ในการหาตำแหน่งร่มเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริกบนเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงของระนาบบนขั้นบันไดและราวบันได และการกำหนดมาตราส่วนกล่องแสงที่ 1:1 และกล่องแสงที่มาตราส่วน 1:1.5

2. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

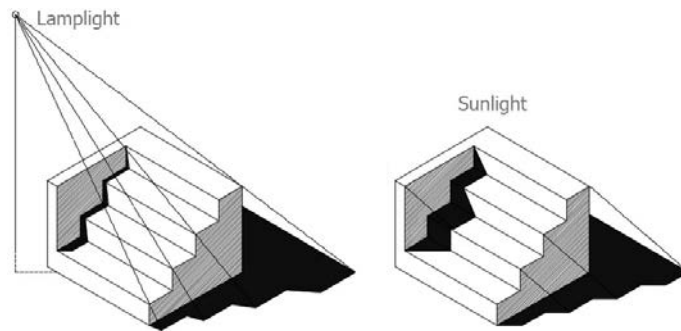
การเกิดเงาที่เราเห็นนั้นประกอบด้วยองค์ประกอบสามส่วนด้วยกัน (Ching, 2009) คือ 1) แสง ซึ่งประกอบด้วยคุณสมบัติพื้นฐานของแสง แหล่งกำเนิดแสงและชนิดของแสง ตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง 2) วัตถุที่รับแสง หรือวัตถุที่บดบังขวางทางแสง และ 3) ระนาบรับเงาหรือพื้นผิวที่รับเงา และระยะห่างระหว่างวัตถุกับระนาบรับเงา

แสงที่ส่องไปกระทบวัตถุนั้น มีผลต่อลักษณะของร่มเงา แต่ตัววัตถุเองก็เป็นส่วนสำคัญที่จะยอมให้แสงผ่านหรือไม่ผ่าน ทำให้มีการจำแนกวัตถุออกตามลักษณะการยอมให้แสงผ่านหรือไม่ ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้น เราเรียกวัตถุนั้นว่า “วัตถุโปร่งใส” (Transparent Object) เช่น แก้วใส วัสดุใส น้ำใส เป็นต้น ถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไปโดยรอบ ทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรง เราเรียกวัตถุนั้นว่า “วัตถุโปร่งแสง” (Translucent Object) เช่น กระดาษฝ้า กระดาษไข เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้นั้น เราเรียกว่า “วัตถุทึบแสง” (Opaque Object) เช่น ผนังคอนกรีต แผ่นไม้กระดาน หิน มนุษย์ เป็นต้น

ทั้งนี้ ในการตกกระทบของแสงจะทำให้เกิดร่มบนตัววัตถุ และเงาบนระนาบอื่น คือ เมื่อแสงกระทบวัตถุจะเกิดพื้นที่บนวัตถุเกิดความต่างของค่าแสงได้สองระนาบ คือ ระนาบที่หันรับแสง (Highlight) และระนาบที่ไม่ได้หันรับแสง (สว่างน้อยกว่า) เราเรียกพื้นที่บนวัตถุที่ไม่ได้หันรับแสงนั้นว่า “ร่ม” (Shade or High Shade) ส่วนอีกพื้นที่ที่วัตถุหรือส่วนของวัตถุได้บดบัง

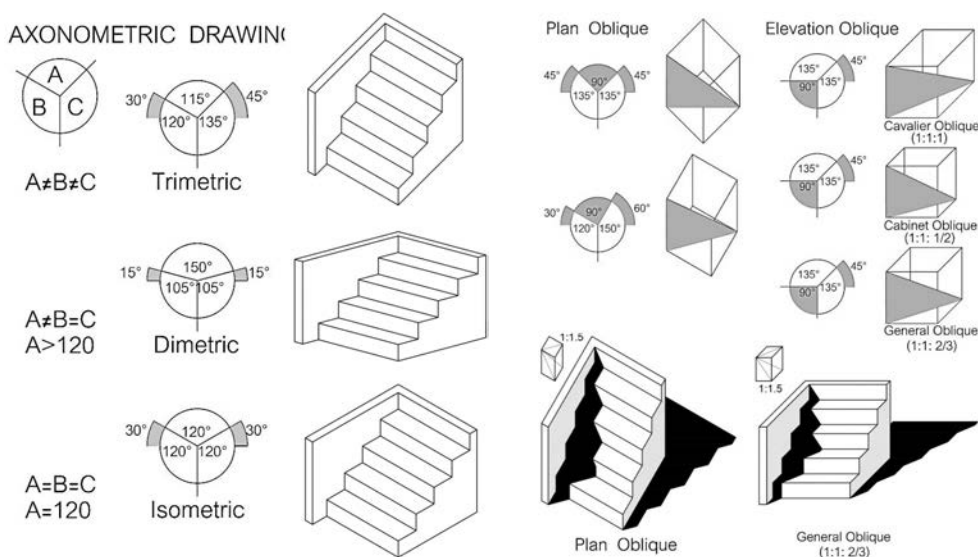
แสงไว้บนพื้นที่ของระนาบอื่น ทำให้แสงเคลื่อนที่ไปไม่ถึงทั้งหมดหรือไปถึงได้บ้างและปรากฏเป็นรูปร่างของวัตถุนั้น เราเรียกพื้นที่รูปร่างนั้นว่า “เงา” (Shadow)

“แสง” หมายถึง ความสว่าง สิ่งที่ทำให้ดวงตาแลเห็น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) องค์ประกอบสำคัญของแสงมีลักษณะเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ทำให้เกิดความรู้สึกสว่าง ในการศึกษาวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับแสงอาทิตย์ ซึ่งเดินทางเป็นเส้นตรง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงการเกิดร่มเงาบนบันได เปรียบเทียบระหว่างแหล่งกำเนิดแสงจากโคมไฟ กับจากแสงดวงอาทิตย์
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

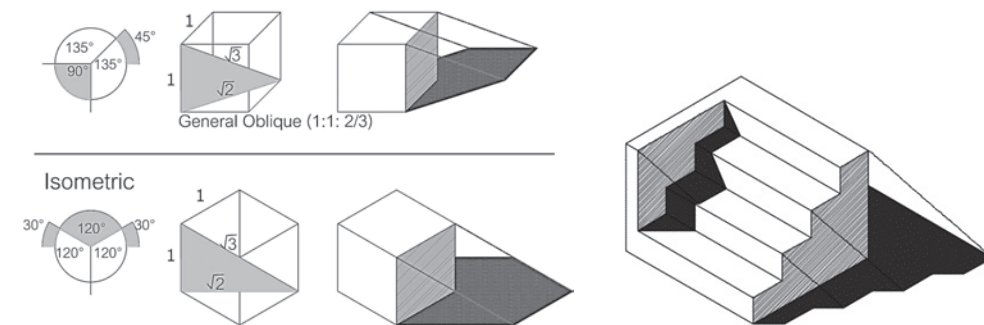
“แบบไอโซเมตริก” คือ ภาพสามมิติ โดยใช้แกน หรือ ภาพเอกซโนเมตริก ดรออิง (Axonometric Drawing) มีหลักการก็คือ ต้องเขียนเป็นเส้นขนาน (Parallel Projection) โดยการเขียนภาพกำหนดแกน 3 แกนมาบรรจบกันที่จุดเดียว ดังนั้นการวัดหรือกล่าวถึงมุมในงานเอกซโนเมตริกจึงอ้างอิงมุมโดยรอบจุดดังกล่าว และภาพเอกซโนเมตริกก็ต้องมีแกนหลักตั้งฉากกับแนวระนาบ (เสมือนแกน x, แกน y, และแกน z) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท โดยแยกตามลักษณะของมุมที่เกิดขึ้นจากจุดรวมกันของแกนทั้งสาม คือ ไตรเมตริก โปรเจคชั่น (Trimetric Projection) หรือ “รูปแบบไตรมาตร” ไดเมตริก โปรเจคชั่น (Dimetric Projection) หรือ “รูปแบบทวิมาตร” และ ไอโซเมตริก โปรเจคชั่น (Isometric Projection) หรือ “รูปแบบสมมาตร” (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 แสดงภาพเอกซโนเมตริก ดรออิง
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

“ร่ม (Shade)” หมายถึง บริเวณที่แดดส่องไม่ถึงหรือมีเงาบังแดด และ “เงา (Shadow)” หมายถึง ส่วนที่มีมืดเพราะมีวัตถุบังแสงทำให้แลเห็นเป็นรูปของวัตถุนั้น หรือ อาณาเขตหลังวัตถุที่แสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุนั้นแล้วแสงเคลื่อนที่ไปไม่ถึงทั้งหมดหรือไปถึงได้บ้าง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542)

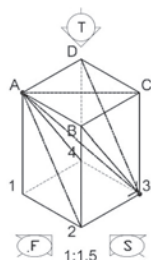
กล่องแสง (Light ray box) เฉลิม รัตนทัศนีย์ (2550) และ เอกพงษ์ จุลเสนีย์ (2537) ได้กำหนดมุมขนาด 45° ในงานรูปออร์โทกราฟิก ซึ่งเป็นมุมที่มีอยู่แล้วที่ไม่ฉากสามเหลี่ยม ทั้งนี้ได้กำหนดกล่องลูกบาศก์จตุรัสสี่ สมมติลำแสงจากดวงอาทิตย์ส่องทแยงมุมกล่อง จากมุมซ้ายบนลงมายังมุมขวาล่าง มุมนี้หมายถึงแสงส่องมาต่องวัตถุตัวต้นแบบนั้นจะทำมุมตั้งกับผืนราบที่ใช้เป็นผืนเขียนรูปและทำมุมนอนกับผืนที่ตั้งวัตถุที่ใช้เป็นผืนเขียนรูปตั้งเป็น 45° เท่ากัน โดยถือว่าเส้นแสงนี้แทนรัศมีของแสงอาทิตย์ที่ขนานกันทุกเส้น (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 แสดงภาพเส้นแสงของรูปออร์โทกราฟิกที่กล่องแสง 45° (1:1)

ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

วีระยุต ชัยสร และ สุพัฒน์ บุญฤทธิ์กิจ (2558) แสดงให้เห็นว่า วิธีการเขียนแบบร่มาในงานเขียนแบบไอโซเมตริกด้วยกล่องแสงที่ มาตรฐาน 1:1.5 (รูปที่ 4) นั้นสามารถปรับตามความเหมาะสม เมื่อลักษณะระนาบรับเงาเปลี่ยนไป ทั้งนี้ยังสามารถใช้เส้นแสงในทั้งสามระนาบ ร่วมกับเส้นแสงหลักได้ และมีความสะดวกรวดเร็วแตกต่างกันเมื่อระนาบรับเงานั้นมีการเปลี่ยนแปลง ทั้งยังสามารถหาตำแหน่งร่มาได้ถึง 3 วิธี (รูปที่ 5)



ทั้งนี้ผู้วิจัยขอเรียกในกล่องแสงดังนี้

เส้น A3 ว่า “เส้นแสงหลัก”,

เส้น AC หรือเส้น 13 ว่า “เส้นแสงในรูปด้านบน”,

เส้น A2 หรือเส้น D3 ว่า “เส้นแสงในรูปด้านหน้า” และ

เส้น B3 หรือเส้น A4 ว่า “เส้นแสงในรูปด้านข้าง”

เพื่อความสะดวกในการอ้างอิงในงานวิจัยนี้

รูปที่ 4 การเรียกชื่อเส้นแสงภายในกล่องแสง

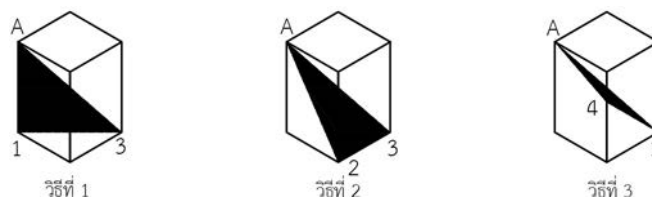
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

โดยกำหนดวิธีการหาตำแหน่งเงา เป็น 3 วิธี (รูปที่ 5) คือ

วิธีที่ 1 คือ การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลัก (A3) ตัดกับเส้นแสงในรูปด้านบน 180° (AC หรือ 13) วิธีเดิม ในกล่องแสงมาตราส่วน 1:1

วิธีที่ 2 คือ การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลัก (A3) ตัดกับเส้นแสงในรูปด้านหน้า (A2 หรือ D3)

วิธีที่ 3 คือ การหาตำแหน่งร่มเงาโดยใช้เส้นแสงหลัก (A3) ตัดกับเส้นแสงในรูปด้านข้าง (B3 หรือ A4) เพิ่มเติม ในกล่องแสงมาตราส่วน 1:1.5 (ในกล่องแสงมาตราส่วน 1:1 เส้นแสงในรูปด้านข้าง เท่ากับเส้นแสงหลัก A3)



รูปที่ 5 แสดงการกำหนดวิธีการหาตำแหน่งเงา

ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

“บันได” คือ สิ่งที่ทำเป็นขั้นๆ สำหรับก้าวขึ้นลง องค์ประกอบบันไดไว้ คือ “ช่วงบันได” หมายความว่า ระยะตั้งบันได ซึ่งมีขั้นต่อเนื่องกันโดยตลอด “ลูกตั้ง” หมายความว่า ระยะตั้งของขั้นบันได “ลูกนอน” หมายความว่า ระยะราบของขั้นบันได โดยกฎกระทรวง ฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กำหนดความหมายขององค์ประกอบบันไดไว้ คือ “ช่วงบันได” หมายความว่า ระยะตั้งบันได ซึ่งมีขั้นต่อเนื่องกันโดยตลอด “ลูกตั้ง” หมายความว่า ระยะตั้งของขั้นบันได “ลูกนอน” หมายความว่า ระยะราบของขั้นบันได ส่วนที่ 3 บันไดของอาคาร ข้อ 23 บันไดของอาคารอยู่อาศัยถ้าต้องมีอย่างน้อยหนึ่งบันไดที่มีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ช่วงหนึ่งสูงไม่เกิน 3 เมตร ลูกตั้งสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร ลูกนอนเมื่อหักส่วนที่ขั้นบันไดเหลื่อมกันออกแล้วเหลือความกว้างไม่น้อยกว่า 22 เซนติเมตร และต้องมีพื้นหน้าบันไดมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได บันไดที่สูงเกิน 3 เมตร ต้องมีชานพักบันไดทุกช่วง 3 เมตร หรือน้อยกว่านั้น และชานพักบันไดต้องมีความกว้างและยาวไม่น้อยกว่าความกว้างของบันได ระยะตั้งจากขั้นบันไดหรือชานพักบันไดถึงส่วนต่ำสุดของอาคารที่อยู่เหนือขึ้นไปต้องสูงไม่น้อยกว่า 1.90 เมตร และยังมีข้อกำหนดสำหรับอาคารประเภทต่างๆ อีก เช่น ข้อ 24 บันไดของอาคารอยู่อาศัยรวม หอพักต้องมีบันไดอย่างน้อยสองบันไดและแต่ละบันไดต้องมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร เป็นต้น หรือ ส่วนที่ 4 ว่าด้วยบันไดหนีไฟ เป็นต้น

ความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นทัศนคติที่เป็นนามธรรม ไม่สามารถมองเห็นเป็นรูปร่างได้ การที่เราจะทราบว่าบุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่ สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน จึงเป็นการยากที่จะวัดความพึงพอใจโดยตรง แต่สามารถวัดได้โดยทางอ้อม ซึ่งการประเมินค่าของแต่ละคน ที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งชนิดเดียวกัน ก็อาจแตกต่างกันได้ด้วยขึ้นอยู่กับภูมิหลัง ประสบการณ์ ความสนใจการให้คุณค่าแก่สิ่งนั้นๆ ของแต่ละบุคคล รายวิชาหรือเนื้อหาที่เรียนนั้น ผู้สอนย่อมมีจุดหมายที่ผู้เรียนพึงบรรลุแผนสำหรับจัดโอกาสการเรียนรู้หรือประสบการณ์ที่คาดหวังแก่ผู้เรียน ประสบการณ์ทั้งปวงของผู้เรียนที่จัดโดยสถาบันและกิจกรรมทางการศึกษาที่จัดให้กับผู้เรียน เมื่อผู้เรียนสามารถได้รับความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ที่คาดหวังไว้ มีอิสระในการตัดสินใจและการคิดสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ ผู้เรียนย่อมพึงพอใจ ตามทฤษฎีความต้องการของอับราฮัม มาสโลว์ (Abraham H. Maslow) อ้างโดย ภาศิริ เขตปิยรัตน์ และสินีนาถ ภิรมประสิทธิ์ (2553)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวางแผนการวิจัย

การกำหนดปัญหาการวิจัยนี้เนื่องมาจากการเห็นว่าการใช้มาตราส่วนของกล่องแสงที่ 1:1.5 ซึ่งสามารถเห็นเส้นแสงของรูปด้านหน้าและรูปด้านข้าง ในแบบไอโซเมตริกได้ชัดเจนไม่ซ้อนทับกับเส้นแสงหลัก น่าจะสามารถนำมาใช้ในการเขียนแบบร่วมเงาแบบไอโซเมตริกบนได้ ได้เร็วขึ้นและเข้าใจง่ายขึ้นสำหรับนักศึกษา แล้วนำผลการวิจัยไปปรับปรุงการเรียนการสอนในรายวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น

3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการเขียนแบบเพื่อหาตำแหน่งร่วมเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก การออกแบบวิจัย วิธีการและเครื่องมือ โดยทำแบบจำลองแบบจำลองเพื่อการทดลอง ด้วยการศึกษาหาแบบจำลองบันไดที่เหมาะสม โดยการใช้วิธีปฏิบัติให้นักศึกษาทดลองใช้ศึกษาในห้องเรียน ทั้งนี้แบบจำลองต้องไม่ซับซ้อนจนเกินไปและมีอยู่จริงเพื่อให้ นักศึกษาสามารถเรียนรู้และเข้าใจได้ สามารถเขียนแบบได้ในเวลาและสามารถประเมินความพึงพอใจการเรียนรู้ แล้วจึงศึกษางานแบบจำลองต่อเพื่อหาวิธีการเขียนร่วมเงาวิธีอื่นๆ แล้วนำวิธีที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาใช้ในการเขียนแบบร่วมเงาในงานไอโซเมตริกบนได้เป็นการทดลองความถูกต้องของวิธีการนั้นต่อไป

3.3 กรอบของการวิจัย

คือ การศึกษาวิธีการหาตำแหน่งร่วมเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก บนเงื่อนไขที่กล่องแสง มาตราส่วน 1:1 และมาตราส่วน 1:1.5 เพิ่มเติม จากการสอนวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น และการทบทวนวรรณกรรม นั้น สามารถสรุปกรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยคือ การเขียนแบบร่วมเงาในงานออโรกราฟิกมีการใช้เส้นแสงด้านข้าง แต่ในงานแบบ ไอโซเมตริกไม่มีปรากฏการใช้งานเส้นแสงด้านข้าง เพราะเส้นแสงซ้อนกัน (กล่องแสง มาตราส่วน 1:1) จึงต้องเปลี่ยนขนาดกล่องแสงให้เห็นเส้นแสงทุกเส้น (กล่องแสง มาตราส่วน 1:1.5) เพื่อทดลองใช้เส้นแสงทุกเส้นหาร่วมเงา ซึ่งคาดว่าจะน่าจะใช้ได้ แสดงกรอบวิธีการวิจัย จากการทบทวนวรรณกรรม แยกตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยได้ ดังนี้

กลุ่มตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมในเรื่องทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง แบ่งได้ คือ

- ตัวแปรอิสระ ได้แก่
 - แบบจำลองบันได (นำไปทดลองใช้กับนักศึกษา)
 - ระบายรับเงา (พื้น ชั้นบันไดลูกตั้ง และชั้นบันไดลูกนอน)
 - องศาของทิศทาง (อัตราส่วนกล่องแสง 1:1 และอัตราส่วนกล่องแสง 1:1.5)
- ตัวแปรตาม ได้แก่
 - วิธีการหาตำแหน่งร่วมเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก
 - ความความพึงพอใจของนักศึกษา

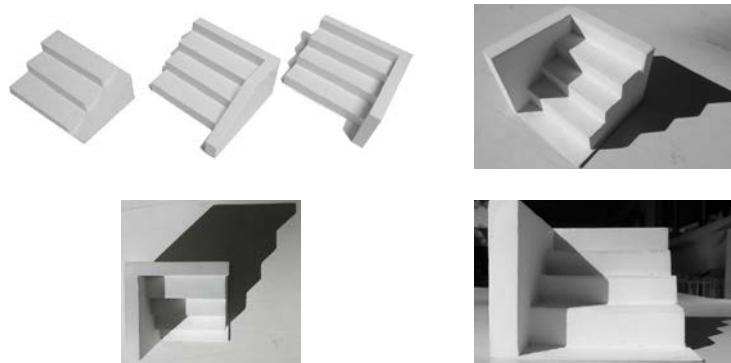
3.4 วิธีการทดลอง

เตรียมการทำแบบจำลองบันไดเพื่อการทดลอง โดยการศึกษาจากบันไดจริง (รูปที่ 6) โดยทั่วไปที่ซ้ำกัน หรือที่ต่างกัน โดยเฉพาะความต่างของราวบันได ซึ่งไม่ซับซ้อนเกินไป ทั้งนี้ด้วยการศึกษาหาแบบจำลองบันไดที่เหมาะสม

หลังจากทำแบบจำลอง (รูปที่ 7) โดยการใช้วิธีปฏิบัติให้นักศึกษาทดลองใช้ศึกษาในห้องเรียน ประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจการเรียนรู้ แล้วศึกษางานแบบจำลองต่อบันไดเพื่อหาวิธีการเขียนร่วมเงาวิธีอื่นๆ แล้วนำวิธีที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาใช้ในการเขียนแบบวิธีการหาตำแหน่งร่วมเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก เป็นการทดลองความถูกต้องของวิธีการนั้นต่อไป



รูปที่ 6 แสดงภาพตัวอย่างบันได เมืองคานากาวา โตเกียว
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)



รูปที่ 7 แสดงแบบจำลองบันได ในมุมมองแบบไอโซเมตริก
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

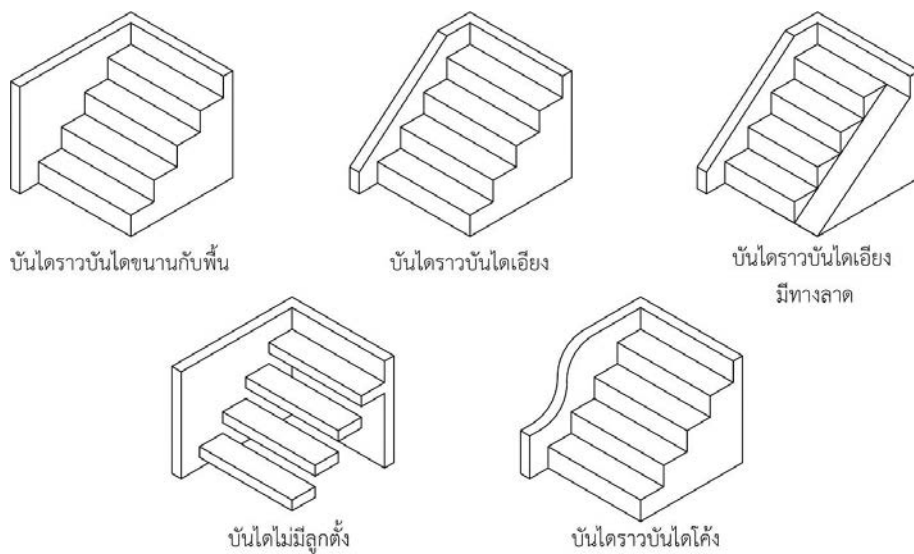
ขั้นตอนการวิเคราะห์ ประมวลผล และสรุปผลการวิจัย

1. ความเข้าใจและความพึงพอใจของนักศึกษาในการใช้แบบจำลอง ประเมินด้วยการทำแบบสอบถาม แล้วประมวลผลด้วยวิธีทางสถิติ

2. วิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่วมเงาในงานเขียนแบบไอโซเมตริก นำไปทดลองใช้ในการเขียนตำแหน่งร่วมเงาในแบบของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก ในแบบต่างๆ ว่าสามารถใช้วิธีที่ได้จากการวิจัยนี้หรือไม่

3.5 การวิจัยนำร่อง

เนื่องด้วยการวิจัยนี้ ต้องการรูปแบบบันไดที่เหมาะสมในการใช้เพื่อการทดลองที่ต้องคำนึงถึง การทำความเข้าใจของนักศึกษาในเวลาอันจำกัด เพื่อประโยชน์ในการทดลองเขียนแบบให้ทันต่อเวลาเรียนในห้องสตูดิโอเขียนแบบ ซึ่งมีเวลาเรียนเพียงครึ่งวัน (4 ชั่วโมง) ทั้งนี้การเลือกแบบบันได ผู้วิจัยได้ถ่ายภาพรูปแบบบันไดในสถานที่จริง นำมาลดทอนขนาด เขียนเป็นแบบไอโซเมตริก และทดลองหาตำแหน่งร่วมเงาและเขียนแบบด้วยตนเอง เพื่อศึกษาความยากง่ายก่อนแล้วจึงให้นักศึกษา (อาสาสมัครที่เคยเรียนวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น นักศึกษาชั้นปีที่ 2) ทดลองเขียนแบบและหาตำแหน่งร่วมเงาในเวลาครึ่งวัน เพื่อดูระยะเวลาในการเขียนแบบของนักศึกษา ซึ่งมีบางแบบของบันไดนักศึกษาจะเขียนไม่ทัน คือ แบบราวบันไดโค้ง แต่ด้วยเหตุที่เป็นเรื่องยากจึงยังคงรูปแบบนี้ในการทดลอง เพียงแต่ลดรายละเอียดของแบบลง เมื่อทำการทดลองเบื้องต้นได้ปรับปรุงแบบให้คงเหลือในการทดลองทั้งสิ้น ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงรูปแบบบันไดที่ใช้ในงานวิจัย
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

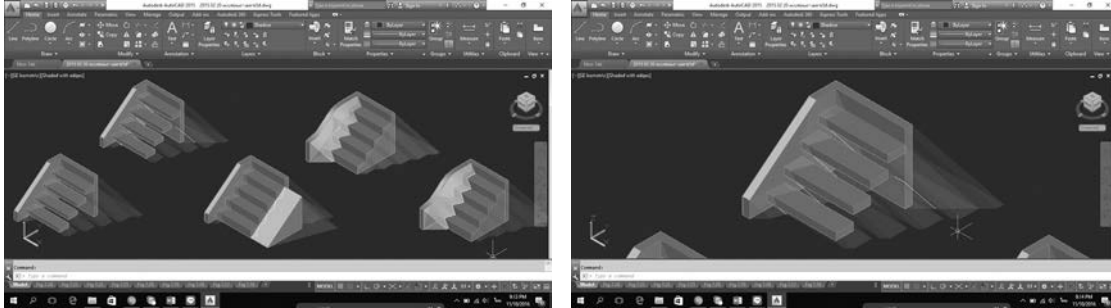
4. ผลการวิจัย

การอธิบายตำแหน่งร่มเงาของบันได ด้วยแบบจำลองบันได (รูปที่ 9) โดยการนำแบบจำลองบันไดวางบนเครื่องฉายที่บัสแสง แล้วเปิดคอมพิวเตอร์ส่อง หมุนตัวแบบจำลองบันได เพื่อให้ให้นักศึกษาได้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางแสงและรูปแบบเงาที่เกิดขึ้นบนแบบจำลองบันได



รูปที่ 9 แสดงการบรรยายวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

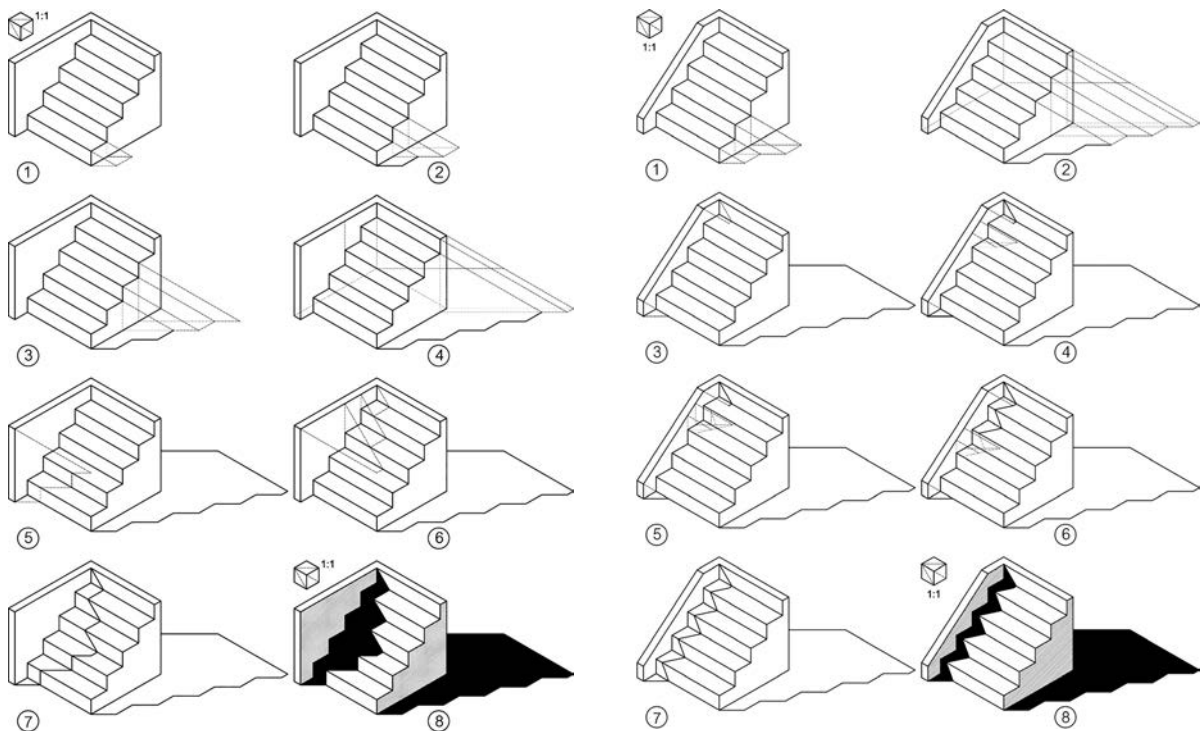
การอธิบายตำแหน่งร่มเงาของบันได ด้วยโปรแกรมเขียนแบบสามมิติ โปรแกรมออโต้แคด (AutoCAD) (รูปที่ 10) เพื่อความเข้าใจที่ถูกต้องและตรงตามหลักการเขียนแบบ ทั้งยังสามารถปรับหมุนให้นักศึกษาดูได้ในหลายทิศทาง



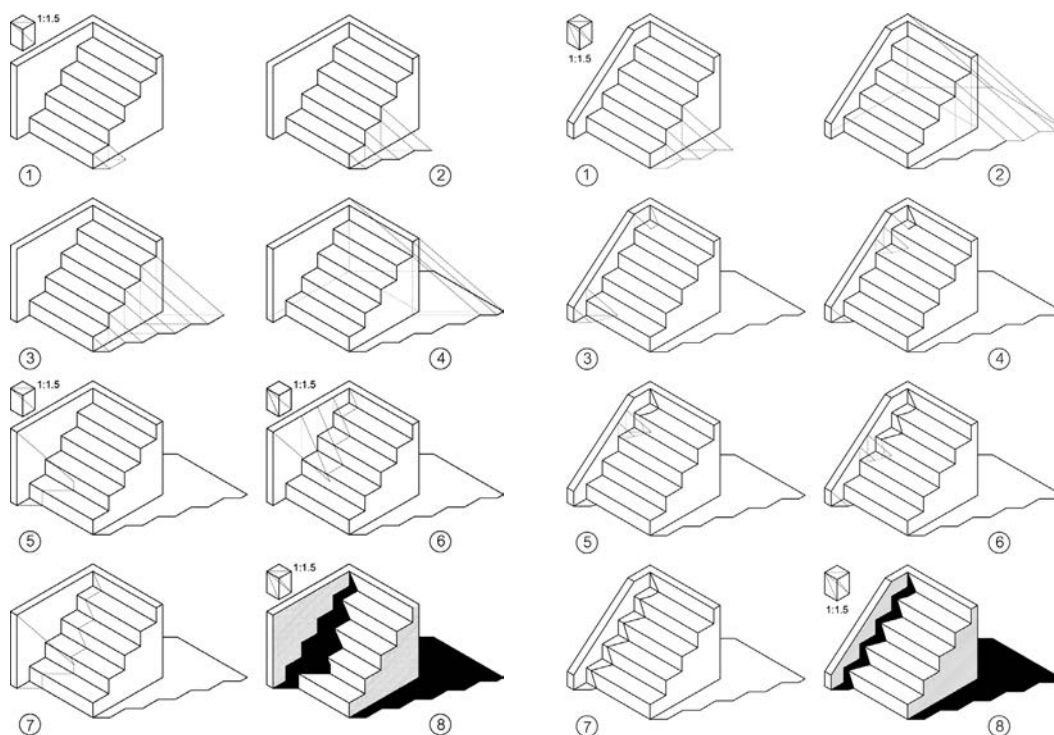
รูปที่ 10 แสดงการอธิบายตำแหน่งร่มเงาของบันไดแบบต่างๆ ด้วยโปรแกรมออโต้แคด โมเดลสามมิติ
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

การอธิบายวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก

ทั้งนี้ในการทดลองนี้ ได้กำหนดการเขียนแบบด้วยค่ากล่องแสงที่ มาตรฐาน 1:1 และมาตรฐาน 1:1.5 จึงต้องมี การอธิบายวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก รวม 2 วิธี คือ (รูปที่ 11 - 12)



รูปที่ 11 แสดงวิธีการหาตำแหน่งร่มเงาของบันได ที่กล่องแสง 1:1
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)



รูปที่ 12 แสดงวิธีการหาตำแหน่งร่มเงาของบันได ที่กล้องแสง 1:1.5
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

ทั้งนี้การหาตำแหน่งร่มเงาบันไดโดยกำหนดกล้องแสงมาตราส่วน 1:1 และมาตราส่วน 1:1.5 ที่นำเสนอไปนี้ใช้วิธีการหาตำแหน่งร่มเงาวิธีเดียวกัน แตกต่างที่ผลของระยะเงาที่ไม่เหมือนกัน

แบบสอบถามเพื่อประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจการศึกษด้วยแบบสอบถาม

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 ระดับปริญญาตรี จำนวน 70 คน ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตอบแบบสอบถามจริง จำนวน 70 คน (ประกอบด้วย นักศึกษาชาย 19 คน นักศึกษาหญิง 51 คน อายุระหว่าง 18 - 20 ปี)

ประเมินความพึงพอใจของนักศึกษาต่อวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของแบบบันไดต่าง ๆ โดยการแบ่งค่าระดับความพึงพอใจของนักศึกษาออกเป็น 5 ระดับ คือ ระดับ 1 มีความพึงพอใจน้อยมาก ระดับ 2 มีความพึงพอใจน้อย ระดับ 3 มีความพึงพอใจปานกลาง ระดับ 4 มีความพึงพอใจมาก และ ระดับ 5 มีความพึงพอใจมาก ๆ ในการวิเคราะห์ความพึงพอใจโดยใช้โปรแกรม SPSS

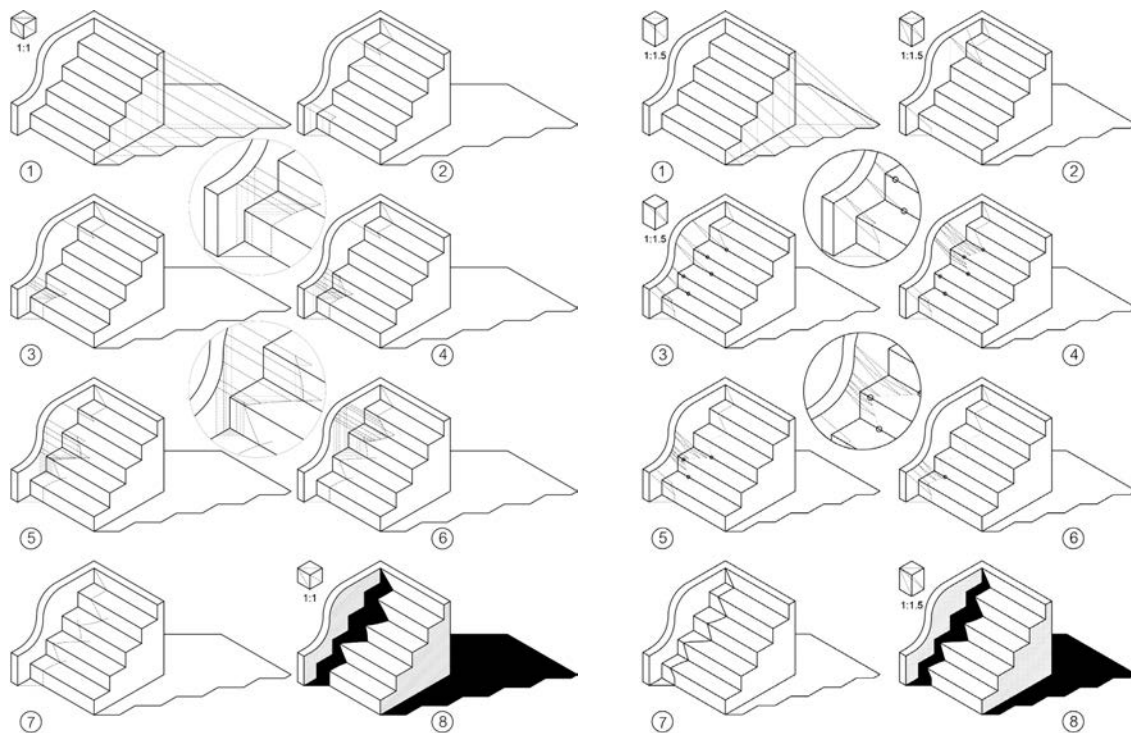
ผลการวิจัยประเมินความเข้าใจและความพึงพอใจการศึกษา

1. นักศึกษามีความพึงพอใจต่อการเขียนแบบโดยการกำหนดมาตราส่วนกล้องแสง ที่มาตราส่วนต่างกัน คือ ที่มาตราส่วน 1:1 และ 1:1.5 ในระดับที่เท่ากัน ประมาณ 40% ในระดับมาก หรือ 4
2. ในกรณีที่สามารถเลือกได้ นักศึกษาจะเลือกการเขียนแบบโดยกำหนดมาตราส่วนกล้องแสงที่ 1:1.5 ถึง 60% ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง
3. นักศึกษาเห็นตรงกันว่า แบบบันไดที่เขียนตำแหน่งร่มเงาได้ง่าย คือ “บันไดราบบันไดขนานกับพื้น” และ แบบบันไดที่เขียนตำแหน่งร่มเงาได้ยาก คือ “บันไดราบบันไดโค้ง” ควรต้องอธิบายเพิ่ม

4. นักศึกษามีความพึงพอใจในการใช้เส้นแสงหลักกับเส้นแนวนอน (แบบมาตรฐาน วิธีที่ 1) เปรียบเทียบกับการใช้เส้นแสงหลักผสมเส้นแสงในรูปด้าน (แบบทางลัด วิธีที่ 2 หรือ 3) ในการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเขียนแบบโดยแบบทางลัด อยู่ที่ค่าความพึงพอใจ “มาก (4)” ที่ 45.7% ของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง

วิธีการเขียนแบบเพื่อหาตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริกเพิ่มเติม

จากการถ่ายภาพแบบจำลองกล่องแสงที่ได้ทำการทดลองไป ในมุมมองใกล้เคียงภาพไอโซเมตริก และจากการทบทวนวรรณกรรมในเรื่องหลักการเขียนแบบหาร่มเงา โดยผู้วิจัยได้ใช้มาตราส่วนของกล่องแสงจากที่นิยมใช้กันในงานเขียนแบบที่ 45° หรือมาตราส่วนของกล่องแสงที่ 1:1 (กว้าง : สูง) และใช้กล่องแสงที่มาตราส่วน 1:1.5 โดยเขียนวิธีหาตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริกโดยใช้มาตราส่วนของกล่องแสงทั้งสองแบบเพิ่มเติมดังตัวอย่าง รูปที่ 13 แสดงการหาตำแหน่งแสงเงาของบันไดราวโค้ง ที่มาตราส่วนของกล่องแสง 1:1 ใช้เส้นแสงหลักกับเส้นแสงในรูปด้านบน (เส้นแสงในแนวระนาบ 30°) จะเห็นได้ว่าวิธีดังตัวอย่างนี้มีความซับซ้อนในการหาเงาเส้นโค้ง ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการเขียนแบบค่อนข้างมาก แต่รูปที่แสดงการหาตำแหน่งแสงเงาของบันไดราวโค้ง โดยมาตราส่วนของกล่องแสง 1:1.5 ใช้เส้นแสงหลักกับเส้นแสงในรูปด้านข้าง จะเห็นได้ว่าวิธีสามารถลดความซับซ้อนในการหาเงาเส้นโค้งได้มาก ทำให้เข้าใจได้โดยง่าย และใช้ระยะเวลาในการเขียนแบบลดลง



รูปที่ 13 แสดงวิธีการเขียนเงาของบันไดราวบันไดโค้ง ด้วยเส้นแสงหลักกับเส้นแสงในรูปด้านบน และด้วยเส้นแสงหลักกับเส้นแสงในรูปด้านข้าง
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

5. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ

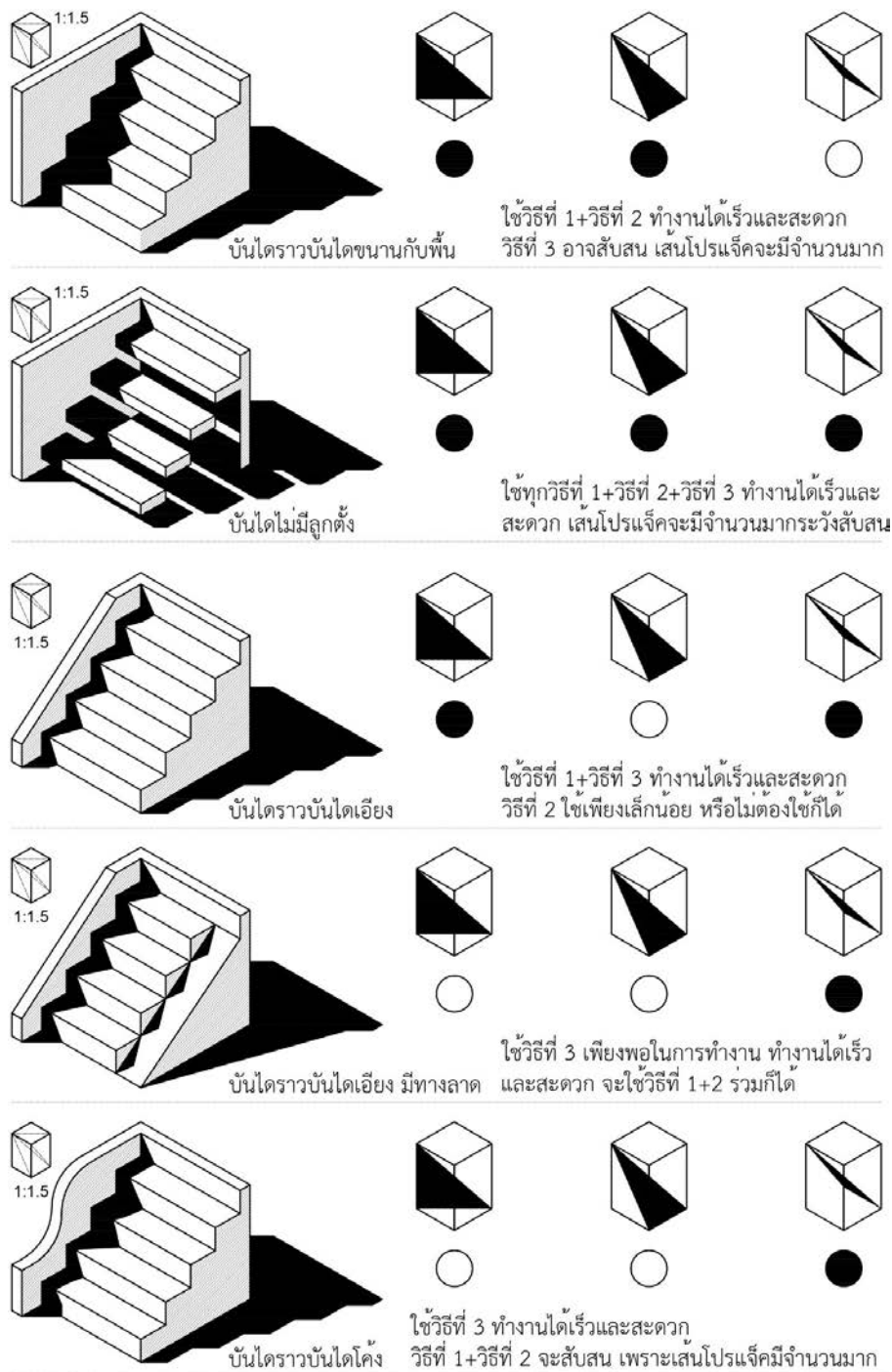
5.1 เพื่อสร้างเครื่องมือสามมิติในการอธิบายปรากฏการณ์ของกล่องแสง

ผลวิจัยได้ แสดงให้เห็นว่า ผลความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการเขียนแบบโดยการกำหนดมาตราส่วนกล่องแสงนั้น นักศึกษามีความพอใจในวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก ทั้งวิธีที่ใช้มาตราส่วนกล่องแสง 1:1 และ 1:1.5 โดยเงื่อนไขของกล่องแสงมาตราส่วน 1:1 หาดำแหน่งเงาได้ทุกแบบบันได บนวิธีการ 2 วิธี คือ การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านบน และการใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านหน้า เมื่อวิธีการน้อยเส้นย่อมน้อยลง แต่นักศึกษาจะมีปัญหาเมื่อทำงานกับบันไดราวบันไดโค้งเพราะต้องใช้เส้นจำนวนมาก ส่วนการใช้กล่องแสงมาตราส่วน 1:1.5 การหาดำแหน่งร่มเงาบันได ด้วยวิธีการ 3 วิธี คือ การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านบน การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านหน้า และการใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านข้าง โดยเฉพาะจะใช้งานหาดำแหน่งร่มเงาของบันไดราวบันไดโค้งได้ง่ายและแบบมีความถูกต้องมากขึ้น ผลความพึงพอใจของนักศึกษาต่อวิธีการเขียนแบบกับรูปแบบบันได นักศึกษาแสดงความเห็นตรงกันว่า บันไดราวบันไดขนานกับพื้นเป็นแบบที่หาดำแหน่งร่มเงาง่าย และบันไดราวบันไดโค้งเป็นแบบที่ยากในการหาดำแหน่งร่มเงา

5.2 วิธีการเขียนแบบเพื่อหาดำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริกเพิ่มเติม

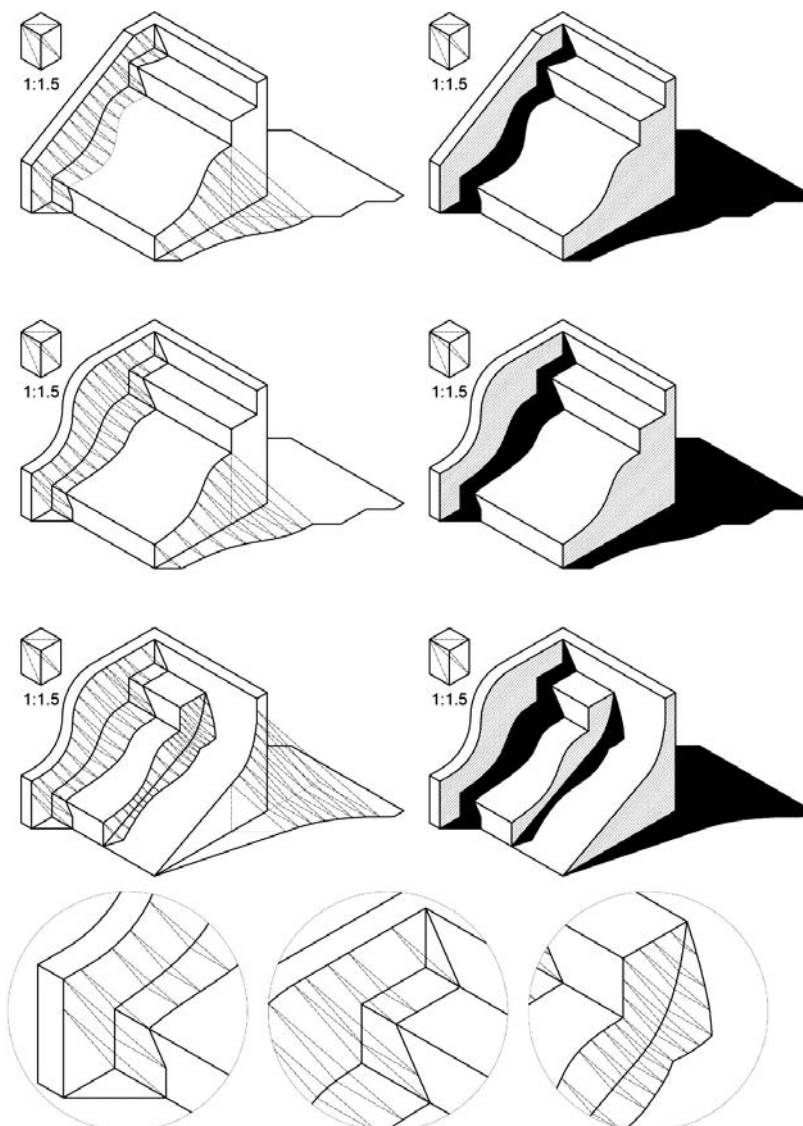
ผลวิจัยได้แสดงให้เห็นว่าเกิดวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริกเพิ่มเติมที่สามารถปรับตามความเหมาะสม เมื่อองศาของทิศทางแสงอาทิตย์ หรือลักษณะระนาบรับเงาเปลี่ยนไป คือ วิธีที่ใช้มาตราส่วนกล่องแสง 1:1.5 (หรืออาจเป็นมาตราส่วนอื่นก็ได้ ที่สามารถเห็นเส้นแสงในรูปด้านข้าง) ทั้งนี้เรายังสามารถใช้เส้นแสงในทั้งสามระนาบ (รูปที่ 14) ร่วมกับเส้นแสงหลักได้ และมีความสะดวกรวดเร็วแตกต่างกันเมื่อระนาบรับเงานั้นมีการเปลี่ยนแปลง เช่น

- กรณีลักษณะของราวบันไดขนานกับระนาบพื้น หรือระนาบแนวนอน การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านบนสามารถหาดำแหน่งร่มเงาได้รวดเร็ว แต่ถ้าระนาบเอียงจะเริ่มยุ่งยากในการหาดำแหน่งร่มเงาด้วยวิธีนี้
- กรณีระนาบรับเงาตั้งแนวตั้ง การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านหน้า สามารถหาดำแหน่งร่มเงาได้รวดเร็ว สำหรับระนาบรับเงาแนวตั้ง เช่น ลูกตั้งบันได หรือใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านบน แล้วเงาทอดตัวขึ้นตามผนัง ก็ยังสามารถหาดำแหน่งร่มเงาได้ไม่ยุ่งยากนัก
- กรณีลักษณะของราวบันไดเอียง การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านข้าง จะเป็นวิธีที่ทำงานได้สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีอื่น
- กรณีลักษณะของราวบันไดโค้ง การใช้เส้นแสงหลักตัดกับเส้นแสงรูปด้านข้าง จะเป็นวิธีที่ทำงานที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากสามารถลดความซับซ้อนของเส้นได้มาก ลดความสับสน และทำงานได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 14 แสดงผลสรุปวิธีการเขียนแบบเพื่อหาตำแหน่งร่มเงาของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

การหาตำแหน่งแสงเงาบนระนาบโค้งที่คว่ำลง ผู้วิจัยได้แสดงการประยุกต์ใช้วิธีการใช้มาตราส่วนกล่องแสง 1:1.5 ด้วยการใช้เส้นแสงด้านข้าง (รูปที่ 15) เป็นวิธีการหาตำแหน่งเงาที่สะดวกมากเมื่อระนาบรับเงามีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะหรือองศาเช่นไร วิธีการหาตำแหน่งร่มเงาวิธีนี้จะสามารถช่วยลดความซับซ้อนของขั้นตอนในการหาตำแหน่งร่มเงาและประหยัดเวลาได้มาก



รูปที่ 15 แสดงการประยุกต์ใช้วิธีการใช้มาตราส่วนกล่องแสง 1:1.5 ด้วยการใช้เส้นแสงด้านข้าง
ที่มา: ผู้วิจัย (2559)

6. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยนี้ทดลองกับรูปแบบบันไดที่มีลักษณะง่าย จึงเป็นเพียงการทดลองขั้นพื้นฐาน ซึ่งโดยปกติบันไดยังมีเงื่อนไขอีกมากมายที่แตกต่างกัน เช่น ลูกตั้งบันได มักจะเอียง ไม่ได้อยู่ในแนวตั้ง เป็นต้น รูปแบบของบันไดที่น่าสนใจและใช้กันอยู่ เช่น บันไดวน บันไดที่มีแม่บันไดโค้ง ซึ่งแบบเหล่านี้ไม่ได้ใช้ในการวิจัยนี้ จึงยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษาต่อเนื่อง

การวิจัยนี้มีเงื่อนไขในการทดลองเขียนแบบกับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 เนื่องด้วยวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น นั้นเป็นวิชาในภาคเรียนที่ 1 ทำให้การศึกษานี้ทำได้ยากเพราะต้องมีเวลาในการสอนพื้นฐานในการเขียนแบบให้กับนักศึกษาก่อน และวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่องของบันไดในงานเขียนแบบไอโซเมตริก นั้นถือเป็นเรื่องยากในการทำความเข้าใจของนักศึกษา ทำให้ต้องเสียเวลาในการทดลองเขียนแบบของนักศึกษาใช้เวลานาน และเขียนแบบผิดพลาดบ้าง ดังนั้นในการศึกษาในแบบไอโซเมตริกที่ซับซ้อนกว่านี้ ควรทำการศึกษาร่วมกับนักศึกษาที่มีพื้นฐานในการเขียนแบบแล้ว จะทำให้การวิจัยใช้เวลาน้อยลง

7. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้วยทุนสนับสนุนจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยความกรุณาและความร่วมมือจากฝ่ายต่างๆ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม อำนวยความสะดวกในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดีทั้งหน่วยงานภายในสถาบัน และหน่วยงานภายนอก โดยอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ ท่านอธิการบดี คณะบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และคณะอาจารย์ผู้ร่วมสอนในรายวิชาหลักการเขียนแบบเบื้องต้น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัมภา สวัสดิศรี อาจารย์สุวัฒน์ ตั้งที่มะรักษ์ และอาจารย์วัชรธรณ์ วัชรพรทนต์ ที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนการวิจัยโดยตลอด และได้กรุณาแนะนำและเสนอข้อคิดเห็นตลอดจนช่วยตรวจสอบแก้ไขงานวิจัยนี้ ขอขอบใจนักศึกษา ภาควิชาสถาปัตยกรรมภายใน ที่เป็นตัวขับเคลื่อนให้กระบวนการวิจัยในครั้งนี้ประสบความสำเร็จและลงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- เฉลิม รัตนทัศนีย์. (2550). **การเขียนแบบสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 9, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภาศิริ เขตปิยรัตน์ และสินีนาถ วิกรมประสิทธิ์. (2553). **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อหลักสูตรบริหารธุรกิจ (4ปี)**. คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2542). **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542**. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์ พับลิเคชันส์.
- วีระยุต ชัยสร และสุพัฒน์ บุญยฤทธิ์กิจ. (2558). การศึกษาวิธีการเขียนแบบตำแหน่งร่วมในงานเขียนแบบไอโซเมตริก. **วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.** 17(21), 108 - 122.
- เอกพงษ์ จุลเสนีย์. (2537). **หลักการเขียนแบบเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Francis, D.K. C. (2009). **Architectural Graphics**. 5th ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.