

การออกแบบกระเบื้องปูนต่ำประดับผนังที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วย เบญจรงค์จัดเรียงลวดลายด้วยการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิต The Bas Relief Wall Tile Design Inspired by Benjarong Ware Arranged by Matrix Transformation Algorithm

พิพัฒน์ จิตรอารีรักษ์¹ และ กนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์^{2*}

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800
²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800

Phiphat Chit-arirak¹ and Kanokporn Sripathomswat^{2*}

¹Assistant Professor, Faculty of Architecture and Design,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand, 10800
² Assistant Professor, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand, 10800

*Email: kanokporn.s@cit.kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

เครื่องถ้วยเบญจรงค์เป็นเครื่องปั้นดินเผาเนื้อสีขาว นามาลายลวดลายลงบนผิวและลงสีจำนวน 5-8 สี ระยะเวลาเริ่มมีตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา มีเอกลักษณ์และผูกพันกับคนไทยมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้รับความนิยมในการใช้งานทั้งจากลักษณะรูปทรง ลวดลาย และสีสัน ที่แตกต่างเปลี่ยนไปตามกาลเวลา มีการสร้างสรรค์ลวดลายขึ้นใหม่ แต่ยังคงพยายามรักษาไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของความสวยงาม ประณีตอ่อนช้อยของลายไทยโบราณ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบลวดลายกระเบื้องปูนต่ำประดับผนัง ที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิม และพัฒนาวิธีต่อลายให้มีรูปแบบหลากหลาย และทดลองนำมาผลิตเป็นต้นแบบ ผลการศึกษาลวดลายดั้งเดิมแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มลาย ได้แก่ กลุ่มลายหลักและกลุ่มลายลูกคั่น รูปแบบลายดั้งเดิมแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มลายเทพนม กลุ่มลายพรรณพฤกษา และกลุ่มลายช่องกระจก ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาลายหลักขึ้น 4 ลายและลายลูกคั่น 2 ลาย ในการวิจัยได้นำรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่มีความร่วมสมัย สามารถนำมาจัดวางเรียงได้หลากหลายด้าน สีใช้สีขาว ซึ่งเป็นสีพื้นของภาชนะเน้นความเรียบง่ายสบายตา วางสลับสีพื้นฐานของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ คือ สีเหลือง สีแดง สีนํ้าตาล และสีเขียว เพื่อเพิ่มสีสันความมีชีวิตชีวา เหมาะสมกับการปูพื้นและผนังอาคาร นำมาสร้างต้นแบบและขึ้นรูปด้วยการทำแม่พิมพ์หล่อขึ้นดินเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: กระเบื้องปูนต่ำประดับผนัง, เครื่องถ้วยเบญจรงค์, ออกแบบสร้างสรรค์, ขั้นตอนวิธีการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิต

Abstract

The Benjarong wares have white-colored pottery with drawn patterns on the product surface and are painted in about five to eight colors. The first began in the Ayutthaya period. This is one-of-a-kind and has ties to Thai people from the past to the present. It has gained popularity in usage due to its varying forms, patterns, and colors that change with time. New patterns are created regularly, but the exquisite beauty of historic patterns is

preserved. The objective of this research was to design bas-relief tile patterns, inspired by the original benjarong wares, and to develop a way to rearrange a variety of patterns and make prototypes. Two sorts of historic patterns were discovered: main patterns and small strip patterns. Traditional patterns were separated into three groups: Thep-Panom, Phan-Pruksa, and Glass-Channel patterns. In this research, four main patterns and two small strip patterns were developed. The research adopted a contemporary geometry, called an equilateral octagonal shape. It can be arranged in a variety of ways. The used color was white, which was the ground color of the container, emphasizing simplicity, and comfort for the eyes. Alternate the basic colors of benjarong wares — yellow, red, brown, and green—to add color to life, which is suitable for flooring and walls of buildings. The prototypes were made from slip-casting molds. They were fired at 1,200 degrees Celsius.

Keywords: Bas Relief Wall Tile, Benjarong Ware, Creative Design, Matrix Transformation Algorithm

Received: August 31, 2022; **Revised:** December 9, 2022; **Accepted:** February 10, 2023

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นชาติที่มีศิลปะและวัฒนธรรมที่ยาวนาน ปรากฏให้เห็นเด่นชัดเป็นงานศิลปะที่สวยงาม ประณีต วิจิตรบรรจง ผ่านการคิดค้นสร้างสรรค์ ประดิษฐ์ขึ้นด้วยความเพียรพยายามสืบต่อกันมาเป็นเวลานาน หนึ่งในงานศิลปะเหล่านั้น ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผาของไทย เป็นงานประณีตศิลป์ที่มีลักษณะเฉพาะตัว โดยเฉพาะเครื่องปั้นดินเผาที่มีเอกลักษณ์เป็นที่รู้จักทั่วไป คือ “เครื่องถ้วยเบญจรงค์” เป็นเครื่องปั้นดินเผาน้ำสีขาว นำมาเขียนลวดลายลงบนผิวผลิตภัณฑ์ และลงสีจำนวน 5 สี คือ สีแดง เขียว เหลือง ดำ และสีขาว ตามความหมายของชื่อ “เบญจ” ที่แปลว่าห้า และ “รงค์” แปลว่าสี เครื่องถ้วยเบญจรงค์ระยะแรกเริ่มมีตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา สืบทำจากประเทศจีนตามความคิดและลวดลายของไทย โดยให้ช่างชาวไทยเดินทางไปควบคุมการเขียนลาย (อุษงค์ จันทวิช และคณะ, 2542) ปัจจุบันการผลิตเครื่องถ้วยเบญจรงค์นอกจากเป็นอาชีพใช้สอยแล้ว ยังเป็นเครื่องประดับตกแต่งบ้าน และของขวัญที่มีเอกลักษณ์สวยงามและทรงคุณค่า ทั้งจากลักษณะรูปทรง ลวดลาย และสีสันทัน ที่แตกต่างเปลี่ยนไปตามกาลเวลา มีการสร้างสรรค์ลวดลายขึ้นใหม่ แต่ยังคงพยายามรักษาไว้ซึ่งเอกลักษณ์ของความสวยงาม ประณีตอ่อนช้อย ของลายไทยโบราณ นอกจากนี้เครื่องถ้วยเบญจรงค์ยังเป็นแรงบันดาลใจให้ผู้ที่สนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นใหม่ โดยใช้ภูมิปัญญาดั้งเดิมผสมผสานกับความเป็นสากล จนเกิดเป็นชิ้นงานที่สามารถนำไปต่อยอดเชิงสร้างสรรค์ได้หลากหลายแขนง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิมในสมัยอยุธยา และสมัยรัตนโกสินทร์ ตอนต้น ลักษณะการเชื่อมต่อลาย นำมาสู่การมองภาพการต่อลายกระเบื้องนูนต่ำ ที่เป็นไปในแนวคิดเดียวกับนารูปที่เป็นรูปเรขาคณิตมาเรียงต่อกัน โดยมีเงื่อนไขว่ารูปที่นำมาเรียงเหล่านั้นต้องไม่มีช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนหรือการคาบเกี่ยวทับซ้อนกัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแนวคิดทางด้านคณิตศาสตร์นี้ ดูเป็นเรื่องที่ไม่ค่อยคุ้นเคยสำหรับนักออกแบบโดยทั่วไป และมักเข้าใจว่าเป็นเรื่องใหม่หรือไกลตัวในการสร้างงานของนักออกแบบ แต่ในความจริงแล้วคณิตศิลป์ หรืออีกนัยหนึ่งคือการผสมผสานกันระหว่างศาสตร์ทางด้านศิลปะและคณิตศาสตร์ เป็นเรื่องที่ได้รับการสนใจจากนักคณิตศาสตร์และนักออกแบบมาเป็นเวลานาน (Albert et al., 2004; Aziz & Embong, 2017; Dabbour, 2012)

การศึกษาพัฒนาการเครื่องถ้วยเบญจรงค์ในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน สามารถตั้งสมมุติฐานการวิจัยด้านประวัติศาสตร์ความเป็นมาของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ในประเทศไทย สันนิษฐานจากที่มีการขุดค้นในพระนครศรีอยุธยา จากลักษณะของลวดลาย สี เปรียบเทียบกับเครื่องถ้วยจีน และบางชิ้นที่มีเครื่องหมายบอกรัชกาล เชื่อว่ามีการสั่งทำเครื่องถ้วยเบญจรงค์จากประเทศจีนมาตั้งแต่สมัยอยุธยายุคที่ 3 ราวหลังยุคพระเจ้าปราสาททอง (ครองราชย์ปี พ.ศ.2173-2198) ทั้งรูปทรง สีสันทัน และเทคนิควิธีการสร้างลวดลาย ซึ่งสามารถแบ่งระยะพัฒนาการของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ที่สำคัญได้ 3 ระยะ คือ สมัยอยุธยา สมัยกรุงธนบุรี และสมัย

กรุงรัตนโกสินทร์ (ณัฏฐาภัทร จันทวิษ, 2537) ส่วนสมมติฐานด้านการออกแบบขั้นตอนวิธีสำหรับจัดรูปแบบลาย ที่สามารถพัฒนานำมาสู่การมองภาพการต่อลวดลาย ที่เป็นไปในแนวคิดเดียวกันนำรูปที่เป็นรูปเรขาคณิตมาเรียงต่อกัน โดยมีเงื่อนไขว่ารูปที่นำมาเรียงเหล่านั้นต้องไม่มีช่องว่าง ระหว่างชิ้นส่วนหรือการคาบเกี่ยวทับซ้อนกัน

ดังนั้นผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบลวดลายของกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง ที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ นำหลักการทางทัศนธาตุ (Visual elements) (ชลุด นิยมเสมอ, 2542) มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการออกแบบ โดยการลดทอนรายละเอียดลวดลาย ปรับโครงสร้างของลายเส้นให้สวยงาม นำมาสร้างรูปทรงเป็นกระเบื้องแบบนูนต่ำที่ร่วมสมัย และค้นหาวิธีการต่อลายด้วยการออกแบบขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์เพื่อให้มีรูปแบบการต่อลวดลายที่หลากหลาย และเป็นการต่อยอดบูรณาการงานคณิตศิลป์ โดยในบทความนี้ จะเน้นนำเสนอการประยุกต์แนวคิดเกี่ยวกับคณิตศิลป์ ได้แก่ การสร้างงานศิลปะจากรูปทรงทางเรขาคณิต เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาวีธีออกแบบการจัดเรียงลวดลายกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง โดยใช้ลายต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 ออกแบบลวดลายกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง ที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิม
- 2.2 นำลวดลายที่ออกแบบมาพัฒนาวิธีการต่อลายด้วยการออกแบบขั้นตอนวิธีการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิตเพื่อให้มีรูปแบบลายหลากหลาย
- 2.3 สร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง ที่สามารถผลิตได้ตามกระบวนการทางอุตสาหกรรมเซรามิกส์

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีจากเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนแรก ประวัติเครื่องถ้วยเบญจรงค์ในประเทศไทย ได้แก่ การผลิตเครื่องถ้วยเบญจรงค์ รูปทรงเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ลายไทยและลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์แบบดั้งเดิม และส่วนที่สอง การออกแบบขั้นตอนวิธี เพื่อหารูปแบบแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำมาออกแบบขั้นตอนวิธีกลุ่มปัญหาการจัดเรียง เพื่อกำหนดแนวทางการประยุกต์ใช้การออกแบบขั้นตอนวิธีในการจัดเรียงลวดลาย แนวทางดังนี้

3.1 เครื่องถ้วยเบญจรงค์ และลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์แบบดั้งเดิม

การผลิตเครื่องถ้วยเบญจรงค์ในประเทศไทย สันนิษฐานจากหลักฐานที่มีการขุดค้นพบในพระนครศรีอยุธยา จากลักษณะของลวดลาย สี เปรียบเทียบกับเครื่องถ้วยจีน และบางชิ้นที่มีเครื่องหมายบอกรัชกาล เชื่อว่ามีการสั่งทำเครื่องถ้วยเบญจรงค์จากประเทศจีนมาตั้งแต่สมัยอยุธยายุคที่ 3 ราวหลังยุคพระเจ้าปราสาททอง (ครองราชย์ปี พ.ศ.2173-2198) สมเด็จพระนารายณ์มหาราช (ครองราชย์ปี พ.ศ.2199-2231) ในสมัยอยุธยา โดยทั่วไปนิยมใช้เครื่องถ้วยจีนทั้งลายครามและลายเขียนสีที่สั่งผลิตและหาซื้อง่ายจากประเทศจีน ซึ่งมีการค้าขายอยู่บริเวณภูมิภาคเอเชียอาคเนย์อย่างกว้างขวาง เครื่องถ้วยเขียนสีของจีนที่ส่งไปขายเป็นเครื่องถ้วยเขียนสีบนภาชนะขาว ส่วนใหญ่เขียนสีไม่ผสมเคลือบ ส่วนเครื่องถ้วยเบญจรงค์นั้นเป็นเครื่องถ้วยที่ใช้สีมาก 5 สี ถึง 8 สี และเขียนสีผสมเคลือบ จึงเชื่อกันว่าไทยสั่งเครื่องถ้วยสีขาวจากจีน แล้วช่างไทยเขียนลายไทยลงบนเครื่องถ้วยหรือบนกระดาษส่งกลับไปเผาในประเทศจีน ถ้าเป็นของราชสำนักที่ต้องการความประณีตเป็นพิเศษอาจส่งช่างไทยไปควบคุมการเขียนลวดลายที่จีน (ภูซงค์ จันทวิษ และคณะ, 2542)

ผลจากการศึกษา ผู้วิจัยพบว่าลวดลายดั้งเดิมที่นิยมในแต่ละยุคมีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยเลือกลวดลายจากเครื่องถ้วยเบญจรงค์สมัยอยุธยา และสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น และผู้วิจัยแบ่งกลุ่มประเภทลาย (พิพัฒน์ จิตรอารีรักษ์, 2561) ได้ดังนี้

ลำดับแรก ลายหลัก ได้แก่ส่วนที่มีพื้นที่กว้าง มีพื้นที่ในการเขียนลายมากที่สุด และอยู่บริเวณกลางภาชนะ โดยลายหลักที่ใช้เขียนเครื่องถ้วยเบญจรงค์จำแนกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ลายดั้งเดิมที่มีมาตั้งแต่อดีตไม่มีการดัดแปลง และลายประยุกต์ ได้แก่

ลายที่เกิดจากการนำลายดั้งเดิมมาดัดแปลงรูปแบบให้แตกต่างจากเดิม สามารถจำแนกลักษณะของลายหลักที่นิยมแบ่งประเภทได้ 4 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มลายครุฑและลายเทพพนม กลุ่มลายพรรณพฤกษา ลายก้านต่อดอก ลายประจายาม กลุ่มลายจากวรรณคดี และกลุ่มลายประเภทอื่น ๆ

ลำดับที่สอง ลายลูกคลื่น หรือลายปากขอบ หรือเข็มขัด เป็นลายที่เป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ทำหน้าที่แบ่งลายบนภาชนะกับส่วนบนและส่วนล่างของผลิตภัณฑ์ เป็นลายที่แตกต่างจากลายหลัก นิยมเขียนลายที่บริเวณขอบปาก ขอบฝา และส่วนล่างของภาชนะ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลายลูกคลื่นที่นิยมเขียนได้แก่ลายดอกไม้ ใบไม้ รวมทั้งลายที่ประดิษฐ์ขึ้นซึ่งส่วนใหญ่เขียนเป็นดอกไม้ประเภทต่างๆ จุดประสงค์ของการเขียนลาย คือ เพื่อไม่ให้ลวดลายบนภาชนะติดกันเป็นจำนวนมาก โดยลายนี้มักปรากฏบนตามขอบภาชนะ โดยเครื่องถ้วยเบญจรงค์หนึ่งชิ้นสามารถมีลายคลื่นได้หลากหลายชิ้น โดยส่วนใหญ่จะนิยมเขียนเป็นลายประเภทดอกไม้

ลำดับที่สาม ช่องกระจก การแบ่งส่วนลายหลักเป็นช่อง อาจแบ่งเป็น 3 ช่อง 4 ช่อง หรือหลายช่อง ขึ้นอยู่กับความสวยงามและเหมาะสมของลวดลายที่เขียน รูปทรง และขนาดของเครื่องถ้วย ช่องกระจกมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน เช่น ช่องกระจกแบบลิ้นบัว แบบวงรี แบบวงกลม แบบใบโพธิ์ แบบกระจัง และแบบรูปทรงประดิษฐ์ เป็นต้น

กล่าวโดยสรุปในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยคัดเลือกลวดลายเพื่อนำมาพัฒนาการออกแบบให้มีความร่วมสมัย และคงเอกลักษณ์ของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ได้แก่ ลายหลัก ลายลูกคลื่น และช่องกระจก เป็นที่มาในการออกแบบลายกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง

3.2 แนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่นำมาออกแบบขึ้นตอนวิธีกลุ่มปัญหาการจัดเรียงลวดลาย

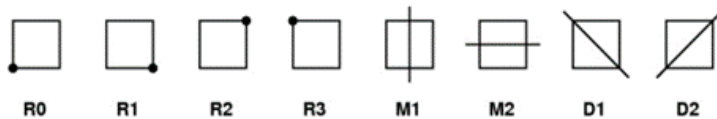
ทฤษฎีทางเรขาคณิต (geometrical concept) ที่นำมาใช้ในการพัฒนาขึ้นตอนวิธีการออกแบบลวดลายสมมาตร (ธีระพงษ์ สุขสำราญ, 2561) ในงานวิจัยนี้ได้แก่ทฤษฎีการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิต (matrix transformation) โดยมีแนวคิดจากความสมมาตรของรูปทรงเรขาคณิต และการนำมาดำเนินการเพื่อสร้างรูปแบบที่แตกต่างกัน ในที่นี้แบ่งออกเป็นทฤษฎีกลุ่มสมมาตร การแปลงสมมาตร การแปลงทางเรขาคณิตในรูปแบบของเทสเซลเลชัน อธิบายได้โดยสรุปดังนี้

กลุ่มสมมาตร (symmetry group)

รูปทรงเรขาคณิตเป็นเครื่องมือของการสรสร้างความคิดผ่านสิ่งต่าง ๆ ในจักรวาล ซึ่งถือเป็นความเชื่อมโยงสำคัญระหว่างคณิตศาสตร์กับศิลปะ จากการศึกษาของงานวิจัยพบหลากหลายแนวคิดในการสร้างงานทางศิลปะ ผ่านกลไกแนวคิดของคณิตศาสตร์ตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน (Albert et al., 2004; Aziz & Embong, 2017; Dabbour, 2012) ความสมมาตรในทางเรขาคณิตหมายถึง ความสมดุลเท่ากันทั้งในส่วนขนาดและรูปร่าง โดยความสมมาตรมักพิจารณาผ่านเส้นสมมาตร (line symmetry) เส้นสมมาตรมี 2 ประเภท ได้แก่ สมมาตรด้านข้าง คือ เส้นตรงที่ใช้คำนวณความสมมาตรของวัตถุหรือรูปร่างที่ไม่ใช่ทรงกลม เส้นสมมาตรประเภทนี้มีเพียงเส้นเดียว และสมมาตรรัศมี คือ เส้นตรงที่ใช้คำนวณความสมมาตรของวัตถุ หรือรูปร่างที่เป็นทรงกลม เส้นสมมาตรประเภทนี้มีมากกว่า 1 เส้น

ความสมมาตรผ่านการดำเนินการสมมาตร คือการเคลื่อนของวัตถุใดๆ ซึ่งภายหลังได้มีการเคลื่อนที่ไปแล้ว ทุกจุดของวัตถุนั้นทับกันสนิทกับจุดต่าง ๆ ของวัตถุก่อนที่มีการเคลื่อนที่ โดยถ้ามีจุดหนึ่งในที่ว่างที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้ทุกการดำเนินการสมมาตร ผลของการดำเนินการสมมาตรนี้ หมายถึงการเกิดขึ้นของกลุ่มสมมาตร และมีความสมมาตรเชิงเรขาคณิต พบว่ามีตัวดำเนินการสมมาตร 4 ชนิด ได้แก่ การหมุน (rotation) การสะท้อน (reflection) การหมุนและสะท้อน (roto - reflection) และการผกผัน (inverse) วัตถุทุกชิ้นมีสมมาตรอย่างน้อย 1 ตัวดำเนินการเรียกว่า รูปแบบที่ 1 หรือ Identity operation คือการหมุน 360 องศา ซึ่งสมมูลกับการไม่ได้ทำอะไรเลย วัตถุดังกล่าวเริ่มมีความน่าสนใจถ้ามีสมมาตรมากกว่ารูปแบบที่ 1 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้แรงบันดาลใจในการทดลองวางลวดลายของกระเบื้องที่ออกแบบในรูปแบบสมมาตรต่าง ๆ

ลำดับต่อไป ผู้วิจัยจะได้อธิบายหลักการนี้ ผ่านตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 มิติ ยกตัวอย่างรูปแบบการสมมาตรของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หากทำการวิเคราะห์หาสมมาตรทั้งหมดของสี่เหลี่ยมจัตุรัสนี้ พบว่ามีแบบหมุน (rotation) 4 แบบ มีแบบรูปสะท้อน (mirror image) 2 แบบ และมีแบบสะท้อนแนวทแยง (diagonal flips) 2 แบบ ได้แก่ M1 (สะท้อนตามแนวตั้ง) M2 (สะท้อนตามแนวนอน) D1 (สะท้อนตามแนวทแยงซ้าย) D2 (สะท้อนตามแนวทแยงขวา) และอีก 4 แบบของสมมาตรของการหมุนไป 90 องศา เทียบกับจุดศูนย์กลางของสี่เหลี่ยมตามแนวระนาบ ได้แก่ R0 (ไม่หมุนเลยหรือหมุนไป 360 องศา) R1 (หมุนไป 90 องศา) R2 (หมุนไป 180 องศา) R3 (หมุนไป 270 องศา) รวมทั้งหมดมี 8 สมมาตร ดังภาพที่ 1 ในทางคณิตศาสตร์ ถ้ามีจุดหนึ่งในที่ว่างที่ยังไม่เปลี่ยนแปลงในทุกการดำเนินการสมมาตร ผลการดำเนินการสมมาตรนี้หมายถึง กลุ่มสมมาตร หรืออีกนัยหนึ่งคือหากเลือกการกระทำกับสี่เหลี่ยม 8 แบบข้างต้นนั้นไม่ส่งผลต่อรูปสี่เหลี่ยมที่ปรากฏต่อเราในตอนตั้งต้นหรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี่เหลี่ยมนั่นเอง (shape invariance) ภาษาทางคณิตศาสตร์เรียกการกระทำทั้ง 8 แบบ ที่ไม่ทำให้สี่เหลี่ยมจัตุรัสเปลี่ยนแปลงนั้นว่า การแปลง (transformation)



ภาพที่ 1 การหมุนแบบสมมาตร

ที่มา: Liu & Collins (1998)

การแปลงสมมาตร (translation)

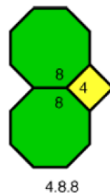
หมายถึงลวดลายเป็นผืนยาวบนผนัง สิ่งที่น่าสนใจการแปลงนี้ คือ เมื่อนำรูปสมมาตรที่ผ่านการกระทำด้วยการแปลงต่างกัน (ไม่ทำให้รูปเปลี่ยนแปลงไป) มาเรียงต่อกันสามารถสร้างลวดลายขึ้นมาใหม่ในแนวยาวเรียกว่า รูปแบบฟริส (frieze pattern) การดำเนินการดังกล่าว สามารถเลือกแปลงสี่เหลี่ยมได้หลากหลายแบบต่อเนื่องกัน แต่ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนรูปของสี่เหลี่ยม เช่น สำหรับรูปแบบของการหมุนทั้ง 4 แบบ พบว่าการหมุนไป 360 องศา นั้นสามารถเกิดได้จากการหมุนไป 90 องศา 4 ครั้ง นั่นเอง สามารถนำรูปแบบที่ทำการแปลงรูปสี่เหลี่ยมจากการหมุนมาผสมกับการแปลงจากรูปแบบการสะท้อน เกิดการวางลวดลายในรูปแบบใหม่ เป็นต้น

การแปลงทางเรขาคณิต (transformation)

หากพิจารณาแล้วในงานวิจัยนี้ รูปแบบการแปลงสมมาตรในรูปแบบ 2 มิติ ในที่นี้ลดความซับซ้อนของแนวคิดลงเป็นการแปลงทางเรขาคณิตของรูปเรขาคณิต 2 มิติ โดยทำการศึกษาเน้นไปที่ รูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า (ซึ่งประยุกต์จากลายหลักของกระเบื้องนูนต่ำ) และรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (ซึ่งประยุกต์จากลายลูกคลื่นของกระเบื้องนูนต่ำ) เท่านั้น การแปลงทางเรขาคณิต คือ การเคลื่อนไหวของรูปเรขาคณิตโดยการเลื่อนขนาน การสะท้อน และการหมุนของรูปเรขาคณิตรูปหนึ่งๆ ซึ่งพบได้ในสิ่งรอบตัวเรา หรือการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ สามารถจำลองออกมาในรูปของการแปลง รวมทั้งงานศิลปะสามารถเกิดจากรูปแบบการแปลง ในลักษณะนี้ได้ การเรียงลวดลายกระเบื้องในงานวิจัยนี้ ดำเนินการภายใต้การประยุกต์การแปลงทางเรขาคณิตในรูปแบบเทสเซลเลชัน (tessellation)

เป็นการนำรูปทั้งที่เป็นเรขาคณิต หรือรูปทั่วไปมาเรียงต่อกัน โดยมีเงื่อนไขว่ารูปที่นำมาจัดเรียงนั้นต้องไม่เกิดช่องว่างหรือการคาบซ้อนเกี่ยวกันขึ้น (ลิซชินทร์ อยู่คง, 2563) การแบ่งประเภทของเทสเซลเลชัน แบ่งได้หลายเกณฑ์ เช่น ถ้าใช้มิติเป็นเกณฑ์

สามารถแบ่งงานทesselเลชันได้เป็นงาน 2 มิติ และงาน 3 มิติ หรือถ้าใช้เกณฑ์จากชิ้นส่วนในการแบ่งประเภท สามารถแบ่งเป็นงานทesselเลชันจากรูปเรขาคณิต และจากรูปทั่วไป ทesselเลชันจากรูปเรขาคณิต เกิดจากการนำชิ้นส่วนที่เป็นรูปเรขาคณิตลักษณะต่างๆ เช่นรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม หรือรูปเรขาคณิตอื่นๆ มาจัดเรียงต่อกันจนเต็มพื้นระนาบโดยไม่เกิดช่องว่างหรือการคาบเกี่ยวซ้อนกัน ซึ่งในการสร้างทesselเลชันอาจเกิดจากการจัดเรียงชิ้นส่วนรูปเรขาคณิตเพียงชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ ดังนั้น การสร้างทesselเลชันจากรูปเรขาคณิตจึงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ แบบแรกทesselเลชันที่เกิดจากชิ้นส่วนรูปเรขาคณิตเพียงชนิดเดียว หรือเรียกว่าทesselเลชันแบบปกติ (regular tessellation) และแบบที่สองทesselเลชันที่เกิดจากชิ้นส่วนรูปเรขาคณิตหลายชนิด (ได้แก่ Semi regular Tessellation และ Demi regular Tessellation หรือทesselเลชันกึ่งปกติ)



ภาพที่ 2 ทesselเลชันแบบกึ่งปกติ 4.8.8 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ที่มา: ลิขรินทร์ อยู่คง (2563)

สำหรับการกำหนดชื่อทesselเลชันกึ่งปกติ ใช้หลักการเช่นเดียวกับการกำหนดชื่อทesselเลชันแบบปกติ กล่าวคือชื่อทesselเลชันกึ่งปกติแต่ละแบบกำหนดได้โดยเริ่มที่รูปหลายเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่าที่มีจำนวนด้านน้อยที่สุด จากนั้นจึงตามด้วยรูปหลายเหลี่ยมอื่น ๆ โดยเรียงวนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ดังเช่น ทesselเลชันที่อยู่ในภาพที่ 2 เป็นรูปแบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีชื่อ 4.8.8 เนื่องจากเป็นทesselเลชันที่เกิดจากรูปสี่เหลี่ยม (ซึ่งเป็นรูปที่มีจำนวนด้านน้อยที่สุดในทesselเลชันนี้) จากนั้นตามด้วยรูปแปดเหลี่ยมและรูปแบบเหลี่ยมด้านเท่า โดยเรียงตามเข็มนาฬิกาตามลำดับ

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องโดยเน้นงานที่เป็นการสร้างลวดลาย หรือการจัดเรียงทางศิลปะที่ใช้การออกแบบขั้นตอนวิธี หรือการใช้ขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยไทย พงพานวิจัยของ จักรพรรดิ ธรรมมนตร์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดเรียงชิ้นงานผ้า ที่มีข้อจำกัดในด้านขนาดที่แตกต่างกันลงบนแผ่นวัตถุดิบผ้าม้วนผ้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดเรียง และเพิ่มความยืดหยุ่นในการทำงาน โดยมีเป้าหมายวางชิ้นงาน (ขั้นตอน stencils ในอุตสาหกรรมผ้า) มีรูปร่างไม่เป็นเรขาคณิตลงบนแผ่นวัตถุดิบสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยชิ้นงานต้องไม่ทับกัน และเหลือเศษน้อยที่สุด และในงานวิจัยของ ดร.สวิน วงศ์ประเมษฐ์ และคณะ (2561) ได้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมจำลองสำหรับการทอผ้าไหมมัดหมี่แบบหมี่รวด จากการถอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ได้คำนวณปริมาณเส้นไหมในการสร้างลวดลาย และจำลองลายผ้าด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบในการค้นหาก็กับความยาวผ้า ร่วมกับการแปลงเมทริกซ์ในการสะท้อนลาย

กล่าวโดยสรุปในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยออกแบบลวดลายของกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง ที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ นำหลักการทางทัศนธาตุ (Visual elements) (ชูลัด นิมสมอ, 2542) มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนาการออกแบบ โดยการลดทอนรายละเอียดลวดลาย ปรับโครงสร้างของลายเส้นให้สวยงาม นำมาสร้างรูปทรงเป็นกระเบื้องแบบนูนต่ำที่ร่วมสมัย สอดคล้องกับ สุวิธีย์ สาดสังข์ (2555). ได้ศึกษาลวดลาย สีเส้น และโครงสร้างของเครื่องเบญจรงค์มาประยุกต์ใช้ต่อการออกแบบเครื่องแต่งกายและลวดลายผ้าพิมพ์จากการศึกษาเครื่องถ้วยเบญจรงค์

เมื่อนำลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิมสมัยอยุธยา และสมัยรัตนโกสินทร์ตอนต้น มาเป็นแรงบันดาลใจในการออกแบบงานกระเบื้องนูนต่ำประดับผนังให้สวยงามร่วมสมัย และสร้างรูปแบบลายให้มีหลากหลายมากขึ้น ในการจัดเรียงลวดลายมีการบูรณาการศาสตร์ทางด้านศิลปะและคณิตศาสตร์ ผ่านวิธีการวิเคราะห์และออกแบบขั้นตอนวิธี การแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิต โดยเรียงต่อกันด้วยแนวคิดของเทสเซลเลชันแบบกึ่งปกติ 4.8.8 เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาทางการจัดเรียงเพื่อสร้างลวดลายเพิ่มเติมจากลายหลักและลายลูกคั่น ประกอบกับการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ที่ถ่ายทอดลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิมมาเป็นผลงานการออกแบบลายเบญจรงค์ร่วมสมัย ซึ่งจะได้อธิบายระเบียบวิธีการดำเนินงานวิจัยในส่วนถัดไป

4. วิธีดำเนินการวิจัย

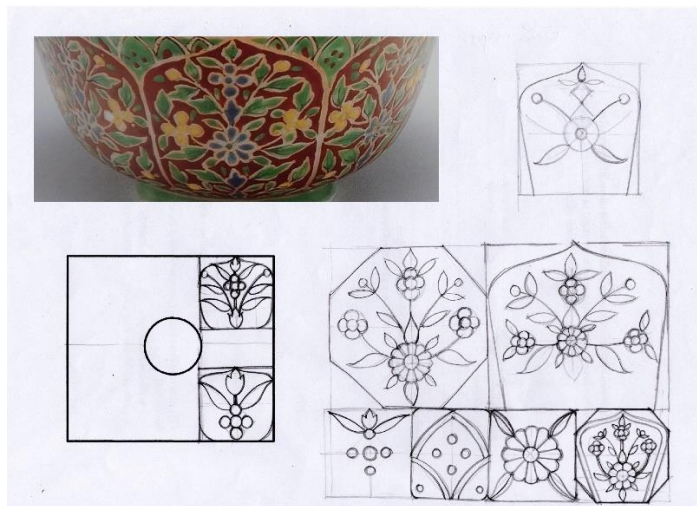
ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 3 ส่วน คือ การวิเคราะห์ออกแบบลวดลายและโครงสร้างลาย การวิเคราะห์การต่อลวดลาย และการสร้างต้นแบบตามกระบวนการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยในที่นี้จะเน้นการอธิบายวิธีการใน 2 ส่วนแรก ได้แก่ การวิเคราะห์ออกแบบลวดลายและโครงสร้างลาย และการวิเคราะห์การต่อลวดลาย ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ออกแบบลวดลายและโครงสร้างลาย

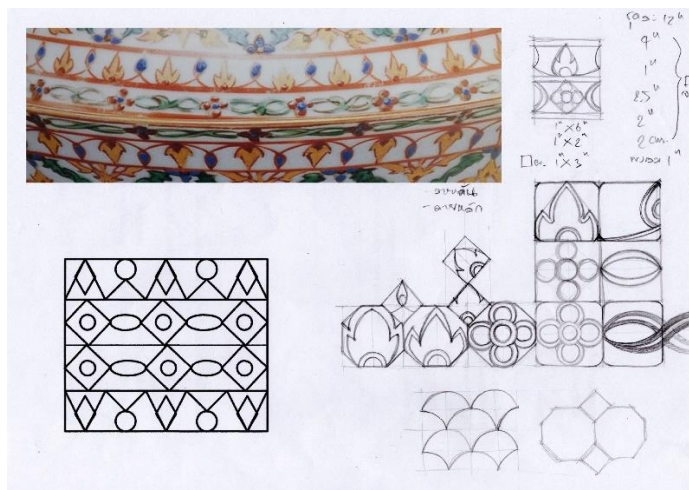
เพื่อออกแบบกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง ที่มีแรงบันดาลใจจากลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ นำไปสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สามารถผลิตได้จริงตามกระบวนการทางอุตสาหกรรมเซรามิกส์

ลายหลัก เป็นส่วนที่มีพื้นที่กว้าง มีพื้นที่ในการเขียนลายมากที่สุด และอยู่บริเวณกลางภาชนะ ส่วนที่เป็นลายหลักของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ เลือกลักษณะของลายหลักที่นิยมใช้เขียนในเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ได้แก่ กลุ่มลายเทพนม กลุ่มลายพรรณพฤกษา และกลุ่มลายช่องกระจก ในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกกลุ่มลายเทพนม ได้แก่ ลายลายเทพนมในช่องกระจก มาใช้ในการพัฒนาลวดลาย ส่วนกลุ่มลายพรรณพฤกษา ได้คัดเลือกลายก้านต่อดอกในกลีบบัว และลายก้านขด มาใช้ในการพัฒนาลวดลาย และกลุ่มลายช่องกระจก ได้คัดเลือกลักษณะของช่องกระจก มาใช้ในการพัฒนาลวดลาย (ดูตัวอย่างการพัฒนาของผู้วิจัย ในกลุ่มลายพรรณพฤกษา ดังภาพที่ 3)

ลายลูกคั่น หรือลายปากขอบ หรือเข็มขัด เป็นลายที่เป็นลักษณะเฉพาะของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ทำหน้าที่แบ่งลายบนภาชนะกับส่วนบนและส่วนล่างของผลิตภัณฑ์ เป็นลายที่แตกต่างจากลายหลัก นิยมเขียนลายที่บริเวณขอบปาก ขอบฝา และส่วนล่างของภาชนะ มีความกว้างและสัดส่วนแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับรูปทรงภาชนะและจุดประสงค์ของการเขียนลาย คือ เพื่อให้ไม่ให้ลวดลายบนภาชนะติดกันเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ลายดอกไม้ ใบไม้ และลายที่ประติขัณขึ้น ในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกลายลูกคั่นกลุ่มลายกลีบดอก จำนวน 2 รูปแบบ และกลุ่มลายไทย จำนวน 2 รูปแบบ มาใช้ในการพัฒนาลวดลาย (ดูตัวอย่างการพัฒนาของผู้วิจัย ในกลุ่มลายลูกคั่น ดังภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 การวิเคราะห์หลายหลัก กลุ่มลายพรรณพฤกษา



ภาพที่ 4 การวิเคราะห์หลายลูกคลื่น กลุ่มลายกลีบดอก

4.2 การวิเคราะห์การต่อลวดลายจากลายหลักที่ออกแบบขึ้น

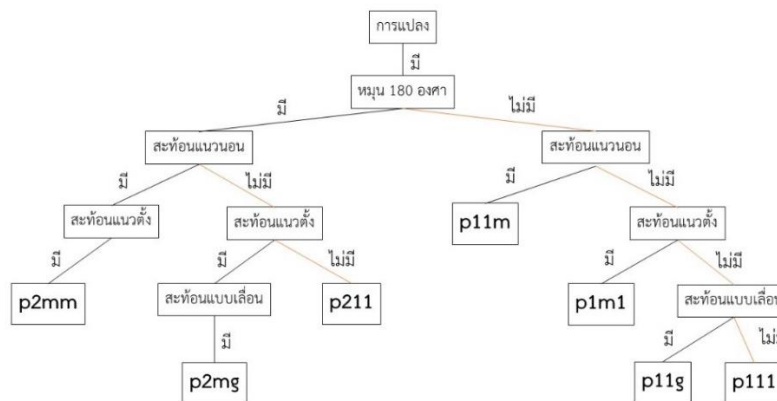
เพื่อกำหนดวิธีต่อลวดลายด้วยการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิตเพื่อให้มีรูปแบบลายหลากหลาย โดยสรุปในการดำเนินการที่เชื่อมโยงกับกระบวนการขั้นตอนวิธีทางคณิตศาสตร์ เริ่มจากการกำหนดลวดลายกลุ่มที่นำออกแบบคัดเลือก นำมากำหนดโครงร่างเป็นรูปทรงในกลุ่มนูนรูปทรงเรขาคณิต (geometric form) แล้วจึงนำขั้นตอนวิธีในการจัดการรูปทรงเรขาคณิตมาสร้างรูปแบบในการต่อลวดลายกระเบื้องปูนต่อไปนี้

ในส่วนต่อไปนี้ เป็นการอธิบายการประยุกต์ทฤษฎีทางคณิตศาสตร์นามธรรม ในส่วนของการนับวงโคจรของทฤษฎีกรุปมาประยุกต์ในคณิตศาสตร์เชิงการจัด เพื่อบ่งชี้จำนวนวิธีการจัดเรียงวัตถุที่มีความสมมาตร หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ การจัดเรียง

ที่ไม่ขึ้นอยู่กับการแปลงทางเรขาคณิตอย่างการหมุนหรือการสะท้อน โดยพัฒนาขึ้นเป็นขั้นตอนวิธี (algorithm) ในการจัดเรียง ลวดลาย ลักษณะของการเกิดรูปแบบลวดลาย พัฒนาการต่อลวดลายด้วยการประยุกต์แนวทางของกลุ่มสมมาตร 3 ประเภทได้แก่ กลุ่มการหมุนรูป กลุ่มสมมาตรหนึ่งมิติ และกลุ่มสมมาตรสองมิติ มีแนวคิดการพัฒนาโดยสรุปดังนี้

1) กลุ่มการหมุนรูป (dihedral groups) หรือ กลุ่มวัฏจักร (cyclic groups) เป็นการนำรูปต้นแบบของลายหลักแบบใดแบบหนึ่ง เพียง 1 รูปแบบ มาทำการหมุน สะท้อน และเลื่อนขนาน

2) กลุ่มสมมาตรหนึ่งมิติ (frieze groups) เป็นการนำรูปต้นแบบของลายหลักแบบใดแบบหนึ่ง มาเรียงต่อกันในระนาบสองมิติ ไปในทิศทางเดียว และมีสมมาตรการเลื่อนขนานเสมอ ลวดลายที่เกิดขึ้นมีอย่างมากที่สุด 7 รูปแบบ อิงตามรหัสที่กำหนดโดย IUC (International Union of Crystallography) (ตัวอย่างการอ้างอิงรหัส IUC 7 รูปแบบ แสดงดังภาพที่ 5) และกลุ่มสมมาตรสองมิติ (Wallpaper groups) เป็นการนำรูปต้นแบบของลายหลักแบบใดแบบหนึ่งมาเรียงต่อกันในระนาบสองมิติ ไปในสองทิศทาง และมีสมมาตรการเลื่อนขนาน



ภาพที่ 5 แผนผังการจำแนกลวดลายกลุ่มสมมาตรหนึ่งมิติ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Liu & Collins (1998)

จากลวดลายลายหลัก ที่นำออกแบบคัดเลือกมา แต่ละรูปแบบนำมาวิเคราะห์หาสมมาตรจากรูปต้นแบบลายหลัก เริ่มต้นจากการนำลายหลักต้นแบบมาทำการหมุนด้วยการใช้อัลกอริทึมของกลุ่มการหมุนรูป จากการดำเนินการใน 8 รูปแบบของกลุ่มการหมุนรูป ได้แก่ R0 เป็นการหมุนด้วยมุม 0 องศา, R1 เป็นการหมุนด้วยมุม 90 องศา, R2 เป็นการหมุนด้วยมุม 180 องศา, R3 เป็นการหมุนด้วยมุม 270 องศา, M1 เป็นการสะท้อนข้ามแกน X, M2 เป็นการสะท้อนข้ามแกน Y, M3 เป็นการสะท้อนข้ามเส้นตรง $y=-x$ และ M4 เป็นการสะท้อนข้ามเส้นตรง $y=x$

จากการวิเคราะห์และจำลองการหมุน พบว่าการกระทำในรูปแบบ M3 และ M4 ไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติสำหรับกรณีศึกษา และลายที่ได้ไม่มีความแตกต่างจากลวดลายเดิม จึงทดลองดำเนินการใน 6 รูปแบบเท่านั้น

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์ออกแบบลวดลายโครงสร้างลาย

เพื่อออกแบบลวดลายกระเบื้องนูนต่ำประดับผนัง จากการศึกษาประวัติและพัฒนาการของลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ งานวิจัยนี้ได้คัดเลือกลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ที่เป็นเอกลักษณ์ มาใช้ในการพัฒนาการออกแบบในกลุ่มลายหลัก และลายลูกคั่น ดังนี้

กระเบื้องนูนต่ำลายหลัก ผู้วิจัยนำมาพัฒนาการออกแบบแต่ละด้าน ดังนี้ (แนวการพัฒนาดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7)

ด้านรูปทรง รูปทรงกระเบื้องทั่วไปมีหลากหลายรูปทรง ที่ได้รับความนิยมมากเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการวิจัยนี้ได้นำรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่ดูแปลกตาจากรูปทรงกระเบื้องทั่วไป และมีความร่วมสมัย สามารถนำมาจัดวางเรียงได้หลากหลายด้าน เพื่อสร้างความมีชีวิตชีวา มีความเหมาะสมกับการปูพื้นและผนังอาคาร

ด้านลวดลาย เป็นลายหลักจากเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ได้แก่ ลายเทพนม ลายช่องกระจก ลายพรรณพฤกษาก้านต่อดอกกลีบบัว และลายพรรณพฤกษาก้านขด

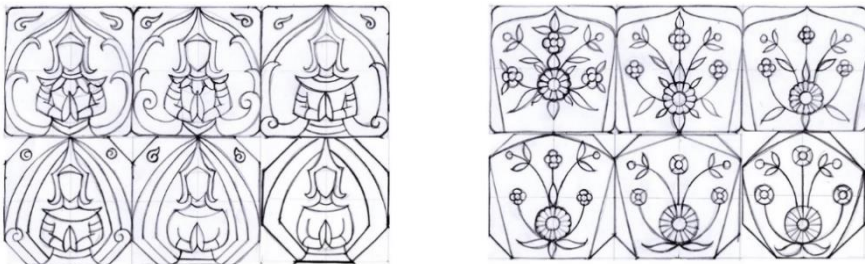
ด้านสี ใช้โทนสีที่มีความเหมาะสมต่อการออกแบบ นำมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของเครื่องถ้วยเบญจรงค์และเป็นสีพื้นฐานจากการศึกษาพบว่านิยมใช้สีขาว ซึ่งเป็นสีพื้นของภาชนะ เพื่อเน้นความเรียบง่าย สบายตา เหมาะสำหรับการประดับตกแต่งผนังทั้งภายในและภายนอกอาคาร และสามารถเข้ากับสีของผนังอาคารที่พิกอาศัยได้เป็นอย่างดี

กระเบื้องนูนต่ำลายลูกคั่น ผู้วิจัยนำมาพัฒนาการออกแบบแต่ละด้าน ดังนี้ (แสดงดังภาพที่ 8)

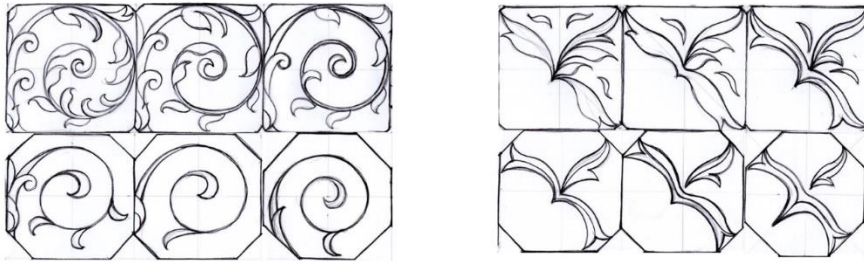
ด้านรูปทรง รูปทรงกระเบื้องทั่วไปมีหลากหลายรูปทรง ที่ได้รับความนิยมมากเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการวิจัยนี้ได้นำรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า สามารถนำมาจัดวางเรียงได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน และคั่นพื้นที่ระหว่างกระเบื้องลายหลัก เพื่อสร้างความน่าสนใจ

ด้านลวดลาย เป็นลวดลายจากเครื่องถ้วยเบญจรงค์ ได้แก่ ลายลูกคั่นกลีบดอก จำนวน 2 รูปแบบ และลายลูกคั่นลายไทยจำนวน 2 รูปแบบ

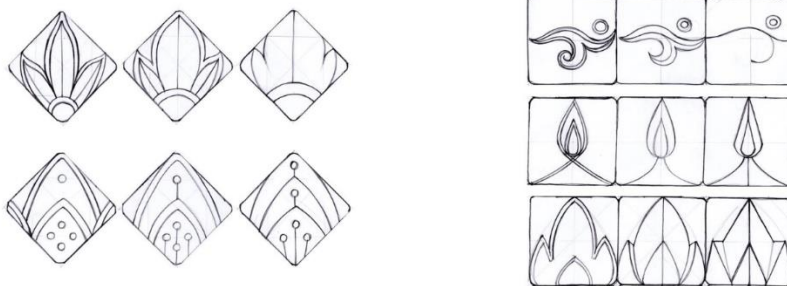
ด้านสี ใช้โทนสีที่มีความเหมาะสมต่อการออกแบบมาจากสีของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ที่ได้ทำการศึกษา โดยใช้พื้นฐานของเครื่องถ้วยเบญจรงค์ คือ สีเหลือง สีแดง สีนํ้าตาล และสีเขียว เพื่อเพิ่มสีสัน เหมาะสำหรับการประดับตกแต่งผนังทั้งภายในและภายนอกอาคาร และสร้างความเชื่อมโยงระหว่างผนัง และตัวอาคารที่พิกอาศัยได้เป็นอย่างดี



ภาพที่ 6 การพัฒนากลุ่มลายหลักลายเทพนม และลายพรรณพฤกษาก้านต่อดอกกลีบบัว



ภาพที่ 7 การพัฒนากลุ่มลายหลักลายก้านขด และลายช่องกระจก



ภาพที่ 8 การพัฒนากลุ่มลายลูกคลื่นลายกลีบดอก และลายลูกคลื่นลายไทย

5.2 ผลการต่อลวดลาย

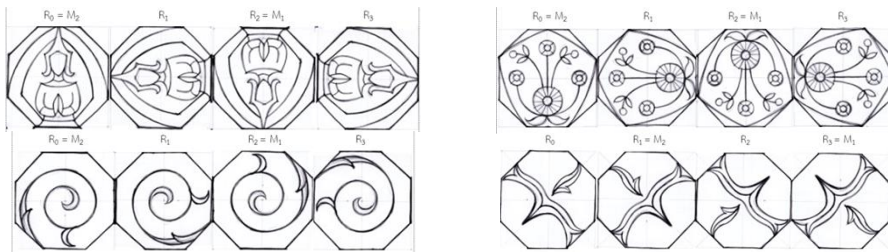
จากกลุ่มลายหลักที่นำมาจัดเรียงด้วยการแปลงเมตริกซ์ทางเรขาคณิตได้ผลดังนี้ (ภาพที่ 9)

ต้นแบบที่ 1 ลายเทพนม สามารถดำเนินการได้ในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ทั้งสิ้น 4 ลวดลาย คือ $R_0 = M_2$, R_1 , $R_2 = M_1$ และ R_3

ต้นแบบที่ 2 ลายพรรณพฤษาก้านตอดอกกลีบบัว สามารถดำเนินการได้ในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ทั้งสิ้น 4 ลวดลาย คือ $R_0 = M_2$, R_1 , $R_2 = M_1$ และ R_3

ต้นแบบที่ 3 ลายก้านขด สามารถดำเนินการได้ในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ทั้งสิ้น 4 ลวดลาย คือ $R_0 = M_2$, R_1 , $R_2 = M_1$ และ R_3

ต้นแบบที่ 4 ลายช่องกระจก สามารถดำเนินการได้ในรูปแบบที่แตกต่างกันได้ทั้งสิ้น 4 ลวดลาย คือ R_0 , $R_1 = M_2$, R_2 และ $R_3 = M_1$



ภาพที่ 9 ผลการสร้างลายด้วยกลุ่มการหมุนของกลุ่มลายหลัก

จากผลการทดลองหมุนลายโดยประยุกต์กลุ่มการหมุน พบว่าต้นแบบกลุ่มลายหลักทั้ง 4 ลวดลาย แต่ละแบบ สามารถสร้างลวดลายด้วยการหมุนด้วยตัวเองได้อย่างมากที่สุดลวดลายละ 4 รูปแบบ ลำดับต่อไปจึงพิจารณานำแต่ละลวดลายมาทดลองต่อลายในลักษณะการวางลวดลายดังนี้

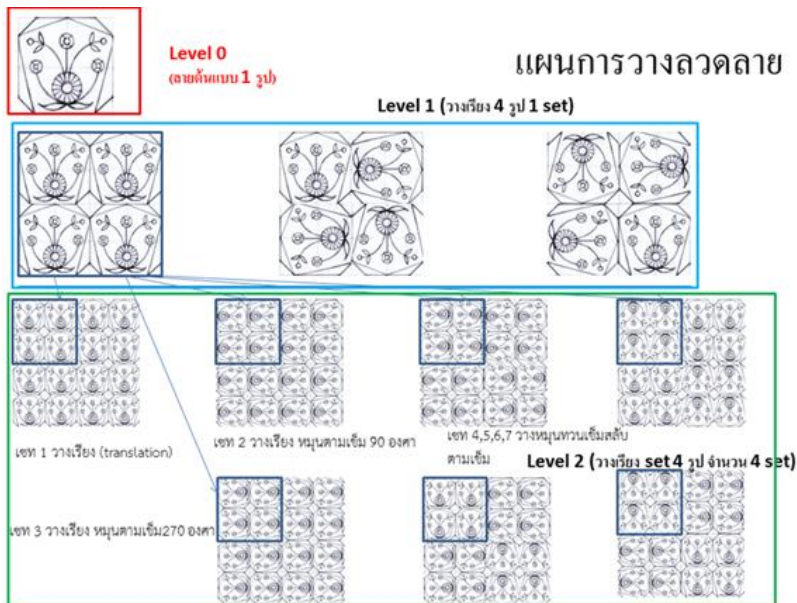
1 รูป -> 4 รูป (1 set) -> 4 รูป (4 set)

หลักการดังกล่าว พัฒนาด้วยการประยุกต์แนวทางการต่อลายกลุ่มสมมาตร 2 มิติ (wallpaper groups) ซึ่งเป็นการนำรูปแบบของลายหลักแบบใดแบบหนึ่งมาเรียงต่อกันในระนาบ 2 มิติ ไปในสองทิศทางและมีสมมาตรการเลื่อนขนาน โดยพิจารณาเฉพาะรูปแบบลวดลายที่สร้างได้แตกต่างกันเท่านั้น ในขั้นตอนการทดลองนี้ทำให้สามารถสรุปอัลกอริทึมการต่อลวดลายหลักได้ ดังแผนการวางลวดลาย (ภาพที่ 10)

6. อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลได้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

ประเด็นของการพัฒนาผลงานการออกแบบลวดลาย พบว่าลักษณะเฉพาะของลายเครื่องถ้วยเบญจรงค์ดั้งเดิมสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มลายเทพนม กลุ่มลายพรรณพฤกษา และกลุ่มลายช่องกระจก ลักษณะกลุ่มลายเทพนมมีอัตลักษณ์ความเป็นไทยมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของลวดลายแสดงออกถึงความเชื่อ และวัฒนธรรมของคนไทยอย่างเด่นชัด แต่การนำลวดลายมาประยุกต์ใช้ให้เกิดความร่วมสมัยกับปัจจุบันยากกว่าลายในกลุ่มลายพรรณพฤกษา และกลุ่มลายช่องกระจก ที่นำมาพัฒนาให้ลายมีความร่วมสมัยได้มากกว่า



ภาพที่ 10 ตัวอย่างแผนการวางลวดลายกลุ่มลายหลัก

ผู้วิจัยเลือก ลายหลักจำนวน 4 ลาย ได้แก่ ลายเทพนม ลายช่องกระจก ลายพรรณพฤกษาก้านตอดอกกลีบบัว และลายพรรณพฤกษาก้านขด ส่วนลายลูกคั่นจำนวน 4 ลาย ได้แก่ กลุ่มลายกลีบดอก และกลุ่มลายไทยมาใช้ในการพัฒนาลวดลาย

ผลการพัฒนาด้านรูปทรงของกระเบื้อง จากการศึกษพบว่า รูปทรงกระเบื้องทั่วไปมีหลากหลายรูปทรง ที่ได้รับความนิยมมักเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการวิจัยนี้ได้นำรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่ดูแปลกตา ร่วมสมัย และมีความสวยงาม กระเบื้องนูนต่ำลายหลัก ได้แก่ รูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า ขนาด 10x10 เซนติเมตร และกระเบื้องนูนต่ำลายลูกคั่น ได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า ขนาด 4x4 เซนติเมตร สามารถนำมาจัดวางเรียงได้หลากหลายด้าน เพื่อสร้างความมีชีวิตชีวา สะดวกและเหมาะสมกับการปูพื้นและผนังอาคาร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ศึกษาเรื่องสมมาตรในการออกแบบลายผ้าและลายกระเบื้องใน Albert et al. (2004) และการวางลวดลายเรขาคณิตในงานผ้าพื้นเมืองของอินโดนีเซียใน Aziz & Embong (2017)

ประเด็นของการออกแบบการจัดเรียงลวดลาย จากการประยุกต์การแปลงเมทริกซ์ทางเรขาคณิตผลการออกแบบขั้นตอนวิธี พบว่าการเกิดลวดลายของการจัดเรียงกระเบื้องนูนต่ำประดับผนังดังกล่าว สามารถเกิดลวดลายในการจัดเรียงได้จาก การวิเคราะห์หาสมมาตรและทำการหมุนด้วยอัลกอริทึมกลุ่มการหมุนรูป โดยต้นแบบลายหลักทั้ง 4 ลวดลาย สร้างรูปแบบการหมุนด้วยตัวเองได้มากที่สุดลวดลายละ 4 รูปแบบ และเมื่อนำมาต่อลายกลุ่มสมมาตร 2 มิติ สามารถสร้างการจัดเรียงได้ลวดลายละ 10 แบบ โดยไม่ผสมลายหลัก ซึ่งสอดคล้องกับการออกแบบขั้นตอนวิธีในการพัฒนาโปรแกรมจัดเรียงชิ้นงานผ้าในงานวิจัยของจรัมพร หรรษมนตร์ และคณะ (2546) และกระบวนการสร้างลวดลายผ้ามัดหมี่จากการแปลงเมทริกซ์ในงานวิจัยของศรีสวีน วงศ์ปรมะษฐ์ และคณะ (2561) ในการศึกษาขั้นต่อไปทางผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรนำรูปแบบที่พัฒนาและทดลองจัดเรียงไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านศิลปะและการออกแบบ ประเมินความสวยงามและความเหมาะสมในการใช้งานเมื่อนำมาจัดเรียงประดับผนังต่อไป

7. สรุปผลการวิจัย

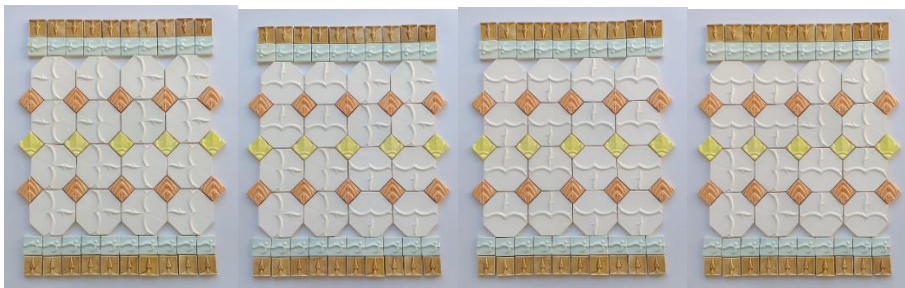
จากแผนการวางลวดลายหลักในขั้นตอนวิธีการจัดเรียงที่ได้พัฒนาขึ้น จาก 1 ต้นแบบลายหลัก สามารถจัดเรียงได้ทั้งสิ้น 10 รูปแบบ โดยมาจาก 3 รูปแบบ (level 1) รวมกับ 7 รูปแบบ (level2) ในงานวิจัยนี้พัฒนากลุ่มลายหลักขึ้นทั้งสิ้น 4 ลาย ได้แก่ ลายเทพนม ลายพรรณพุกษาก้านต่อดอก ลายก้านขด และลายช่องกระจก แต่ละลวดลายนำมาจัดเรียงได้ 10 แบบ สรุปจำนวนการจัดเรียงทั้งสิ้น 40 แบบจาก 4 ลวดลายหลัก และได้นำไปสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่สามารถผลิตได้จริงตามกระบวนการทางอุตสาหกรรมเซรามิกส์ (ตัวอย่างดังภาพที่ 11, 12 และภาพที่ 13)



ภาพที่ 11 ต้นแบบกระเบื้องนูนต่ำกลุ่มลายหลัก และกลุ่มลายลูกคั่น



ภาพที่ 12 การจัดเรียงกระเบื้องลายช่องกระจก และลายลูกคั่น แบบที่ 1, 2 และ 3



ภาพที่ 13 การจัดเรียงกระเบื้องลายช่องกระจก และลายลูกคั่น แบบที่ 4, 5, 6 และ 7

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยและงานสร้างสรรค์ ของคณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (สัญญาเลขที่ ArchR&C 02/60)

9. เอกสารอ้างอิง

- จรัมพร หรรษมนตร์, และคณะ. (2546). *การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดเรียงชิ้นงานผ้า*. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ดรัสวิน วงศ์ประเมษฐ์, และคณะ. (2561). *การพัฒนาโปรแกรมสำหรับจำลองการทอผ้าไหมมัดหมี่แบบหมีรวดจากการถอดองค์ความรู้ภูมิปัญญาท้องถิ่นจังหวัดบุรีรัมย์*. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 26 (7), 1264-1272.
- ดอวัน เอฟ. รูนีย์ (2560). *เครื่องถักเบญจรงค์และลายน้ำทอง*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ริเวอร์ บุ๊คส์ จำกัด.
- ชลุต นิมเสมอ. (2542). *องค์ประกอบของศิลปะ*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.
- ณัฐภัทร จันทวิช (2537). *เครื่องถักจีนที่พบจากแหล่งโบราณคดีในประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธีระพงษ์ สุขสำราญ. (2561). *ทฤษฎีกรุปเชิงพีชคณิต*. พิมพ์ครั้งที่ 1.
- พิพัฒน์ จิตรอารีย์รักษ์. (2561). *ประวัติศาสตร์เซรามิกส์*. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ภุชงค์ จันทวิช, ณัฐภัทร จันทวิช และ อุดลย์ หงส์จินตกุล. (2542). *เครื่องถักเบญจรงค์และลายน้ำทอง*. กรุงเทพฯ : สตาร์ปริ้นท์ จำกัด.
- สุวิธ สาดสังข์. (2555). *รายงานการวิจัยเรื่องลวดลายผ้าพิมพ์จากการศึกษาเครื่องเบญจรงค์*. คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- Albert, F., Gomis, J. M., Valor, M., & Valiente, J. M. (2004). *Methodology for Graphic Redesign Applied to Textile and Tile Pattern Design*. Conference Paper in Lecture Notes in Computer Science.
- Aziz, N. M. A., & Embong, R. (2017). *Mathematical Transformations and Songket Patterns*. ERS Spectrum (Educational Research Service): ERSS, 29,1-11.
- Dabbour, L. M. (2012). *Geometric proportions: The Underlying Structure of Design Process for Islamic Geometric Patterns*. *Frontiers of Architectural Research*, 1, 380–391.
- Liu, Y., & Collins, R. T. (1998). *Frieze and wallpaper symmetry groups classification under affine and perspective distortion*. Carnegie Mellon University, The Robotics Institute.

ออนไลน์

สิรินทร์ อยู่คง. (2563). *คณิตศาสตร์ที่ซ่อนอยู่ในการปูพื้นกระเบื้อง (Tessellation)*. <http://www.sikarinyookong.com>