



การพัฒนาระบบออกแบบอัตโนมัติเพื่อช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนตามความ ชื่นชอบของนักท่องเที่ยวชาวจีน

สมลักษณ์ วรรณฤมล กิเยลาโรว่า*, ประภัสสร ประดุงพงษ์เพชร และโชคนิธิ นาคเมธี

The Development of Generative Jewelry Ring Design Based on Chinese Tourists Preferences

Somlak Wannarumon Kiealarova*, Prapasson Pradujphongphet and Chokenithi Nakmethee

หน่วยวิจัยด้านการออกแบบ การตัดสินใจ และการพัฒนาทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Research Center for Industrial Design, Decision and Development – iD³ Department of Industrial Engineering, Faculty of
Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

* Corresponding author. E-mail address: somlakwk@gmail.com

Received: 13 October 2016; Accepted: 22 November 2016

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ ได้นำเสนอการพัฒนาระบบออกแบบเครื่องประดับด้วยคอมพิวเตอร์โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยหลักการของไวยากรณ์รูปร่าง และกฎรูปร่าง ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจลักษณะรูปร่างของแหวนที่เป็นที่ชื่นชอบของนักท่องเที่ยวชาวจีน ซึ่งได้ผลสรุปว่า นักท่องเที่ยวชาวจีนมักจะชื่นชอบรูปแบบของแหวนด้วยถิ่นฐานรูปแบบ ได้แก่ แหวนล้อมเพชรและพลอย แหวนแหวนแบบต่าง ๆ แหวนประดับมุก และแหวนสัญลักษณ์ โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ ได้นำเสนอผลการศึกษาและออกแบบเครื่องประดับแหวนล้อมเพชรและพลอย พร้อมทั้งได้นำเสนอไวยากรณ์รูปร่างของแหวนรูปแบบดังกล่าว ดังนั้น ในบทความนี้ จึงได้นำเสนอการศึกษาไวยากรณ์รูปร่างของแหวนแหวนแบบต่าง ๆ แหวนประดับมุก และแหวนสัญลักษณ์ เพื่อนำไปพัฒนาระบบออกแบบอัตโนมัติ โดยทำการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของเครื่องประดับแหวนทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขของพารามิเตอร์ ซึ่งสามารถใช้วิธีการไวยากรณ์รูปร่างอธิบายกระบวนการออกแบบเครื่องประดับแหวนได้ จากผลการศึกษา คณะผู้วิจัยสามารถพัฒนาไวยากรณ์รูปร่างของแหวนทั้งสามกลุ่ม ได้เป็นจำนวน 12, 9 และ 15 ไวยากรณ์ ตามลำดับ โดยอาศัยการใช้กฎรูปร่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ กฎเริ่มต้น กฎการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และกฎเฉพาะ ประกอบกับการปรับเปลี่ยนลำดับของการใช้กฎรูปร่าง จากผลการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ พบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยสร้างโมเดลรูปแบบของเครื่องประดับแหวนที่มีความหลากหลาย ได้คราวละมาก ๆ ซึ่งแปรผันตามข้อมูลนำเข้าที่นักออกแบบเป็นผู้ป้อนเข้าสู่ระบบออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น สามารถช่วยลดเวลาในกระบวนการออกแบบและสร้างโมเดลแหวนแบบสามมิติ โดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 73 เมื่อเทียบกับเวลาที่นักออกแบบวาดโมเดลแหวนแบบสามมิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปที่ช่วยในการออกแบบ

คำสำคัญ: คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ, เครื่องประดับแหวน, ไวยากรณ์รูปร่าง, ระบบออกแบบอัตโนมัติ, รูปแบบความนิยมของชาวจีน

Abstract

This paper proposed the development of a computer-based design system to be used in jewelry ring design based on shape grammar and shape rules. In the previous research, the researchers had surveyed the characteristics and specifications of jewelry rings that meet the preferences of Chinese tourists. The previous research found that Chinese tourists prefer jewelry rings, which are divided into four groups as halo rings, three-stone rings, pearl rings, and Chinese symbols rings. Our previous paper proposed the study and design of halo rings including their shape grammars. Therefore, this paper proposed shape grammars of three-stone rings, pearl rings, and Chinese symbols rings to be used in the development of generative jewelry ring design. We studied and analyzed the details and components of those three groups of jewelry rings to determine the limitations and conditions of parametric design. Shape grammar techniques can describe the jewelry ring design and modeling process. From the results of this study, we were able to develop 12 shape grammars of three-stone rings, 9 shape grammars of pearl rings, and 15 shape grammars of Chinese symbol rings using three groups of shape rules: initial rules, shape transformation rules, and specific rules, together with altering rule sequences.

We found that the proposed system was able to generate a variety of jewelry ring models with numerous numbers varying upon designer's inputs. The proposed system reduced time in design process and 3D modeling process by approximately 73% in comparison to manual modeling using a CAD software.

Keywords: Computer-Aided Design, Jewelry ring, Shape grammar, Generative design, Chinese Styles

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญอย่างมากสำหรับช่วยสร้างรายได้ให้กับประเทศไทย เมื่อช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมในปี 2559 พบว่า อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับไทยมีการส่งออกเป็นอันดับที่ 3 ของสินค้าส่งออกทั้งหมด (Office of the Permanent Secretary Ministry of Commerce, 2016) และสอดคล้องกับสถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศไทยนับตั้งแต่ปี 2555-2559 มีอัตราการท่องเที่ยวชาวจีนเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทยสูงสุดและมีแนวโน้มสูงเพิ่มขึ้นทุกปี (Department of Tourism, 2015)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer-Aided Design; CAD) ถูกนำมาช่วยในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับต่างๆ เช่น การวาดรูปแบบลงรายละเอียด (Detailed Design) ซึ่งในขั้นตอนนี้ของกระบวนการออกแบบ หากต้องการเปลี่ยนรูปร่างของแบบจะทำได้ยาก (Alcaide-Marzal, Diego-Más, Asensio-Cuesta, & Piqueras-Fiszman, 2013) และในกระบวนการผลิตเครื่องประดับมีความจำเป็นในการสร้างโมเดลด้วยโปรแกรมที่ช่วยในการออกแบบ CAD (Wannarumon, 2011) เพื่อใช้ในการทำต้นแบบอัตโนมัติด้วยเครื่องสร้างต้นแบบแบบรวดเร็ว (Rapid Prototype; RP) และเครื่องกัดอัตโนมัติ (Computer Numerical Control; CNC) และการวาดโมเดลด้วย CAD สามารถช่วยลดเวลาในกระบวนการออกแบบ ช่วยลดต้นทุนในการผลิต ช่วยลดข้อเสียในกระบวนการหล่อ และสามารถสร้างภาพเสมือนจริง (Rendering) โดยไม่ต้องสร้างชิ้นงานจริง แต่เนื่องจากโปรแกรม CAD ยังมีการใช้งานค่อนข้างยากและมีความซับซ้อน ทำให้นักออกแบบต้องใช้เวลามากในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียกชุดคำสั่งต่างๆ สำหรับสร้างโมเดลต้นแบบ เนื่องจากนักออกแบบส่วนใหญ่มีความถนัดในการ sketch ร่างแบบด้วยมือมากกว่าการสร้างโมเดลบนโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ CAD และในขั้นตอนออกแบบแนวคิด (Conceptual Design) (Jonson, 2005) นักออกแบบมักจะ sketch ร่างแบบแตกต่างหลากหลายแบบ เพื่อสร้างจินตนาการในการออกแบบ แนวคิดมักจะถูกกระตุ้นเมื่อนักออกแบบได้มองเห็นแบบที่ร่างไว้ จากนั้นจะ sketch ร่างแบบแตกต่างกันไปในกรอบของจินตนาการและทำการเลือกแบบที่ตนสนใจ และลอง sketch ร่างแบบที่มีความคล้ายกับต้นแบบนั้น จากนั้นทำการเลือกแบบที่ดีที่สุด ขบวนการในการสร้างแนวคิดนี้ มีลักษณะวนลูปซ้ำ (Iteration) เพื่อการกลั่นกรองแบบที่ดีที่สุดหรือน่าสนใจที่สุด โดยขึ้นอยู่กับมุมมองและจินตนาการของนักออกแบบ ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัว จนกระทั่งได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด นักออกแบบจึงจะดำเนินการเข้าสู่ขั้นตอนของการให้รายละเอียดของแบบร่างนั้น (Detailed Design)

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการนำหลักการของ Generative Design (Stiny, 1980) มาใช้ในการพัฒนาโมดูลสำหรับใช้ในโปรแกรม CAD เพื่อช่วยนักออกแบบสร้างโมเดล CAD แบบสามมิติได้โดยอัตโนมัติ ช่วยให้ทำงานได้สะดวกรวดเร็วขึ้น และยังสามารถช่วยลดเวลาในกระบวนการออกแบบได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบบนโปรแกรม CAD เพื่อนำมาช่วยสนับสนุนนักออกแบบในการทำงานตั้งแต่ช่วงตอนต้นๆ ของกระบวนการออกแบบ และสามารถสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่มีความหลากหลายเป็นจำนวนมาก โดยนำศักยภาพของโปรแกรม CAD มาช่วยสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติตามกรอบความต้องการของนักออกแบบ

วิธีการศึกษา

การพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติด้วยวิธีวิทยาการณารูปร่างในการควบคุมกลไกและขับเคลื่อนการทำงานของโมดูล



คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ มีรายละเอียดในการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. การศึกษารูปทรงเครื่องประดับแหวน

คณะผู้วิจัยนำข้อมูลผลการศึกษาและสำรวจพฤติกรรมผู้บริโภคกลุ่มนักท่องเที่ยวชาวจีนจำนวน 200 คน จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Kielarova, Pradujphongphet, & Nakmethee, 2016) เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาพัฒนาต่อยอดในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยเริ่มต้นทำการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของแหวน และศึกษาเทคนิคการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยการออกแบบ ตัวอย่างเช่น เทคนิครูปแบบสวீป (Sweep) เทคนิครูปแบบลอฟท์

(Loft) และเทคนิครูปแบบเครือข่ายเส้นโค้ง (Curve Network) เป็นต้น ซึ่งเทคนิคดังกล่าว ช่วยในการสร้างพื้นผิวของรูปทรงแหวนได้หลากหลายและครอบคลุมรูปทรงเป้าหมายที่ต้องการ

คณะผู้วิจัยทำการศึกษารูปทรงแหวนทั้งหมด 3 กลุ่ม ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มแหวนแหวนแบบแต่งงาน กลุ่มแหวนประดับมุก และกลุ่มแหวนสัญลักษณ์ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งลักษณะรูปทรงแหวนเหล่านั้น มีความแตกต่างกันในเรื่องของลักษณะรูปทรงตัวเรือนแหวน วิธีการสร้างรูปทรงแหวนแบบสามมิติ และองค์ประกอบของรูปทรงแหวน เป็นต้น จึงส่งผลให้มีพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มของรูปทรงแหวน



รูปที่ 1 รูปทรงเครื่องประดับ (ก) แหวนแหวนแบบแต่งงาน (ข) แหวนประดับมุก และ (ค) แหวนสัญลักษณ์

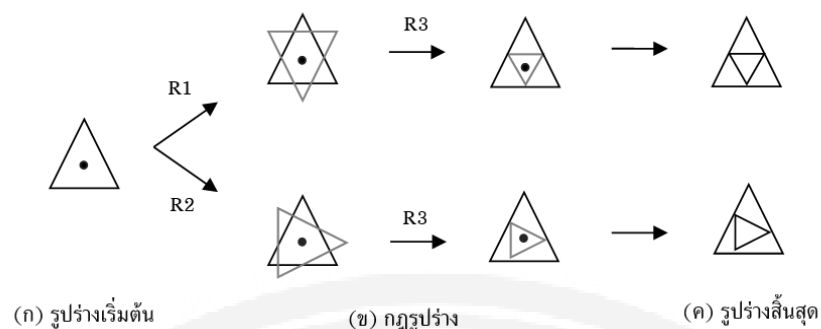
2. การศึกษาและวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปร่างและกฎรูปร่าง (Shape Grammar and Rule)

2.1 วิธีไวยากรณ์รูปร่าง (Shape Grammar; SG)

วิธีไวยากรณ์รูปร่างเป็นวิธีการสร้างหรืออธิบายแนวความคิดและกระบวนการออกแบบ ซึ่งวิธีการดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นโดย Stiny and Gips (1972) นำเสนอเทคนิคการสร้างและอธิบายด้วยวิธีไวยากรณ์รูปร่างสำหรับงานด้านจิตรกรรมและประติมากรรม โดยนำเสนอรูปร่างแบบสองและสามมิติตามลำดับ วิธีไวยากรณ์รูปร่างประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ รูปร่างเริ่มต้น (Initial Shape; I) เซตของรูปร่าง (Set of Shapes; S_s) เซตของกฎรูปร่าง (Set of Shape Rules; S_R) และสัญลักษณ์หรือตำแหน่งอ้างอิง (Label; L) (Stiny & Gips, 1972) โดยมีรูปร่างเริ่มต้นและตำแหน่งอ้างอิง (จุดสีน้ำเงิน) สำหรับบ่งบอกตำแหน่งของการใช้กฎรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 2ก กฎรูปร่างทำหน้าที่กำหนดทิศทางหรือ

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของรูปร่าง ตัวอย่างเช่น กฎการคัดลอกรูปร่างเริ่มต้น จากนั้นทำการใช้กฎการหมุนที่จุดอ้างอิงด้วยมุม 180 องศา จึงทำให้เกิดการออกแบบหรือรูปร่างใหม่ (รูปร่างเส้นสีแดง) และมีการประยุกต์ใช้กฎการลดขนาดไปยังรูปร่างใหม่ จึงทำให้เกิดรูปร่างใหม่ขึ้นมาอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2ข ทำการประยุกต์ใช้กฎจนได้รูปร่างตามความต้องการของการนำรูปร่างไปใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2ค (Prats, Lim, Jowers, Garner, & Chase, 2009; Wannarumon, Pradujphongphet, & Bohez, 2013)

ไวยากรณ์รูปร่างเป็นวิธีการสร้างหรืออธิบายกระบวนการออกแบบเพื่อช่วยสนับสนุนการสร้างแนวความคิดของนักออกแบบในขั้นตอนเริ่มต้นของกระบวนการออกแบบ และสามารถสร้างแนวทางหรือทางเลือกของรูปแบบที่มีความหลากหลายให้กับนักออกแบบ (Prats et al., 2009; Wannarumon et al., 2013)



R1 = กฎการตัดออก + กฎการหมุนรูปร่าง 180 องศา

R2 = กฎการตัดออก + กฎการหมุนรูปร่าง 90 องศา

R3 = กฎการลดขนาด

รูปที่ 2 ตัวอย่างกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างด้วยวิธีไวทยากรณ์รูปร่าง

บทความนี้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์ไวทยากรณ์รูปร่างของรูปทรงแหวนแต่ละกลุ่ม โดยการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและรวบรวมกฎรูปร่างต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายไวทยากรณ์รูปร่างและกฎรูปร่างสำหรับบทความนี้ได้แก่ กฎเริ่มต้น และกฎรูปร่าง (เช่น กฎการย้ายตำแหน่งรูปร่างและกฎการเพิ่มหรือลดขนาดรูปร่าง เป็นต้น) กฎดังกล่าวใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบและลดขนาดของเครื่องประดับแหวน และศึกษาพารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและรูปทรงแหวน

3. การพัฒนาโมดูลบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ

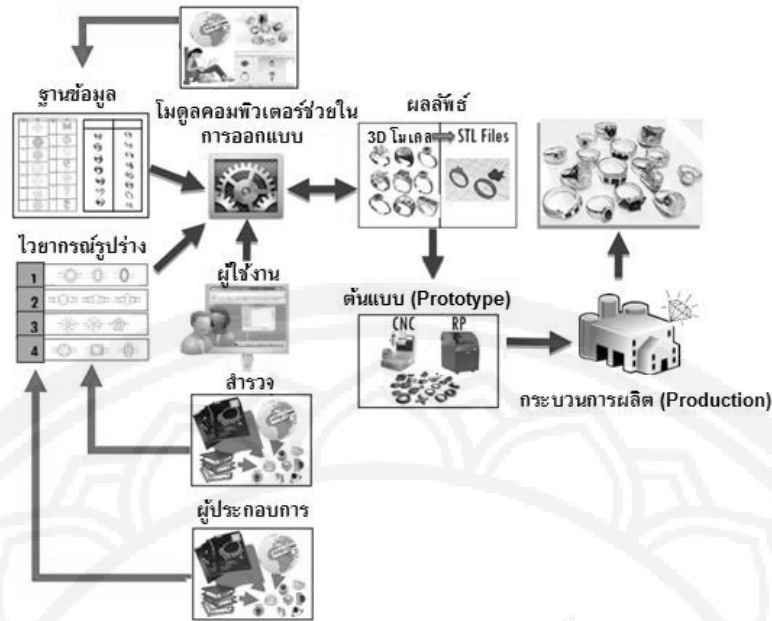
คณะผู้วิจัยทำการพัฒนาโมดูลโดยการประยุกต์ใช้วิธีไวทยากรณ์รูปร่าง เพื่อช่วยสร้างแนวทางในการออกแบบรูปทรงเครื่องประดับแหวนให้มีความหลากหลาย โดยใช้ภาษา RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0

4. ทดสอบและแก้ไขปรับปรุงโมดูลคอมพิวเตอร์

คณะผู้วิจัยทำการทดสอบโดยเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการสร้างรูปทรงแหวนบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยใน

การออกแบบ Rhinoceros 5.0 ระหว่างโมดูลที่พัฒนาขึ้นทั้งสามโมดูลกับนักออกแบบ

ในการพัฒนาโมดูลแหวนแบบแต่งบำ โมดูลแหวนประดับมุกและโมดูลแหวนสัญลักษณ์ สำหรับสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติด้วยการประยุกต์ใช้วิธีไวทยากรณ์รูปร่าง มีภาพรวมและแนวความคิดในการดำเนินงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยนำข้อมูลงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Kielarova et al., 2016) มาวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปทรงแหวน และกำหนดเทคนิคการสร้างรูปทรงแหวนแบบสามมิติ ขนาดเส้นรอบวงแหวนภายใน และรูปร่างและขนาดอันณณณ เป็นต้น เพื่อนำมาใช้สำหรับสร้างฐานข้อมูลของโมดูลที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้ โดยโมดูลดังกล่าวสามารถสร้างรูปทรงแหวนโดยอัตโนมัติ และมีการทำงานร่วมกับผู้ใช้งานเพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน จากนั้นผู้ใช้งานสามารถเลือกโมเดลที่ต้องการมาปรับแก้ไขตามที่ต้องการได้ จากนั้นนำโมเดลรูปทรงแหวนแบบสามมิติแปลงเป็นไฟล์นามสกุล STL และส่งไฟล์ดังกล่าวไปยังเครื่องจักร RP เพื่อสร้างต้นแบบโมเดลแหวนสามมิติด้วยขี้ผึ้ง (Wax) เพื่อเตรียมชิ้นงานเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงภาพรวมแนวความคิดของการพัฒนาโมดูลออกแบบเครื่องประดับแหวนแบบแต่งบำ แหวนประดับมุก และแหวนสัญลักษณ์

ผลการศึกษา

คณะผู้วิจัยทำการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยประยุกต์ใช้วิธีวิทยาการรูปร่างด้วยภาษา RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0 คณะผู้วิจัยทำการพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ เพื่อพัฒนาโมดูลจำนวนทั้งหมด 3 โมดูล ประกอบด้วย โมดูลแหวนแบบแต่งบำ โมดูลแหวนประดับมุก และโมดูลแหวน

สัญลักษณ์ และทำการทดสอบการทำงานของแต่ละโมดูลและวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปทรงแหวน

1.1 องค์ประกอบของรูปทรงแหวนแบบแต่งบำ

แหวนแบบแต่งบำ มีลักษณะเฉพาะตัวประดับด้วยอัญมณีขนาดใหญ่อยู่ตำแหน่งตรงกลางบนหน้าแหวน และประดับด้วยอัญมณีขนาดเล็กอยู่บนบำแหวนทั้งสองข้าง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 องค์ประกอบของแหวนแบบแต่งบำ

1.2 องค์ประกอบของรูปทรงแหวนประดับมุก
แหวนประดับมุก มีลักษณะเฉพาะตัวประดับด้วยไข่มุกอยู่ตรงกลางบนหน้าแหวน และล้อมรอบด้วย

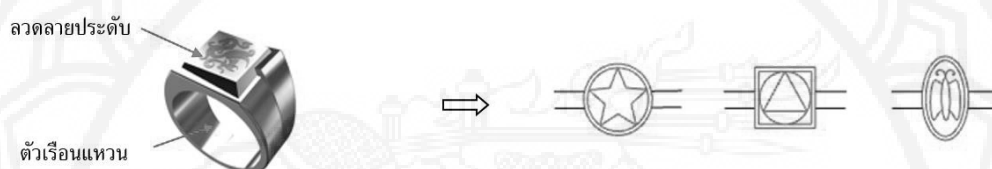
ชิ้นงานโลหะรูปร่างลักษณะคล้ายกลีบดอกไม้มากมาย
ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 องค์ประกอบของแหวนประดับมุก

1.3 องค์ประกอบของรูปทรงแหวนสัญลักษณ์
แหวนสัญลักษณ์ มีลักษณะเฉพาะตัวโดยบริเวณหน้าแหวนมีพื้นที่ว่างสำหรับนำลวดลายสัญลักษณ์ต่างๆ มาประดับลงบนหน้าแหวน โดยลักษณะการสร้าง

ลวดลายมีทั้งรูปแบบนูน (Emboss) รูปแบบฉลุ และรูปแบบแกะสลัก (Engrave) เพื่อทำให้เกิดลวดลายบนหน้าแหวน ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 องค์ประกอบของแหวนสัญลักษณ์

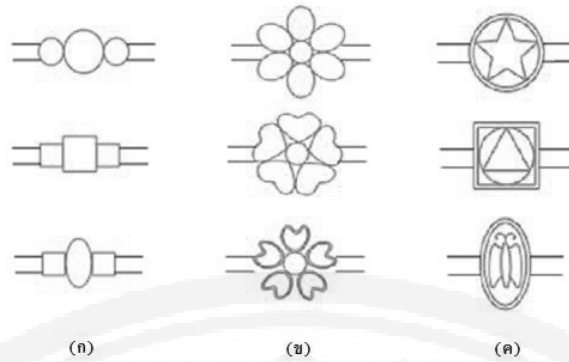
2. ผลการศึกษาวิเคราะห์รูปร่างของเครื่องประดับแหวน
วิเคราะห์รูปร่างในบทความนี้ อธิบายกระบวนการออกแบบของเครื่องประดับแหวน ซึ่งเป็นการกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขของการออกแบบและการเปลี่ยนแปลงรูปทรงแหวนที่เป็นไปได้ และควบคุมกลไกการทำงานของโมดูลที่พัฒนาขึ้น เพื่อสำรวจพื้นที่ความเป็นไปได้ของคำตอบของรูปแบบเครื่องประดับแหวนที่เราสนใจ

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา วิเคราะห์และพัฒนาวิเคราะห์รูปร่างที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเครื่องประดับแหวนซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก (Prats et al., 2009; Stiny, 1980; Wannarumon et al., 2013) ได้แก่ รูปร่างเริ่มต้น (I) ขอบเขตของรูปร่าง (S_S) ตำแหน่งอ้างอิง (L) และกฎรูปร่าง (S_R)

$$SG = [I, S_S, L, S_R]$$

รูปร่างเริ่มต้น (I) สำหรับบทความนี้ เป็นรูปร่างพื้นฐาน ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยนำรูปร่างดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ร่วมกับกฎรูปร่างเพื่อทำให้รูปร่างพื้นฐานเกิดการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้เกิดรูปร่างใหม่ ขอบเขตของรูปร่าง (S_S) สำหรับบทความนี้ เป็นการกำหนดขอบเขตของรูปร่างเพื่อใช้ในการศึกษา เช่น รูปร่างอัญมณีเม็ดกลางสำหรับโมดูลที่ 1 (รูปร่างทรงกลม สีเหลี่ยม สีเหลี่ยมมรกต และทรงรี) รูปร่างอัญมณีประดับบ่า รูปร่างหน้าตัดของรูปทรงแหวน เป็นต้น กฎรูปร่าง (S_R) สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กฎเริ่มต้น กฎการเปลี่ยนแปลง

รูปร่าง และกฎเฉพาะรูปแบบ กฎการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นกฎสำหรับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเพื่อทำให้เกิดรูปร่างใหม่หรือมีความแตกต่างกัน และใช้ในการตกแต่งและประดับ เช่น กฎการย้ายตำแหน่งรูปร่างและกฎการเพิ่มหรือลดขนาดรูปร่าง เป็นต้น กฎเฉพาะรูปแบบ เป็นกฎสำหรับการใช้เพื่อสร้างพื้นผิวของลวดลายและรูปทรงเครื่องประดับแหวน ตำแหน่งอ้างอิง (L) เป็นตำแหน่งเพื่อกำหนดการประยุกต์ใช้กฎรูปร่าง ดังแสดงในรูปที่ 8, 10 และ 12



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างรูปร่างเริ่มต้น (ก) รูปร่างเริ่มต้นของโมดูลแหวนแหวนแบบแต่งบำ (ข) รูปร่างเริ่มต้นของโมดูลแหวนประดับมุก (ค) รูปร่างเริ่มต้นของโมดูลแหวนสัญลักษณ์

จากผลการศึกษาวิเคราะห์รูปร่าง บทความนี้ทำการแบ่งกลุ่มรูปแบบแหวนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะเฉพาะตัวของรูปแบบแหวน ซึ่งมีผลการศึกษาดังต่อไปนี้

2.1 ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์รูปร่างแหวนแหวนแบบแต่งบำ

ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์รูปร่างแหวนแหวนแบบแต่งบำ พบว่า พารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขในการสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปทรงเครื่องประดับแหวนแหวนแบบแต่งบำ โดยมีขนาดเส้นรอบวงแหวน (C) อยู่ระหว่างช่วง 41-73 มิลลิเมตร อัญมณีเม็ดตรงกลางมีลักษณะรูปร่างทั้งหมด 4 รูปร่าง ได้แก่ ทรงกลม (Round, G_R)

และสี่เหลี่ยม (Princess, G_P) มีขนาดอยู่ระหว่างช่วง 0.2-5 กะรัต และรูปร่างทรงรี (Oval, G_O) และสี่เหลี่ยมมรกต (Emerald, G_E) มีขนาดอยู่ระหว่างช่วง 0.2-1 กะรัต และอัญมณีประดับบำมีลักษณะรูปร่างทั้งหมด 7 รูปร่าง ได้แก่ ทรงกลม ทรงรี สี่เหลี่ยม หยกน้ำ (Pear, G_{PE}) รูปหัวใจ (Heart, G_H) สี่เหลี่ยมมรกตและสามเหลี่ยม (Trillion, G_T) มีขนาดอยู่ระหว่างช่วง 0.2-1 กะรัต จากพารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาพัฒนาโมดูลแหวนแหวนแบบแต่งบำบนคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบด้วยวิเคราะห์รูปร่างทั้งหมด 12 วิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 8 และ 9



รูปที่ 8 วิเคราะห์รูปร่างของแหวนแหวนแบบแต่งบำ

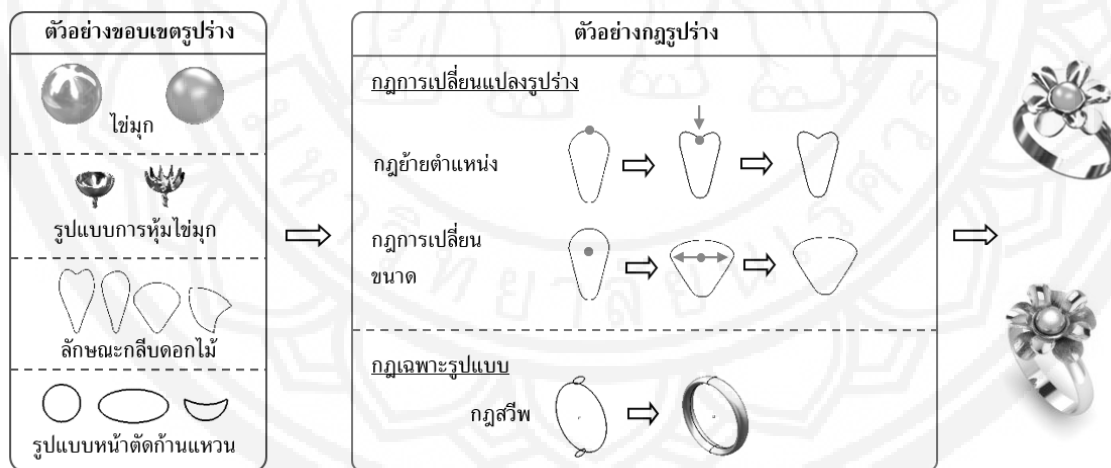


รูปที่ 9 รูปทรงแหวนแถวแบบแต่งบำ

2.2 ผลการวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปทรงแหวนประดับมุก

ผลจากการวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปทรงแหวนประดับมุก พบว่า พารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขในการสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปทรงเครื่องประดับแหวนประดับมุก โดยมีขนาดเส้นรอบวงแหวน (C) อยู่ระหว่างช่วง 41-73 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่มุก (D) อยู่

ระหว่างช่วง 4-8 มิลลิเมตร จำนวนชั้นของกลีบดอกไม้ (L) อยู่ระหว่างช่วง 1-2 ชั้น และจำนวนกลีบดอกไม้ในแต่ละชั้น (NL) อยู่ระหว่างช่วง 4-8 ใบ จากข้อมูลพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถนำมาพัฒนาโมดูลแหวนประดับมุกบนคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบด้วยไวยากรณ์รูปทรงทั้งหมด 9 ไวยากรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 10 และ 11



รูปที่ 10 ไวยากรณ์รูปร่างของแหวนประดับมุก

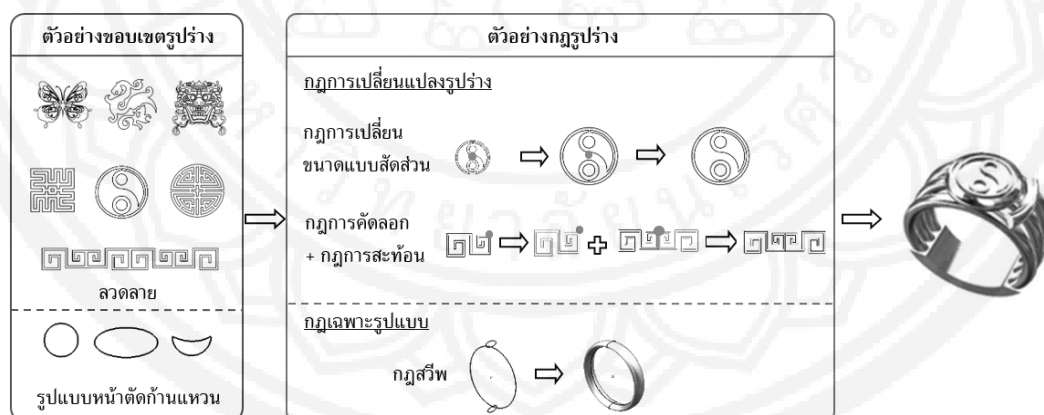


รูปที่ 11 รูปทรงแหวนประดับมุก

2.3 ผลการวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปทรงแหวนสัญลักษณ์
ผลการวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปร่างแหวนสัญลักษณ์ พบว่า พารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขในการสร้างและเปลี่ยนแปลงรูปทรงเครื่องประดับแหวนสัญลักษณ์ โดยมีขนาดเส้นรอบวงแหวน (C) อยู่ระหว่างช่วง 41-73 มิลลิเมตร กลุ่มของลวดลายแนวเงินทั้งหมด 9 กลุ่ม เช่น กลุ่มลวดลายมังกร ดอกไม้ ฝั่เสื่อ และสัญลักษณ์เงิน เป็นต้น โดยมีลวดลายสัญลักษณ์ (S) ทั้งหมด 50 ลวดลาย รูปแบบแหวนมีการออกแบบให้เหมาะกับผู้ชาย (M) จำนวน 7 รูปแบบ และผู้หญิง (W) จำนวน 8 รูปแบบ มีลักษณะการสร้างลวดลาย (P) รูปแบบนูน

รูปแบบฉลุ และรูปแบบแกะสลัก และลวดลายตกแต่ง ตัวเรือนแหวนจำนวน 15 รูปแบบ จากข้อมูลพารามิเตอร์ดังกล่าวสามารถนำมาพัฒนาโมดูลแหวนสัญลักษณ์บนคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบด้วยไวยากรณ์รูปร่างทั้งหมด 15 ไวยากรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 12 และ 13

โดยมีพารามิเตอร์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เช่น รูปร่างและขนาดอัญมณี ลวดลายประดับหน้าแหวน และลวดลายตกแต่งตัวเรือน เป็นต้น และการประยุกต์ใช้กฎรูปร่างและกฎเฉพาะของการสร้างรูปแบบแหวนสามารถช่วยเพิ่มรูปแบบแหวนของแต่ละกลุ่มให้มีความหลากหลาย และได้จำนวนมากขึ้น



รูปที่ 12 ไวยากรณ์รูปร่างของแหวนสัญลักษณ์



รูปที่ 13 รูปทรงแหวนสัญลักษณ์

2.4 ผลการประยุกต์ใช้กฎรูปร่างของรูปทรงแหวน ซึ่งกฎรูปร่างที่ถูกนำมาใช้มีความแตกต่างเกี่ยวกับจำนวน จากผลการวิเคราะห์รูปทรงแหวน พบว่า กฎ ของกฎและลักษณะการใช้งานกฎรูปร่างขึ้นอยู่กับ รูปร่างสำหรับรูปทรงแหวนแต่ละกลุ่ม ดังแสดงในตารางที่ 1 องค์ประกอบและรูปทรงแหวน

ตารางที่ 1 แสดงกฎรูปร่างของรูปทรงแหวนทั้งสามกลุ่ม

กลุ่มแหวนแถบแบบแต่งบำ	กลุ่มแหวนประดับมุก	กลุ่มแหวนสัญลักษณ์
กลุ่มที่ 1 กฎเริ่มต้น		
กฎเริ่มต้นแหวนแถบแบบแต่งบำ (RI_1)	กฎเริ่มต้นแหวนประดับมุก (RI_2)	กฎเริ่มต้นแหวนสัญลักษณ์ (RI_3)
กลุ่มที่ 2 กฎการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง		
กฎการเพิ่มรูปร่างใหม่ (R_s)	กฎการเพิ่มรูปร่างใหม่ (R_s)	กฎการเพิ่มรูปร่างใหม่ (R_s)
กฎการลดขนาด (R_{rs})	กฎการลดขนาด (R_{rs})	กฎการลดขนาด (R_{rs})
กฎการเพิ่มขนาด (R_{is})	กฎการเพิ่มขนาด (R_{is})	กฎการเพิ่มขนาด (R_{is})
กฎการตัด (R_c)	กฎการทำให้รูปร่างบิดโค้ง (R_b)	กฎการตัด (R_c)
กฎการหมุนตามเข็มนาฬิกา (R_{rc})	กฎการตัด (R_c)	กฎการลบ (R_d)
กฎการหมุนตามทวนเข็มนาฬิกา (R_{cc})	กฎการลบ (R_d)	กฎการหมุนตามเข็มนาฬิกา (R_{rc})
กฎการเปลี่ยนมุม (R_{ca})		กฎการหมุนตามทวนเข็มนาฬิกา (R_{cc})
กฎการลบ (R_d)		
กลุ่มที่ 3 กฎเฉพาะรูปทรง		
กฎการสลับ	กฎการสลับ	กฎการสลับ
กฎการลอฟท์	กฎการดึงพื้นผิว	กฎการลอฟท์
กฎการดึงพื้นผิว		กฎการดึงพื้นผิว
		กฎเครือข่ายเส้นโค้ง

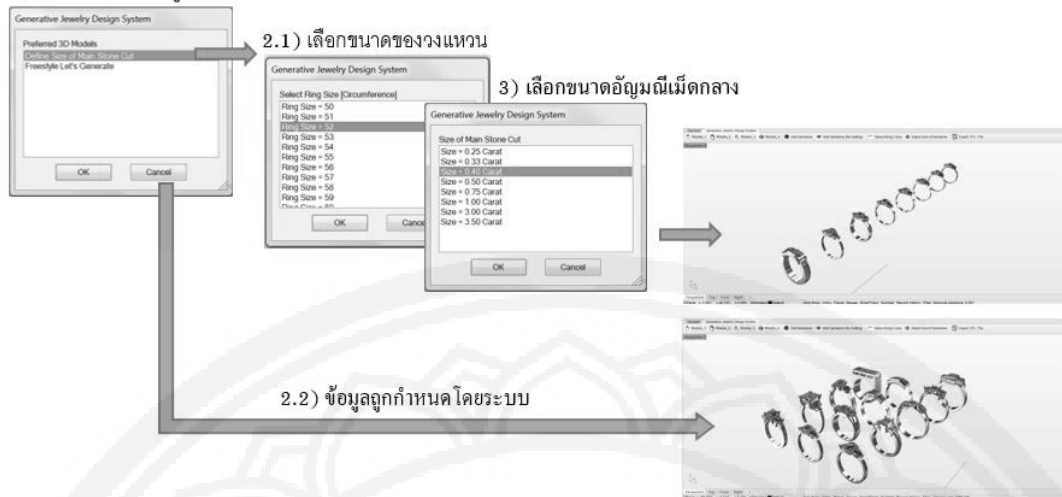
3. ผลการพัฒนาโมดูลสำหรับออกแบบเครื่องประดับ แหวนโดยการประยุกต์ใช้วิธีไวการณรูปร่าง

โมดูลที่ 1 แหวนแถบแบบแต่งบำ มีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้ ผู้ใช้งานทำการป้อนข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย ขนาดเส้นรอบวงภายในของวงแหวน เลือกแนวทางในการสร้างรูปทรงแหวน มี 2 แนวทาง คือ เลือก กำหนดขนาดอัญมณีเม็ดกลางหรือระบบสร้างโดยอัตโนมัติ

ดังแสดงในรูปที่ 14ก จากนั้นระบบทำการคำนวณและประมวลผลในการสร้างรูปทรงแหวนแบบสามมิติโดยใช้ เวลาในการคำนวณประมาณ 2.50 นาที และสามารถสร้างรูปทรงแหวนได้จำนวนทั้งหมด 13 รูปแบบในหนึ่งรอบการทำงาน ของระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จากระบบออกแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในรูปที่ 14ข



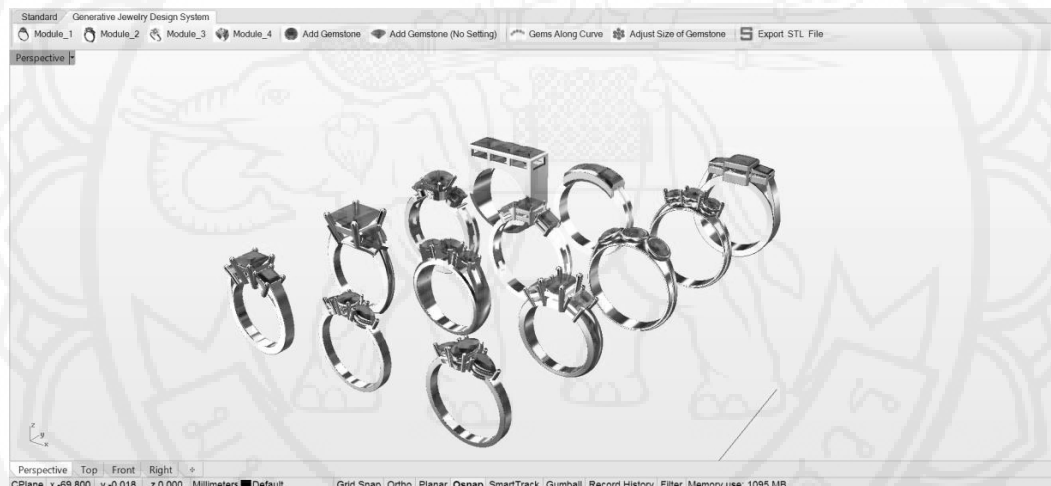
1) แนวทางการสร้างรูปทรงแหวน



ตัวอย่างหน้าต่างฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลนำเข้า

ระบบประมวลผลและแสดงผลรูปทรงเครื่องประดับแหวน

(ก) หน้าต่างการทำงานและลำดับการป้อนข้อมูลของโมดูลที่ 1 แหวนแหวนแบบต่าง

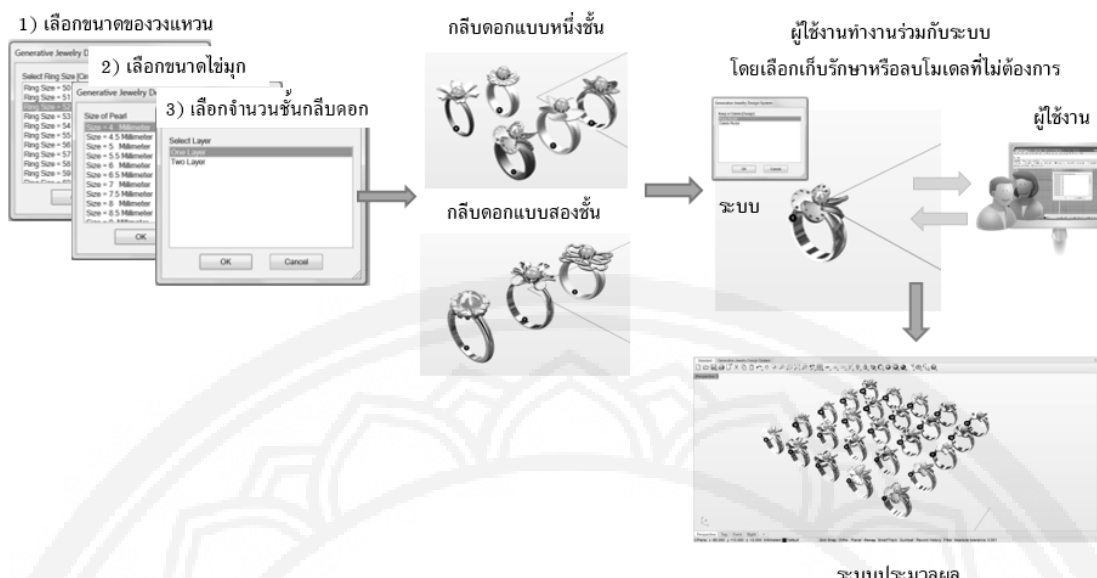


(ข) ตัวอย่างผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 1 แหวนแหวนแบบต่าง

รูปที่ 14 กระบวนการทำงานและผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 1 แหวนแหวนแบบต่าง

โมดูลที่ 2 แหวนประดับมุก มีกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้ โดยผู้ใช้งานทำการป้อนข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย ขนาดเส้นรอบวงภายในของวงแหวน ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางไข่มุก จำนวนชั้นของกลีบดอกไม้ประดับ และรูปทรงแหวน จากนั้นระบบทำการคำนวณและประมวลผลในการสร้างรูปทรงแหวนแบบสามมิติโดยใช้เวลาในการคำนวณประมาณ 8.35 นาที และสามารถสร้าง

รูปทรงแหวนได้จำนวนทั้งหมด 25 รูปแบบในหนึ่งรอบการทำงานของระบบ โดยผู้ใช้งานมีส่วนร่วมกับการสร้างโมเดลหนึ่งโมเดล ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกเก็บโมเดลที่ต้องการไว้หรือลบโมเดลที่ไม่ต้องการทิ้งออกไปเพื่อช่วยให้โมดูลสามารถสร้างรูปทรงแหวนที่มีความหลากหลายมากขึ้น และผลลัพธ์ที่ได้จากระบบออกแบบอัตโนมัติดังแสดงในรูปที่ 15



ตัวอย่างหน้าต่างฟอร์มสำหรับป้อนข้อมูลนำเข้า

และแสดงผลรูปทรงเครื่องประดับระดับแหวน

(ก) หน้าต่างการทำงานและลำดับการป้อนข้อมูลของโมดูลที่ 2 แหวนประดับมุก



(ข) ตัวอย่างผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 2 แหวนประดับมุก
รูปที่ 15 กระบวนการทำงานและผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 2 แหวนประดับมุก

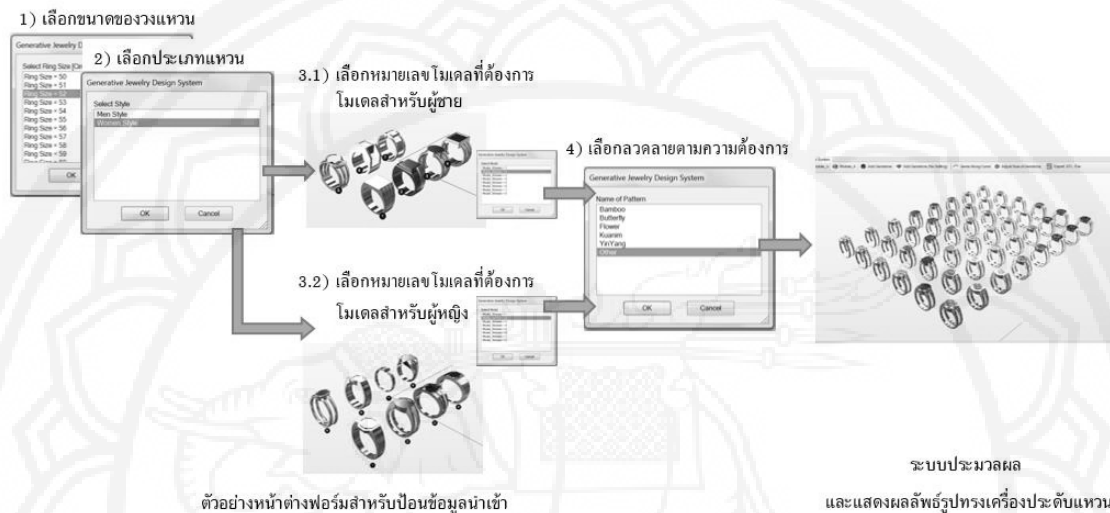
ตัวอย่างการทำงานของโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์ ซึ่งผู้ใช้งานทำการป้อนข้อมูลนำเข้าของขนาดเส้นรอบวงภายในของวงแหวน ประเภทของรูปแบบแหวนมีทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ รูปแบบแหวนสำหรับผู้หญิงและผู้ชาย ลักษณะรูปแบบแหวนแปรผันตามประเภทของรูปแบบแหวน และกลุ่มลวดลายแปรผันตามลักษณะรูปแบบแหวน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกได้ตามความต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 16 จากนั้นระบบทำการคำนวณและประมวลผลจาก

ข้อมูลนำเข้าทั้งหมด และทำการสร้างรูปแบบเครื่องประดับแหวนแบบสามมิติที่มีความหลากหลายของลักษณะการสร้างลวดลายรูปแบบฐาน รูปแบบฉลุ และรูปแบบแกะสลัก แต่ละกลุ่มลวดลายมีรูปแบบที่แตกต่างกัน และระบบจะหยุดการทำงานเมื่อสร้างรูปทรงแหวนครบจำนวนตามข้อมูลนำเข้าที่ได้กำหนดไว้ จากตัวอย่างข้อมูลนำเข้าข้างต้น ผู้ใช้งานเลือกทดสอบระบบด้วยการป้อนข้อมูลนำเข้าดังต่อไปนี้ ขนาดของเส้นรอบวงภายในวงแหวนมี



ขนาด 52 มิลลิเมตร ประเภทของรูปแบบแหวนลักษณะของผู้หญิง รูปแบบแหวนลักษณะหน้าแหวนนูนขึ้น และกลุ่มของลวดลายสัญลักษณ์ ระบบสามารถคำนวณและประมวลผลในการสร้างรูปทรงแหวนแบบสามมิติโดยใช้เวลาในการคำนวณประมาณ 4.10 นาที และสามารถสร้างรูปทรงแหวนได้จำนวนทั้งหมด 33 รูปแบบ โดยมีลักษณะของลวดลาย 11 ลายที่มีความแตกต่างกัน และลักษณะการ

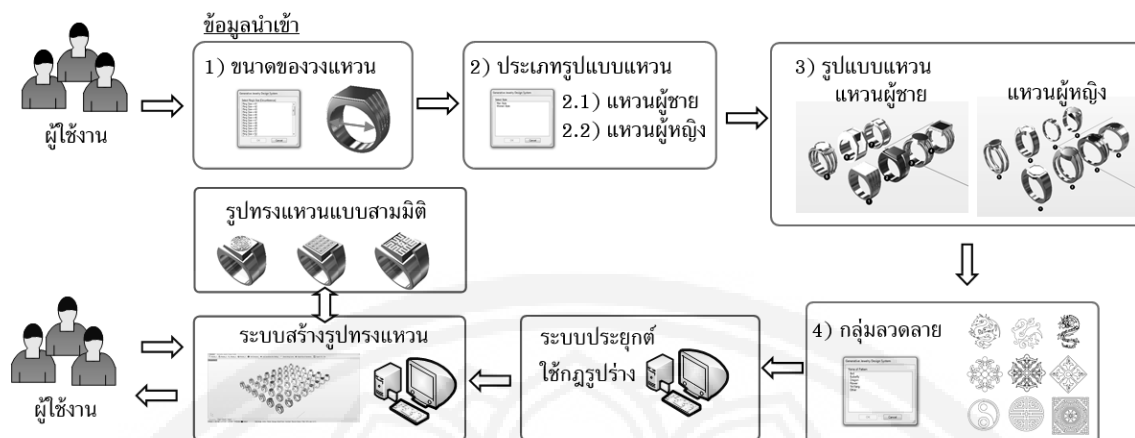
สร้างลวดลาย 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบนูน รูปแบบลึ และรูปแบบแกะสลักบนหน้าแหวน ดังแสดงในรูปที่ 16 และ 17 จากผลการทดสอบพบว่า จำนวนลวดลายบนหน้าแหวน ลวดลายตกแต่งก้านแหวน และลักษณะการสร้างลวดลาย ส่งผลให้ผลลัพธ์ของรูปทรงแหวนมีความหลากหลายและมีจำนวนมากในหนึ่งรอบการทำงานระบบ



(ก) หน้าต่างการทำงานและลำดับการป้อนข้อมูลของโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์



(ข) ตัวอย่างผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์รูปที่ 16 กระบวนการทำงานและผลลัพธ์รูปทรงเครื่องประดับแหวนจากโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์



รูปที่ 17 ภาพรวมกระบวนการทำงานของโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์

คณะผู้วิจัยทำคัดเลือกรูปทรงเครื่องประดับแหวนที่ได้จากการออกแบบด้วยโมดูลที่พัฒนาขึ้น และนำโมเดลรูปทรงแหวนแบบสามมิติแปลงเป็นไฟล์นามสกุล STL และส่งไฟล์ดังกล่าวไปยังเครื่องจักร RP เพื่อสร้างต้นแบบ

โมเดลแหวนสามมิติด้วยขี้ผึ้ง (Wax) ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้องและแม่นยำ ดังแสดงในรูปที่ 18 ก และนำโมเดลขี้ผึ้งดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการผลิต ผลลัพธ์ชิ้นงานจริงที่ได้แสดงดังรูปที่ 18 ข



(ก) รูปชิ้นงานขี้ผึ้งที่ได้จากเครื่องจักร RP



แหวนแต่งงาน

แหวนประดับมุก

แหวนสัญลักษณ์

(ข) รูปชิ้นงานเครื่องประดับแหวนที่ผลิตจริง

รูปที่ 18 แสดงรูปชิ้นงานขี้ผึ้งที่ได้จากเครื่องจักร RP และรูปชิ้นงานเครื่องประดับแหวนที่ผลิตจริงโดยออกแบบด้วยโมดูลที่พัฒนาขึ้น

อภิปรายผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปทรงเครื่องประดับแหวนทั้งสามกลุ่ม ได้แก่ แหวนแหวนแบบแต่งงาน บ่า แหวนประดับมุกและแหวนสัญลักษณ์ พบว่า แหวนที่

ทำการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนองค์ประกอบและลักษณะรูปแบบที่มีความแตกต่างกัน จะเห็นได้จากการออกแบบหน้าแหวนและก้านแหวน เช่น แหวนแหวนแบบแต่งงานมีจำนวนองค์ประกอบ 4 ส่วน ได้แก่ อัญมณีเม็ดกลาง อัญมณีเม็ดแต่งบ่า กระเปาะ และก้านแหวน ซึ่งมีความ



แตกต่างจากแวนสัญญาณที่มีจำนวนองค์ประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ ลวดลายและตัวเรือนแวน บทความนี้อธิบายถึงความแตกต่างในเรื่องของพารามิเตอร์ ขอบเขตและเงื่อนไขต่าง ๆ รวมถึงเทคนิคการสร้างรูปทรงแวนแบบสามมิติและการจัดกลุ่มของการประยุกต์ใช้กฎรูปร่างของการศึกษาในครั้งนี้ จึงทำให้การศึกษาครั้งนี้มีความยากและท้าทายในการวิเคราะห์องค์ประกอบของรูปทรงเครื่องประดับแวนที่มีลักษณะเฉพาะตัวทั้งสามกลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำมาเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบไวยากรณ์รูปร่างของเครื่องประดับแวนสำหรับการสร้างและสำรวจพื้นที่ของการออกแบบ (Exploration Designs) ที่มีความหลากหลายของรูปทรงเครื่องประดับแวนและยังคงลักษณะเฉพาะตัวไว้ นอกจากนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เป็นพื้นฐานเพื่อใช้ในการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแวนแบบอัตโนมัติ

ผลการทดลองการทำงานของโมดูลคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแวนโดยอัตโนมัติด้วยหลักทางของระบบออกแบบอัตโนมัติและควบคุมกลไกของระบบด้วยวิธีไวยากรณ์รูปร่าง สามารถสรุปได้ในตารางที่ 2 พบว่า โมดูลที่ 1 แวนแฉกแบบแต่งบำใช้เวลาในการคำนวณ ประมวลผลและสร้างรูปทรงแวนแบบสามมิติโดยเฉลี่ยประมาณ 2.50 นาที ต่อการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแวนที่แตกต่างกันทั้งหมด 18 วง ซึ่งใช้เวลาน้อยที่สุด เพราะรายละเอียดของแวนแฉกแบบแต่งบำ และจำนวนรูปแบบแวนน้อยกว่าโมดูลอื่น ๆ โมดูลที่ 3 แวนสัญญาณใช้เวลาในการคำนวณ ประมวลผลและสร้างรูปทรงแวนแบบสามมิติโดยเฉลี่ยประมาณ 4.10 นาทีต่อการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแวน 33 วง พบว่า ใช้เวลาในการทำงานน้อยกว่าโมดูลที่ 1 แวนแฉกแบบแต่งบำ เพราะโมดูลนี้สามารถสร้างรูปทรงแวน โดยมีการเปลี่ยนแปลงของลวดลายบนหน้าแวน ลวดลายตกแต่งบนตัวเรือนแวน และลักษณะการสร้างลวดลายรูปแบบนูน รูปแบบฉลุ และรูปแบบแกะสลักบนหน้าแวน และโมดูลที่ 2 แวนประดับมุก ใช้เวลาในการคำนวณ ประมวลผลและสร้างรูปทรงแวนแบบสามมิติโดยเฉลี่ยประมาณ 8.35 นาทีต่อการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแวน 25 วง พบว่า ใช้เวลาในการทำงานนานที่สุด เพราะระบบมีการทำงานร่วมกับผู้ใช้งานตลอดเวลา เมื่อสร้างรูปทรงแวนแบบสามมิติได้หนึ่งรูปทรง ผู้ใช้งานสามารถ

ทำการพิจารณาและเลือกที่จะลบหรือเก็บรักษาโมเดลนั้นไว้ได้ เนื่องจากโมดูลนี้สามารถสร้างคำตอบของรูปทรงเครื่องประดับแวนที่เป็นได้จำนวนมาก จึงส่งผลให้จำเป็นต้องใช้พื้นที่ในการประมวลผลมากเช่นกัน และในการทำงานหนึ่งรอบของโมดูลสามารถสร้างโมเดลแวนได้ครั้งละ 25 รูปแบบ คณะผู้วิจัยจึงเกิดแนวความคิดในการแก้ปัญหาโดยการเพิ่มฟังก์ชันตัวเลือกการเก็บโมเดลที่ต้องการหรือลบโมเดลที่ไม่ต้องการ เพื่อให้ผู้ใช้งานมีโอกาสพบกับโมเดลแวนที่หลากหลายมากขึ้นและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และระบบสามารถสร้างพื้นที่ของการออกแบบได้จำนวนมาก ส่งผลให้ระบบใช้เวลาในการคำนวณและประมวลผลมากที่สุดเมื่อเทียบกับโมดูลอื่น ๆ

จากทดสอบโมดูลที่พัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับการวาดโมเดลสามมิติโดยนักออกแบบด้วยรูปทรงเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า โมดูลทั้งสามโมดูล ใช้เวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 0.216 นาทีต่อแวนหนึ่งวง และการวาดโมเดลสามมิติโดยนักออกแบบใช้เวลาในการทำงานโดยเฉลี่ยประมาณ 81 นาทีต่อแวนหนึ่งวง สามารถช่วยลดเวลาในกระบวนการสร้างรูปทรงแวนคิดเป็นร้อยละ 73 และเมื่อนักออกแบบต้องการปรับเปลี่ยนหรือแก้ไขพารามิเตอร์เกี่ยวกับ ขนาดของอัญมณี ขนาดไข่มุก และขนาดเส้นรอบวงของวงแวน เป็นต้น นักออกแบบต้องเริ่มวาดโมเดลใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้น แต่โมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์และสร้างโมเดลสามมิติโดยอัตโนมัติได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และถูกต้องแม่นยำ

บทความนี้พัฒนาโมดูลสำหรับออกแบบและสร้างรูปทรงเครื่องประดับโดยอัตโนมัติด้วยการประยุกต์ใช้หลักการไวยากรณ์รูปร่างประกอบด้วย โมดูลแวนแฉกแบบแต่งบำ โมดูลแวนประดับมุก และโมดูลแวนสัญญาณ เพื่อตอบสนองกลุ่มเป้าหมายตลาดนักท่องเที่ยวชาวจีนที่มีแนวโน้มการขยายตัวเพิ่มสูงขึ้น (Department of Tourism, 2015) และโมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยสร้างแนวความคิดการออกแบบเครื่องประดับแวนทั้งสามกลุ่มตัวอย่างให้กับผู้ประกอบการเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดรูปแบบแวนสำหรับป้อนรูปแบบแวนที่มีความหลากหลายและตรงตามความต้องการของลูกค้า และช่วยสร้างศักยภาพให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ประกอบการเพิ่มขึ้น

รูปแบบแหวนทั้งสามรูปแบบมีศักยภาพในการผลิตจริงในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากโมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถเชื่อมต่อไปยังการผลิตต้นแบบแหวนด้วยเครื่องจักร RP ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานจริงที่เหมือนรูปแบบแหวนที่ออกแบบไว้ด้วยโมดูล โดยใช้เวลาที่สั้นกว่าการออกแบบด้วย

คอมพิวเตอร์แบบเดิม ทำให้สามารถลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ต้นทุนต่ำลง โดยแหวนแฉกแต่งบ่าได้รับความนิยมจากลูกค้าชาวจีนและมีศักยภาพสูงกว่ารูปแบบอื่นๆ

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการทดลองการทำงานของทั้งสามโมดูล

รูปทรงเครื่องประดับแหวน	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการสร้างรูปทรงเครื่องประดับแหวน (นาที/ต่อแหวนหนึ่งวง)	
	โมดูลที่พัฒนาขึ้น	นักออกแบบ
แหวนแฉกแต่งบ่า	0.192	72
แหวนประดับมุก	0.334	125
แหวนสัญลักษณ์	0.124	45
เวลาเฉลี่ยประมาณ	0.216	81

สรุปผลการศึกษา

บทความนี้ทำการพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติ เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องประดับไทยมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้น บทความนี้จึงได้ทำการศึกษารูปแบบลักษณะเฉพาะตัวของรูปแบบแหวน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของรูปแบบแหวนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ แหวนแฉกแบบแต่งบ่า แหวนประดับมุก และแหวนสัญลักษณ์ ด้วยความแตกต่างขององค์ประกอบและรูปแบบจึงนำมาเพื่อศึกษาไวยากรณ์รูปร่างของแต่ละรูปแบบแหวน ซึ่งในกลุ่มแหวนแฉกแบบแต่งบ่า มีการฝังอัญมณีเม็ดกลางและตกแต่งด้วยอัญมณีประดับบนบ่าแหวนทั้งสองข้าง สามารถพัฒนาไวยากรณ์รูปร่างได้จำนวนทั้งหมด 12 ไวยากรณ์ กลุ่มแหวนประดับมุก สามารถพัฒนาไวยากรณ์รูปร่างได้จำนวนทั้งหมด 9 ไวยากรณ์ และกลุ่มแหวนสัญลักษณ์ สามารถพัฒนาไวยากรณ์รูปร่างได้จำนวนทั้งหมด 15 ไวยากรณ์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเก็บรวบรวมฐานข้อมูลของระบบ เช่น ลวดลายสัญลักษณ์จีน รูปร่างและขนาดอัญมณี ขนาดไม่มุก รูปแบบแหวน และขนาดของเส้นรอบวงภายในของวงแหวน เป็นต้น และในการพัฒนาโมดูลบนคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเครื่องประดับแหวนโดยอัตโนมัติจำนวนทั้งหมดสามโมดูล ได้แก่ โมดูลแหวนแฉกแบบแต่งบ่า โมดูลแหวนประดับมุก และโมดูลแหวนสัญลักษณ์ ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา RhinoScript บนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ Rhinoceros 5.0 โดยมีการศึกษาเทคนิคกระบวนการวาดโมเดลเครื่องประดับ

แหวนแบบสามมิติแบบต่างๆ และวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแหวน

โมดูลระบบการออกแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างโมเดลรูปแบบแหวนได้หลากหลาย และเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลนำเข้าที่ผู้ใช้งานป้อนให้กับโมดูลการทำงานของระบบออกแบบเครื่องประดับแหวนที่ได้ทำการศึกษาโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ไวยากรณ์รูปร่างของเครื่องประดับแหวนเพื่อพัฒนาโมดูลคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบโดยอัตโนมัติร่วมกับข้อมูลนำเข้าจากผู้ใช้งานระบบและจากฐานข้อมูลที่พัฒนาขึ้น หลังจากนั้นระบบจะทำการสร้างรูปแบบแหวนแบบสามมิติ ด้วยวิธีของการสร้างผิวแบบ NURBS ซึ่งผู้ใช้งานระบบสามารถทำการปรับแก้ไขโมเดลได้ และนำไปใช้ในการสร้างไฟล์ประเภท STL เพื่อใช้ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบอัตโนมัติด้วยเครื่องจักร CNC และนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อผลิตชิ้นงานจริง อีกทั้งโมดูลที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยสร้างแนวความคิดการออกแบบเครื่องประดับแหวนทั้งสามกลุ่มตัวอย่างให้กับผู้ประกอบการเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดรูปแบบแหวนที่มีความหลากหลายและตรงตามความต้องการของลูกค้า โดยแหวนทั้งสามรูปแบบมีศักยภาพในการผลิตจริงในเชิงพาณิชย์ และใช้เวลาที่สั้นกว่าการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์แบบเดิมทำให้สามารถลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งผลให้ต้นทุนต่ำลง โดยแหวนแฉกแต่งบ่าได้รับความนิยมจากลูกค้าชาวจีนและมีศักยภาพสูงกว่ารูปแบบอื่น และผลลัพธ์จากการพัฒนาโมดูลทั้งสาม โมดูลที่ 1 แหวนแฉกแบบแต่งบ่าใช้เวลาในการวาดรูปทรงแหวนโดยอัตโนมัติโดยเฉลี่ยประมาณ 2.50



นาที่ต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวน 18 วง โมดูลที่ 2 แหวนประดับมุก ใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 8.35 นาที่ต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวน 25 วง และโมดูลที่ 3 แหวนสัญลักษณ์ใช้เวลาโดยเฉลี่ยประมาณ 4.10 นาที่ต่อรูปทรงเครื่องประดับแหวน 33 วง และยังสามารถช่วยลดเวลาในการออกแบบและสร้างโมเดลสามมิติ โดยเฉลี่ยประมาณคิดเป็นร้อยละ 73 เมื่อเทียบกับการสร้างโมเดลแหวนแบบสามมิติด้วยนักออกแบบ

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ร่วมกับ สมาคมผู้ค้าอัญมณีไทยและเครื่องประดับ สัญญาเลขที่ RDG5650132 โดยมี บริษัท ที.แชน อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด เป็นตัวแทนผู้ประกอบการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ด้วย โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่าน ขอขอบคุณคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิจากทั้งภาคการศึกษาและจากภาคอุตสาหกรรม โดยมีอาจารย์สมัย โตเจริญ เป็นที่ปรึกษาของโครงการวิจัย ซึ่งทำให้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษา พัฒนาและปรับปรุงงานวิจัยให้สามารถนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

Reference

Alcaide-Marzal, J., Diego-Más, J. A., Asensio-Cuesta, S., & Piqueras-Fiszman, B. (2013). An exploratory study on the use of digital sculpting in conceptual product design. *Design Studies*, 34(2), 264–284.

Department of Tourism. (2015). Tourist Statistics. Retrieved from <http://newdot2.samartmultimedia.com/home/content>

Jonson, B. (2005). Design ideation: the conceptual sketch in the digital age. *Design Studies*, 26(6), 613–624.

Kielarova, S. W., Pradujphonphet, P., & Nakmethee, C. (2016). *The study and design of halo rings to meet the needs of Chinese customers for development of generative design system based on shape grammar method: Proceeding of the 12th Naresuan Research Conference, Phitsanulok, Thailand, 21–22 July 2016* (pp. 204–214). Phitsanulok, Thailand: Naresuan University.

Office of the Permanent Secretary Ministry of Commerce. (2016). Thailand Trade Report of Thailand. Retrieved from <http://www2.ops3.moc.go.th/>

Prats, M., Lim, S., Jowers, I., Garner, S. W., & Chase, S. (2009). Transforming shape in design: observations from studies of sketching. *Design studies*, 30(5), 503–520.

Stiny, G. (1980). Introduction to shape and shape grammars. *Environment and Planning B*, 7(3), 343–351.

Stiny, G., & Gips, J. (1972). *Shape Grammars and the Generative Specification of Painting and Sculpture: Proceedings of The IFIP Congress 1971*, Amsterdam.

Wannarumon, S. (2011). Reviews of Computer-Aided Technologies for Jewelry Design and Casting. *Naresuan University Engineering Journal*, 6(1), 45–56.

Wannarumon, S., Pradujphonphet, P., & Bohez, E. L. (2013). The Framework of Generative Design System using Shape Grammar for Jewelry Design. *International Journal of Intelligent Information Processing*, 4(2), 1–13.