

แอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับบนสมาร์ตโฟนด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม Virtual Try-on Experience Mobile Application with Augmented Technology for Jewelry Business

สมลักษณ์ วรรณฤมล กิเလာโรว่า*¹, พนมขวัญ ริยะมงคล², รัฐภูมิ วรานุสาสน์², ปิยะรัชช ธรรมวัฒนกุล²,
พงศกร ศิริค้ำน้อย², สุนิษา แสนศรี¹

Somlak Wannarumon Kielarova*¹, Panomkhawn Riyamongkol², Rattapoom Waranusast²,
Piyarach Tamwattanakul², Pongsakorn Sirikamnoi², Sunisa Sansri¹

¹iD3 หน่วยวิจัย ด้านการออกแบบ การตัดสินใจ และการพัฒนาทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

²หน่วยวิจัยด้านเทคโนโลยีที่ศูนย์สารสนเทศคอมพิวเตอร์ และการโต้ตอบกับมนุษย์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

¹iD3 Research Center for Industrial Design, Decision and Development

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

²Computer Vision and Human Interaction Technologies Laboratory: Vision Lab

Department of Engineering Program in Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Naresuan University

*Corresponding author e-mail: somlakw@nu.ac.th

(Received: 26 September 2020, Revised: 22 March 2021, Accepted: 31 March 2021)

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับบนสมาร์ตโฟนด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) เพื่อให้ลูกค้าของผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องประดับทางออนไลน์ทดลองสวมใส่เครื่องประดับได้เสมือนจริง เพิ่มโอกาสในการขายสินค้า ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมแบบไม่ใช้ตัวระบุตำแหน่ง (Marker) และประยุกต์ใช้เทคนิคการรู้จำในการตรวจจับมือของผู้ใช้งาน และนำข้อมูลที่สำคัญไปจัดทำโมเดลชิ้นงานเครื่องประดับแบบสามมิติ ผ่านการเรนเดอร์ผิวของโมเดลให้มีความสมจริง และสามารถปรับเปลี่ยนแบบและขนาดได้ตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งวิธีการนี้ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำกว่ารูปแบบเดิม ความถูกต้องแม่นยำของการวางโมเดลสามมิติของแหวนบนตำแหน่งของนิ้วมือเท่ากับร้อยละ 94.17 โดยเฉลี่ย ความถูกต้องแม่นยำในเรื่องของการวางโมเดลสามมิติของกำไลบนตำแหน่งของข้อมือ ร้อยละ 100 จากการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายประกอบด้วยผู้ประกอบการจำหน่ายเครื่องประดับและลูกค้าผู้ซื้อ พบว่า มีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องของการง่ายในการใช้งาน และสร้างความมั่นใจในการตัดสินใจซื้อสินค้า และมีความพึงพอใจมากในเรื่องของความสมจริงในการทดลองสวมใส่

คำสำคัญ: คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ, การออกแบบเครื่องประดับ, เทคโนโลยีความจริงเสริม, การทดลองสวมใส่, การซื้อทางออนไลน์

Abstract

This paper proposes the development of virtual try-on experience mobile application, by using augmented reality technology, for online jewelry customers virtually trying-on jewelry products to increase opportunity to sale products. The proposed system is developed using marker less technique. It applies the recognition technique to detect user's hand. The three-dimensional (3D) model of the jewelry product with realistic rendering is modeled in which could be changed its details and size according to customer's requirement. This method can reduce the production costs of the conventional process. The accuracy of the position of 3D ring model on finger is approximately 94.17% and 100% for the case of bangle. From testing with jewelry entrepreneurs and customers, the results reveal that the use of the proposed try-on experience mobile application in terms of ease-of-use and increasing confidence in making purchasing decisions are highest appreciated, while the realistic look issue is highly satisfied.

Keywords: Computer-Aided Design, Jewelry Design, Augmented Reality, Try-On Experience, Online Shopping.

1. บทนำ

บทความนี้ได้นำเทคโนโลยีเออาร์ Augmented Reality Technology (AR) หรือภาษาไทยใช้คำว่า ความจริงเสริม เป็นการผนวกโลกแห่งความจริงและโลกดิจิทัลเข้าด้วยกันบนเทคโนโลยีเสมือนจริง เทคโนโลยี AR ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อใช้สร้างความดึงดูดใจ และเพิ่มมุมมองที่น่าสนใจแก่สินค้าเครื่องประดับได้เป็นอย่างดี สามารถช่วยในการตลาดและการขายสินค้า สามารถช่วยสร้างความแตกต่าง เพื่อความได้เปรียบในการแข่งขัน เนื่องจากการมีปฏิสัมพันธ์ของลูกค้าที่มีต่อสินค้าผ่านเทคโนโลยีนี้ ทำให้ลูกค้ารู้สึกมีส่วนร่วมกับแบรนด์และสามารถสร้างการสื่อสารสองทางระหว่างลูกค้าและแบรนด์หรือผู้ประกอบการได้ และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้สร้างการตลาดแบบส่วนบุคคล (Personalized marketing) กับลูกค้าได้ โดยเฉพาะธุรกิจค้าปลีกด้านแฟชั่นซึ่งลูกค้าของธุรกิจเน้นความเป็นปัจเจกและความแตกต่างสูงกว่าธุรกิจค้าปลีกอื่น

เทคโนโลยี AR ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่แบบเสมือนจริง ที่ใช้งานบนสมาร์ตโฟน ทำงานร่วมกับกล้องด้านหลังของสมาร์ตโฟน โดยลูกค้าสามารถทดลองสวมใส่ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับแหวนและกำไลแบบเสมือนจริง โดยที่ยังไม่ได้ผลิตสินค้าออกมา ในการทดลองสวมใส่ สามารถใช้เพียงโมเดลสามมิติ ผ่านการเรนเดอร์ผิวให้มีความสมจริง

ในปัจจุบัน พฤติกรรมการซื้อสินค้าเครื่องประดับของผู้บริโภคได้เปลี่ยนไป มีความนิยมในการซื้อสินค้าเครื่องประดับ

ทางออนไลน์สูงขึ้น ประกอบกับการเกิดสถานการณ์โควิด (COVID-19) ส่งผลให้ผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องประดับปรับเปลี่ยนกลยุทธ์มาทำการตลาดและจำหน่ายสินค้าทางออนไลน์สูงขึ้น ดังนั้นการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสามารถรองรับและสนับสนุนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การซื้อขายสินค้าเครื่องประดับในยุคดิจิทัล และเพื่อการพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับทางออนไลน์ ที่สร้างความมั่นใจให้กับผู้ซื้อ และเพิ่มโอกาสในการจำหน่ายสินค้าเครื่องประดับได้มากขึ้น อีกทั้งในอนาคต ยังสามารถเก็บข้อมูลของลูกค้าหรือผู้ซื้อจากการทดลองสวมใส่เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ตลาดและสินค้า

ในส่วนต่อไปของบทความนี้ ประกอบด้วย หัวข้อที่ 2 กล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 อธิบายถึงกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับบนสมาร์ตโฟน หัวข้อที่ 4 นำเสนอผลการดำเนินงานวิจัยและวิเคราะห์ผลจากการดำเนินงาน และหัวข้อสุดท้าย หัวข้อที่ 5 ได้สรุปผลการดำเนินงานและประเด็นที่น่าสนใจสำหรับแนวทางการดำเนินงานวิจัยต่อไปในอนาคต

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความจริงเสริม (Augmented Reality: AR)

เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เป็นเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์ที่ทำให้เกิดการผสมแบบเวลาจริง

(Real-time) ระหว่างเนื้อหาที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-generated Content) เช่น ภาพคอมพิวเตอร์กราฟิก หรือเสียงประกอบ เข้ากับเนื้อหาในโลกจริง เช่น ภาพจากวิดีโอ เป็นต้น และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีด้านอุปกรณ์เคลื่อนที่ มีการพัฒนาขึ้นมากทั้งในด้านประสิทธิภาพของการคำนวณที่มากขึ้น กล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียดมากขึ้น เซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำขึ้น และราคาของอุปกรณ์ที่ถูกลง ทำให้มีการประยุกต์ความจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ หรือที่เรียกว่าความจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Augmented Reality: MAR) เทคโนโลยีดังกล่าวมีบทบาทมากขึ้นทั้งในแวดวงวิชาการด้านงานวิจัยและแวดวงอุตสาหกรรมและธุรกิจ (Chatzopoulos et al., 2017)

เทคโนโลยี AR ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การแพทย์มีการใช้เทคโนโลยีนี้ในการแสดงข้อมูลภาพทางการแพทย์ของผู้ป่วยซ้อนทับไปกับภาพผู้ป่วยจริงเพื่อใช้ในการวางแผนการผ่าตัด (Bajura et al., 1992; Wen et al., 2014) หรือการใช้ในการฝึกฝนบุคลากรทางการแพทย์และสาธารณสุข (Farrington et al., 1999; Pretto et al., 2009) การทหารใช้ในการเสริมข้อมูลในการรบ (Foxlin et al., 2004; Gans et al., 2015) และการฝึก (Yohan et al., 2000; Livingston et al., 2005) ทางอุตสาหกรรมใช้ช่วยเสริมและฝึกการประกอบและบำรุงรักษาในกระบวนการผลิต (Billinghurst et al., 2008; Henderson & Feiner, 2011; Webel et al., 2013) การศึกษาใช้ในการเสริมทักษะสำหรับนักเรียน (Billinghurst & Duenser, 2012; Chen et al., 2017) และใช้ในการให้ข้อมูลประกอบในพิพิธภัณฑ์ (Klopper et al., 2015; Nakamura & Miyashita, 2010) หรือเกมและความบันเทิง (Piekarski & Thomas, 2012; Hakkarainen & Woodward, 2005; Cavallaro et al., 2011) เป็นต้น

เทคโนโลยีความจริงเสริมนี้มีผลต่อธุรกิจค้าปลีกอย่างมาก เพราะเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถใช้เพื่อให้ผู้ประกอบการได้เปรียบคู่แข่งเนื่องจากการมีปฏิสัมพันธ์ของลูกค้าที่มีต่อสินค้าผ่านเทคโนโลยีนี้ทำให้ลูกค้ารู้สึกมีส่วนร่วมกับแบรนด์และสามารถสร้างการสื่อสารสองทางระหว่างลูกค้าและแบรนด์ได้ (Varadarajan et al., 2010) ดังนั้นธุรกิจค้าปลีกจะได้ประโยชน์จากเทคโนโลยี AR นี้ และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้สร้างการตลาดแบบส่วนบุคคล (Personalized Marketing) กับ

ลูกค้าได้ โดยเฉพาะธุรกิจค้าปลีกด้านแฟชั่นซึ่งลูกค้าของธุรกิจเน้นความเป็นปัจเจกและความแตกต่างสูงกว่าธุรกิจค้าปลีกอื่น ตัวอย่างธุรกิจค้าปลีกด้านแฟชั่นที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมในการส่งเสริมการขาย เช่น เบอร์เบอร์รี่ (Burberry) พัฒนาร้านค้าสาขานนรีเจนต์ (Regent Street) ในลอนดอนโดยใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียและความจริงเสริม ลูกค้าที่ลองชุดซึ่งติดชิพ RFID (Radio Frequency Identification) หน้า “กระจกวิเศษ” ซึ่งเป็นจอภาพแสดงผลภาพใน “กระจกวิเศษ” จะเปลี่ยนภาพฉากหลังเป็นภาพลูกค้าบนเวทีแฟชั่นโชว์หรือแสดงข้อมูลของสินค้าได้ (Dacre & Urwin, 2018)

เทคโนโลยีความจริงเสริม แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ แบบที่ใช้ภาพสัญลักษณ์ (Image-Based AR) และแบบที่ใช้ระบบพิกัดในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสร้างข้อมูลบนโลกเสมือนจริง (Location-Based) ซึ่งภาพสัญลักษณ์ที่ใช้ จะเรียกว่า ตัวระบุตำแหน่ง หรือ Marker โดยใช้กล้องในการรับภาพ เมื่อโปรแกรมที่กำลังใช้งานอยู่ประมวลผลรูปภาพเจอสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว ก็จะทำการแสดงข้อมูลภาพแบบสามมิติ ที่ถูกระบุไว้ในโปรแกรมให้เห็นบนตัวระบุตำแหน่ง และสามารถที่จะหมุนดูภาพที่ปรากฏได้ทุกทิศทาง หรือ 360 องศา

สำหรับการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีความจริงเสริม จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1) ตัวระบุตำแหน่ง หรือ Marker

ตัวระบุตำแหน่ง จะถูกใช้ในการระบุตำแหน่งของแบบจำลอง ระบุความสัมพันธ์จากตำแหน่งของตัวระบุตำแหน่ง และขนาดของตัวระบุตำแหน่ง

2) ตัวตรวจจับข้อมูล หรือ Eye

ตัวตรวจจับข้อมูล ในที่นี้ ได้แก่ กล้องบนโทรศัพท์มือถือหรือบนแท็บเล็ต กล้องวิดีโอ และกล้องเว็บแคม กล้องเหล่านี้จะใช้ในการอ่านข้อมูลตำแหน่งหรือทิศทางการทำมุมของตัวระบุตำแหน่งที่มองเห็นกับตัวกล้อง จากนั้นจะส่งข้อมูลเหล่านั้นให้กับตัวโปรแกรม

3) ตัวโปรแกรมเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR Engine)

ตัวโปรแกรมจะเป็นตัวนำข้อมูลที่ได้จากตัวระบุตำแหน่ง ที่ถูกส่งมาจากตัวตรวจจับข้อมูล มาทำการประมวลผล จากนั้นจะทำการสร้างผลลัพธ์ผ่านโปรแกรมหรือส่วนประมวลผล และนำข้อมูลเหล่านั้นไปแสดงผลเป็นภาพ

4) จอแสดงผล (Display)

ข้อมูลที่โปรแกรมทำการประมวลผลออกมาเป็นภาพหรือวิดีโอเหล่านั้น จะถูกนำออกมาแสดงผ่านหน้าจอแสดงผล

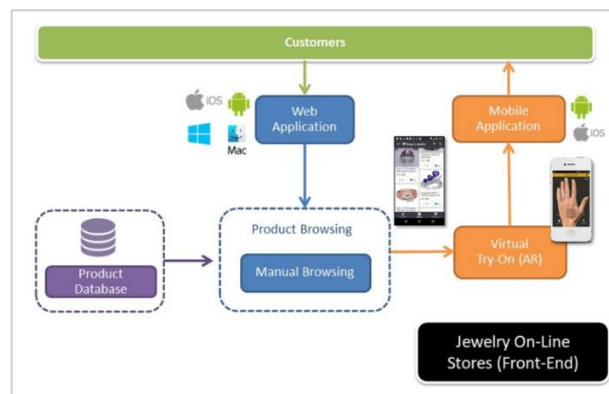
ในปัจจุบันนักวิจัยพยายามที่จะพัฒนา AR ในลักษณะที่เป็น Markerless หรือลักษณะที่ไม่ใช้ตัวระบุตำแหน่ง เพื่อลดขั้นตอนการใช้งานสำหรับผู้ใช้งาน และใช้งานได้ง่ายขึ้นแต่กระบวนการพัฒนา AR ประเภทนี้ จะมีความซับซ้อนและยากกว่าแบบใช้ตัวระบุตำแหน่ง เช่น งานวิจัยของ Yusuke et al. (2016) ในการศึกษาได้นำเสนอระบบ Augmented Reality (AR) ที่จะใช้สำหรับการบำรุงรักษาอาคารกลางแจ้ง แบบ Markerless โดยพิจารณาถึงความคล่องตัวของผู้ใช้และระยะทางสัมพันธ์กับเป้าหมายซึ่งเป็นสิ่งปลูกสร้างในลักษณะวัตถุเสมือนจริงแบบสามมิติ (Yusuke et al., 2016; Chien et al., 2016) และงานวิจัยของ Faten et al. (2016) ที่พัฒนาวิธีการในการ Tracking แบบ Markerless โดยใช้ Classifier ที่แตกต่างกัน (Khalifa et al., 2016)

3. กรอบแนวคิดของงานวิจัย

ในการพัฒนาแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่บนสมาร์ตโฟน ได้กำหนดขอบเขตการพัฒนา เพื่อใช้ในการทดลองสวมใส่สำหรับผลิตภัณฑ์แหวนและกำไลข้อมือ ซึ่งใช้อัลกอริทึมในการรู้จำวัตถุในลักษณะเดียวกัน ในที่นี้ คือนิ้วมือและข้อมือ ผ่านภาพที่ได้จากกล้องด้านหลังของสมาร์ตโฟน และแสดงผลความจริงเสริมบนจอภาพของสมาร์ตโฟน โดยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นนี้ จะไม่สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ เช่น ต่างหู เข็มกลัด หรือสร้อยคอได้ เนื่องจากจำเป็นต้องใช้อัลกอริทึมในการรู้จำวัตถุที่ต่างกัน ในกรณีนี้คือ ใบหน้า ใบหู และส่วนของลำคอ ซึ่งจะประมวลผลผ่านภาพที่ได้จากกล้องด้านหน้าของสมาร์ตโฟน

กรอบแนวคิดของงานวิจัยในการพัฒนาแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่บนสมาร์ตโฟน ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์ ระบบจัดการข้อมูลและโมเดลสามมิติของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับที่พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน และเครื่องมือในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับที่พัฒนาในรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ผู้ประกอบการอัปโหลดข้อมูลรวมทั้งโมเดลสามมิติของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับเข้าไปในฐานข้อมูลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ข้อมูลและโมเดลสามมิติของ

ผลิตภัณฑ์เครื่องประดับถูกส่งไปบนแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน และลูกค้าสามารถเลือกผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ ที่ต้องการสวมใส่ได้



รูปที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดของงานวิจัย

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ลงพื้นที่สอบถามผู้ประกอบการและเก็บรวบรวมข้อมูลในสถานประกอบการ
- 2) ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อกำหนดแนวทางในการพัฒนารูปแบบของระบบฐานข้อมูล, เว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ในการจัดการข้อมูลและโมเดลสามมิติของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนสำหรับการใช้ในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับ
- 3) ออกแบบระบบฐานข้อมูลของของลูกค้า และฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ
- 4) ออกแบบ UX/UI ของเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการข้อมูลและโมเดลสามมิติของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนทดลองสวมใส่เครื่องประดับ
- 5) พัฒนาระบบฐานข้อมูลของลูกค้า และพัฒนาระบบฐานข้อมูลของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ
- 6) พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันระบบจัดการข้อมูลและโมเดลสามมิติของผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ
- 7) พัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่สามารถทดลองสวมใส่เครื่องประดับแบบด้วยความจริงเสริม
- 8) พัฒนา API เพื่อเชื่อมต่อฐานข้อมูล เว็บแอปพลิเคชัน และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน เข้าด้วยกัน
- 9) ทดสอบการใช้งาน และนำผลการทดสอบมาทำการปรับปรุงแก้ไข

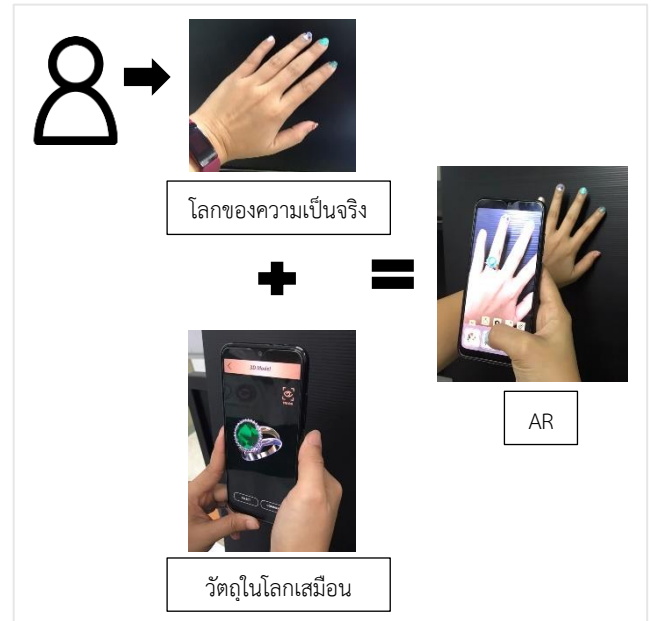
10) วิเคราะห์ วิจัย และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย

4. ผลการดำเนินงานวิจัย

ในหัวข้อนี้ กล่าวถึงผลจากการดำเนินงานวิจัยและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน โดยเน้นที่การพัฒนาแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนที่สามารถทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริม ซึ่งเป็นจุดเด่นของงานวิจัยนี้

4.1 การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่ใช้ทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริม

หลักการทำงานของแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยสมาร์ตโฟน คือ การนำภาพจากกล้องด้านหลังของสมาร์ตโฟน ในกรณีนี้ คือ ภาพมือของผู้ใช้งาน มาผนวกกับวัตถุในโลกเสมือนที่สร้างขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้แก่ แหวน และกำไลข้อมือ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นในลักษณะของการสวมใส่เครื่องประดับแหวนบนนิ้วมือแบบเสมือนจริง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถกำหนดเลือกนิ้วที่ต้องการสวมใส่ได้ และสามารถเลื่อนตำแหน่งของแหวนตามแนวแกนของนิ้วได้ เสมือนกับการสวมใส่แหวนในโลกความจริง และเช่นเดียวกันสำหรับการทดลองสวมใส่กำไลแบบเสมือนจริง ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลื่อนตำแหน่งของกำไลตามแนวแกนของข้อมือและแขนได้ เสมือนกับการสวมใส่กำไลในโลกความจริง หลักการทำงานของแอปพลิเคชัน ทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยสมาร์ตโฟน แสดงดังในรูปที่ 2 การพัฒนาฟังก์ชันต่างๆบนแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยสมาร์ตโฟนได้มาจากการสอบถามความต้องการจากผู้ประกอบการและลูกค้าผู้ใช้งาน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและสามารถใช้งานได้สะดวกด้วยมือข้างเดียว



รูปที่ 2 แสดงหลักการทำงานของ Virtual Try-on Experience Mobile Application

ขั้นตอนในการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่สามารถทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) เขียนโปรแกรมเพื่อดาวน์โหลดโมเดลสามมิติจากเซิร์ฟเวอร์ โดยใช้โปรแกรม Unity
- 2) เขียนโปรแกรมเพื่ออ่านไฟล์ข้อมูลของโมเดลสามมิติของเครื่องประดับ ที่ประกอบด้วย เมช (Mesh) และ วัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องประดับ
- 3) ทำการฝึกการเรียนรู้โมเดลสามมิติของมือและข้อมือ โดยใช้ฟังก์ชัน Model target generator ของซอฟต์แวร์ Vuforia เพื่อให้โมเดลทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริม เข้าใจรูปร่าง ลักษณะ และองค์ประกอบของวัตถุ ในที่นี้คือ มือและข้อมือ
- 4) นำข้อมูลที่ได้ออกจากการฝึกการเรียนรู้ในข้อ 3) มา นำเข้า (Import) ไปในโปรแกรม Unity
- 5) ใช้ API ของ Vuforia Model Tracking ในการตรวจจับมือ โดยสามารถแยกเป็นมือซ้ายและมือขวา ซึ่งทำการพัฒนา UI ให้สามารถเลือกมือซ้ายหรือมือขวาในการทดลองสวมใส่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 3

6) เขียนโปรแกรม เพื่อสร้างฟังก์ชันการใช้งานบนหน้าจอของแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือเครื่องประดับด้วยความจริงเสริม ดังแสดงในรูปที่ 4 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ปุ่มที่ 1 คือ ฟังก์ชันที่ใช้สำหรับปรับสเกลขนาด ย่อ-ขยาย โมเดลวัตถุในโลกเสมือน ซึ่งในที่นี้คือโมเดลสามมิติของแหวนหรือกำไล

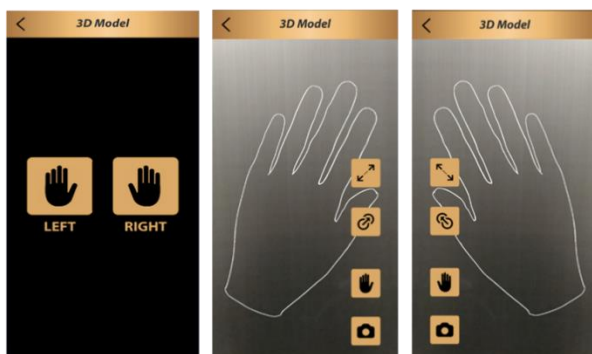
ปุ่มที่ 2 คือ ฟังก์ชันที่ใช้สำหรับเลื่อนปรับตำแหน่งของโมเดลสามมิติของแหวนหรือกำไล โดยสามารถเลื่อน ขึ้น-ลง ไปตามแกนนิ้วหรือข้อมือ

ปุ่มที่ 3 คือ ฟังก์ชันในการเลือกเปลี่ยนมือซ้าย-ขวา

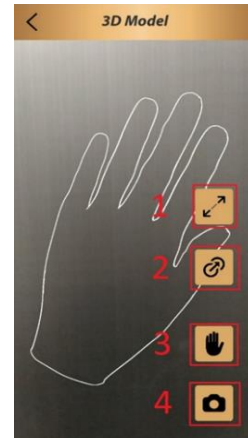
ปุ่มที่ 4 คือ ฟังก์ชันกดแคปเจอร์สกรีน และแชร์รูปภาพไปยัง Social Media ได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

7) เขียนโปรแกรมให้โมเดลสามมิติของเครื่องประดับแหวนไปปรากฏแสดงในตำแหน่งที่ต้องการบนมือที่ฟังก์ชัน Vuforia model tracking ตรวจจับได้ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ก) สามารถทดลองปรับเปลี่ยนขนาดของแหวนได้ แสดงในรูปที่ 6 (ข) และสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งหรือนิ้วที่สวมแหวนได้ ดังแสดงในรูปที่ 6 (ค)

8) ด้วยหลักการเดียวกับการพัฒนาโมดูลทดลองสวมใส่เครื่องประดับแหวน สำหรับการพัฒนาโมดูลทดลองสวมใส่เครื่องประดับกำไล เขียนโปรแกรมให้โมเดลสามมิติของกำไลไปปรากฏแสดงในตำแหน่งที่ต้องการบนข้อมือที่ Vuforia model tracking ตรวจจับได้ ดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) สามารถทดลองปรับเปลี่ยนขนาดของกำไลได้ แสดงในรูปที่ 7 (ข) และสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งของกำไลได้ ดังแสดงในรูปที่ 7 (ค)



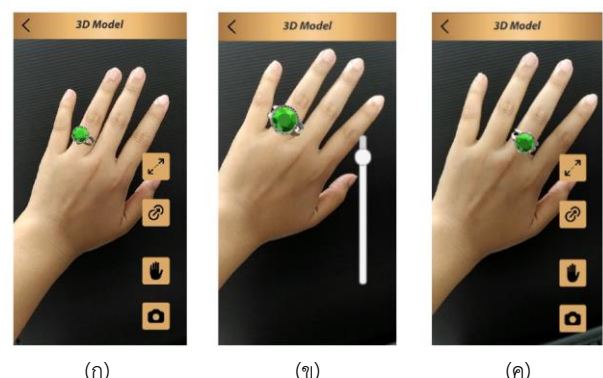
รูปที่ 3 แสดง UI ให้ผู้ใช้งานเลือกข้างมือที่ต้องการทดลองสวมใส่ และการตรวจจับมือโดยแยกเป็นมือซ้ายและมือขวา



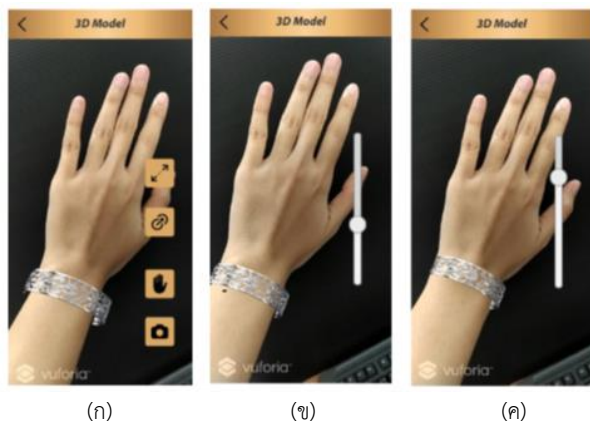
รูปที่ 4 แสดงฟังก์ชันการใช้งานบนหน้าจอแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยโทรศัพท์มือถือ



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชันกดแคปเจอร์สกรีนและสามารถแชร์รูปภาพไปยัง Social Networks



รูปที่ 6 แสดงการใช้งานแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือที่พัฒนาขึ้นเพื่อทดลองสวมใส่เครื่องประดับแหวน



รูปที่ 7 แสดงการใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่พัฒนาขึ้นเพื่อทดลองสวมใส่เครื่องประดับกำไลข้อมือ

4.2 การทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่สามารถทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริม

ในการทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับบนสมาร์ทโฟน แบ่งการทดสอบเป็น 3 หัวข้อดังต่อไปนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือ

คณะผู้วิจัยทำการทดสอบความสามารถในการตรวจจับมือและข้อมือบนพื้นสีขาว พื้นสีดำ และพื้นสีน้ำตาล โดยจัดให้มีการทดสอบในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทำการทดสอบบนแต่ละพื้นสี จำนวน 30 ครั้ง โดยจับเวลาที่อัลกอริทึมสามารถตรวจจับมือได้ มีหน่วยเป็น วินาที โดยมีผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 1

2. การนำภาพมือและข้อมือของผู้ใช้งานจากกล้องด้านหลังของสมาร์ทโฟน มาผนวกกับวัตถุในโลกเสมือนที่สร้างขึ้น คือโมเดลสามมิติของแหวนและกำไลข้อมือ ผลลัพธ์ที่ได้ คือการสวมใส่เครื่องประดับแหวนบนนิ้วมือแบบเสมือนจริง และสวมใส่กำไลบนข้อมือแบบเสมือนจริง แบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 การทดสอบความถูกต้องของการวางโมเดลสามมิติของแหวนบนนิ้วมือแต่ละนิ้วบนภาพมือของผู้ใช้งานจากกล้องด้านหลังของสมาร์ทโฟน (นิ้วชี้, นิ้วกลาง, นิ้วนาง และนิ้วก้อย ไม่รวมนิ้วโป้ง เพราะมีลักษณะของนิ้วและการสวมใส่แหวนที่แตกต่างไป) และทดสอบการวางโมเดลสามมิติของกำไลบนข้อมือ

ส่วนที่ 2 การทดสอบความถูกต้องในการเลื่อนโมเดลสามมิติของแหวนตามแกนนิ้วแต่ละนิ้ว และการเลื่อนโมเดลสามมิติของกำไลข้อมือ

ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 ทำการทดสอบในคราวเดียวกัน คือระบุตำแหน่งของโมเดลสามมิติของแหวนและกำไลข้อมือและเลื่อนไปตามแกน จำนวน 30 ครั้ง ได้ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2

3. การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน โดยมีค่าคะแนนในหัวข้อที่ประเมิน 1 ถึง 5 โดยทำการสอบถามผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องประดับ จำนวน 3 ราย และลูกค้ากลุ่มเป้าหมายจำนวน 10 ราย

แปรผลโดยใช้เกณฑ์ของ Best (1981) รายละเอียดดังนี้
ค่าเฉลี่ย 4.21 - 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.41 - 4.20 หมายถึง พึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย 2.61 - 3.40 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.81 - 2.60 หมายถึง พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00 - 1.80 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

ผู้ประกอบการ จำนวน 3 ราย ทำการทดสอบการใช้งานและประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน ได้ผลลัพธ์จากการทดสอบ ดังนี้

- ความง่ายในการใช้งาน ได้ผลการประเมิน พึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 4.67)
- ความสมจริงในการทดลองสวมใส่ ได้ผลการประเมิน พึงพอใจมาก (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 3.66)
- มีประโยชน์ในการสนับสนุนการขายสินค้า ได้ผลการประเมิน พึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 4.33)

ลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย จำนวน 10 ราย ทำการทดสอบการใช้งาน และประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน ได้ผลลัพธ์จากการทดสอบ ดังนี้

- ความง่ายในการใช้งาน พึงพอใจมาก (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 4.20)
- ความสมจริงในการทดลองสวมใส่ พึงพอใจมาก (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 3.70)
- ช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจซื้อสินค้า พึงพอใจมากที่สุด (ค่าเฉลี่ยจากการประเมิน 4.30)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือ

สีของพื้นหลัง	ค่าเฉลี่ยเวลาในการตรวจจับมือและข้อมือ (หน่วย เป็น วินาที)
พื้นสีขาว	0.53
พื้นสีดำ	0.75
พื้นสีน้ำตาล	1.13

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการนำภาพมือและข้อมือของผู้ใช้งานจากกล้องด้านหลังของสมาร์ทโฟน มาผนวกกับโมเดลสามมิติของแขนและกำไลข้อมือและเลื่อนไปตามแกน

นิ้ว	จำนวนครั้งที่ตำแหน่งถูกต้อง	คิดเป็นร้อยละ
นิ้วชี้	28	93.33 %
นิ้วกลาง	30	100.00 %
นิ้วนาง	29	96.67 %
นิ้วก้อย	26	86.67 %
ข้อมือ	30	100.00%

4.3 วิจารณ์ผลการดำเนินงาน

จากผลการทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันทดลองสวมใส่เครื่องประดับบนสมาร์ทโฟน พบว่า ความเปรียบต่าง (Contrast) ระหว่างสีของมือและข้อมือกับสีของพื้นหลัง ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของอัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือ หากใช้สีพื้นหลังเป็นสีขาว อัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือจะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับสูงกว่าใช้พื้นหลังสีดำและสีน้ำตาล สาเหตุเกิดจากค่าความเปรียบต่าง (Contrast) ระหว่างสีของมือและข้อมือกับสีของพื้นหลังที่สูงกว่า ทำให้สามารถตรวจจับมือและข้อมือได้ง่ายและใช้เวลาสั้นกว่า

อีกทั้ง พบว่า หากมีแสงเงาบริเวณ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของอัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือ ทำให้การตรวจจับมือและข้อมือทำได้ยากขึ้น ดังนั้น การนำไปใช้งานควรพิจารณาในเรื่องสภาพแวดล้อมของแสงประกอบ ควรวางมือทาบบนพื้นหรือผนัง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดเงาของมือ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานของอัลกอริทึมได้

ลักษณะรูปร่างของกรอบรูปของมือและข้อมือ ถูกพัฒนาโดยให้มีการวางมือในตำแหน่งที่เป็นธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ลักษณะของมือของผู้ใช้งานมีความแตกต่างหลากหลาย ส่งผล

ให้ อัลกอริทึมใช้เวลาในการตรวจจับมือของแต่ละคนแตกต่างกันไป หากลักษณะของมือของผู้ใช้งานใกล้เคียงกับกรอบรูปของมือ อัลกอริทึมจะใช้เวลาในการตรวจจับมือได้สั้นกว่าการตรวจจับมือของผู้ใช้งานที่มีลักษณะแตกต่างจากกรอบรูปของมือ ดังนั้น ในอนาคตจะมีการพัฒนาต่อยอดในการใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence) เพิ่มเติม หรือการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) เพื่อไม่ใช้กรอบรูปของมือเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจจับมือ

สำหรับการทดสอบความถูกต้องของการวางโมเดลสามมิติของแขนบนนิ้วมือแต่ละนิ้ว (ยกเว้นนิ้วโป้ง) บนภาพมือของผู้ใช้งานจากกล้องด้านหลังของสมาร์ทโฟน และทดสอบการวางโมเดลสามมิติของกำไลบนข้อมือบนภาพข้อมือของผู้ใช้งานจากกล้องด้านหลังของสมาร์ทโฟน และการทดสอบความถูกต้องในการเลื่อนโมเดลสามมิติของแขนตามแกนนิ้วแต่ละนิ้ว และการเลื่อนโมเดลสามมิติของกำไลข้อมือ จะพบว่า อัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องแม่นยำค่อนข้างสูงในเรื่องของการวางโมเดลสามมิติของแขน ร้อยละ 94.17 และของกำไลข้อมือ ร้อยละ 100 บนตำแหน่งแกนและพิกัดบนภาพมือและข้อมือของผู้ใช้งาน เนื่องจากหากผู้ใช้งานวางมือและข้อมือตามกรอบรูปของมือได้ถูกต้องแล้ว จะเป็นการกำหนดแกนและจุดพิกัดบน Coordinate บนจอสัมผัส (Touch screen) ของสมาร์ทโฟน เมื่อผู้ใช้งานกดสัมผัสระบุตำแหน่งนิ้วมือที่ต้องการบนจอสัมผัสของสมาร์ทโฟน โมเดลสามมิติของแขนจะปรากฏที่ตำแหน่งนั้นได้ถูกต้องแม่นยำ และสามารถเคลื่อนตามแกนของนิ้วมือได้ถูกต้องเช่นกัน ส่วนการกำหนดระบุตำแหน่งของโมเดลสามมิติของกำไล มีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาการทดสอบความถูกต้องของการวางโมเดลสามมิติของแขนบนนิ้วมือแต่ละนิ้ว พบว่า การทดลองบนตำแหน่งนิ้วกลางมีความถูกต้องร้อยละ 100 เนื่องจากตำแหน่งของนิ้วกลางเป็นศูนย์กลางของโครงสร้างของมือ โมเดลสามมิติของแขนจะอยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางของโครงสร้างของมือ และตั้งฉากกับการรับภาพของกล้อง จึงแสดงผลลัพธ์ที่ถูกต้อง

ส่วน นิ้วชี้ นิ้วนางและนิ้วก้อย ทำมุมองศาเอียงออกจากนิ้วกลางแตกต่างกันไป ส่งผลต่อองศาการวางโมเดลสามมิติของแขนบนภาพนิ้วดังกล่าว ทำให้ตำแหน่งและองศาของโมเดลสามมิติของแขนเกิดการคลาดเคลื่อนจากรูปแบบการสวมใส่ตามความเป็นจริง เนื่องจากอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นมานี้ เป็นการ

ตรวจจับมือและข้อมือ ที่ยังไม่สามารถตรวจจับนิ้วมือได้โดยอิสระ จึงทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนเมื่อใช้ในการสวมใส่แหวนบนนิ้วก้อยสูงกว่านิ้วอื่นๆ เพราะทำมุมมองจากแกนกลาง ที่มากกว่านิ้วอื่นๆ

จากผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน พบว่า แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น มีความง่ายในการใช้งานที่น่าพึงพอใจมากที่สุดและมาก ในฝั่งของผู้ประกอบการและลูกค้ากลุ่มเป้าหมายตามลำดับ เนื่องจากคณะผู้วิจัยพยายามลดขั้นตอนการใช้งานของระบบให้ได้มากที่สุด และออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User interface) ให้ผู้ใช้งานเข้าใจการทำงานได้โดยง่ายผ่านภาพกราฟิกไอคอน ซึ่งคณะผู้วิจัยจะศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ โดยคำนึงถึงสัญญาณในการรับรู้ของผู้ใช้งาน เพื่อนำมาปรับปรุงเพิ่มเติมให้ใช้งานได้ง่ายมากขึ้น

ความสมจริงในการทดลองสวมใส่ เกิดจากการให้แสงและเงา (Rendering) ของโมเดลสามมิติของแหวนและกำไล เนื่องจากสินค้าอัญมณีและเครื่องประดับมีความแวววาว และสะท้อนแสง ที่มีความเฉพาะตัว ซึ่งมีความยากในการให้แสงและเงา ในส่วนนี้ คณะผู้วิจัยจะมีการปรับปรุงพัฒนาต่อไป

ผู้ประกอบการและลูกค้ากลุ่มเป้าหมาย ได้ทำการประเมินผลแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น มีความพึงพอใจมากที่สุด ในประเด็นเรื่องประโยชน์ในการสนับสนุนการขายสินค้าและช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อ หากได้ทดลองสวมใส่ทางออนไลน์ก่อนการซื้อ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ ซึ่งจะพัฒนาต่อยอดให้มีความง่ายในการใช้งาน และมีความสมจริงในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับมากยิ่งขึ้นต่อไป

ส่วนการวิเคราะห์ในเรื่องพฤติกรรมของผู้ใช้งานในเชิงลึกจะอยู่ในขั้นตอนของการนำแอปพลิเคชันไปทดลองกับตลาดกลุ่มเป้าหมายในงานวิจัยต่อยอดเชิงพาณิชย์ต่อไป

5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

บทความนี้ ได้นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนเพื่อใช้ในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับแหวนและกำไลข้อมือด้วยกล้องด้านหลังของสมาร์ตโฟน โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) จุดเด่นของการพัฒนา

แอปพลิเคชันการทดลองสวมใส่เครื่องประดับด้วยความจริงเสริมนี้ คือ การพัฒนาในรูปแบบไม่ใช้ตัวระบุตำแหน่ง ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องนำแผ่นกระดาษหรือวัสดุอื่นๆ มาสวมบนนิ้วหรือข้อมือ ที่ต้องการทดลองสวมใส่ เพื่อเป็นการระบุตำแหน่งให้อัลกอริทึมนำโมเดลสามมิติของแหวนหรือกำไลมาวางบนตำแหน่งที่ต้องการสวมใส่ เพื่อลดความยุ่งยากให้กับผู้ใช้งาน

อัลกอริทึมในการรับรู้มือและข้อมือมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถตรวจจับมือและข้อมือได้อย่างรวดเร็วโดยใช้เวลาน้อยที่สุด คือ 0.53 วินาที โดยเฉลี่ย เมื่อใช้พื้นหลังเป็นสีขาว และมีความถูกต้องแม่นยำในเรื่องของการวางโมเดลสามมิติของแหวนบนตำแหน่งของนิ้วมือ ร้อยละ 94.17 โดยเฉลี่ย ส่วนความถูกต้องแม่นยำในเรื่องของการวางโมเดลสามมิติของกำไลบนตำแหน่งของข้อมือ ร้อยละ 100 จากการทดสอบการใช้งานกับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ ผู้ประกอบการจำหน่ายเครื่องประดับและลูกค้าผู้ซื้อ พบว่า มีความพึงพอใจมากในเรื่องของความง่ายในการใช้งาน ความสมจริงในการทดลองสวมใส่ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างความมั่นใจในการตัดสินใจซื้อสินค้า

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนเพื่อใช้ในการทดลองสวมใส่เครื่องประดับนี้ ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการธุรกิจเครื่องประดับและลูกค้าเป็นอย่างสูง เนื่องจากสามารถใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การสนับสนุนขายสินค้าเครื่องประดับทางออนไลน์และช่วยในการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า

อย่างไรก็ตาม ในอนาคต คณะผู้วิจัยจะมีการพัฒนาอัลกอริทึมที่สามารถตรวจจับนิ้วมือได้ ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งและการหมุนของโมเดลสามมิติของแหวนถูกต้องมากยิ่งขึ้น และพัฒนาการเรนเดอร์ให้แสงเงากับโมเดลสามมิติของเครื่องประดับมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง จะมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อรองรับการใช้งานทดลองสวมใส่กับเครื่องประดับประเภทอื่นๆ เช่น ต่างหู และสร้อยคอ เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) งบประมาณประจำปี 2562 รหัสโครงการวิจัย RDG62T0040 ขอขอบคุณ

ผู้ประกอบการที่เข้าร่วมโครงการวิจัยและให้การสนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อม

7. เอกสารอ้างอิง

- Chatzopoulos, D., Bermejo, C., Huang, Z., & Hui P. (2017). Mobile Augmented Reality Survey: From Where We Are to Where We Go. *IEEE Access*, 5, 6917–6950.
- Foxlin, E., Altshuler, Y., Naimark, L., & Harrington, M. (2004). Flight Tracker: A Novel Optical/Inertial Tracker for Cockpit Enhanced Vision. *Third IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 212–221). Arlington, VA, USA. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2004.32>
- Gans, E., Roberts, D., Bennett, M., Towles, H., Menozzi, A., Cook, J., & Sherrill, T. (2015). Augmented reality technology for day/night situational awareness for the dismounted Soldier. *International Society for Optics and Photonics*, 9470, 947004.
- Klopper, E., Perry, J., Squire, K., Jan, M.-F., & Steinkuehler, C. (2015). Mystery at the museum: a collaborative game for museum education. *Proceedings of the 2005 Conference on Computer Support for Collaborative Learning*. (pp. 316–320). Taipei, Taiwan. <https://doi.org/10.3115/1149293.1149334>
- Pretto, F., Manssour, I. H., Lopes, M. H. I., da Silva, E. R., & Pinho, M. S. (2009). Augmented reality environment for life support training. *Proceedings of the 2009 ACM symposium on Applied Computing - SAC* (pp. 836–841). Honolulu, Hawaii, USA. <https://doi.org/10.1145/1529282.1529460>
- Khalifa, F. A., Sema, N. A., El-Sayed, H. M., & Hadhoud, M. M. (2016). Markerless Tracking for Augmented Reality Using Different Classifiers. Springer.
- Nakamura, H., & Miyashita H. (2010). *Control of augmented reality information volume by glabellar fader*. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1785455.1785475>
- Dacre, K., & Urwin, R. (2018). *Magic mirrors, 25 staircases and a giant 22ft screen - Burberry flagship store lands in Regent Street | London Evening Standard*. <https://www.standard.co.uk/news/london/magic-mirrors-25-staircases-and-a-giant-22ft-screen-burberry-flagship-store-lands-in-regent-street-8134688.html>
- Livingston, M. A., Rosenblum, L. J., Julier, S. J., Brown, D., Baillet, Y., Swan, L. J., E., Gabbard, J. L., & Hix, D. (2005). *An Augmented Reality System for Military Operations in Urban Terrain*. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA499032>
- Bajura, M., Fuchs, H., Ohbuchi, R., Bajura, M., Fuchs, H., & Ohbuchi, R. (1992). Merging virtual objects with the real world. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 26(2), 203–210.
- Billinghurst, M., & Duenser, A. (2012). Augmented Reality in the Classroom. *Computer (Long Beach, Calif)*, 45(7), 56–63.
- Billinghurst, M., Hakkarainen, M., & Woodward, C. (2008). Augmented assembly using a mobile phone. *Proceedings of the 7th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia - MUM '08* (pp. 167–168). Cambridge, UK. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637349>
- Hakkarainen, M., & Woodward, C. (2005). SymBall: camera driven table tennis for mobile phones. In *ACM International Conference Proceeding Series*, 265, 391–392.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Innovations in smart learning*, 2017, 13–18.
- Farrington, P., Nemhard, H., Sturrock, D. T., Evans, G. W., & Standridge, C. R. (1999). A Tutorial On Simulation in Health Care: Applications and Issues. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference* (pp. 49–55). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/324138.324149>
- Cavallaro, R., Cavallaro, R., Hybinette, M., & White, M. (2011). Augmenting live broadcast sports with 3D tracking information. *IEEE MultiMedia*, 18(4), 38.
- Varadarajan, R., Srinivasan, R., Vadakepatt, G. G., Yadav, M. S., Pavlou, P. A., Krishnamurthy, S., & Krause, T. (2010). Interactive technologies and retailing strategy: A review, conceptual framework and future research directions. *Journal of Interactive Marketing*, 24(2), 96–110.
- Wen, R., Tay, W.-L., Nguyen, B. P., Chng, C.-B., & Chui, C.-K. (2014). Hand gesture guided robot-assisted surgery based on a direct augmented reality interface. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 116(2), 68–80.

Chien, S., Choo, S., Schnabel, M. A., Nakapan, W. M., Kim, J., Roudavski, S. (Eds.). (2016). Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing. *Proceedings of the 21st International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2016)* (pp. 918). The University of Melbourne, Australia. http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2016_000.pdf

Henderson, S. J., & Feiner, S. K. (2011). Augmented reality in the psychomotor phase of a procedural task. *Proceedings of the 2011 10th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality* (pp. 191–200). Basel, Switzerland. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2011.6092386>

Yohan, S. J., Yohan, S. J., Julier, S., Baillot, Y., Lanzagorta, M., Brown, D., & Rosenblum, L. (2000). *Bars: Battlefield augmented reality system*. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.5064&rep=rep1&type=pdf>

Webel, S., Bockholt, U., Engelke, T., Gavish, N., Olbrich, M., & Preusche, C. (2013). An augmented reality training platform for assembly and maintenance skills. *Robotics and Autonomous Systems*, 61(4), 398–403.

Yusuke, S., Fukuda, T., Yabuki, N., Michikawa, T., & Motamedi, A. (2016). A Marker-less Augmented Reality System using Image Processing Techniques for Architecture and Urban Environment. *Proceedings of the 21st International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2016)* (pp. 713-722). Hong Kong. http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2016_713.pdf

Piekarski, W., & Thomas, B. (2002). ARQuake: the outdoor augmented reality gaming system. *Communications of the ACM*, 45(1), 36-38.

8. ประวัติผู้เขียนบทความ



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมลักษณ์ วรณม
กียะลาว่าสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาห
การ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษ
ระดับปริญญาโท สาขา Manufacturing
Systems Engineering และระดับปริญญาเอก Doctor of Engineering
สาขา Design and Manufacturing Engineering จาก สถาบัน Asian
Institute of Technology หลังจากนั้น ได้รับทุนสนับสนุนเพื่อทำ Post
doctoral research ในสาขา Jewelry Engineering ณ สถาบัน

Politecnico di Torino ประเทศอิตาลี เริ่มรับราชการเป็นอาจารย์ประจำ
สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นครสวรรค์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 โดยมีผลงานวิจัยทางด้าน การพัฒนาระบบ
ออกแบบอัตโนมัติ (Generative Design), การออกแบบผลิตภัณฑ์
(Product Design), การออกแบบเชิงพารามิเตอร์ (Parametric Design)
และ Artificial Intelligence for Product Design



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์วุฒิ ริยะมงคล
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรม
ศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาระดับ
ปริญญาโท Master of Science in Electrical
and Computer Engineering และระดับปริญญาเอก Ph.D. in
Electrical and Computer Engineering จาก University of Miami
เริ่มรับราชการเป็นอาจารย์ประจำสังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและ
คอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ตั้งแต่ปี พ.ศ.
2539 โดยมีผลงานวิจัยทางการประมวลผลภาพและปัญญาประดิษฐ์



นายรัฐภูมิ วรรณสาสน์ สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท Master of
Engineering สาขา Computer Science จาก
สถาบัน Asian Institute of Technology ปัจจุบัน
เป็นอาจารย์ประจำสังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ มีผลงานวิจัยทางด้าน Computer
Vision, Digital Image Processing, Artificial Intelligence และ
Human-Computer Interaction



นายปิยะรัช ธรรมวัฒนกุล จบการศึกษา
ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิทยาการ
คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ ผลงานวิจัยที่
ผ่านมานั้นเน้นด้านการประมวลผลด้วยภาพและ
การพัฒนาแอปพลิเคชันด้านความจริงเสมือน
และความจริงเสริม ปัจจุบันเป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรม
คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์



มหาวิทยาลัยนเรศวร

นายพงศกร ศิริคำน้อย จบการศึกษา
ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปัจจุบันทำงานตำแหน่งนักวิชาการ
คอมพิวเตอร์ สังกัดสำนักหอสมุด



นางสาวสุนิษา แสนศรี จบการศึกษา
ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัย
นเรศวร ผลงานวิจัยที่ผ่านมาจะเน้นด้าน ระบบออกแบบอัตโนมัติ
(Generative Design) ปัจจุบันทำงานตำแหน่งนักวิจัย สังกัดคณะ
โลจิสติกส์และดิจิทัลซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยนเรศวร