

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนมือถือ สำหรับการอ่านแบบรูป 2 มิติ Application of Mobile Augmented Reality for 2D Drawing Reading

ณรงกรณ์ ว่องไว¹ และ วิทยา ศรีสมบุญ^{2*}

¹อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

²อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

Narongrit Wongwai¹ and Wittaya Srisomboon^{2*}

¹Lecturer, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
Sriracha Campus, Chonburi, Thailand, 20230

²Lecturer, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University
Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon,
Thailand, 47000

*Email: fsewys@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling ; BIM) กับความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality ; AR) สำหรับช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติจากกระดาษ ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้อย่างแพร่หลาย แต่ยังคงมีปัญหาเรื่องประสิทธิภาพการสื่อสารระหว่างทีมที่เกี่ยวข้องซึ่งต้องใช้จินตนาการและทักษะเชิงพื้นที่แปลงจากรูป 2 มิติเป็น 3 มิติ โดยใช้ Autodesk Revit ในการสร้างและเพิ่มเติมข้อมูลในแบบจำลองกับการใช้แอปพลิเคชัน Augin ในการนำเสนอรูปแบบความเป็นจริงเสริม โดยมีการประเมินความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถามกับนิสิตวิศวกรรมโยธา 75 คน โดยใช้บ้านพักอาศัย 2 ชั้น คอนกรีตเสริมเหล็กเป็นกรณีศึกษา จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยมและความเหมาะสมของ AR โดยการซ้อนทับแบบจำลองเสมือน 3 มิติบนกระดาษแบบรูป 2 มิติ ผลสรุปความพึงพอใจ 5 ลำดับแรก คือ 1) การแสดงสิ่งก่อสร้างในมุมมอง 3 มิติ 2) การแสดงข้อมูลรายละเอียดส่วนต่าง ๆ ของสิ่งก่อสร้าง 3) การแสดงลำดับการก่อสร้าง 4) การ

เพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารในโครงการ และ 5) การแสดงตำแหน่งของสิ่งก่อสร้าง โดยคะแนนรวมเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (4.23/5)

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร , ความเป็นจริงเสริม , แบบรูป 2 มิติ

Abstract

This study presents the use of Building Information Modeling (BIM) and Augmented Reality (AR) applications to help facilitate the 2D drawing reading from papers. Reading 2D drawings is widely accepted. However, it causes communication problems among stakeholders as they must use their imagination and spatial skills to convert from 2D to 3D. Autodesk Revit was used to create a 3D model and add additional details to it. Augin application, an AR visualization tool, was later used to create the AR. This study asked 75 civil engineering students to appraise a 2-story residential house with a reinforced concrete AR-created model. A questionnaire was employed to evaluate their satisfaction with the AR model. The results showed that the AR model was efficient and suitable as it superimposed virtual 3D models on 2D drawing paper. The top five satisfactions with the AR model were 1) presenting the building in 3D view, 2) providing building information in detail, 3) offering the construction sequences, 4) improving communication effectiveness, and 5) showing the building component's location. The average overall satisfaction score was extremely satisfactory (4.23/5).

Keywords: Building Information Modeling (BIM), Augmented Reality, 2D Drawing

Received: August 31, 2022; **Revised:** October 31, 2022; **Accepted:** December 1, 2022

1. บทนำ

การก่อสร้างเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน และเกี่ยวข้องกับงานที่มีความซับซ้อนจำนวนมาก เพื่อให้มั่นใจว่ามีความปลอดภัยกับผู้ใช้งาน การออกแบบและการก่อสร้างต้องปฏิบัติตามข้อบังคับต่าง ๆ เช่น กฎหมายควบคุมอาคาร และดำเนินงานภายใต้กรอบของกฎหมาย ที่มีสถาปนิกและวิศวกร ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบสื่อสารงานที่ออกแบบและรับรองในขั้นตอนการก่อสร้างโดยรวมแต่ละทีม ได้แก่ สถาปนิก วิศวกร และผู้รับเหมา มีหน้าที่ตามกฎหมาย ด้วยเหตุผลดังกล่าว ข้อมูลการออกแบบระหว่างแต่ละทีมจะต้องถูกโอนถ่ายและสื่อสารให้ชัดเจนด้วยวิธีหรือเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ (Côté et al, 2013) ปัจจุบันแบบรูป 2 มิติ (2D Drawing) ยังคงได้รับความนิยมใช้เป็นวิธีและเครื่องมือในการสื่อสารในโครงการก่อสร้างเพราะใช้กันมานานจึงเกิดความคุ้นเคยและมีกฎหมาย

รองรับ มีทั้งรูปแบบกระดาษหรือแบบดิจิทัล อย่างไรก็ตามเนื่องจากแบบรูปของแต่ละโครงการก่อสร้างมีจำนวนมากและบางส่วนมีความเป็นนามธรรมสูง ทำให้การส่งต่อข้อมูลระหว่างผู้ออกแบบ เจ้าของงานและผู้รับเหมาเป็นสิ่งที่ท้าทาย เพราะแบบรูปเป็นการนำเสนอวัตถุ 3 มิติ จากการแสดงภาพแบบรูป 2 มิติ หลาย ๆ ภาพ และแบบรูปแต่ละแผ่นจะอ้างถึงแบบรูปอื่น ๆ ในกลุ่มงานเดียวกันโดยใช้สัญลักษณ์มาตรฐาน ได้แก่ ผังพื้น รูปด้าน รูปตัด รูปขยาย การทำความเข้าใจแบบรูปใด ๆ จึงเป็นสิ่งที่ยากและซับซ้อนสำหรับบุคคลที่ไม่มีพื้นฐานหรือขาดประสบการณ์ในการอ่านแบบรูปซึ่งต้องใช้สมาธิและความพยายามอย่างต่อเนื่อง โดยการนำแบบรูปที่เกี่ยวข้องกันจำนวนมากมาประกอบรวมกันในความจำ โดยใช้จินตนาการและการฉายเป็นภาพ 3 มิติ (Côté et al, 2013) ปัญหาหลักของแบบรูป 2 มิติ คือ ไม่สามารถช่วยทำให้เห็นภาพและเข้าใจเจตนาของการออกแบบโครงการอย่างชัดเจน เหมาะสม ดังนั้น จึงต้องใช้เวลานานในการประสานงานการออกแบบ (Zaki & Khalil, 2015) นอกจากนี้ช่วงก่อนการก่อสร้าง การรวมแบบรูป 2 มิติ ของกลุ่มงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้าง จะถูกใช้เพื่อตรวจหาปัญหาที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การทบทวนการใช้พื้นที่ การตรวจวัดขนาดองค์ประกอบอาคาร และการตรวจสอบการชนกันของระบบประกอบอาคาร การตรวจสอบความสามารถในการสร้างได้ อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบปัญหาเหล่านี้จากแบบรูป 2 มิติ มีประสิทธิภาพต่ำมาก และวิศวกรแต่ละคนก็มีแนวคิดเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันนำไปสู่การประสานงานที่ยากลำบากมากขึ้น (Yang et al, 2013) ในระหว่างการก่อสร้าง แบบรูปขยายสำหรับก่อสร้าง (2D Shop Drawing) 2 มิติ เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับวิศวกรที่อยู่ในสถานที่ก่อสร้าง ผู้จัดการโครงการและวิศวกรมักใช้แบบรูปขยายสำหรับก่อสร้าง 2 มิติ สำหรับโครงการก่อสร้าง อย่างไรก็ตามวิศวกรต้องใช้ระยะเวลานานในการค้นหาแบบรูปที่ต้องการ เพราะโครงการก่อสร้างมีแบบรูปขยายสำหรับก่อสร้างจำนวนมาก อีกทั้งยังอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรในการทำความเข้าใจรายละเอียดของแบบรูปขยายสำหรับก่อสร้างด้วย (Su et al, 2013) นอกจากนี้ วรานนท์ คงสง และ ชัยวัฒน์ ภูวรกุลชัย (2562) ได้ศึกษาสาเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้างจากการวิเคราะห์ด้วยดัชนีความสำคัญสัมพันธ์ โดยการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างจำแนกตามหน้าที่ ได้แก่ ผู้ว่าจ้าง ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน และผู้รับจ้าง ในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และงานสัมมนาวิชาการ รวมทั้งหมด 89 ตัวอย่าง จากผลการศึกษาพบว่าสาเหตุจากกระบวนการตัดสินใจที่ล่าช้าและความผิดพลาดจากการสื่อสารระหว่างผู้ว่าจ้างและผู้รับจ้าง ถูกจัดให้อยู่ลำดับที่ 2 และ 5 ตามลำดับจากทั้งหมด 25 มูลเหตุ เช่นเดียวกับ Zidane & Andersen (2018) ได้ศึกษา รวบรวม วิเคราะห์และสรุปปัจจัยที่ทำให้โครงการก่อสร้างเกิดความล่าช้าจากผลงานวิจัย 103 บทความทั่วโลก พบว่าปัจจัยเรื่องการสื่อสารและการประสานงานระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ อยู่ในลำดับที่ 15 จากปัจจัยทั้งหมด 33 ปัจจัย อีกด้วย

จากข้อจำกัดของแบบรูป 2 มิติ และความสำคัญของการสื่อสารระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องในโครงการก่อสร้าง ที่กล่าวมาข้างต้น ทั้งในช่วงการออกแบบ การผลิตแบบ ก่อนการก่อสร้าง และระหว่างการก่อสร้าง ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling ; BIM) มาประยุกต์ใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality ; AR) เพื่อช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยนำข้อดีของ BIM ได้แก่ กระบวนการทำงานที่เป็นระบบ ลดความซ้ำซ้อน การแก้ไขหรือเพิ่มเติมข้อมูลทำได้ง่าย แบบจำลองที่ได้ประกอบด้วยข้อมูลกราฟิกทั้ง 2 มิติ 3 มิติ และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิกที่ช่วยสนับสนุนการทำงาน การตัดสินใจในโครงการก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบจนถึงการก่อสร้างและในส่วน

ของ AR ได้แก่ การซ้อนทับแบบจำลอง 3 มิติ บนแบบรูป 2 มิติ การทำให้เห็นภาพเสมือนลำดับการก่อสร้าง และการปรับปรุงการทำงานร่วมกันและการสื่อสาร เนื่องจากอุตสาหกรรมก่อสร้างของไทยส่วนใหญ่ยังคงใช้แบบรูป 2 มิติ เป็นสื่อกลางหลักในการสื่อสารระหว่างผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้าง สำหรับวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ ของโครงการก่อสร้าง โดยการพัฒนาจากการประเมินความพึงพอใจ

2. ทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของการประยุกต์ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร กับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนมือถือสำหรับแบบรูป 2 มิติ มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แบบรูป 2 มิติ (2D Drawing)

แบบรูป 2 มิติ เป็นการแสดงภาพแนวระนาบของอาคารหรือส่วนประกอบโครงสร้างที่มีเฉพาะขนาดของแนวตั้ง (แกน Y) และขนาดของแนวนอน (แกน X) เช่น ภาพถ่าย และยังคงเป็นรูปแบบหลักในการส่งถ่ายข้อมูลในโครงการก่อสร้าง แบบรูปในรูปแบบกระดาษหรือแบบรูปดิจิทัลถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อถ่ายทอดการจัดพื้นที่ของส่วนประกอบภายในโครงการและเพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่าง ทีมสถาปัตยกรรม วิศวกรรมและการก่อสร้าง ตลอดจนวงจรชีวิตของโครงการ ทักษะเชิงพื้นที่ (spatial skill) เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการอ่านและทำความเข้าใจแบบรูป โดยช่วยให้ผู้อ่านแบบสร้างจินตนาการในเรื่องการแปลงวัตถุ 3 มิติจากการฉายภาพ 2 มิติ (Wen et al, 2021)

ข้อดีของแบบรูป 2 มิติ คือ ถูกนำมาใช้กับองค์กรและโครงการก่อสร้างเป็นเวลาหลายปีและทุกคนคุ้นเคย เพราะเป็นวิธีการหลักของงานเอกสารข้อมูลการออกแบบมาอย่างยาวนานและราคาในการผลิตแบบถูก เนื่องจากแบบก่อสร้างเป็นเอกสารก่อสร้างตามกฎหมาย มีข้อกำหนดบังคับแนบมากับเอกสารเหล่านี้ รวมถึงการกำหนดขนาดที่แม่นยำ (ความสูง ความยาว ความกว้าง และระยะทาง) ข้อเสียของโครงการก่อสร้างที่ใช้แบบรูป 2 มิติ คือ ส่วนใหญ่แบบร่างกับแบบก่อสร้างขั้นสุดท้ายจะมีความแตกต่างกันมากเพราะว่าการตีความที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคลจากแบบร่างผ่านกระบวนการออกแบบนอกจากนี้ต้องทำเอกสารข้อมูลค่าใช้จ่าย การวิเคราะห์ต่าง ๆ ด้วยมือ ซึ่งต้องใช้เวลานานมีความผิดพลาดของบุคคล คำนวณปริมาณงานไม่ถูกต้องและการกลับมาแก้ไขใหม่ในช่วงการก่อสร้างระดับความเข้าใจที่ทีมออกแบบนำเสนอถูกจำกัดด้วยเอกสาร 2 มิติ ซึ่งนำไปสู่การตีความผิดพลาดและเกิดปัญหาการประสานงาน ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนซึ่งผู้เกี่ยวข้องทุกคนอาจไม่ตีความแบบรูป 2 มิติ ไปในทางเดียวกัน (Nemati & Engman Otréus, 2022)

2.2 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling; BIM)

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร คือ กระบวนการสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบบจำลองอาคารประกอบขึ้นจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร เช่น เสา คาน พื้น ผนัง ประตู หน้าต่าง ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านี้ ประกอบด้วย ข้อมูลกราฟิก (graphic) ทั้ง 2 มิติและ 3 มิติ เช่น ขนาด ระยะ สี วัสดุ และข้อมูลที่ไม่ใช่กราฟิก (non-graphic) เช่น ราคา รุ่น ผู้ผลิต เป็นต้น และเก็บแบบจำลองอาคารพร้อมทั้งข้อมูล

สารสนเทศทั้งหมดรวมไว้ที่ฐานข้อมูลกลางของระบบ นอกจากนี้ BIM สามารถแสดงผลให้อยู่ในรูปของมุมมองลักษณะต่าง ๆ ที่เหมาะสมตามการใช้งาน ได้แก่ มุมมองแบบรูป 2 มิติ ได้แก่ ผังพื้น รูปด้าน รูปตัด หรือมุมมองรูป 3 มิติ ได้แก่ รูปทัศนียภาพ การแสดงผลในรูปแบบตารางรายการข้อมูลต่าง ๆ เช่น จำนวน พื้นที่และปริมาณวัสดุ เนื่องจาก BIM จัดเก็บข้อมูลทั้งหมดอยู่ในฐานข้อมูลกลาง ดังนั้น เมื่อผู้ใช้งานเปลี่ยนแปลงแก้ไขส่วนใดในแบบจำลองอาคาร การแก้ไขก็จะส่งผลไปยังฐานข้อมูลกลาง ทำให้การแสดงผลแบบจำลองอาคารในทุกมุมมองที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย นอกจากนี้ BIM ยังมีการสร้างความสัมพันธ์ด้านตัวแปรเสริม (parameter) ระหว่างองค์ประกอบในแบบจำลองอาคาร ทำให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดและระยะต่าง ๆ ของงานออกแบบได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น เนื่องจากการทำงานด้วยระบบ BIM มีซอฟต์แวร์จากหลาย ๆ บริษัทผู้พัฒนา เช่น ArchiCAD, Autodesk Revit, Solibri Model Checker, Solibri Model Viewer, Tekla Structure และ Vectorworks เพื่อความสะดวกในการส่งถ่ายข้อมูลหรือการทำงานร่วมกัน (interoperability) ของแต่ละซอฟต์แวร์จำเป็นรองรับมาตรฐานข้อมูลกลาง (Industry Foundation Classes ; IFC) ซึ่งพัฒนาโดยหน่วยงานชื่อ buildingSMART (สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2558)

การทำงานด้วยระบบ BIM โดยเฉพาะช่วงการสร้างแบบจำลองและการบันทึกข้อมูลลงในแบบจำลอง จำเป็นต้องระบุระดับในการพัฒนา (Level of Development ; LOD) เพื่อให้ทุกฝ่ายสามารถสื่อสารและรับส่งข้อมูลในการทำงานร่วมกัน รวมถึงสามารถส่งต่อข้อมูล ตั้งแต่เริ่มงานไปตลอดทั้งโครงการ โดยการกำหนดระดับชั้น LOD ในต่างประเทศมีการกำหนดเป็นค่าตัวเลขระดับต่าง ๆ เช่น LOD100 ถึง LOD500 เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยกำหนด LOD ตามขั้นตอนการทำงาน และกำหนดเป็นค่าตัวเลขกำกับไว้ เป็น 5 ระดับ ดังนี้

- 1) ขึ้นแบบร่างเบื้องต้น (schematic design) หรือ LOD100
- 2) ขึ้นพัฒนาแบบรายละเอียด (design development) หรือ LOD200
- 3) ขึ้นแบบก่อสร้าง (construction documents) หรือ LOD300
- 4) ขึ้นแบบสำหรับก่อสร้าง (shop drawing) หรือ LOD350
- 5) ขึ้นแบบรายละเอียดงานก่อสร้าง (as built drawing) หรือ LOD400 (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2563)

2.3 ความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality; AR)

ความเป็นจริงเสริม คือ เทคโนโลยีที่ผสานโลกความเป็นจริงและความจริงเสมือนเข้าด้วยกัน โดยใช้ซอฟต์แวร์ และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ สร้างภาพออกมาได้ทั้งภาพ 2 มิติหรือ 3 มิติ ภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับหลากหลายด้าน เช่น การศึกษา การแพทย์วิศวกรรม อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว และการโฆษณา เป็นต้น โดย AR มีองค์ประกอบดังนี้

- 1) มาร์คเกอร์ (Marker) หรือเออาร์โคด (AR Code) ใช้ในการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ
- 2) ส่วนจับสัญญาณ เช่น กล้องโทรศัพท์มือถือ หรือกล้องเว็บแคม ทำหน้าที่จับสัญญาณที่ใช่มองตำแหน่งของมาร์คเกอร์แล้วผ่านส่วนส่งข้อมูลเข้าไปยังซอฟต์แวร์ในส่วนของ AR Engine

3) ส่วนส่งข้อมูล (AR Engine) ส่งข้อมูลที่สามารถอ่านได้ผ่านซอฟต์แวร์ที่ใช้ประมวลผล ทำหน้าที่ เช่น การติดตามทิศทาง (tracking) การผสมภาพ 3 มิติและภาพจริงให้เหมือนภาพเดียวกัน (rendering) การจัดความเข้มของแสง

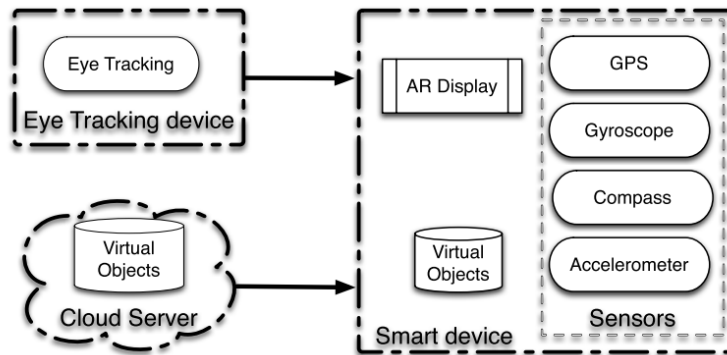
4) ส่วนแสดงผล (display) ใช้จอแสดงผลเพื่อให้เห็นผลข้อมูลที่ส่วนส่งข้อมูลนำภาพส่งเข้ามาให้ในรูปแบบของภาพ หรือวิดีโอ หรือสามารถรวมกล้อง AR Engine และจอภาพเข้าด้วยกันในอุปกรณ์เดียว เช่น โทรศัพท์มือถือ โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้ 1) การวิเคราะห์ภาพ (image analysis) เป็นขั้นตอนการค้นหามาร์คเกอร์จากภาพที่ได้จากกล้อง แล้วสืบค้นจากฐานข้อมูล (marker database) ที่มีการเก็บข้อมูลขนาดและรูปแบบของมาร์คเกอร์ วิเคราะห์รูปแบบของมาร์คเกอร์ การวิเคราะห์ภาพ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์ภาพโดยอาศัยมาร์คเกอร์เป็นหลักในการทำงาน (marker based) และการวิเคราะห์ภาพโดยใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในภาพมาวิเคราะห์ (marker less based) 2) การคำนวณค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ (pose estimation) ของมาร์คเกอร์เทียบกับกล้อง 3) กระบวนการสร้างภาพ 2 มิติจากโมเดล 3 มิติ (3D rendering) เป็นการเพิ่มข้อมูลเข้าไปในภาพ โดยใช้ค่าตำแหน่งเชิง 3 มิติ ที่คำนวณได้จนได้ภาพเสมือนจริง (ดุสิต ขาวเหลือง และ อภิชาติ อนุกุลเวช, 2019) AR สามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) Marker based ใช้มาร์คเกอร์ในการกำหนดตำแหน่งและบริเวณที่จะแสดงวัตถุเสมือนจริงวางซ้อนทับ
2) Marker-less based ใช้วัตถุหรือระนาบในการกำหนดตำแหน่งที่จะแสดงวัตถุเสมือนจริงวางซ้อนทับ
3) Projection based เป็นการสังเคราะห์แสงให้กับวัตถุทางกายภาพ มีการตรวจจับการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้กับวัตถุทางกายภาพ ตามลักษณะการเปลี่ยนแปลง

4) Localization based ใช้ระบบพิกัดดาวเทียม เครื่องวัดความเร็ว เข็มทิศ ในการกำหนดที่ตั้งของผู้ใช้งานและตำแหน่ง ด้วยระดับความถูกต้องที่สูง เพื่อที่จะแสดงวัตถุเสมือนจริงวางซ้อนทับ (Koca et al, 2019)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ (Mobile Augmented Reality ; MAR) ประกอบด้วยอุปกรณ์ตรวจจับการมองเห็น (กล้อง) เครื่องแม่ข่ายสำหรับเก็บข้อมูลวัตถุเสมือนจริง อุปกรณ์อัจฉริยะหรือสมาร์ทโฟน ใช้ติดตั้งและประมวลผลแอปพลิเคชัน จัดเก็บข้อมูลและแสดงผลวัตถุเสมือนจริง โดยมีระบบเซ็นเซอร์ต่าง ๆ ช่วยในการระบุตำแหน่งให้แม่นยำขึ้น ได้แก่ จีพีเอส เข็มทิศ เครื่องมือวัดการหมุนและเครื่องวัดความเร็ว แสดงถึงภาพที่ 1

MAR ควรมีลักษณะเป็นการรวมวัตถุจริงกับวัตถุเสมือนไว้ในสภาพแวดล้อมจริง มีการโต้ตอบแบบทันที แสดงและจัดตำแหน่งวัตถุจริงและเสมือนเข้าด้วยกัน ทำงานและ/หรือแสดงผลมุมมองเสริมบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ แอปพลิเคชันของ MAR ส่วนใหญ่มักจะทำงานบนอุปกรณ์แบบพกพาหรืออุปกรณ์สวมใส่ได้ เช่น แว่นตาอัจฉริยะ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต เป็นต้น (Chatzopoulos et al, 2017) โดยปัจจุบันมีบริษัทผู้พัฒนาแอปพลิเคชัน AR หลากหลายมากขึ้นซึ่งแต่ละแอปพลิเคชันมีขีดความสามารถแตกต่างกันไป สรุปรายละเอียดดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 องค์ประกอบของ MAR
 ที่มา : Chatzopoulos et al, (2017)

ตารางที่ 1 คุณลักษณะและขีดความสามารถของแอปพลิเคชัน AR

ลำดับ	แอปพลิเคชัน	โหมด (AR / VR)	การใช้งาน	รองรับอุปกรณ์	นำเสนอข้อมูล IFC
1	Augin	AR	ฟรี / เช่า	มือถือ / แท็บเล็ต	/
2	BIMserver.center	AR / VR	ฟรี	มือถือ / แท็บเล็ต / แว่น VR	/
3	Gamma AR	AR / VR	ทดลองใช้ / เช่า	มือถือ / แท็บเล็ต / แว่น VR	-
4	SketchUp Viewer	AR	ฟรี	มือถือ / แท็บเล็ต / แว่น VR	-
5	Visual live	AR / VR	ทดลองใช้ / เช่า	มือถือ / แท็บเล็ต / แว่น VR	/

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรณีการใช้งานและประโยชน์ของ AR สรุปกรณีการใช้งาน AR ในโครงการก่อสร้างจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ทั้งหมด 43 กรณี โดยแบ่งเป็น 7 ช่วง ครอบคลุมตลอดอายุของโครงการก่อสร้าง ยกตัวอย่างเช่น

1) ช่วงการวางแผน เช่น การทำให้มองเห็นแบบร่างของโครงการแบบทันที การเข้าใจสภาพแวดล้อมที่โครงการตั้งอยู่

2) ช่วงการออกแบบ เช่น การสำรวจเสมือนจริงสำหรับลูกค้าขณะที่อยู่สถานที่ก่อสร้างหรือสำนักงานทำให้เห็นภาพขนาดเท่ากับการก่อสร้างจริง การซ้อนทับแบบจำลอง 3 มิติ บนแบบรูป 2 มิติ

3) ช่วงก่อนการก่อสร้าง เช่น การตรวจสอบการชนกัน การตรวจสอบความสามารถในการสร้างได้
แผนและลำดับการก่อสร้างเสมือนจริง

4) ช่วงการก่อสร้าง เช่น การทำให้มองเห็นการก่อสร้าง งานไฟฟ้า ประปา งานโครงสร้างและ
สถาปัตยกรรม การทำให้มองเห็นงานระบบสาธารณูปโภคใต้ดิน

5) ช่วงการทดสอบและส่งมอบ เช่น การตรวจสอบที่สถานที่ก่อสร้างหรือ รายการงานที่แก้ไข การ
ตรวจสอบสถานที่ก่อสร้างระยะไกล

6) ช่วงการใช้งานและบำรุงรักษา เช่น ระบุตำแหน่งงานระบบของอาคารที่ต้องการซ่อมโดยไม่ต้องรื้อ
การฝึกซ้อมการบำรุงรักษาและการซ่อมแซม

7) ช่วงการรื้อถอน เช่น การทำให้มองเห็นการสร้างแบบจำลองใหม่ การตรวจสอบสถานที่ก่อสร้าง
ระยะไกล

นอกจากนี้ยังได้สรุปประโยชน์ของ AR 5 ลำดับแรก ได้แก่ 1) การปรับปรุงการแสดงผลภาพของโครงการ
แบบทันที 2) การเสริมสร้างการตัดสินใจ 3) การปรับปรุงการทำงานร่วมกันและการสื่อสาร 4) การเพิ่มความรู้ความ
เข้าใจเชิงพื้นที่ และ 5) การปรับปรุงคุณภาพ (Nemati & Engman Otréus, 2022)

การประเมินความพึงพอใจในการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

การใช้เทคโนโลยี AR มาช่วยในการอ่านแบบรูป 2 มิติ เพื่อต้องการทราบว่าเทคโนโลยี AR จะสามารถ
ช่วยให้นักศึกษาอ่านแบบรูป 2 มิติ ที่มีความซับซ้อนได้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยทำการทดลองเพื่อประเมินว่า
AR สามารถอำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจแบบรูป 2 มิติ ของแบบจำลองประติมากรรม AISC
เปรียบเทียบกับวิธีการแบบใช้กระดาษอย่างเดียว โดยใช้แบบสอบถาม กลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษา จำนวน 34 คน
ระดับการศึกษา คือ ระดับบัณฑิตศึกษาและต่ำกว่าระดับบัณฑิตศึกษา และศึกษาในสาขาการจัดการงานก่อสร้าง
สถาปัตยกรรมและวิศวกรรมโยธา ผลการวิจัยพบว่า AR ได้รับคะแนนในเชิงบวกจากนักศึกษาและสามารถช่วย
สนับสนุนให้อ่านแบบรูป 2 มิติ มีความถูกต้องได้มากขึ้น แต่มีข้อสังเกตว่า การอ่านแบบรูป 2 มิติ จากกระดาษอย่าง
เดียว มีความถูกต้องมากกว่า AR เนื่องจากความไม่คุ้นเคยกับเทคโนโลยี AR โดยต้องถืออุปกรณ์แสดงผล (แท็บ
เล็ต) ตลอดการใช้งานอีกทั้งสภาพแวดล้อมของพื้นหลังทำให้เสียสมาธิ อีกด้วย (Wen et al, 2021)

นอกจากนี้มีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมโดยใช้แอปพลิเคชัน Pixlive มาใช้นำเสนอและออกแบบ
งานด้านก่อสร้าง เพื่อนำเสนอให้ลูกค้าตัดสินใจได้ง่ายขึ้น โดยการหาคุณภาพและศึกษาความพึงพอใจจากกลุ่ม
ตัวอย่าง 30 คน โดยเลือกแบบเจาะจง ซึ่งเป็นบุคลากรในงานก่อสร้าง ผู้ซื้อบ้านและบุคคลที่สนใจทั่วไป
ผลจากการศึกษาความพึงพอใจ 5 ลำดับแรก ได้แก่ 1) ช่วยลดข้อผิดพลาดหรือตรวจสอบข้อขัดแย้งกันของแบบได้
ก่อนก่อสร้างจริง 2)ช่วยให้การทำงานกระบวนการทางสถาปัตยกรรมทำได้ง่ายมากขึ้น 3) ช่วยทำให้การสื่อสาร
ชัดเจน ลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร 4) ความเข้าใจในแบบจำลอง 3 มิติ ทางสถาปัตยกรรม 5) สามารถ
เพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสาร (ประหยัดเวลาและรวดเร็ว) และมีข้อเสนอแนะแอปพลิเคชัน AR ควรเปิดใช้งานได้
ตลอดเวลา โดยไม่ใช้งานผ่านอินเทอร์เน็ตเท่านั้นจะทำให้การนำเสนอกับลูกค้าได้ในทุก ๆ เวลาที่ต้องการใช้งาน
(ณัฐพร เขียวแก้ว และคณะ, 2563)

3.ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ขั้นตอนและวิธีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ โดยใช้โครงการแบบบ้านอิมเพื่อประชาชนระยะที่ 3 บ้านพักอาศัย ชื่อสร้อยสยาม เป็นบ้านโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น พื้นที่ 215 ตารางเมตร (กลุ่มงานประมาณราคา สำนักกรุงเทพมหานคร, 2565) เพื่อช่วยสนับสนุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารรายละเอียดของแบบรูปงานก่อสร้างในช่วงก่อนก่อสร้าง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.1 โปรแกรม Revit 2021 เวอร์ชันเพื่อการศึกษา สำหรับสร้างและเพิ่มเติมข้อมูล โดยใช้พัฒนาการขั้นตอนการทำงาน ขึ้นแบบก่อสร้าง (Construction Documents) LOD300 จากแบบรูป 2 มิติ และข้อมูลลงวดงาน

3.1.2 เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ประเภท Marker-less based โดยเลือกใช้ออปพลิเคชัน Augi บนมือถือ สามารถใช้งานโดยไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต กรณีที่ออฟไลน์ข้อมูลลงมือถือเรียบร้อยแล้ว

3.1.3 แบบประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการประยุกต์ใช้การอ่านแบบก่อสร้างและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างผู้รับการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการประยุกต์ใช้ในการช่วยการอ่านแบบรูป 2 มิติ สำหรับการก่อสร้างบ้านพักอาศัยคอนกรีตเสริมเหล็กและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เป็นนิสิตวิศวกรรมโยธาชั้นปีที่ 3 และปีที่ 4 จากการคำนวณ กรณีทราบจำนวนประชากร 91 คน โดยใช้สูตร Taro Yamane ระดับความเชื่อมั่น 95 % และความคลาดเคลื่อน $\pm 5 \%$ (วัลลภ รัฐฉัตรานนท์, 2563) ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 75 คน ซึ่งผ่านการเรียนวิชาเขียนแบบวิศวกรรม การอ่านแบบรูปก่อสร้างและวิชาออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กแล้ว โดยเลือกแบบเจาะจง

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัย แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาแบบรูปและข้อมูลที่เกี่ยวข้องศึกษาแบบรูปของกรณีศึกษา ข้อมูลลงวดงาน เพื่อนำข้อมูลขององค์ประกอบบ้านมาใช้ในขั้นตอนการก่อสร้าง จัดการและแก้ไขแบบจำลอง

2) สร้างแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ด้วยโปรแกรม Revit 2021 เวอร์ชัน เพื่อการศึกษา โดยได้นำแบบจำลอง BIM จากวันพิชิต แก้วทอง (2565) มาดัดแปลง จัดการ แก้ไขและเพิ่มข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ให้กับองค์ประกอบอาคาร ได้แก่ ข้อมูลลงวดงานเพื่อแสดงลำดับการก่อสร้าง โดยแสดงผลให้สีขององค์ประกอบอาคารแตกต่างกันไป และการคิดปริมาณและคำนวณราคาวัสดุครอบคลุมเฉพาะ งานสถาปัตยกรรมและงานวิศวกรรมโครงสร้าง เท่านั้น

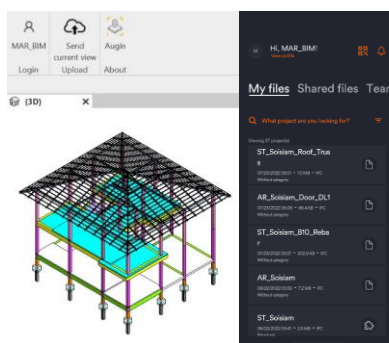
3) อัปโหลด แบบจำลอง BIM เข้าสู่ระบบของแอปพลิเคชัน Augi โดยใช้ส่วนเสริม (add in) ติดตั้งบนโปรแกรม Revit 2021 แสดงดังภาพที่ 2 โดยการแปลงเป็นมาตรฐานข้อมูลกลาง (IFC) และระบบจะการสร้าง QR

Code และลิงก์ให้ทุกครั้งของการอัปโหลด เพื่อให้ง่ายและรวดเร็วในการเข้าใช้งาน โดยการนำ QR Code ที่ได้ไปติดลงในแบบรูปกระดาษ

4) ผู้รับประเมิน ศึกษาและใช้แอปพลิเคชัน Augin บนมือถือ ในการอ่านแบบรูปและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องหรือสนใจ โดยผู้วิจัยสอนการใช้งานฟังก์ชันต่าง ๆ ที่สำคัญให้กับผู้รับการประเมิน ได้แก่ การเข้าใช้งานผ่านระบบ QR Code การวางแบบจำลองซ้อนทับแบบกระดาษ การปรับขนาดตามสัดส่วน (Scale) การเปิด และปิดการนำเสนอชิ้นส่วนแยกตามชั้นหรือเฉพาะชิ้นส่วนที่สนใจ การนำเสนอข้อมูล IFC ของชิ้นส่วนประกอบอาคาร การวัดขนาดชิ้นส่วน (Measure) การสร้างรูปตัดตามแนวแกนทั้งสามแกน (X Y Z)

5) ผู้รับประเมิน ประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถามซึ่งได้จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา และให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมีประสบการณ์ 20 ปี ในงานออกแบบและก่อสร้างตรวจสอบความครอบคลุมและความตรงของเนื้อหา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item-Objective Congruency : IOC) โดยเลือกคำถามที่ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (rating scale) โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ต (Likert) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด (ละเอียด ศิลาน้อย และ กันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ, 2019)

6) สรุปผลการวิจัย โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (มนตรี สังข์ทอง, 2557) ใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อจัดลำดับ พร้อมการแปลผลเป็นคำบรรยายประกอบ โดยการแปลผลเป็นระดับใช้เกณฑ์ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 4.21 - 5.00 แสดงว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 3.41 - 4.20 แสดงว่า ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก คะแนนเฉลี่ย 2.61 - 3.40 แสดงว่า ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 1.81 - 2.60 แสดงว่าระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.80 แสดงว่า ระดับความพึงพอใจ อยู่ในระดับน้อยที่สุด (ละเอียด ศิลาน้อย และ กันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ, 2019)



ภาพที่ 2 การอัปโหลดแบบจำลอง BIM ไปยังระบบของแอปพลิเคชัน Augin

4. ผลการศึกษา

จากการดำเนินการตามขั้นตอนการวิจัย ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ คุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถามและผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

จากตารางที่ 2 ข้อมูลคุณลักษณะของผู้ตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ จำนวน 75 คน ส่วนใหญ่เป็นนิสิตวิศวกรรมโยธาชั้นปีที่ 4 จำนวน 49 คน (ร้อยละ 65)

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

หัวข้อ	รายการ	ความถี่	ร้อยละ
เพศ	ชาย	42	56
	หญิง	33	44
การศึกษา	นิสิตวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 3	26	35
	นิสิตวิศวกรรมโยธา ชั้นปีที่ 4	49	65

ตารางที่ 3 สรุปผลความพึงพอใจ

รายละเอียด	ผลความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย (S.D.)	แปลผล	ลำดับ
การแสดงสิ่งก่อสร้างในมุมมอง 3 มิติ	4.55 (0.55)	มากที่สุด	1
การแสดงข้อมูลรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งก่อสร้าง เช่น รูปตัด รูปขยาย ขนาด และประเภทวัสดุ	4.37 (0.61)	มากที่สุด	2
การแสดงลำดับการก่อสร้าง	4.31 (0.59)	มากที่สุด	3
การเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารในโครงการ (ข้อมูลชัดเจน รวดเร็ว และลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร)	4.27 (0.66)	มากที่สุด	4
การแสดงตำแหน่งของสิ่งก่อสร้าง (กริด ระดับ ชั้น)	4.20 (0.74)	มาก	5
การเข้าถึงแบบสิ่งก่อสร้างที่สนใจอย่างเป็นระบบ (ตัวกรอง)	4.16 (0.77)	มาก	6
การแสดงผลการปริมาตรและราคา	4.13 (0.72)	มาก	7
การวัดระยะและขนาดสิ่งก่อสร้าง	4.09 (0.70)	มาก	8
การอธิบายรายละเอียดของสิ่งก่อสร้าง (Specifications) ลิงก์เอกสาร	3.97 (0.57)	มาก	9

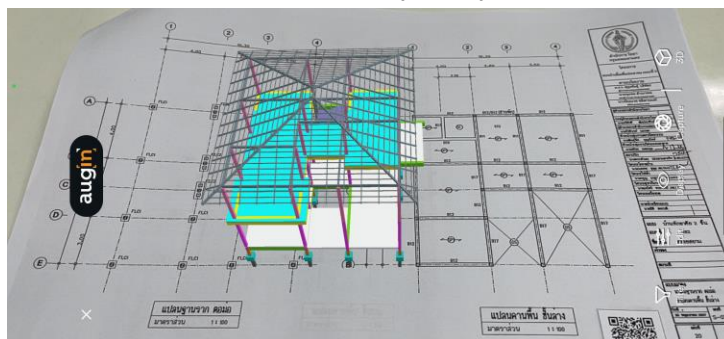
รายละเอียด	ผลความพึงพอใจ		
	ค่าเฉลี่ย (S.D.)	แปลผล	ลำดับ
รวมเฉลี่ย	4.23	มากที่สุด	

S.D. = Standard Deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

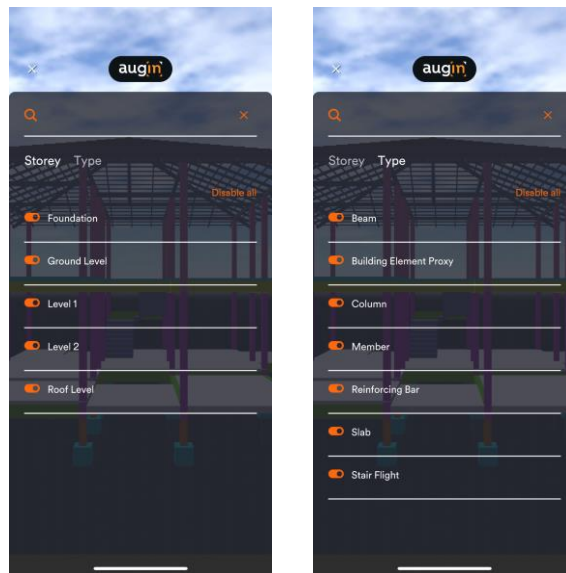
จากตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการสำรวจความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ 5 ลำดับแรก ได้แก่ (1) การแสดงสิ่งก่อสร้างในมุมมอง 3 มิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.55 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 (2) การแสดงข้อมูลรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งก่อสร้าง เช่น รูปตัด รูปขยาย ขนาด และประเภทวัสดุ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.37 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 แสดงดังภาพที่ 3 (3) การแสดงลำดับการก่อสร้าง โดยมีค่าเฉลี่ย 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 แสดงดังภาพที่ 4 (4) การเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารในโครงการ (ข้อมูลชัดเจน รวดเร็ว ลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 (5) การแสดงตำแหน่งของสิ่งก่อสร้าง (กริด ระดับ ชั้น) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74 แสดงดังในภาพที่ 5 และภาพที่ 6 ตามลำดับ



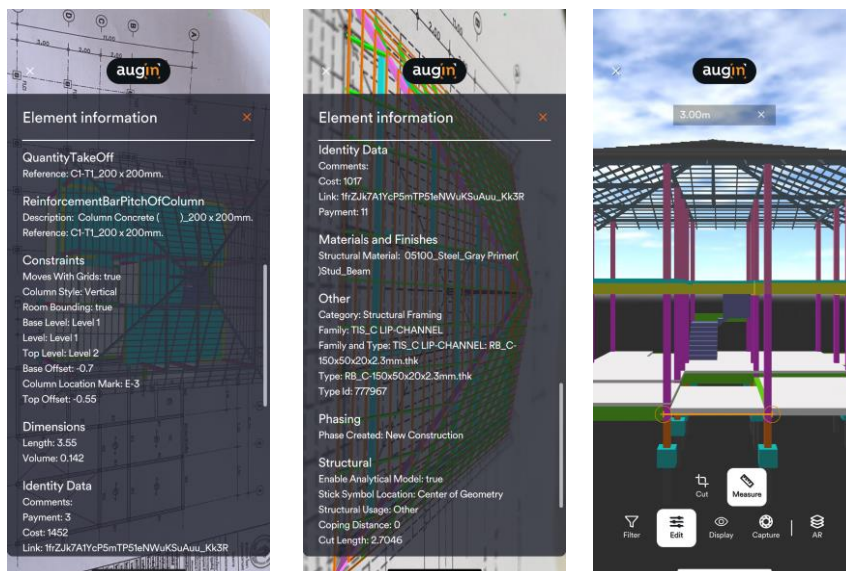
ภาพที่ 3 มุมมอง 3 มิติ ผังพื้น รูปด้าน รูปตัดและแบบขยาย



ภาพที่ 4 ลำดับการก่อสร้างและงานโดยใช้อ็องค์ประกอบอาคารที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5 การกรองข้อมูลขององค์ประกอบอาคาร



ภาพที่ 6 การแสดงรายละเอียดและการวัดระยะขององค์ประกอบอาคาร

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนมือถือสำหรับการอ่านแบบรูป 2 มิติ จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ได้สรุปผลความพึงพอใจที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมประยุกต์ใช้ในการช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีและความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยได้รับคะแนนความพึงพอใจภาพรวมในระดับมากที่สุด (4.23/5) และพบว่ารายการที่ได้รับความพึงพอใจสูงสุด 5 ลำดับแรก มีรายละเอียดดังนี้

1) การแสดงสิ่งก่อสร้างในมุมมอง 3 มิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.55 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 เนื่องจากแอปพลิเคชันที่ใช้สามารถนำเสนอได้ทุกมุมมอง 3 มิติ หมุนได้ 360 องศา และแสดงเฉดสีได้ตามที่แบบจำลอง BIM ตั้งค่ามาตั้งแต่เริ่มต้น ทำให้ผู้อ่านแบบเห็นภาพสิ่งก่อสร้างชัดเจน ง่ายต่อการทำความเข้าใจ

2) การแสดงข้อมูลรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของสิ่งก่อสร้าง เช่น รูปตัด รูปขยาย ขนาด และประเภทวัสดุ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.37 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 เนื่องจากแอปพลิเคชันที่ใช้ สามารถกำหนดระนาบการตัดที่ขนานกับ แกน X Y และ Z ทำให้สร้างรูปตัดได้หลากหลายมุมมอง และแต่ละชิ้นส่วนขององค์ประกอบอาคารก็สามารถแสดงข้อมูล ขนาด ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร ตำแหน่ง และประเภทของวัสดุ ได้

3) การแสดงลำดับการก่อสร้าง โดยมีค่าเฉลี่ย 4.31 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.64 เนื่องจากมีการนำเสนอลำดับการก่อสร้างที่สอดคล้องกับงวดงาน โดยการกำหนดสีให้กับชิ้นส่วนขององค์ประกอบอาคาร ทำให้ไม่จำเป็นต้องเข้าไปดูรายละเอียดงวดงานจากเอกสารหรือสืบค้นจากชิ้นส่วน

4) การเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารในโครงการ (ข้อมูลชัดเจน รวดเร็ว ลดความคลาดเคลื่อนในการสื่อสาร) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.66 เนื่องจากแบบจำลองนำเสนอได้ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ ทำให้ผู้อ่านแบบไม่ต้องใช้จินตนาการ สามารถดูและทำความเข้าใจได้จากแบบจำลอง 3 มิติ ไม่จำเป็นต้องเปิดแบบรูปหลายแผ่น และมี QR Code นำทางไปสู่การเปิดแบบจำลองที่สนใจ อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และใช้ได้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน

5) การแสดงตำแหน่งของสิ่งก่อสร้าง (กริด ระดับ ชั้น) โดยมีค่าเฉลี่ย 4.21 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.74 เนื่องจากตำแหน่งขององค์ประกอบอาคารที่จะก่อสร้างมีความสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ การสร้างและการเก็บข้อมูลของระบบ BIM ซึ่งแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบแนวกริด ระดับและชั้น ทำให้ผู้อ่านแบบลดการใช้ความจำและทักษะเชิงพื้นที่ที่น้อยลง

การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาช่วยสนับสนุนการอ่านแบบรูป 2 มิติ ได้นำเสนอขั้นตอนการทำงานร่วมกันระหว่าง BIM และ AR เลือกใช้เครื่องมือและฟังก์ชันที่ใช้ในการอ่าน การทำความเข้าใจแบบรูปและสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง คล้ายกับการอ่านแบบรูป 2 มิติจากกระดาษ แต่เป็นการเพิ่มมิติของข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลงวดงานและราคา ให้ครบถ้วนในแบบจำลองเสมือน 3 มิติ ที่วางซ้อนทับลงบนกระดาษแบบรูปนั้น ๆ ลดการเปิดแบบรูปหลาย ๆ แผ่นรวมถึงเอกสารที่เกี่ยวข้อง ทำให้ผู้ที่อ่านแบบไม่ต้องจดจำข้อมูลและใช้จินตนาการลดโอกาสที่จะเกิดความเข้าใจผิดและลดระยะเวลาในการทำความเข้าใจแบบและได้รับคำแนะนำความพึงพอใจในภาพรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นนิสิตวิศวกรรมโยธาที่กำลังจะออกไปสู่ตลาดแรงงานของอุตสาหกรรมก่อสร้าง การศึกษาในอนาคตควรขยายไปสู่กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับโครงการก่อสร้างโดยตรง ได้แก่ ผู้ออกแบบ วิศวกรเจ้าของโครงการ ผู้รับเหมา เป็นต้น รวมทั้งความหลากหลายของประเภทและขนาดของโครงการก่อสร้าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการประสานงาน การสื่อสารภายในโครงการให้ดีขึ้น ปัจจุบันนี้เป็นยุคการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่รวดเร็ว ทำให้ทุก ๆ อุตสาหกรรมได้รับผลกระทบ ไม่เว้นแม้แต่อุตสาหกรรมการก่อสร้าง การยอมรับเทคโนโลยีและการปรับตัวของผู้ใช้งานมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อน และพัฒนาการสื่อสารในโครงการในภาพรวมทั้งนี้ขึ้นกับ นโยบาย ค่าใช้จ่ายและบุคลากร ของแต่ละองค์กรด้วย

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายรณกฤต ทองสาย นายพงศกร สุรเสน และนางสาวปิยะนัน สุธัมมา ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลแบบสอบถามและนิติตวิศกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตอบแบบสอบถาม

7. เอกสารอ้างอิง

- ณัฐพร เขียวแก้ว, วิชัย คุ่มมณี, ศรยุทธ กิจพจน์, และจิรากร คุ่มมณี. (2563). การศึกษาการพัฒนาการเสนองานก่อสร้างด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม(AR). *วารสารวิจัยและนวัตกรรมสถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร*, 3(1), 57-66.
- ดุสิต ขาวเหลือง และ อภิชาติ อนุกุลเวช. (2561). การพัฒนาสื่อการเรียนรู้สามมิติแบบมีปฏิสัมพันธ์เสมือนจริงโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาอาชีวศึกษาที่มีระดับการคิดอย่างมีวิจารณญาณต่างกัน. *รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์*. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- มนตรี สังข์ทอง.(2557).หลักสถิติ. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ละเอียด ศิลาน้อย และ กันทิมาลย์ จินดาประเสริฐ. (2562). การใช้มาตราประมาณค่าในการ ศึกษาวิจัยทางสังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ การโรงแรม และการท่องเที่ยว. *Journal of Management Science*, Ubon Ratchathani University, 8(15), 112-126.
- สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. (2558). *แนวทางการใช้งานแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับประเทศไทย (Thailand BIM Guideline)* ฉบับปี พ.ศ. 2558. สำนักพิมพ์พลัสเพรส.
- วรานนท์ คงสงและชัยวัฒน์ ภูวกรกุลชัย.(2562). มูลเหตุของความล่าช้าในโครงการก่อสร้างโดยการวิเคราะห์ดัชนีความสำคัญสัมพันธ์. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 29(2), 270-281.
- วัลลภ รัฐฉัตรานนท์. (2563). การหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย : มายาคติในการ ใช้สูตรของ ทาโรยามาเน และเครท ซี-มอร์แกน. *วารสารสหวิทยาการวิจัย : ฉบับบัณฑิตศึกษา*, 8(5), 11-28.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.(2563). *มาตรฐานการใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BUILDING INFORMATION MODELING STANDARD)* ตามแนวทางสภาวิชาชีพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- 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. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2698164>
- Côté, S., Trudel, P., Snyder, R., & Gervais, R. (2013). An augmented reality tool for facilitating on-site interpretation of 2D construction drawings. *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR)*, London, UK,

- Koca, B. A., Çubukçu, B., & Yüzgeç, U. (2019, October 11-13). Augmented Reality Application for Preschool Children with Unity 3D Platform. 2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT). Ankara, Turkey,
- Nassereddine, H., Hanna, A. S., Veeramani, D., & Lotfallah, W. (2022). Augmented Reality in the Construction Industry: Use-Cases, Benefits, Obstacles, and Future Trends. *Frontiers in Built Environment*, 8, 730094.
- Su, Y.-C., Hsieh, Y.-C., Lee, M.-C., Li, C.-Y., & Lin, Y.-C. (2013). Developing BIM-Based shop drawing automated system integrated with 2D barcode in construction. *Proceedings of the Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13)*, <http://hdl.handle.net/2115/54245>.
- Wen, J., Gheisari, M., Jain, S., Zhang, Y., & Minchin, R. E. (2021). Using cloud-based augmented reality to 3D-enable the 2D drawings of AISC steel sculpture: a plan-reading educational experiment. *Journal of Civil Engineering Education*, 147(3), 04021006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.2643-9115.0000046](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000046)
- Yang, H.-H., LEE, M.-H., SIAO, F.-C., & LIN, Y.-C. (2013). Use of BIM for constructability analysis in construction. *Proceedings of the Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13)*, <http://hdl.handle.net/2115/54212>.
- Zaki, T., & Khalil, C. (2015). QR-coded clash-free drawings: An integrated system of BIM and Augmented reality to improve construction project visualization. *Proceedings of the ICSC15—The Canadian Society for Civil Engineering's 5th International/11th Construction Specialty Conference*, Vancouver, BC, Canada,
- Zidane, Y. J.-T., & Andersen, B. (2018). The top 10 universal delay factors in construction projects. *International Journal of Managing Projects in Business*, 11(3), 650-672. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-05-2017-0052>

ออนไลน์

- กลุ่มงานประมาณราคา สำนักงานออกแบบ สำนักการโยธากรุงเทพมหานคร. (2558, 11 กันยายน). แบบบ้านยี่มเพื่อประชาชนระยะที่ 3. <https://webportal.bangkok.go.th/nongkhame/page/main/1557/แบบบ้านยี่มสำหรับประชาชน/0/info/20561/แปลนแบบบ้านยี่มสำหรับประชาชน-ระยะที่-3-สำนักการโยธา-กรุงเทพมหานคร>
- วันพิชิต แก้วทอง. (2563, 21 มกราคม). แบบจำลอง BIM บ้านสร้อยสยาม. <https://knowhowskill.com/Augin>. (n.d). การใช้งานแอปพลิเคชัน Augin. <https://augin.app/BIMserver.center>. (n.d). การใช้งานแอปพลิเคชัน BIMserver.center. <https://bimserver.center/Gamma>. (n.d). การใช้งานแอปพลิเคชัน

Gamma. <https://gamma-ar.com/Sketchup>. (n.d). *การใช้งานแอปพลิเคชัน Sketchup viewer*.
<https://www.sketchup.com/products/sketchup-viewer/> Visual live. (n.d). *การใช้งานแอปพลิเคชัน Visual live*. <https://visuallive.com/>