ระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริมในโครงการก่อสร้าง

BIM-Based and Augmented Reality Combined with a Real-Time Fire Evacuation System in the Construction Project

สมจินตนา แขนงแก้ว[1,*] นพดล จอกแก้ว[2] และ ธนิต ธงทอง[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: Somjintana.ka@gmail.com*

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยโครงการก่อสร้าง ได้ดำเนินการใช้เส้นทางอพยพหนีไฟในรูปแบบ 2 มิติ ซึ่งไม่สามารถระบุตำแหน่งปัจจุบันของคนงานและแสดงข้อมูลของเส้นทางการอพยพหนีไฟได้ ดังนั้นเมื่อเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้อาจส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สิน ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริมเข้ามาใช้ในโครงการก่อสร้าง เพื่อจัดทำแบบก่อสร้างสำหรับแสดงลักษณะทางกายภาพของโครงการก่อสร้างและแสดงข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติ งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาและแสดงถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม เพื่อพัฒนาระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริมในโครงการก่อสร้างสำหรับใช้ในการประมวลและแสดงข้อมูลการอพยพหนีไฟต่อคนงานได้อย่างถูกต้อง โดยงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบเบื้องต้น (Pilot study) ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พร้อมเก็บข้อมูลทางกายภาพในแง่ของระยะทาง จากนั้นจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าความคลาดเคลื่อน เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากเครื่องมือวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100 ผลการวิจัยพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบมีค่าน้อยกว่า ±6% แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม มีความเป็นไปได้ในการแสดงข้อมูลการอพยพหนีไฟต่อคนงานได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: แบบจำลองสารสนเทศอาคาร, เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม, ระบบอพยพหนีไฟ

Abstract

Typically, the fire evacuation plan used in construction projects is represented in two-dimensional (2-D) drawings that cannot identify the current worker's location and cannot display the evacuation route in real-time. Thus, when fires occur, the damages can be found in the construction project's fire and the number of dead or injured workers involved in the cases. Nowadays, the technologies of Building Information Modeling (BIM) and Augmented Reality (AR) are used in construction projects to create construction drawings and display the physical characteristics of construction projects in a three-dimensional (3-D) visualization. This study aims to propose and demonstrate the use of Building Information Modeling (BIM) and Augmented Reality (AR) technologies to develop a prototype of a BIM-based and Augmented Reality (AR) in combination with a real-time fire evacuation system to process and display accurate information to workers. This study was conducted to test the accuracy of information obtained from a prototype system at the Department of Civil Engineering building, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University. The distance of the building was measured from a prototype system. Then, the data was analyzed for error compared to the MATALL MT-LM100 laser distance meter. The results showed that the data from the prototype system error was less than 6%. This study proved that a BIM-based and Augmented Reality (AR) prototype combined with a real-time fire evacuation system could accurately evaluate and display fire evacuation information to workers.

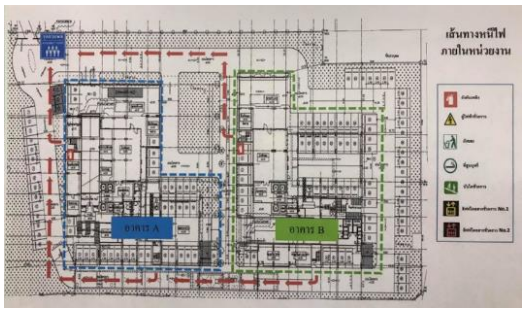
Keywords: Building Information Modeling, Augmented Reality, Fire Evacuation System

1. คำนำ

อุบัติเหตุไฟไหม้ จัดเป็นหนึ่งในหกของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในโครงการก่อสร้าง ก่อให้เกิดความสูญเสียทางด้านชีวิตและทรัพย์สินจำนวนมาก [1] จากสถิติการเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2557 พบว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ในโครงการก่อสร้างเฉลี่ยปีละ 14,500 ครั้ง จำนวนผู้เสียชีวิต 40 คน ได้รับบาดเจ็บ 520 คน และความเสียหายที่เกิดขึ้นมีมูลค่าประมาณ 4,000 ล้านบาท [2]

ในปัจจุบันโครงการก่อสร้าง ได้ดำเนินการใช้เส้นทางอพยพหนีไฟในรูปแบบ 2 มิติ ซึ่งไม่สามารถระบุตำแหน่งปัจจุบันของคนงานและแสดงเส้นทางการอพยพหนีไฟที่เหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 1 จากการศึกษางานวิจัยในอดีตพบว่าสาเหตุของการบาดเจ็บหรือเสียชีวิตของคนงานจากอุบัติเหตุไฟไหม้ในโครงการก่อสร้าง เกิดจากการเข้าถึงข้อมูลของเส้นทางอพยพหนีไฟที่ล่าช้า [3],[4] และข้อมูลของของเส้นทางอพยพหนีไฟที่อัพเดทตามตำแหน่งจริง [5]

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอความเป็นไปได้ในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม สำหรับประมวลผลและแสดงข้อมูลเส้นทางอพยพหนีไฟ เพื่อช่วยปรับปรุงกระบวนการตัดสินใจและลดจำนวนของผู้ได้รับบาดเจ็บและเสียชีวิตจากอุบัติเหตุไฟไหม้ในโครงการก่อสร้างที่อาจเกิดขึ้นได้



รูปที่ 1 ตัวอย่างเส้นทางหนีไฟในโครงการก่อสร้าง

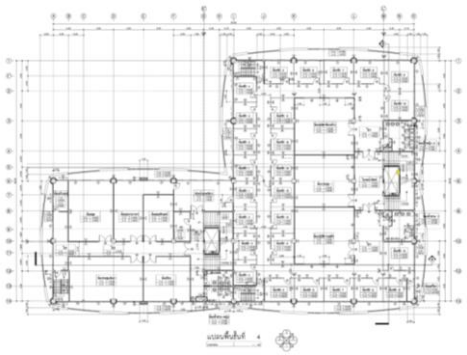
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของแบบก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างในปัจจุบัน ได้แบ่งลักษณะของแบบก่อสร้างเป็น 2 ประเภท [6] ได้แก่

2.1.1 แบบก่อสร้าง 2 มิติ

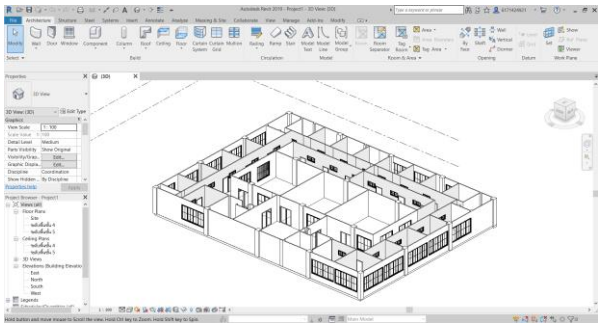
แบบก่อสร้าง 2 มิติ คือ แบบสำหรับการออกแบบในแกน x,y มีลักษณะแบบและมีความละเอียด แสดงขนาดของพื้นที่อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 2 ทำให้สามารถทำการก่อสร้างได้ง่าย เหมาะสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ในการอ่านแบบก่อสร้าง



รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบก่อสร้าง 2 มิติ

2.1.2 แบบก่อสร้าง 3 มิติ

แบบก่อสร้าง 3 มิติ คือ แบบเสมือนที่จำลองภาพสิ่งก่อสร้างที่มีลักษณะใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด สามารถมองเห็นลักษณะทางกายภาพของอาคาร ได้แก่ ความกว้าง ความสูง ความลึก รวมถึงงานตกแต่งที่อยู่ในส่วนของงานสถาปัตยกรรมทั้งหมด ทั้งภายในและภายนอกอาคาร และภูมิสถาปัตยกรรม



รูปที่ 3 ตัวอย่างแบบก่อสร้าง 3 มิติ

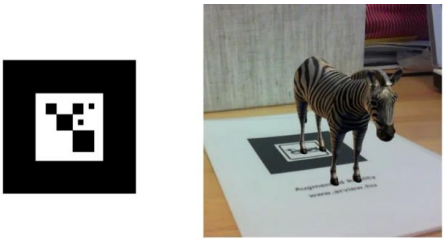
2.2 แนวคิด และทฤษฎีเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม (Augmented Reality)

2.2.1 เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม (Augmented Reality)

เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระหว่างโลกแห่งความเป็นจริงและความจริงเสมือนเสริม ร่วมกับอุปกรณ์เฉพาะเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับความรู้สึกเหมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ถูกจำลองขึ้นจากอุปกรณ์เฉพาะต่างๆ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ รวมถึงอุปกรณ์สวมใส่ขนาดเล็ก ซึ่งสามารถรับรู้ผ่านทางตัวอักษร รูปภาพแบบจำลอง 3 มิติ รวมถึงมีการตอบสนองด้วยเสียงสิ่งที่ถูกจำลอง [7]

ปัจจุบันได้แบ่งประเภทของเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม ประกอบด้วย 2 ประเภท [8] ได้แก่

1. Marker-Based คือ การแสดงภาพในรูปแบบ 3 มิติ ที่ได้จากเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ที่ติดตั้งกับผิวของวัตถุที่ต้องการแสดงให้ผู้ใช้งานมองเห็น เช่น การแสดงภาพ 3 มิติจากหน้าจอโทรศัพท์มือถือ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการแสดงภาพ 3 มิติ ด้วย Marker-Based

2. Location-Based คือ การประยุกต์ใช้ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) ของเครื่องมือต่างๆ ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เพื่อประมวลผลและแสดงภาพ 3 มิติ เช่น การแสดงป้ายบอกทาง ชื่อถนน ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ตัวอย่างการแสดงตำแหน่ง ด้วย Location-Based

2.2.2 หลักการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม (Augmented Reality)

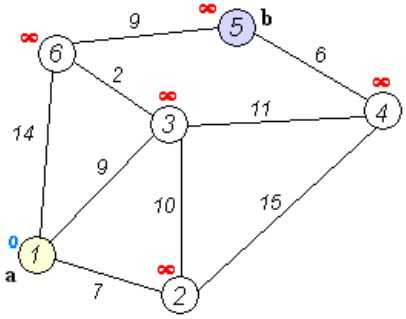
หลักการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม คือ อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการแสดงข้อมูลในรูปแบบของรูปภาพและเสียงที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของผู้ใช้งาน ร่วมกับอุปกรณ์เฉพาะ เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือและโปรแกรม Software ต่างๆ

องค์ประกอบของเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม แบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ [9] ได้แก่

1. AR Code หรือ Marker ใช้สำหรับการกำหนดตำแหน่งของวัตถุ
2. Eye หรือ กล้องวีดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือตัวจับเซ็นเซอร์ (Sensor) ต่างๆ สำหรับใช้มองตำแหน่งของ AR Code หรือ Marker เพื่อส่งข้อมูลสู่ AR Engine
3. AR Engine คือ ตัวส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่าน Software หรือส่วนประมวลผล เพื่อแสดงภาพในขั้นตอนต่อไป
4. Display หรือ จอแสดงผล สำหรับแสดงผลข้อมูลที่ได้จาก AR Engine ในรูปแบบของภาพหรือวีดีโอ ซึ่งสามารถรวมข้อมูลที่ได้จาก AR Engine และจอแสดงผลในอุปกรณ์เดียวกันได้ เช่น โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

2.3 ทฤษฎี Dijkstra's Algorithm

Dijkstra's Algorithm คือ ขั้นตอนสำหรับใช้ในการแก้ไขปัญหาวิถีสั้นที่สุด เหมาะสำหรับกราฟที่มีความยาวของเส้นเชื่อมที่ไม่เป็นลบและสามารถใช้สำหรับคำนวณหาระยะทางสั้นที่สุดจากจุดหนึ่งไปยังจุดใดๆ ในกราฟ [10] โดยจะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปทีละจุดยอดเรื่อย ๆ จนครบตามที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนการคำนวณระยะทาง โดยใช้ทฤษฎี Dijkstra's Algorithm

3. วิธีการดำเนินวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) และเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม (Augmented Reality: AR) สำหรับประยุกต์ใช้สำหรับพัฒนาระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบในโครงการก่อสร้างในอนาคต โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบความถูกต้องของการประมวลผลข้อมูลจากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบเบื้องต้น (Pilot study) ซึ่งได้ดำเนินการทดสอบระบบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง แบ่งเป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

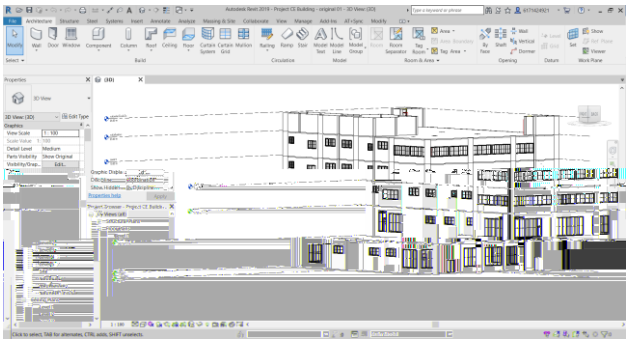
3.1 การพัฒนาระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบเพื่อทำการทดสอบ

การพัฒนาแบบจำลองแบบก่อสร้าง สำหรับงานวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ แบบก่อสร้าง 3 มิติ และการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีแบบจำลองสารสนเทศอาคาร (Building Information Modeling: BIM) ประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาและจัดทำแบบก่อสร้างในรูปแบบ 3 มิติ สำหรับแสดงลักษณะทางกายภาพของอาคารและแสดงข้อมูลตำแหน่งทางออก เช่น ประตู หน้าต่างและบันได เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2019 สำหรับการพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ (3-D Model) เพื่อนำไปประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม เพื่อทำให้ระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์สามารถประมวลผลข้อมูลเส้นทางอพยพหนีไฟได้อย่างเหมาะสม ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 การพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit 2019

3.1.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง สำหรับการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม

ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง สำหรับการประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม โดยใช้การพัฒนาร่วมกับโปรแกรม Unity Game Engine ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับใช้ในการพัฒนาสภาพแวดล้อมเสมือนจริงและแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ผ่านทางคอมพิวเตอร์และโทรศัพท์มือถือ ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 8 โปรแกรม Unity Game Engine



รูปที่ 9 การพัฒนาสภาพแวดล้อมเสมือนจริง
โดยโปรแกรม Unity Game Engine

3.1.3 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม (Augmented Reality: AR) เพื่อการระบุตำแหน่งที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการติดตั้งและระบุตำแหน่งต่างๆ ภายในสถานที่ทดลอง ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริมผ่านรูปแบบของ Marker-Based ดังแสดงในรูปที่ 10

จากนั้นจึงดำเนินการใช้โทรศัพท์มือถือหรือคอมพิวเตอร์ ตรวจจับรูปภาพ (Marker) ที่ได้ทำการติดตั้งในตำแหน่งต่างๆ ภายในอาคาร เพื่อให้ระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ ทำการประมวลผลและแสดงตำแหน่งปัจจุบันของผู้ใช้งานภายในอาคารทันที ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 10 ตัวอย่างรูปภาพ สำหรับใช้ติดตั้งเพื่อระบุตำแหน่งภายในอาคาร



รูปที่ 11 รูปแบบการตรวจจับรูปภาพ (Marker) ด้วยโทรศัพท์มือถือ

3.2 การทดสอบระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

ในขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม สำหรับประยุกต์ใช้ในโครงการก่อสร้างต่อไป ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบความถูกต้องของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบเบื้องต้น (Pilot study) ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 12 โดยข้อมูลที่ได้จากทดสอบระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. ตำแหน่งทางออกที่ใกล้ที่สุด
2. ระยะทางจากตำแหน่งของคนงานถึงตำแหน่งทางออกที่ใกล้ที่สุด
3. เส้นทางการอพยพหนีไฟ รูปแบบ 3 มิติ

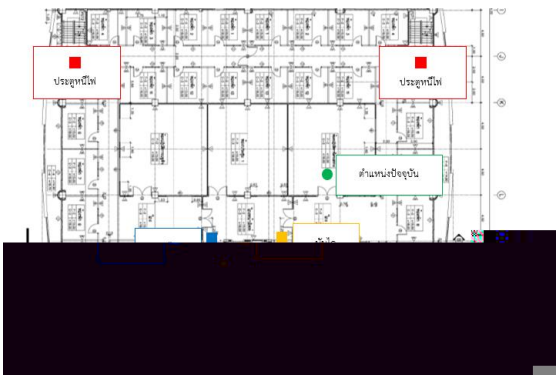
โดยระยะทางจากตำแหน่งของงานถึงตำแหน่งทางออกที่ใกล้ที่สุด ทางผู้วิจัยได้อ้างอิงจากทฤษฎี Dijkstra's Algorithm สามารถคำนวณจากสมการที่ (1)

$$dist[j] = min[dist[j], dist[k] + c(k,j)] \quad (1)$$

โดยที่ dist[j] คือ ระยะทางสั้นที่สุด จากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่ j
dist[k] คือ ระยะทางจากจุดเริ่มต้นถึงจุด k
c(k,j) คือ ระยะทางจากจุด k ถึงจุด j



รูปที่ 12 ผู้ทดสอบระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ ขณะทำการทดลอง



รูปที่ 13 รูปแบบตำแหน่งทางหนีไฟและทางออก
ณ พื้นที่ทดสอบระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

รูปที่ 14 รูปแบบการแสดงข้อมูลของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

รูปที่ 15 รูปแบบการแสดงเส้นทางการอพยพหนีไฟ รูปแบบ 3 มิติ ของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

3.2.1 การเปรียบเทียบความถูกต้องของระยะทางจากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

จากขั้นตอนการดำเนินการทดลอง เพื่อทดสอบความถูกต้องของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ ทางผู้วิจัยได้ดำเนินการเปรียบเทียบระหว่างระยะทางที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบและระยะทางที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100 ดังแสดงในรูปที่ 16 และรูปที่ 17 จากนั้นจึงดำเนินการคำนวณหาความแตกต่างของระยะทางจากสมการที่ (2)

$$Percentage\ Difference = (V1-V2)/[(V1+V2)/2]x100 \quad (2)$$

โดยที่ V1 คือ ระยะทางที่ได้จากเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100
V2 คือ ระยะทางที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ

รูปที่ 16 เครื่องมือวัดระยะทางเลเซอร์

4.2 ผลการศึกษาและทดสอบระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม

จากการศึกษาและเปรียบเทียบความถูกต้องของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ ด้วยการเปรียบเทียบระยะทางที่ได้ระหว่างระยะทางจากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบและการวัดระยะทางด้วยเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100 โดยผลจากการหาความแตกต่างของระยะทางที่เกิดขึ้นจากการทดลอง สามารถแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแตกต่างระหว่างระยะทางจากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบและระยะทางจากการวัดด้วยเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100

ตำแหน่งจุดวัด	ระยะทางจากการวัดด้วยเครื่องมือวัด (ม.)	ระยะทางจากระบบอพยพหนีไฟ (ม.)	Error (%)
จุดวัดที่ 1	1.81	1.75	+3.37
จุดวัดที่ 2	2.85	2.70	+5.40
จุดวัดที่ 3	2.80	2.76	+1.43
จุดวัดที่ 4	2.42	2.30	+5.08
ระยะทางรวม	**9.89**	**9.51**	**+3.91**

จากตารางที่ 1 แสดงระยะทางจากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบและระยะทางจากการวัดด้วยเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100 กำหนดให้ระยะทางที่ได้จากเครื่องมือวัดระยะทางเลเซอร์เป็นข้อมูลชุดตัวแปรต้นและข้อมูลระยะทางที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบเป็นข้อมูลชุดทดลอง เพื่อหาค่าความเคลื่อนที่เกิดขึ้น โดยค่าความคลาดเคลื่อนในแง่ของระยะทางจากจุดวัดที่ 1 คือ 3.37 ค่าความถูกต้องคือ 96.63%, ระยะทางจากจุดวัดที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนคือ 5.40 ค่าความถูกต้องคือ 94.56%, ระยะทางจากจุดวัดที่ 3 มีค่าความคลาดเคลื่อนคือ 1.43 ค่าความถูกต้องคือ 98.56%, ระยะทางจากจุดวัดที่ 4 มีค่าความคลาดเคลื่อนคือ 5.08 ค่าความถูกต้องคือ 94.92% และระยะทางรวม มีค่าความคลาดเคลื่อนคือ 3.91 มีความถูกต้องคือ 96.08%

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลระยะทางที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางจากการวัดด้วยเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์นั้น มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ±6%

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริม จากการศึกษาพบว่าระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ สามารถแสดงข้อมูลจำนวน 3 ส่วน ประกอบด้วย ตำแหน่งทางออกที่ใกล้ที่สุด ระยะทางจากตำแหน่งของคนงานถึงตำแหน่งทางออกที่ใกล้ที่สุดรวมถึงเส้นทางการอพยพหนีไฟ รูปแบบ 3 มิติได้ทันที ส่งผลทำให้คนงานสามารถตัดสินใจเลือกใช้เส้นทางอพยพหนีไฟที่สั้นที่สุดได้ทันที

จากผลการศึกษากรณีความถูกต้องของข้อมูลระยะทางที่ได้จากการประมวลผลของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดระยะทางเลเซอร์ MATALL MT-LM100 พบว่าระยะทางที่ได้จากระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบ มีความแตกต่างกับระยะทางที่ได้จากเครื่องวัดระยะทางเลเซอร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า ±6% แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลของระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบนั้น มีความเป็นไปได้ในการแสดงข้อมูลการอพยพหนีไฟต่อคนงานได้อย่างเหมาะสมด้วยความถูกต้องที่เพียงพอ

โดยผลการวิจัยในครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาระบบอพยพหนีไฟแบบเรียลไทม์ต้นแบบผ่านแบบจำลองสารสนเทศอาคารและเทคโนโลยีความจริงเสมือนเสริมในโครงการก่อสร้างต่อไปในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ รวมถึงอำนวยสถานที่ในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] Ahrens, M. (2013). *High-Rise Building Fires*. One-Stop Data Shop, pp. 6. **(In case of Book)**

[2] Lee, K., Lee, H., Park, M., Kim, H. and Han, S. (2014). A Real-Time Location-based Construction Labor Safety Management System. *Journal of Civil Engineering and management, 20 (5), pp. 724-736.* **(In case of Journal)**

[3] Marzouk, M. and Al Daour, I. (2018). Planning Labor Evacuation for Construction Sites Using BIM and Agent-Base Simulation. *Safety Science, 107, pp. 174-185.* **(In case of Journal)**

[4] Fahy, R. and Proulx, M.G. (2001). Toward Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds for Use in Evacuation Modeling. *The 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire*, Boston, U.S.A., 26-28 March 2001, pp.175-183. **(In case of Articles from Conference Proceedings (published))**

[5] Wang, B., Li, H., Rezgui, Y., Bradley, A. and N.Ong, H. (2014). BIM Based Virtual Environment for Fire Emergency Evacuation. *The Science World Journal, 2014, pp. 1-22.* **(In case of Journal)**

[6] Jokkaw, N., Tongthong, T. and Kanangkaew, S. (2019). An Application of Virtual Environmental Technology for Reducing the Problems of Construction Works Change Orders. *The 19th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality (CONVR2019)*, Bangkok, Thailand., 13-15 November 2019, pp.229-236. **(In case of Articles from Conference Proceedings (published))**

[7] Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H. and Tian, M. (2019). An overview of augmented reality technology. *Journal of Physics: Conference Series, 1237, pp. 1-5.* **(In case of Journal)**

[8] อภิวดี จิตเกษมภูรี. (2017). เทคโนโลยีความจริงเสริมเพื่อการจัดแสดงเครื่องถ้วยไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรังสิต, ประเทศไทย. **(In case of Dissertation and Thesis)**

[9] เจตนิพัทธ์ ตะปานนท์, วิชิตา ท้าวหน่อ, พรพจน์ นุเสน, เอกพิสิษฐ์ บรรจงเกลี้ยง และ มานพ แก้วโมราเจริญ. (2564). การประยุกต์

ใช้แบบจำลองสารสนเทศและความจริงเสมือนในการตรวจสอบงานโครงสร้างหลังคา. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 26*, ออนไลน์, 23-25 พฤษภาคม 2564, หน้า CEM-03-1-CEM-03-9. **(กรณีบทความในเอกสารประกอบการประชุม)**

[10] นิรุชา อาภามงคลรัตน์ และ เปรมรัตน์ พูลสวัสดิ์ (2560). ระบบวางแผนการเดินทางท่องเที่ยวในจังหวัดสมุทรปราการโดยใช้ Dijkstra's algorithm. *การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 5*, ออนไลน์, 25 พฤษภาคม 2560, หน้า 1476-1483. **(กรณีบทความในเอกสารประกอบการประชุม)**