วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม
Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง สำหรับช่วยลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง

Applying virtual environment for reducing the problems of construction work change order

นพดล จอกแก้ว* ธนิต ธงทอง สมจินตนา แขนงแก้ว

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แขวงปทุมวัน จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10330

Noppadon Jokkaw* Tanit Tongthong Somjintana Kanangkaew

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University Bangkok 10330

* Corresponding author.

E-mail: noppadon.j@chula.ac.th

วันที่รับบทความ 21 เมษายน 2565; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 10 กรกฎาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ 7 กันยายน 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการนำเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาใช้กับการก่อสร้าง โดยได้เล็งเห็นถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างระหว่างเจ้าของงาน ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมา โดยกำหนดสมมติฐานว่าเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงให้ความรู้สึกไม่แตกต่างกับการดำเนินงานก่อสร้างในสภาพแวดล้อมจริง จากการทดสอบสมมติฐานโดยใช้แบบสอบถาม เพื่อวัดความรู้สึกเปรียบเทียบระหว่างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงกับสภาพแวดล้อม โดยทำการทดลองในโครงการก่อสร้าง จำนวน 2 กรณีศึกษาและดำเนินการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างนิสิตระดับปริญญาตรี คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน เพื่อวัดการรับรู้ถึงความรู้สึกต่อขนาดและความรู้สึกปลอดภัยของสิ่งก่อสร้าง จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) จากการวัดผลเปรียบเทียบความแตกต่างของการรับรู้ถึงความรู้สึกระหว่างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงกับสภาพแวดล้อมจริง จากการศึกษาพบว่าการรับรู้ของความรู้สึกของขนาดและความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างผ่านทางเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงและสภาพแวดล้อมจริง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กรณีศึกษา แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้เพื่อการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างได้

คำสำคัญ

เทคโนโลยีความเสมือนจริง เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง การเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง ความรู้สึก

Abstract

This research proposes applying a Virtual Environment focused on change order in the construction project. The possibility of Virtual Environment technology to reduce the problems of a change order between owner, designer and contractor in the construction project was studied. This research assumes that users' feeling measured by using a Virtual Environment is not different from real situations. The assumption was tested by the user's feelings using the questionnaire that compares the feeling of a Virtual Environment and a real situation. The two case studies in the real construction project were used for the experiment. The 20 samples were randomly selected from undergraduate students in the Faculty of Nursing, Chulalongkorn University. The Wilcoxon-signed rank test was applied to analyze the data from

the questionnaires. The results show that the feeling of the users who applied the Virtual Environment and the real situations in the construction project for the two case studies are not significant difference. Therefore, it can be concluded that Virtual Environment is possibly applied to reduce the problems of change order in the construction project.

Keywords

virtual reality; virtual environment; change order; feeling

1. คำนำ

การเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง จัดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ในงานก่อสร้าง ซึ่งเกิดจากความเข้าใจที่ไม่ตรงกันระหว่างเจ้าของงาน ผู้ออกแบบ และผู้รับเหมา ส่งผลทำให้เกิดความเสียหายทั้งด้านงบประมาณและเวลาในงานก่อสร้างที่เพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันโครงการก่อสร้างบางแห่ง ได้เริ่มประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสำหรับจัดทำแบบก่อสร้างในรูปแบบ 3 มิติ เช่น แบบจำลองอาคารสารสนเทศ (Building Information Modelling : BIM), เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality : VR) สำหรับใช้ในการออกแบบและนำเสนองาน ทำให้เจ้าของงานสามารถเข้าใจลักษณะทางกายภาพของโครงการได้ดียิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง ยังคงลดลงไม่มากนัก และเพื่อลดปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) จึงจัดเป็นเทคโนโลยีที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อการประมวลผลข้อมูลและแสดงแบบก่อสร้างในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งนับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ สำหรับนำมาประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้าง เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างที่อาจเกิดขึ้นได้

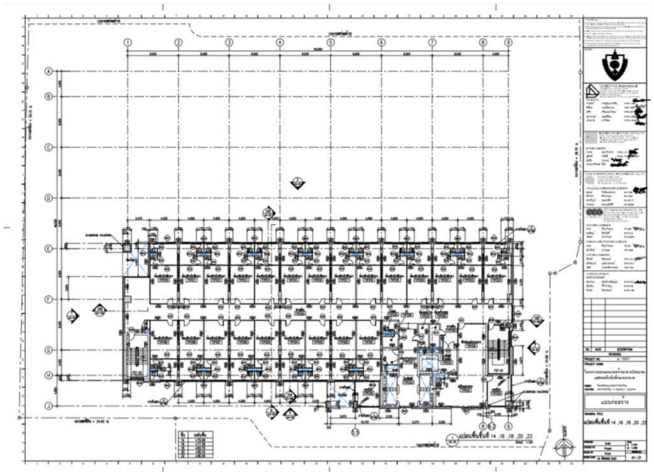
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของแบบก่อสร้าง

โครงการก่อสร้างในปัจจุบัน ได้แบ่งลักษณะของแบบก่อสร้างเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.1 แบบก่อสร้าง 2 มิติ

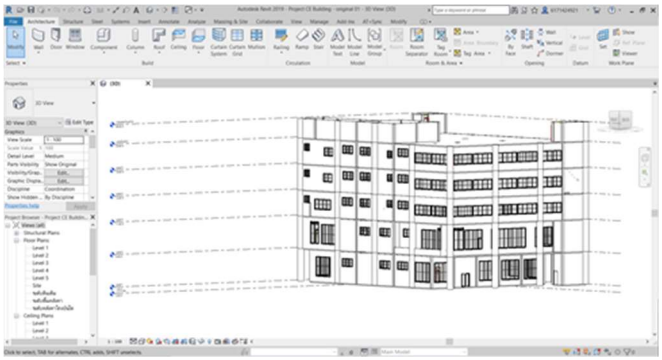
แบบก่อสร้าง 2 มิติ คือ แบบสำหรับการออกแบบในแกน x, y มีลักษณะแบนและมีความละเอียด แสดงขนาดของพื้นที่ชัดเจน ทำให้สามารถทำการก่อสร้างได้ง่าย โดยเหมาะสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ในการอ่านแบบ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างแบบก่อสร้าง 2 มิติ

2.1.2 แบบก่อสร้าง 3 มิติ

แบบก่อสร้าง 3 มิติ คือ แบบเสมือนที่จำลองภาพสิ่งก่อสร้างที่มีลักษณะใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งมองเห็นความกว้าง ความสูง ความลึก ของสิ่งปลูกสร้าง งานตกแต่งที่อยู่ในส่วนของงานสถาปัตยกรรมทั้งหมด ทั้งภายนอก และภายในอาคาร พร้อมกับภูมิสถาปัตยกรรม [1] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบก่อสร้าง 3 มิติ

2.2 แนวคิด และทฤษฎีเทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง

2.2.1 เทคโนโลยีความเสมือนจริง (Virtual Reality)

เทคโนโลยีความเสมือนจริง คือ การประยุกต์ใช้โมเดลทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิคสามมิติ ร่วมกับอุปกรณ์เฉพาะเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับความรู้สึกเหมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ถูกจำลองขึ้นจากคอมพิวเตอร์ สามารถรับรู้ได้ทางการมองเห็น การได้ยิน หรือความรู้สึก จากการใช้อุปกรณ์ที่ต้องสวมศีรษะและมีจอภาพภายในจำนวนสองหน้าจอ (Head-Mounted Display - HMD) แยกสำหรับตาทั้งสองข้างเพื่อสร้างภาพสามมิติและสามารถตอบสนองกับผู้ใช้งานโดยการเคลื่อนไหวภาพตามทิศทางของสายตาผู้ใช้งานผ่านการใช้อุปกรณ์จับความเคลื่อนไหว และประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมือนจริงมากที่สุด รวมถึงมีการตอบสนองด้วยเสียง หรือกระทั่งการตอบสนองการสัมผัส ในกรณีที่ใช้ถุงมือพิเศษร่วมด้วย [2]

ปัจจุบันได้แบ่งประเภทของเทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง ตามลักษณะการตอบสนองการใช้งานแก่ผู้ใช้ โดยสามารถแบ่งเป็น 5 ประเภท [3] ได้แก่

1. เทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง โดยแสดงผลงานผ่านทางจอมอนิเตอร์ หรือ Desktop VR หรือ Window on a World (WoW)

2. Video Mapping คือ การผสมผสานระหว่างภาพเคลื่อนไหว และวัตถุที่เป็นฉากรับภาพ เพื่อทำให้เกิดสภาพพื้นผิวของวัตถุนั้น พร้อมกับมิติต่างๆของวัตถุ

3. Immersive Systems คือ ระบบเทคโนโลยีความเสมือนจริงที่สมบูรณ์ที่สุดในปัจจุบัน สำหรับใช้งานแบบส่วนบุคคล โดยระบบนี้จะรวมอยู่ในอุปกรณ์สวมศีรษะหรือ Head-Mounted Display (HMD) เพื่อแสดงภาพและเสียงของสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่สร้างขึ้น

4. Telepresence คือ ระบบเสมือนจริงที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับระยะไกล เพื่อส่งสัญญาณภาพและเสียงมายังผู้ใช้งานที่อยู่อีกสถานที่หนึ่ง เช่น การใช้หุ่นยนต์ หรือพาหนะควบคุมระยะไกล เป็นต้น

5. Augmented หรือ Mixed Reality Systems คือ การทำงานร่วมกันระหว่าง Telepresence กับ Virtual Reality System เพื่อสร้างภาพเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งาน โดยคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่สร้างภาพเสมือนจริงและประมวลข้อมูลร่วมกับ Telepresence เช่น การแสดงภาพเสมือนจริงของสมองคนไข้แก่ศัลยแพทย์ เป็นต้น

2.2.2 เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE)

เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) คือ การจำลองสภาพแวดล้อมด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง โดยที่ผู้ใช้งานสามารถรับรู้ถึงความรู้สึกเหมือนกับสิ่งที่เห็นผ่านประสาทสัมผัสต่างๆ เช่น การมองเห็น การได้ยิน การสัมผัส การได้กลิ่น และการรับรู้รส โดยความรู้สึกข้างต้น สามารถแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงสภาพแวดล้อมจำลองนั้นได้อย่างสมบูรณ์ และรูปแบบการทำงานผสมผสานระหว่างอุปกรณ์สำหรับการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงกับคอมพิวเตอร์ แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

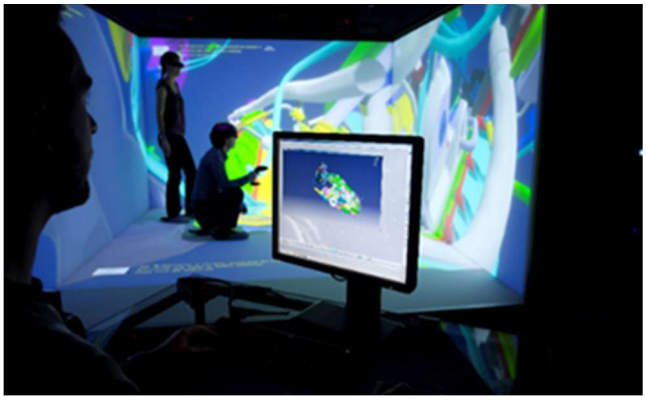
1. Head Mounted Display (HMD)

Head Mount Display (HMD) หรือจอแสดงผลแบบสวมศีรษะ คือ อุปกรณ์แสดงผลรูปแบบสามมิติ โดยใช้หลักการมองของดวงตามนุษย์ที่ทั้งสองข้างจะมองภาพแบบเหลี่ยมกันเพื่อสร้างภาพสามมิติขึ้น โดยอุปกรณ์ข้างต้นมีหลักการทำงานคือ หน้าจอแสดงผลแบ่งออกเป็นสองส่วน สำหรับตาทั้งสองข้าง และภาพที่แสดงนั้นจะจำลองการมองที่มีองศาต่างกันเพื่อทำให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นภาพที่แสดงเป็นสามมิติเหมือนมองวัตถุจริงและสามารถเพิ่มอุปกรณ์สำหรับตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อแสดงทิศทางการมองเห็นในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงให้สอดคล้องกับทิศทางการมองของผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3 [4]

รูปที่ 3 Head Mounted Display (HMD) หรือ จอแสดงผลแบบสวมศีรษะ

2. Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)

CAVE คือ อุปกรณ์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยใช้เครื่องฉายภาพฉายภาพลงไปยังฉากที่สร้างขึ้นเหมือนห้องที่มีผนังตั้งแต่ 3 ด้าน ถึง 6 ด้าน รวมถึงพื้น โดยฉากที่สร้างขึ้นจะปรากฏอยู่ภายในห้องขนาดใหญ่ ที่มีอุปกรณ์อื่น เช่น คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลภาพอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวของผู้ใช้งาน เครื่องฉายภาพความละเอียดสูง โดยการประมวลผลร่วมกันกับอุปกรณ์ข้างต้นเพื่อสร้างความเสมือนจริงมากที่สุด ในระหว่างการใช้งาน CAVE ห้องทดลองต้องปิดไฟภายนอกทั้งหมด และทางผู้ใช้งานต้องใส่แว่นตาชนิดพิเศษ เพื่อมองเห็นภาพเป็นวัตถุสามมิติลอยออกมาจากฉาก และสามารถเดินเข้า-ออกภายในฉาก เพื่อมองดูสภาพแวดล้อมโดยรอบ ดังแสดงในรูปที่ 4 [5]



รูปที่ 4 Cave Automatic Virtual Environment (CAVE)

2.3 สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง

จากการศึกษาของงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ปัญหาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง แบ่งเป็น 4 ประการ [6,7,8] ได้แก่

1. ความประสงค์ของเจ้าของโครงการที่ต้องการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง

2. ความขัดแย้งหรือความไม่สมบูรณ์ของแบบก่อสร้างและรายการก่อสร้าง

3. การเปลี่ยนแปลงวิธีการทำงาน เนื่องจากสภาวะที่คาดไม่ถึง

4. กฎ ระเบียบหรือข้อบังคับของราชการ

ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างนั้น ส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานในโครงการก่อสร้าง [9] รวมถึงระยะเวลาในการก่อสร้างและงบประมาณที่เพิ่มขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) ประยุกต์ใช้สำหรับการจำลองแบบก่อสร้างเสมือนจริง เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง โดยใช้กลุ่มตัวอย่างสำหรับการดำเนินการทดลองเป็นกรณีศึกษา แบ่งเป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

3.1 การคัดเลือกกรณีศึกษา

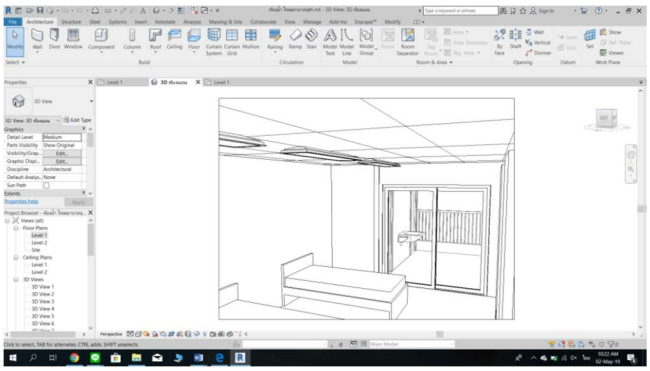
งานวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการเลือกโครงการที่ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จและพบปัญหาเกี่ยวกับเรื่องขนาดและความรู้สึกไม่ปลอดภัยของสิ่งก่อสร้าง ซึ่งดำเนินการก่อสร้างเป็นไปตามแบบก่อสร้างทั้งหมด โดยกรณีศึกษาที่ได้คัดเลือกจำนวน 2 กรณีศึกษา ได้แก่ ห้องพักนิสิตพยาบาล และโถงบันได ณ โครงการก่อสร้างหอพักนิสิตแห่งใหม่ คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การพัฒนาแบบก่อสร้าง เพื่อทำการทดสอบ

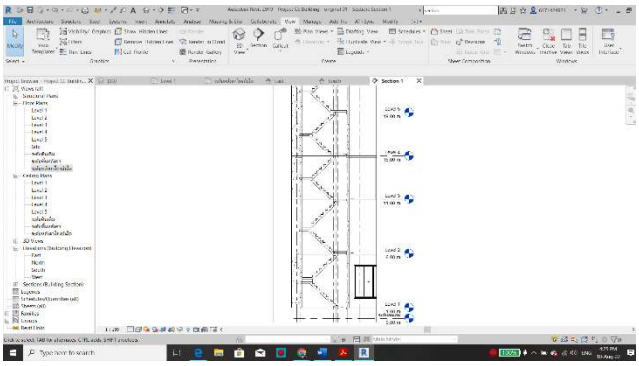
การพัฒนาแบบจำลองแบบก่อสร้างสำหรับงานวิจัยนี้ แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ และขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง โดยใช้เทคโนโลยีสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ

ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2019 สำหรับการพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ (3-D Model) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง สำหรับ 2 กรณีศึกษา ได้แก่ ห้องพักนิสิตพยาบาลและโถงบันได ดังแสดงในรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 การพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติของห้องพักนิสิตพยาบาล



รูปที่ 6 การพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติของโถงบันได

3.2.2 ขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง โดยใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ในขั้นตอนการพัฒนาแบบก่อสร้าง โดยใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงจากโปรแกรม Enscape ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับใช้ในการสร้างสภาพแวดล้อมจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 และแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องผ่านอุปกรณ์แสดงผลแบบสวมศีรษะ Head Mount Display (HMD) และคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 9

รูปที่ 7 แบบก่อสร้าง 3 มิติของห้องพักนิสิตพยาบาล

รูปที่ 8 แบบก่อสร้าง 3 มิติของของราวบันได

รูปที่ 9 ตัวแทนกลุ่มผู้ใช้งาน ขณะทำการทดลอง

3.3 เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานทดลอง เพื่อวัดผลการรับรู้ถึงขนาดและความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ด้วยอุปกรณ์แสดงผลแบบสวมศีรษะ Head Mount Display (HMD) โดยทำการทดลอง กรณีศึกษาห้องพักนิสิตพยาบาลและโถงบันได ณ โครงการก่อสร้างหอพักนิสิตแห่งใหม่ คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากนั้นดำเนินการวัดผลการทดลองด้วยแบบสอบถาม และวิเคราะห์วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การวิเคราะห์ข้อมูลข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test)

3.3.1 สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics)

สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบอิสระ (Free distribution) [10] โดยสามารถใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็กและใช้กับข้อมูลที่มีมาตรการวัดทุกระดับ รวมถึงไม่คำนึงถึงข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจง [11,12]

3.3.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดลองในงานวิจัยนี้ คือ นิสิตระดับปริญญาตรี คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 20 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มเลือก (Randomization) การทดสอบกลุ่มตัวอย่างอยู่ในลักษณะของ 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองของกลุ่มตัวอย่างแรก มีอิทธิพลหรือมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างที่ 2 กล่าวคือ การวัดข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกันแต่ดำเนินการวัดข้อมูลจำนวน 2 ครั้ง [10] เช่น ก่อนการทดลอง – หลังการทดลอง

ในขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ได้ดำเนินการแบ่งเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างสำหรับกรณีศึกษาที่ 1 ห้องพักนิสิตพยาบาล จำนวน 10 คน

2. กลุ่มตัวอย่างสำหรับกรณีศึกษาที่ 2 โถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาล จำนวน 10 คน

3.3.3 การเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกของขนาดและความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างระหว่างสองสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทางผู้วิจัยดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันสำหรับวัดผลจากสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้จากการทำแบบสอบถามแบ่งเป็นการรับรู้ถึงขนาดความกว้าง ยาว และความสูงของสิ่งก่อสร้าง ซึ่งแบบสอบถามจัดอยู่ในรูปแบบของเลือกตัวเลือก 5 ระดับ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการใช้หลักทางสถิติ สำหรับการเปรียบเทียบถึงการรับรู้ของขนาดของสิ่งก่อสร้างจากสองสภาพแวดล้อม มีรายละเอียด ดังนี้

<u>กรณีศึกษาที่ 1 : ห้องพักนิสิตพยาบาล</u>

กรณีศึกษาห้องพักนิสิตพยาบาล ได้ดำเนินการทดลองจำนวน 4 จุด ได้แก่ ห้องนอน, ระเบียง, ห้องอาบน้ำและห้องน้ำ ตามลำดับ ซึ่งแบบสอบถามสำหรับใช้ในการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันและทำการสอบถามความรู้สึกเกี่ยวกับขนาดความกว้างและความสูงที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยมีตัวเลือกและลำดับคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 รายละเอียดตัวเลือกและลำดับคะแนนสำหรับวัดผลการรับรู้ถึงขนาดของสิ่งก่อสร้าง

ขนาด	ระดับคะแนน
กว้างมาก	5
กว้าง	4
ธรรมดา	3
แคบ	2
แคบมาก	1

ตารางที่ 2 รายละเอียดตัวเลือกและลำดับคะแนนสำหรับวัดผลการรับรู้ถึงความสูงของสิ่งก่อสร้าง

ขนาด	ระดับคะแนน
สูงมาก	5
สูง	4
ธรรมดา	3
เตี้ย	2
เตี้ยมาก	1

<u>กรณีศึกษาที่ 2 : โถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาล</u>

กรณีศึกษาโถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาลได้ดำเนินการทดลองจำนวน 4 จุด ได้แก่ ราวบันไดบริเวณชั้น 7, ราวบันไดบริเวณชั้น 6, ราวบันไดบริเวณชั้น 5 และราวบันไดบริเวณชั้น 4 ตามลำดับ ซึ่งแบบสอบถามสำหรับใช้ในการวัดผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันและทำการสอบถามความรู้สึกเกี่ยวกับความสูงของราวบันไดและรูปแบบของราวบันไดที่มีผลต่อความปลอดภัยในการใช้งาน โดยมีตัวเลือกและลำดับคะแนน ดังแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 รายละเอียดตัวเลือกและลำดับคะแนนสำหรับวัดผลการรับรู้ถึงความสูงราวบันได

ขนาด	ระดับคะแนน
ปลอดภัยมาก	5
ปลอดภัย	4
ธรรมดา	3
ไม่ปลอดภัย	2
ไม่ปลอดภัยมาก	1

ตารางที่ 4 รายละเอียดตัวเลือกและลำดับคะแนนสำหรับวัดผลการรับรู้ถึงความปลอดภัยด้านรูปแบบราวบันได

ขนาด	ระดับคะแนน
ปลอดภัยมาก	5
ปลอดภัย	4
ธรรมดา	3
ไม่ปลอดภัย	2
ไม่ปลอดภัยมาก	1

3.4 กระบวนการวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลความแตกต่างจากการรับรู้ของความรู้สึกหลังจากดำเนินการทดลองของกลุ่มตัวอย่างในสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของประชากร 2 กลุ่มที่พึ่งพิงกัน โดยการนับจำนวนเครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมาย (-) ซึ่งทำให้ค่าความน่าจะเป็นตามทฤษฎีบททวินาม (Binomial Theorem) โดยค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าระดับนัยสำคัญของการทดสอบ [13] และมีข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับข้อมูล ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มขนาดเล็กที่ได้มาจากการสุ่ม การแจกแจงของประชากรเป็นแบบสมมาตรและมาตราการวัดอันตรภาคเป็นอย่างน้อย [14]

การทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการจัดอันดับความแตกต่าง (d_i) โดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมายจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด จากนั้นจึงทำการจัดอันดับ โดยนำเครื่องหมายเครื่องหมายบวก (+) หรือเครื่องหมาย (-) ที่อยู่ด้านหน้าผลต่างระหว่างข้อมูล (d_i) กำกับไว้หน้าอันดับนั้นๆ ดำเนินการหาค่าของผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวก (T^+) โดยทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมายบวก (T^+) ตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (น้อยกว่าเท่ากับ 20) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$T = \min\left|\sum_{R_i^+}, \sum_{R_i^-}\right| \quad (1)$$

โดยที่

$\sum_{R_i^+}$ คือ ผลรวมของอันดับผลต่างระหว่างข้อมูลที่มีเครื่องหมายบวก (+)

$\sum_{R_i^-}$ คือ ผลรวมของอันดับผลต่างระหว่างข้อมูลที่มีเครื่องหมายลบ (-)

T คือ ค่าของผลรวมอันดับที่มีค่าน้อยกว่า (ไม่คิดเครื่องหมาย) ระหว่างอันดับที่มีเครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (-)

ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis) จากการทดลองเพื่อวัดผลความต่างของการรับรู้ถึงขนาดของสิ่งก่อสร้างในสองสภาพแวดล้อม กำหนดสมมติฐานหลัก (H_0) และสมมติฐานทางเลือก (H_1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (α = 0.05) ดังนี้

$$H_0 : M_{pre} = M_{post}$$
$$H_1 : M_{pre} \neq M_{post}$$

โดยที่

H_0 คือ การรับรู้จากการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง (M_{pre}) ไม่แตกต่างกับการรับรู้จากการทดลองในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (M_{post})

H_1 คือ การรับรู้จากการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง (M_{pre}) แตกต่างกับการรับรู้จากการทดลองในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (M_{post})

4. การวิเคราะห์ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

4.1 กรณีศึกษาที่ 1: ห้องพักนิสิตพยาบาล

จากการดำเนินการทดลอง เพื่อวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงขนาดและความสูงของห้องพักนิสิตระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กรณีศึกษาที่ 1: ห้องพักนิสิตพยาบาล จำนวน 4 จุด ได้แก่ ห้องนอน, ระเบียง, ห้องอาบน้ำและห้องน้ำ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมจริง เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงแล้วเสร็จ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริงทันที ดังแสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) ดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

รูปที่ 10 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมจริง

รูปที่ 11 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) กรณีศึกษาที่ 1 สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงขนาดของห้องพักนิสิตพยาบาล (α = 0.05)

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_{pre}	3	4	3	5	5	4	3	5	4	4
M_{post}	3	3	4	4	3	3	4	3	3	4
d_i	0	-1	1	-1	-2	-1	1	-2	-1	0
$\sum_{R_i^+}$	7.00									
$\sum_{R_i^-}$	29.00									
Sig. (2-tailed)	0.107									

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยขนาดของห้องพักนิสิตพยาบาล จำนวน 4 จุด มีค่า Sig (2-tailed) มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) หรือ ปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H_1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกต่อขนาดของห้องพักนิสิตพยาบาลไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) กรณีศึกษาที่ 1 สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความสูงของห้องพักนิสิตพยาบาล (α = 0.05)

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_{pre}	3	3	3	4	4	4	3	4	4	3
M_{post}	3	4	3	3	3	4	3	4	4	3
d_i	0	1	0	-1	-1	0	0	0	0	0
$\sum_{R_i^+}$	2.50									
$\sum_{R_i^-}$	7.50									
Sig. (2-tailed)	0.317									

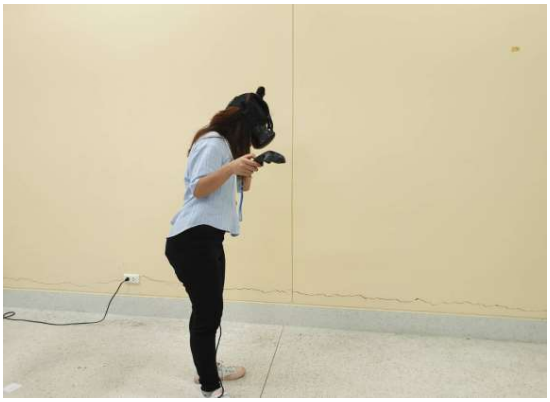
จากตารางที่ 6 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยขนาดของห้องพักนิสิตพยาบาล จำนวน 4 จุด มีค่า Sig (2-tailed) มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0)

หรือ ปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H_1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกต่อความสูงของห้องพักนิสิตพยาบาลไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 กรณีศึกษาที่ 2: โถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาล

จากการดำเนินการทดลอง เพื่อวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความปลอดภัยด้านความสูงของราวบันได และความรู้สึกปลอดภัยด้านรูปแบบของราวบันไดระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ในกรณีศึกษาที่ 2: โถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาล จำนวน 4 จุด ได้แก่ ราวบันไดบริเวณชั้น 7, ราวบันไดบริเวณชั้น 6, ราวบันไดบริเวณชั้น 5 และราวบันไดบริเวณชั้น 4 โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 10 คน ทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมจริง เมื่อกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงแล้วเสร็จ จากนั้นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริงทันที ดังแสดงในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) ดังแสดงในตารางที่ 7

รูปที่ 12 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมจริง



รูปที่ 13 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบลำดับที่โดยเครื่องหมายของวิลค็อกซัน (Wilcoxon-signed rank test) กรณีศึกษาที่ 2 สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความปลอดภัยด้านความสูงและรูปแบบของราวบันได (α = 0.05)

ลำดับที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_{pre}	5	4	4	3	4	4	4	3	3	3
M_{post}	4	4	3	3	3	4	3	3	4	3
d_i	-1	0	-1	0	1	0	-1	0	1	0
$\sum_{R_i^+}$	3.00									
$\sum_{R_i^-}$	12.00									
Sig. (2-tailed)	0.180									

จากตารางที่ 7 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงในด้านการรับรู้ของความรู้สึกถึงความปลอดภัยด้านความสูงและรูปแบบของบันได จำนวน 4 จุด มีค่า Sig (2-tailed) มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) หรือ ปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H_1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกปลอดภัยด้านความสูงและรูปแบบของราวบันได ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 สรุปและอภิปรายผลการทดลองวัดความแตกต่างระหว่างการรับรู้ของความรู้สึกในสภาพแวดล้อมจริงกับความรู้สึกสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

จากการวิเคราะห์การวัดความแตกต่างของการรับรู้ของความรู้สึกถึงระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กรณีศึกษาที่ได้คัดเลือกจำนวน 2 กรณีศึกษา ได้แก่ ห้องพักนิสิตพยาบาล และโถงบันได ณ โครงการก่อสร้างหอพักนิสิตแห่งใหม่ คณะพยาบาลศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยการทำการทดสอบสมมติฐานทางการวิจัย ซึ่งได้ผลการทดลอง ดังนี้

จากสมมติฐานหลัก (H_0) คือ การรับรู้ของความรู้สึกระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมีค่าเท่ากัน โดยผลจากการทดลองใน 2 กรณีศึกษา พบว่า การรับรู้ของความรู้สึกระหว่างขนาด ความสูงของห้อง และความปลอดภัยรวมถึงรูปแบบของราวบันไดจากสองสภาพแวดล้อมมีค่า Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H_0) กล่าวคือ การใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) สามารถให้ความรู้สึกแก่ผู้ใช้งานได้ไม่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปผลการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง การเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง (Change Order) สามารถเกิดขึ้นได้เสมอ ในกรณีที่เจ้าของโครงการขาดความเข้าใจในลักษณะทางกายภาพของโครงการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) สำหรับจำลองแบบก่อสร้างก่อนการก่อสร้างให้ผู้ใช้งานได้มีความเข้าใจและเห็นถึงลักษณะทางกายภาพของงานก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นจริง เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจส่งผลกระทบในขั้นตอนการก่อสร้างได้

จากการวิเคราะห์การวัดความแตกต่างของการรับรู้ของความรู้สึกถึงระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ดำเนินการทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มสำหรับทดลองวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกจำนวน 2 กรณีศึกษา ประกอบด้วย กรณีศึกษาที่ 1: ห้องพักนิสิตพยาบาล จำนวน 10 คน และกรณีที่ 2: โถงบันไดหอพักนิสิตพยาบาล จำนวน 10 คน ณ สภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริง จากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถาม หลังจากที่ได้การดำเนินการทดลองในสองสภาพแวดล้อมทันที ด้วยแบบสอบถามชุดเดียวกันและมีเนื้อหาเกี่ยวกับการรับรู้ของความรู้สึกเกี่ยวกับ ขนาด ความสูง และความปลอดภัย

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนั้น สามารถสรุปผลได้ว่าการรับรู้ของความรู้สึกจากการได้เห็นสภาพแวดล้อมจริงเปรียบเทียบกับการได้เห็นจากสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment: VE) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การนำเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้งานในการจำลองแบบก่อสร้างก่อนดำเนินการก่อสร้างจริงสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานรับรู้ถึงขนาด ความสูง และความปลอดภัยได้ ตั้งแต่ขั้นตอนงานออกแบบ รวมทั้งตรวจสอบข้อผิดพลาดของแบบก่อสร้าง ซึ่งอาจนำไปสู่การลดปัญหาในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง ขณะที่งานการก่อสร้างดำเนินไปแล้วได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการก่อสร้างหอพักนิสิตแห่งใหม่ คณะพยาบาลศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ รวมถึงอำนวยสถานที่ในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

[1] ไตรวัฒน์ วิรยศิริ, สุริยน ศิริธรรมปิติ. *การออกแบบและการเขียนแบบก่อสร้างอาคารเบื้องต้น.* กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.

[2] Virtual reality society. Head-mounted Displays (HMDs). Available from: https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/head-mounted-displays [เข้าถึงเมื่อ 19 เมษายน 2022].

[3] จักรพงศ์ วังคุม. ประเภทของระบบ VR. Available from: https://www.prezi.com/wliyatroudjb/vr [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2022].

[4] ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ. Virtual Reality เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน. Available from: https:// www.

scimath.org/article/item/4818-virtual-reality [เข้าถึงเมื่อ 10 เมษายน 2022].

[5] ปรีดิ์ณัฐ ภาณุมนต์วาที. *การศึกษาความตระหนักด้านความปลอดภัยของแรงงานไทยในงานก่อสร้างอาคารสูง กรณศึกษา: การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง[วิทยานิพนธ์]*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร: 2552.

[6] ชำนาญ พิเชษฐพันธ์, ไพบูลย์ กิตติพิทยากร. *ปัญหาในการก่อสร้าง.* นครราชสีมา: ดีพร้อมการพิมพ์; 2557.

[7] Gould F, Joyce N. *Construction Project Management*. New York, USA: Pearson; 2003.

[8] คุณากร แป้นเหลือ, จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง. สาเหตุ ผลกระทบและแนวทางลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงงาน. *การประชุมวิชาการโยธาแห่งชาติครั้งที่ 20,* 8-11 กรกฎาคม. ชลบุรี; 2558.

[9] Cox RC. Managing change orders and claims. *Journal of management in engineering*. 1997; (13): 24-29.

[10] ศุภามณ จันทร์สกุล, สุชาดา บวรกิติวงศ์. สถิตินอนพาราเมตริกและการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยทางการพยาบาล. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 2560; (11): 38-48.

[11] ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. *การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล.* กรุงเทพมหานคร: เว็บไซต์วัดผลจุดคอม; 2548.

[12] ลลิตา โชติธนากิจ. *การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสถิติทดสอบทีและสถิติทดสอบวิลคอกซัน สำหรับประชาการสองที่ไม่เป็นอิสระกัน [วิทยานิพนธ์]*. มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี: 2554.

[13] ฐานันดร์ อุสัยนี, ธวีร์วุทธ จันทร์หอม, รุสนี มะตาเยะ, วรรณี ปาทาน. The Wilcoxon Test. Available from :http://file.siam2web.com/natcha/531/2011926_ 67308.pdf [เข้าถึง 1 สิงหาคม 2022].

[14] กัลยา บุญหล้า, น้ำเพชร ยอดแสน, สุรีย์รัตน์ แก้วศรีเมือง. การเปรียบเทียบสถิติทดสอบเมื่อประชากร 2 กลุ่มไม่เป็นอิสระต่อกัน. *วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง.* 2561; (27): 79-87.