การประยุกต์ใช้แบบจำลองเสมือนจริงในการช่วยลดการเปลี่ยนแปลงงานในช่วงการก่อสร้าง
Application of Virtual Model Utilization for Reducing of Change Order in Construction

วุฒิภัทร วัชรพันธ์[1,*] และ นพดล จอกแก้ว[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จ.กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: Wuttipatbook@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาใช้ในการก่อสร้าง ที่เน้นการเปลี่ยนแปลงงานในโครงการก่อสร้าง จึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง เพื่อประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานในโครงการก่อสร้าง โดยสมมติฐานของงานวิจัยนี้คือความรู้สึกของผู้ทดสอบที่วัดโดยใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และสภาพแวดล้อมการก่อสร้างจริงก็ไม่ต่างกัน สมมติฐานได้รับการทดสอบโดยความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยใช้แบบสอบถามที่เปรียบเทียบระหว่างความรู้สึกที่วัดโดยเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กับสภาพแวดล้อมจริง กรณีศึกษา 2 กรณี ในโครงการก่อสร้างจริงถูกนำมาใช้ในการทดลอง ผู้ตอบแบบสอบถาม 18 คนได้รับเลือกให้เยี่ยมชมสถานที่ก่อสร้าง และเปรียบเทียบความรู้สึกระหว่างการใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง กับสถานการณ์จริง จากนั้นนำการวิเคราะห์ทางสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถามที่ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง และสถานการณ์จริงในโครงการก่อสร้างสำหรับทั้งสองกรณีศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้เพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้างได้

คำสำคัญ: สภาพแวดล้อมเสมือนจริง, การเปลี่ยนแปลงงานก่อสร้าง, โครงการก่อสร้าง

Abstract

The objective of this research is to propose an application of Virtual Environment (VE) technology in the construction focused for change orders in the construction project. The possibility of Virtual Environment technology to apply for reducing the problems of change order in the construction project was studied. The assumption of this research is the feeling of users measured by using VE applications and the real situations are not different. The assumption was tested by the respondents' feeling using the questionnaire that compared between the feeling measured by VE applications and the real situations. The two cases studies in the real construction project were used for the experiment. The 18 respondents were selected to visit the construction site and compared the feeling between using VE application and the real situations. The statistical analysis was applied to analyze the data from the questionnaires. The results of the research show that the feeling of the respondents who applied the VE applications and the real situations in the construction project for both case studies are not significant difference. Therefore, it can be concluded that the VE technology is possibly applied in order to reduce the problems of change orders in the construction project.

Keywords: Virtual Environment, Change Orders, Construction Project

1. ที่มาและวัตถุประสงค์

ในโครงการก่อสร้าง การเปลี่ยนแปลงงานเกิดขึ้นเนื่องจากความเข้าใจผิดของแบบก่อสร้างระหว่างฝ่ายต่างๆ เช่น เจ้าของ ผู้รับเหมา และผู้ออกแบบ การเปลี่ยนแปลงสามารถสร้างปัญหาที่ส่งผลกระทบอย่างมากต่อโครงการก่อสร้าง ผลกระทบของปัญหาการเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้าง เช่น การเกิดต้นทุนที่เพิ่มขึ้นและความล่าช้าของเวลา ทุกวันนี้ ซอฟต์แวร์สามมิติสามารถนำไปใช้ในโครงการก่อสร้างต่างๆ ได้มากมาย ซึ่งช่วยให้เจ้าของหรือผู้ใช้เพิ่มความเข้าใจและจินตนาการเมื่อดูแบบก่อสร้างได้ อย่างไรก็ตาม แอปพลิเคชัน 3 มิติไม่สามารถสร้างความรู้สึกของผู้ใช้เหมือนสถานการณ์จริง ดังนั้นปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานจะไม่ลดลงมากเท่าที่คาดหวัง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีแบบจำลองเสมือนจริง เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างความรู้สึกของผู้ใช้เสมือนในสถานการณ์จริง สามารถสร้างความรู้สึกของผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงมิติ (ความกว้าง ความยาว และความสูง) เช่น สบาย อึดอัด ปลอดภัย และความรู้สึกอันตราย ผู้ออกแบบสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบจำลองเสมือนจริงเพื่อวัดความรู้สึกของผู้ใช้ระหว่างขั้นตอนการออกแบบและอาจปรับมิติในแบบร่าง การออกแบบก่อนการก่อสร้างหรือก่อนโครงการจะแล้วเสร็จ ดังนั้นเทคโนโลยีแบบจำลองเสมือนจริงอาจนำไปใช้กับโครงการก่อสร้างเพื่อช่วยลดการเปลี่ยนแปลงงาน งานวิจัยนี้เป็นการเสนอการทดลองใช้เทคโนโลยีแบบจำลองเสมือนจริงเพื่อลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงงานในโครงการก่อสร้าง

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะของแบบก่อสร้าง

แบบก่อสร้างเป็นหลักสำคัญในการดำเนินงานก่อสร้าง เป็นเอกสารที่จะถูกนำมาใช้เพื่อสร้างอาคารตามที่ได้กำหนดไว้จากผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น สถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรเครื่องกล วิศวกรไฟฟ้า วิศวกรสิ่งแวดล้อม และอื่น ๆ โดยแบบก่อสร้างนี้จะถูกใช้ตั้งแต่ประมูลงาน การทำแบบ Shop Drawing จนถึงงานก่อสร้างจริง การแบ่งประเภทแบบก่อสร้าง

มีการแบ่งตามลักษณะได้ 2 ประเภท คือ ตามขั้นตอนงาน และตามเทคนิคสาขาวิชาชีพ [1] ซึ่งแบบที่กล่าวข้างต้น ในการทำงานจริงจะใช้การนำเสนออยู่ 2 รูปแบบในการประสานงานระหว่าง เจ้าของ ที่ปรึกษา ผู้รับเหมา คือ แบบแปลนสองมิติ และ แบบแปลนสามมิติ ดังนี้

2.1.1 แบบแปลนสองมิติ

แบบแปลนสองมิติ เป็นรูปแบบที่เรียบง่าย จะแสดงเฉพาะความยาวและความกว้างเท่านั้น สามารถวัดได้ตามแกน X และ แกน Y จุดประสงค์ของการวาดภาพสองมิติ (2-D) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายขนาดและรูปร่างของสิ่งของและอาจให้ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบวัสดุและข้อมูลอื่น

2.1.2 แบบแปลนสามมิติ

แบบแปลนสามมิติ เป็นแบบเสมือนจริงที่จำลองโครงสร้าง เช่น ความกว้าง ความสูง และความลึกของอาคารให้มีลักษณะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด รวมทั้งงานตกแต่งงานภายใน พร้อมทั้งงานภูมิทัศน์ภายนอก

2.2 การเปลี่ยนแปลงงาน

2.2.1 ความหมายการเปลี่ยนแปลงงาน

คำสั่งเปลี่ยนแปลง คืองานที่เพิ่มหรือลดออกจากของสัญญาเดิม ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเงินตามสัญญาเดิม หรือมีการเปลี่ยนแปลงวันที่แล้วเสร็จโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้ คำสั่งการเปลี่ยนแปลงแสดงถึงปัญหาของโครงการในรูปแบบของค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมหรือเวลาเพิ่มเติม หรือทั้งสองอย่าง [2] ซึ่งให้คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงว่าเป็นการเบี่ยงเบนจากข้อตกลงตามขอบเขตและกำหนดการที่กำหนดไว้

2.2.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงงาน

หลายปัจจัยอาจเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงในโครงการก่อสร้าง ปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดประการหนึ่งคือการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการออกแบบสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยภายใน ประกอบด้วยเจ้าของ ที่ปรึกษาการออกแบบ ที่ปรึกษาด้านการบริหารงานก่อสร้าง และผู้รับเหมา ในขณะที่ปัจจัยภายนอกเกี่ยวข้องกับการเมืองและเศรษฐกิจสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและบุคคลที่สาม [3]

2.2.3 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงงาน

ผลกระทบของคำสั่งเปลี่ยนแปลงในแต่ละโครงการสามารถเกิดขึ้นได้หลายประการ ได้แก่ กำหนดเวลาล่วงเลย ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มสูงขึ้น การเกิดข้อพิพาทระหว่างคู่สัญญา ความล่าช้าในการชำระเงิน การร้องเรียนของฝ่ายหนึ่งหรือหลายฝ่ายในการติดต่อ การลดมาตรฐานคุณภาพงาน และผลผลิตที่ลดลง [2]

2.3 เทคโนโลยีที่ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงงาน

2.3.1 แบบจำลองสารสนเทศอาคาร

แบบจำลองสารสนเทศอาคาร หรือ BIM (Building Information Modeling) เป็นกระบวนการรวบรวมและบริหารจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนต่างๆ ตั้งแต่ การออกแบบไปจนถึงการก่อสร้างและใช้งานอาคาร โดยการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ (Software) ที่ถูกพัฒนาขึ้นในลักษณะของการสร้างแบบจำลองอาคาร (building model) พร้อมข้อมูลสารสนเทศ(information) ที่สอดคล้องกับกระบวนการทำงานจริง [3]

2.3.2 Augmented Reality (AR)

Augmented Reality (AR) เป็นการนำเทคโนโลยีมาผสานระหว่างโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเข้าด้วยกัน โดยผ่านอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์รวมกับการใช้ซอฟต์แวร์ต่างๆซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้การซ้อนทับแบบดิจิทัลของข้อมูล ไปยังมุมมองของผู้ใช้โดยจัดแนวพื้นที่กับสภาพแวดล้อมทางกายภาพในปัจจุบัน มุมมองของผู้ใช้มักเป็นภาพจากกล้อง ซึ่งภาพถูกเสริมด้วยข้อมูลดิจิทัลและแสดงผลบนอุปกรณ์แสดงผลซึ่งอาจจะเป็นจอแสดงผลแบบสวมศีรษะหรืออุปกรณ์เคลื่อนที่ การซ้อนทับดังกล่าวช่วยให้สามารถนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานเฉพาะบนไซต์งานได้โดยตรงและสอดคล้องกับวัตถุที่สนใจ

2.3.3 Virtual Reality (VR)

Virtual Reality หรือ VR คือการจำลองสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมจากจินตนาการ เช่น วิดีโอ ภาพ เสียง ผ่านระบบเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ โดยต้องใช้งานผ่านอุปกรณ์นำเข้าต่างๆ เช่น ถุงมือ เมาส์ แว่นตา เป็นต้น เพื่อรับรู้ถึงแรงป้อนกลับจากการสัมผัสสิ่งต่างๆ และทำให้เราสามารถตอบสนองกับสิ่งที่จำลองนั้นได้ โดยเราสามารถนำเทคโนโลยี VR มาประยุกต์ใช้ในหลากหลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ (การฝึกผ่าตัดแบบเสมือนจริง) การทำเครื่อง VR เพื่อฝึกบินเชิงsimulation ทางการศึกษา ด้านการบันเทิง เกมส์ ทางด้านธุรกิจ ทางด้านวิศวกรรมเป็นต้น [4] ในปัจจุบันหากแบ่งประเภทของเทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง ตามลักษณะการตอบสนองการใช้งานแก่ผู้ใช้จะแบ่งได้ทั้งหมด 5 ประเภท [5] คือ

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

2. Video Mapping คือการผสมผสานระหว่างภาพเคลื่อนไหว และวัตถุที่เป็นฉากรับภาพ เพื่อให้เกิดสภาพพื้นผิวของวัตถุนั้น พร้อมกับเห็นมิติของวัตถุ

3. Immersive Systems เป็นระบบ VR ที่สมบูรณ์ที่สุด ณ ปัจจุบัน เพื่อการใช้งานแบบส่วนบุคคลซึ่งระบบนี้จะรวมอยู่ในอุปกรณ์สวมศีรษะหรือ Head-Mounted Display (HMD) ที่จะแสดงภาพและเสียงของสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่สร้างขึ้น

4. Telepresence เป็นระบบเสมือนจริงที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ตรวจจับระยะไกล ที่จะส่งสัญญาณภาพเสียงมายังผู้ใช้งานที่อยู่อีกสถานที่หนึ่ง เช่น การใช้หุ่นยนต์ หรือพาหนะควบคุมระยะไกล เป็นต้น

5. Augmented หรือMixed Reality Systems คือการรวมกันระหว่าง Telepresence กับVirtual Reality System เพื่อสร้างภาพเสมือนจริงให้กับผู้ใช้งาน โดยให้คอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือนจริงที่สร้างไว้เข้ากับข้อมูลจาก Telepresence ที่ได้รับมา เช่น การแสดงภาพเสมือนจริงของสมองคนไข้ให้แก่ศัลยแพทย์

2.4 Head Mounted Display (HMD)

Head Mount Display (HMD) หรือจอแสดงผลแบบสวมศีรษะ คือ อุปกรณ์แสดงผลแบบสามมิติที่ใช้หลักการมองของดวงตามนุษย์ที่ทั้งสองข้างจะมองภาพแบบเหลี่ยมกันเพื่อสร้างภาพสามมิติขึ้น โดยอุปกรณ์นี้จะมีจอแสดงผลแบ่งออกเป็นสองส่วนสำหรับตาทั้งสองข้างและภาพที่แสดงนั้นจะจำลองการมองที่มีองศาต่างกันเพื่อทาให้ผู้ใช้งานมองเห็นภาพที่แสดงเป็นสามมิติเหมือนมองวัตถุจริง นอกจากจะแสดงภาพได้แล้วยังสามารถเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อแสดงทิศทางการมองเห็นในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงให้สอดคล้องกับทิศทางการมองของผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูป ที่ 1

รูปที่ 1 Head Mounted Display (HMD)

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Environment : VE) เพื่อลดปัญหาของการเปลี่ยนแปลงงานในการก่อสร้าง สมมติฐานของการวิจัยนี้คือความรู้สึกของผู้ใช้ที่วัดโดยการใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ไม่แตกต่างจากสถานการณ์จริง สมมติฐานถูกทดสอบโดยแบบสอบถามที่เปรียบเทียบระหว่างความรู้สึกของการใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริงกับสถานการณ์จริง โดยมีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การคัดเลือกกรณีศึกษา

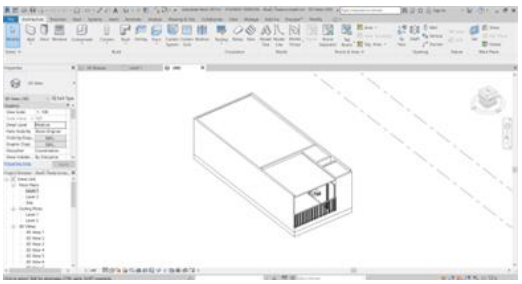
งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่โครงการก่อสร้างที่ยังดำเนินการไม่แล้วเสร็จ ซึ่งมีแนวโน้มว่าอาจจะมีโอกาสเกิดการเปลี่ยนแปลงงาน หรืออาจพบปัญหาเรื่องขนาดของสิ่งก่อสร้างที่ไม่ตรงกับความคาดหวังของเจ้าของงาน ซึ่งผู้วิจัยได้การทำคัดเลือกโครงการที่มีแนวโน้มเกิดปัญหาดังกล่าวมาเป็นตัวอย่างในการวิจัย โดยเลือก 2 ตัวอย่างได้แก่ ห้องพักและบันไดหนีไฟ

3.2 การพัฒนาแบบแปลนเพื่อทำการทดสอบ

การพัฒนาแบบก่อสร้างที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ แบบแปลนสามมิติ และการประยุกต์ใช้โปรแกรมสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การพัฒนาแบบแปลนสามมิติ

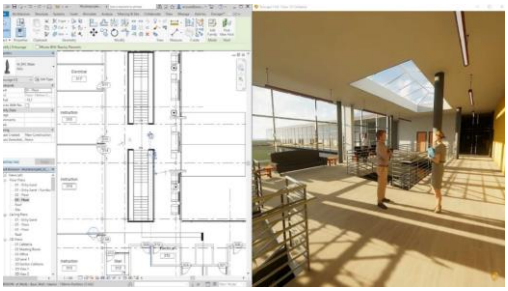
ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Autodesk Revit 2019 ในการพัฒนาแบบแปลนสามมิติ โดยนำแบบสองมิติจากโครงการที่คัดเลือกไว้ มาสร้างโมเดลสามมิติเพื่อนำไปใช้สร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง(Visual Reality)



รูปที่ 2 การพัฒนาแบบก่อสร้าง 3 มิติ ด้วยโปรแกรม Autodesk Revit 2019

3.2.2 การประยุกต์ใช้โปรแกรมสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ในการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Enscape ซึ่งเป็นโปรแกรมเสริมที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้งานควบคู่กับ Autodesk Revit 2019 ซึ่งทำงานได้ในลักษณะการแสดงผลแบบเรียลไทม์ ทั้งในเรื่องของตัวโมเดลและวัสดุ โดยใช้การแสดงผลผ่านอุปกรณ์ Head Mounted Display ได้ทันทีและสามารถใช้งานได้หลังจากเปิดโปรแกรม



รูปที่ 3 โปรแกรม Enscape

3.3 เครื่องมือที่ทางสถิติใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองการวัดความรู้สึก โดยใช้การตอบสนองความรู้สึกของผู้ใช้ใน 2 กรณีศึกษา ได้แก่ ห้องพักและบันไดหนีไฟ ในโครงการก่อสร้างอาคารที่กำลังก่อสร้างอยู่หรือยังก่อสร้างไม่เสร็จสิ้น ซึ่งมีโอกาสที่จะแก้ไขเปลี่ยนแปลงแบบ เจ้าของโครงมีความต้องการเปลี่ยนแปลงงานในอนาคต แต่จะทำให้ต้นทุนโครงการเพิ่มขึ้น ผู้ได้รับการทดสอบความรู้สึกโดยใช้ Head Mount Display ที่เชื่อมต่อกับโปรแกรม Enscape สำหรับการใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือน จริง (Virtual Environment) เปรียบเทียบกับความรู้สึกในสถานการณ์จริงในสถานที่ก่อสร้าง แบบสอบถามถูกนำไปใช้เพื่อวัดความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม

3.3.1 การกำหนดประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เจ้าของงาน ที่ปรึกษาโครงการ และผู้รับเหมาที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่คัดเลือก โดยงานวิจัยนี้เน้นกลุ่มโครงการก่อสร้างอาคารสูงและการก่อสร้างอยู่ในเขตกรุงเทพ

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน จากการสุ่มเลือกเพื่อการทดลอง แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างสำหรับกรณีศึกษาที่ 1 ห้องพัก จำนวน 8 คน
2. กลุ่มตัวอย่างสำหรับกรณีศึกษาที่ 2 บันไดหนีไฟ จำนวน 10 คน

3.3.2 การเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกของขนาดและความปลอดภัยของสิ่งก่อสร้างระหว่างสองสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพ แวดล้อมเสมือนจริง ทางผู้วิจัยดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันสำหรับวัดผลจากสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้จากการทำแบบสอบถามแบ่งเป็นการรับรู้ถึงขนาดความกว้าง ยาว และความสูงของสิ่งก่อสร้าง ซึ่งแบบสอบถามจัดอยู่ในรูปแบบของเลือกตัวเลือก 5 ระดับ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยการใช้หลักทางสถิติ สำหรับการเปรียบเทียบถึงการรับรู้ของขนาดของสิ่งก่อสร้างจากสองสภาพแวดล้อม มีรายละเอียด ดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 : ห้องพัก

กรณีศึกษาห้องพัก ได้ดำเนินการทดลองจำนวน 4 จุด ได้แก่ ห้องนอน, ระเบียง,ห้องอาบน้ำและห้องน้ำ ตามลำดับซึ่งแบบสอบถามสำหรับใช้ในการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันและทำการสอบถามความรู้สึกเกี่ยวกับขนาดความกว้างและความสูงที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งาน โดยมีตัวเลือกและลำดับคะแนนในตารางที่ 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

กรณีศึกษาที่ 2 : บันไดหนีไฟ

กรณีศึกษาบันไดหนีไฟหอพักได้ดำเนินการทดลองจำนวน 4 จุด ได้แก่ ราวบันไดบริเวณชั้น 7, ราวบันไดบริเวณชั้น 6, ราวบันไดบริเวณชั้น 5 และราวบันไดบริเวณชั้น4 ตามลำดับ ซึ่งแบบสอบถามสำหรับใช้ในการวัดผลการรับรู้ของกลุ่มตัวอย่างได้ดำเนินการใช้แบบสอบถามชุดเดียวกันและทำการสอบถามความรู้สึกเกี่ยวกับความสูงของราวบันไดและรูปแบบของราวบันไดที่มีผลต่อความปลอดภัยในการใช้งานโดยมีตัวเลือกและลำดับคะแนน 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 ทางผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีวิเคราะห์ทางสถิติ จำนวน 2 วิธีได้แก่ การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired-Simples test) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ในกรณีที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยกว่า 30 คน [6] และดำเนินการสุ่มเลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดลอง โดยที่รูปแบบการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ และไม่ทราบความแปรปรวนของข้อมูล จากนั้นจึงได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละหัวข้อจากการทดลอง ระหว่างสภาพแวดล้อมจริง เรียกว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนทำ , μ_{pre} ค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละหัวข้อหลังจากเห็นสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเรียกว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนหลังทำ (, μ_{post} ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของคะแนนจากสองสภาพแวดล้อม (D_{ij}) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) - (4)

$$\mu_{pre} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} \quad (1)$$

$$\mu_{post} = \frac{\sum_{i=1}^{N} y_i}{N} \quad (2)$$

$$\overline{D} = \frac{\sum_{i=1}^{N} D_i}{N} \quad (3)$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum_{i=1}^{N} D_i - (\sum_{i=1}^{N} D_i)^2}{N(N-1)}} \quad (4)$$

โดยที่

Xi = คะแนนจากแบบสอบถาม หลังจากการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง

Yi = คะแนนจากแบบสอบถาม หลังจากการทดลองในสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

Di = ความแตกต่างของคะแนนจากสองสภาพแวดล้อม

N = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

การวัดผลความต่างของการรับรู้ถึงขนาดของสิ่งก่อสร้างในสองสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นการทดสอบในรูปแบบกลุ่มตัวอย่างที่ไม่อิสระจากกัน (Sample t-test) กล่าวคือ กลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลองนั้นเป็นกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน โดยกำหนดค่า t-score แบบ 2-tailed สำหรับใช้เป็นตัวชี้วัดถึงความต่างอย่างมีนัยสำคัญและค่าระดับแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom : df) เท่ากับ N-1 ในการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis) จากการทดลองเพื่อวัดผลความต่างของการรับรู้ถึงขนาดของสิ่งก่อสร้างในสองสภาพแวดล้อม กำหนดสมมติฐานหลัก (H0) และสมมติฐานทางเลือก (H1) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($\propto$= 0.05) ดังนี้

โดยที่

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

H_0 คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนทำ μ_{pre} ไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ยคะแนนหลังทำ μ_{post}

H_1 คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนทำ μ_{pre} แตกต่างกับค่าเฉลี่ยคะแนนหลังทำ μ_{post}

4. การวิเคราะห์ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

4.1 กรณีศึกษาที่ 1: ห้องพัก

จากการดำเนินการทดลอง เพื่อวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงขนาดและความสูงของห้องพักระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ในกรณีศึกษาที่ 1: ห้องพัก จำนวน 4 จุด ได้แก่ ห้องนอน, ระเบียง, ห้องอาบน้ำและห้องน้ำ โดยรูปแบบการทดลองแบ่งกลุ่มตัวอย่างในจุดละ 1 คู่ จำนวน 4 คู่ และทำการทดลองสถานที่เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 7 และรูปที่ 8 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Pair Sample Test ดังแสดงในตารางที่5 และตารางที่ 6

รูปที่ 4 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี (**Paired-Simples test**)กรณีศึกษาที่ 1สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงขนาดของห้องพัก ($\propto$ = **0.05**)

คู่ที่	Mean	S.D.	Sig. (2-tailed)	H0	H1
1	-0.800	1.398	0.104	Accept	Reject
2	-0.800	0.632	0.758	Accept	Reject
3	-0.100	0.994	0.081	Accept	Reject
4	-0.500	0.707	0.052	Accept	Reject

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยขนาดของห้องพัก จำนวน 4 จุด มีค่า Sig (2-tailed) มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) หรือปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกต่อขนาดของห้องพักไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

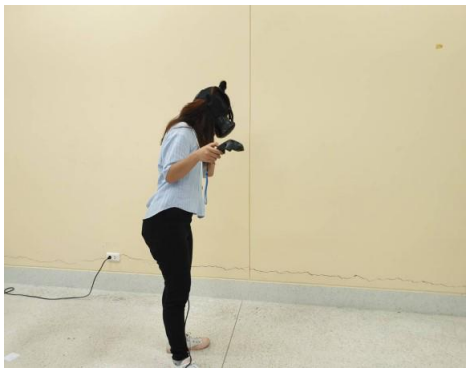
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ข้อ มูลด้วยวิธี (**Paired-Simples test**)กรณีศึกษาที่ 1 สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความสูงของห้องพัก ($\propto$ = 0.05)

คู่ที่	Mean	S.D.	Sig. (2-tailed)	H0	H1
1	0.100	0.316	0.343	Accept	Reject
2	-0.100	0.568	0.561	Accept	Reject
3	-0.300	0.483	0.081	Accept	Reject
4	0.000	0.000	1.000	Accept	Reject

จากตารางที่ 6 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยความสูงของห้องพัก จำนวน 4 จุด มีค่า Sig (2-tailed)มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) หรือปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกต่อขนาดของห้องพักไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 กรณีศึกษาที่ 2: บันไดหนีไฟ

จากการดำเนินการทดลอง เพื่อวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความปลอดภัยด้านความสูงของราวบันได และความรู้สึกปลอดภัยด้านรูปแบบของราวบันไดระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ในกรณีศึกษาที่ 2: บันไดหนีไฟ จำนวน 4 จุด ได้แก่ ราวบันไดบริเวณชั้น 7, ราวบันไดบริเวณชั้น 6, ราวบันไดบริเวณชั้น 5 และราวบันไดบริเวณชั้น 4 โดยรูปแบบการทดลองแบ่งกลุ่มตัวอย่างในจุดละ 1 คู่ จำนวน 5 คู่ และทำการทดลองสถานที่เดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 9 และรูปที่ 10 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Pair Sample Test ดังแสดงในตารางที่ 7



รูปที่ 5 กลุ่มตัวอย่างทำการทดลอง ณ สภาพแวดล้อมเสมือนจริง

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี (**Paired-Simples test**)กรณีศึกษา ที่ **2** สำหรับการวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกถึงความปลอดภัยด้านความสูงและรูปแบบของราวบันได ($\propto$ = **0.05**)

คู่ที่	Mean	S.D.	Sig. (2-tailed)	H0	H1
1	0.500	0.527	0.150	Accept	Reject
2	0.200	0.632	0.343	Accept	Reject
3	0.200	0.422	0.168	Accept	Reject
4	0.000	0.667	1.000	Accept	Reject
5	0.200	0.632	0.343	Accept	Reject

จากตารางที่ 7 พบว่าผลการวิเคราะห์ระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง ความปลอดภัยด้านความสูงและรูปแบบของราวบันได จำนวน 4 จุดมีค่า Sig (2-tailed) มากกว่า 0.05 ทุกคู่ ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) หรือ ปฏิเสธสมมติฐานทางเลือก (H1) แสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความรู้สึกปลอดภัยด้านความสูงของราวบันได ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3สรุปและอภิปรายผลการทดลองวัดความแตกต่างระหว่างการรับรู้ของความรู้สึกในสภาพแวดล้อมจริงกับความรู้สึกสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

จากการวิเคราะห์การวัดความแตกต่างของการรับรู้ของความรู้สึกถึงระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยการทำการทดสอบสมมติฐานทางการวิจัยซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

จากสมมติฐานหลัก (H0) ที่ว่าการรับรู้ของความรู้สึกระหว่างสภาพแวดล้อมจริงกับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมีค่าเท่ากัน ซึ่งจากผลจากการทดลอง พบว่า การรับรู้ของความรู้สึกระหว่างขนาดห้อง ความสูง ความปลอดภัยและรูปแบบของความปลอดภัย ในสองสภาพแวดล้อมนั้นมีค่า Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงยอมรับสมมติฐานหลัก (H0) กล่าวคือ การใช้เทคโนโลยีสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Reality) สามารถให้ความรู้สึกแก่ผู้ใช้งานได้ไม่แตกต่างจากสภาพแวดล้อมจริงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. สรุปผลการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินงานก่อสร้าง การเปลี่ยนแปลงงาน(Change Order) สามารถเกิดขึ้นได้เสมอ ซึ่งเกิดขึ้นได้ในกรณีที่เจ้าของโครงการขาดความเข้าใจในลักษณะทางกายภาพของโครงการ ดังนั้นในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจำลองสภาพแวดล้อมเสมือนจริง(Virtual Environment) สำหรับจำลองแบบก่อสร้างก่อนการก่อสร้างให้ผู้ใช้งานได้มีความเข้าใจและเห็นถึงลักษณะทางกายภาพของงานก่อสร้างที่จะเกิดขึ้นจริง เพื่อลดความผิดพลาดที่จะส่งผลให้เกิดขึ้นในการก่อสร้าง ซึ่งอาจจะนำไปสู่การแก้ไขงานได้ จากการศึกษาได้ทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มเพื่อทำการทดลองเปรียบเทียบการรับรู้ของความรู้สึกระหว่างสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมเสมือนจริง โดยสถานที่ในการทดลองนั้นเป็นสถานที่ก่อสร้างที่เกิดปัญหาข้อผิดพลาดในการก่อสร้างจริงซึ่งเกิดจากความรู้สึกของเจ้าของโครงการที่เปลี่ยนไป หลังจากที่ได้ดำเนินการสร้างแล้วเสร็จและไม่สามารถแก้ไขงานได้

โดยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 18 คน ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่มสำหรับทดลองวัดผลการรับรู้ของความรู้สึกจำนวน2 กรณีศึกษา ประกอบด้วย กรณีศึกษาที่ 1: ห้องพัก จำนวน 8 คน และกรณีที่ 2: บันไดหนีไฟ จำนวน 10 คน ทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงและสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริง จากนั้นจึงทำการตอบแบบสอบถาม หลังจากที่ได้ทำการการทดลองในสองสภาพแวดล้อม ด้วยแบบสอบถามชุดเดียวกันและมีเนื้อหาเกี่ยวกับการรับรู้ของความรู้สึกเกี่ยวกับ ขนาด ความสูง และความปลอดภัย

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองนั้น สามารถสรุปผลได้ว่าการรับรู้ของความรู้สึกจากการได้เห็นสภาพแวดล้อมจริงเปรียบเทียบกับการได้เห็นจากสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยีสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (Virtual Reality) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การนำเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมเสมือนจริงมาประยุกต์ใช้งานในการจำลองแบบก่อสร้างก่อนดำเนินการก่อสร้างจริงสามารถช่วยให้ผู้ใช้งานรับรู้ถึงขนาด ความสูง และความปลอดภัยได้ตั้งแต่ขั้นตอนงานออกแบบ รวมทั้งตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบก่อสร้าง ซึ่งอาจนำไปสู่การลดปัญหาในเรื่องของการแก้ไขงานก่อสร้าง ขณะที่งานการก่อสร้างดำเนินไปแล้วได้

6. ข้อเสนอแนะ

หากต้องการวิเคราะห์ผลให้แม่นยำมากขึ้นควรหากรณีศึกษาเพิ่มเติมมากขึ้น ให้รูปแบบของสิ่งก่อสร้างหลากหลายมากยิ่งขึ้น เพื่อจะได้เห็นข้อจำกัดของการใช้งานเทคโนโลยีสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

เอกสารอ้างอิง

[1] ไตรวัฒน์ วิรยศิริ และสุริยน ศิริธรรมปิติ. 2551. การออกแบบและการเขียนแบบก่อสร้างอาคารเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สานักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย **(In case of Book)**

[2] Desai, J., D. J. Pitroda and P. Bhavsar (2015). "A REVIEW ON CHANGE ORDER AND ASSESSINGCAUSES AFFECTING CHANGE ORDER IN CONSTRUCTION." JOURNAL OF INTERNATIONAL ACADEMIC RESEARCH FOR MULTIDISCIPLINARY Impact Factor 1.625, ISSN: 2320-5083 2: 152-162. **(In case of Journal)**

[3] Yana, A. A., et al. (2015). "Analysis of Factors Affecting Design Changes in Construction Project with Partial Least Square (PLS)." Procedia Engineering 125: 40-45. **(In case of Journal)**

[4] กวีไกร ศรีหิรัญ, การสร้างข้อมูลในแบบจำลองสารสนเทศอาคาร ขององค์ประกอบอาคารสถาปัตยกรรมไทย จากข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ ที่ได้จากเทคโนโลยีเลเซอร์สแกน , วารสารวิชาการสถาปัตยกรรมศาสตร์: ปีที่ 70 (2563): มกราคม - มิถุนายน 2563 **(In case of Journal)**

[5] Virtual Reality Society. Head-mounted Displays (HMDs) Available from: https: / / www. vrs. org. uk/ virtual-reality-gear/headmounted-displays

[6] เทียมจันทร์ พาณิชย์ผลินไชย. สถิติเพื่อการวิจัย. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2540; (1): 32-46. **(In case of Journal)**