

VIRTUAL REALITY (VR) MODEL FOR FLOOD PROTECTION SYSTEM CONSTRUCTION USING HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING

Tanapat PAYAKKHAM¹, Kanisa RUNGJANG^{1*} and Pongsak SURIYAVANAGUL¹

¹ Faculty of Civil Engineering, Kasetsart University, Thailand; fengksr@ku.ac.th (K. R.) (Corresponding Author)

ABSTRACT

The Department of Public Works and Town & Country Planning, Ministry of Interior, is responsible for a flood protection construction project in Chumphon Province, Thailand. The project requires nighttime operations under constraints of limited space and time, as well as risks related to accidents and impacts on road users and the public. Virtual Reality (VR) technology offers the capability to simulate construction environments realistically, thereby supporting planning and operations while reducing risks associated with delays and accidents. This research aims to develop a Virtual Reality (VR) model for flood protection construction using Horizontal Directional Drilling (HDD) and to evaluate the suitability of different modeling approaches using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Four types of models were compared in this study. Data were collected from 30 experts, including executives, designers, project coordinators, and operational staff. The results indicate that the key factors influencing model selection are applicability, personnel capability, organizational factors, and software and computer systems, respectively. The most suitable approach was found to be the integration of 3D modeling and VR, VR, combination of 2D and 3D models and 2D models. The findings suggest that the developed VR model can be effectively applied to enhance construction planning and management, improving both safety and operational efficiency in flood protection projects.

Keywords: Virtual Reality Model, Horizontal Directional Drilling (HDD), Flood Protection System, Analytical Hierarchy Process (AHP)

CITATION INFORMATION: Payakkham, T., Rungjang, K., & Suriyavanagul, P. (2026). Virtual Reality (VR) Model for Flood Protection System Construction Using Horizontal Directional Drilling. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(7), 63

แบบจำลองความจริงเสมือน (VR) สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วม ด้วยวิธีเจาะตึงท่อลอดใต้ดิน (HDD)

ธนภัทร พยัคฆ์ขาม¹, ฌนึศา รุ่งแจ้ง^{1*} และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวานกุล¹

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; fengksr@ku.ac.th (ฌนึศา) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย รับผิดชอบโครงการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมในจังหวัดชุมพร ซึ่งจำเป็นต้องดำเนินงานในเวลากลางคืน ภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา รวมถึงความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ และผลกระทบต่อผู้ใช้ทางและประชาชน แบบจำลองความจริงเสมือน (VR) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถจำลองสภาพแวดล้อม การก่อสร้างได้อย่างสมจริง ช่วยสนับสนุนการวางแผนและการดำเนินงาน รวมถึงลดความเสี่ยงจากความล่าช้าและอุบัติเหตุ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองความจริงเสมือนสำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีเจาะตึงท่อลอดใต้ดิน (HDD) และประเมินความเหมาะสมของแบบจำลองโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และTOPSIS โดยเปรียบเทียบแบบจำลอง 4 รูปแบบ ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้จากการสำรวจผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 ท่าน จากทั้งระดับผู้บริหาร ผู้ออกแบบ เลขาคโครงการและระดับปฏิบัติการ ผลการวิเคราะห์พบว่าปัจจัยสำคัญในการเลือกใช้แบบจำลอง ได้แก่ การนำไปใช้ ความสามารถของบุคลากร องค์กร และโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ตามลำดับ โดยแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดคือการผสมผสานแบบจำลอง 3 มิติ และแบบจำลอง VR รองลงมาคือแบบจำลอง VR การผสมผสานแบบจำลอง 2 มิติและแบบจำลอง 3 มิติ และแบบจำลอง 2 มิติ งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนและบริหารจัดการงานก่อสร้างให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: แบบจำลองความจริงเสมือน, การเจาะแนวนอนแบบกำหนดทิศทาง, ระบบป้องกันน้ำท่วม, กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ข้อมูลการอ้างอิง: ธนภัทร พยัคฆ์ขาม, ฌนึศา รุ่งแจ้ง และ พงษ์ศักดิ์ สุริยวานกุล. (2569). แบบจำลองความจริงเสมือน (VR) สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วม ด้วยวิธีเจาะตึงท่อลอดใต้ดิน (HDD). *Procedia of Multidisciplinary Research*, 4(7), 63

บทนำ

งานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการลดผลกระทบจากอุทกภัย โดยเฉพาะในเขตเมืองที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ การเจาะตอท่อลอดใต้ดิน (Horizontal Directional Drilling: HDD) เป็นเทคโนโลยีก่อสร้างแบบไม่ต้องขุดเปิดผิวดินที่ช่วยลดผลกระทบต่อการจราจร สิ่งแวดล้อม และสาธารณูปโภคเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติงาน HDD ยังคงมีความเสี่ยงจากการชนสาธารณูปโภคใต้ดิน เช่น สายไฟฟ้า และท่อก๊าซ รวมถึงข้อจำกัดด้านการมองเห็นระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุและความเสียหายร้ายแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ (Qian & Lin, 2016; Alliance, 2016; Board, 1976)

ปัจจุบันหน่วยงานด้านโครงสร้างพื้นฐานได้นำเทคโนโลยีต่างๆ เช่น แบบ 2 มิติ 3 มิติ และเทคโนโลยีสารสนเทศอาคาร (BIM) มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนและบริหารงานก่อสร้าง อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการลดความเสี่ยงและจำลองสถานการณ์การปฏิบัติงานจริง จึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) เพื่อจำลองสภาพแวดล้อมและสถานการณ์การทำงาน ซึ่งช่วยเพิ่มการรับรู้ความเสี่ยง ลดความผิดพลาด และมีศักยภาพในการลดอุบัติเหตุในงานก่อสร้าง (Dong Zhao & Jason Lucas, 2015)

ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลอง VR สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีเจาะตอท่อลอดใต้ดิน (HDD) และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบแบบจำลองโดยใช้ AHP ร่วมกับ TOPSIS เพื่อจัดลำดับทางเลือก ได้แก่ แบบ 2 มิติ แบบ 2 มิติร่วมกับ 3 มิติ แบบจำลอง 3 มิติร่วมกับ VR และแบบจำลอง VR โดยพิจารณาจากปัจจัยด้านความสามารถของบุคลากร องค์กร โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ และการนำไปใช้ เพื่อสนับสนุนการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินโครงการก่อสร้าง

การทบทวนวรรณกรรม

Horizontal Directional Drilling (HDD) เป็นเทคนิคการติดตั้งท่อใต้ดินแบบไม่ต้องขุดเปิดผิวดินที่สามารถควบคุมแนวการเจาะได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อมและโครงสร้างพื้นฐานเดิม (Najafi & Gokhale, 2005)

Virtual Reality (VR) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้การกระตุ้นประสาทสัมผัสของมนุษย์ด้วยสภาพแวดล้อมเสมือน เพื่อให้ผู้ใช้งานแสดงพฤติกรรมเสมือนอยู่ในสถานการณ์จริง โดยผู้ใช้งานมีการรับรู้ต่อการแทรกแซงจากระบบในระดับต่ำ (LaValle, 2020) ขณะที่ Virtual Environment (VE) หมายถึงแบบจำลองของสภาพแวดล้อมที่สามารถโต้ตอบได้ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถรับรู้ข้อมูลผ่านประสาทสัมผัสหรือมีปฏิสัมพันธ์กับแบบจำลองผ่านการเคลื่อนไหวหรือการกระทำตามธรรมชาติ (Sherman & Craig, 2019) โดยงานวิจัยของ Li et al. (2012) และ Sacks et al. (2013) พบว่า VR สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกอบรมด้านความปลอดภัย ลดความผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน และเพิ่มการรับรู้ความเสี่ยงได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Wang et al. (2018) ได้ศึกษา การใช้ VR ร่วมกับแบบจำลองข้อมูลอาคาร (BIM) พบว่าสามารถช่วยในการวางแผนและการบริหารโครงการก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการตัดสินใจแบบพหุหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) เป็นแนวทางที่ใช้ในการประเมินและคัดเลือกทางเลือกภายใต้หลายเกณฑ์ที่มีความหลากหลายและอาจขัดแย้งกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยให้ผู้ตัดสินใจสามารถเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน (Saaty, 1980; Hwang & Yoon, 1981) วิธีการ MCDM ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำมาใช้ในหลากหลายสาขา โดยเฉพาะในงานวิศวกรรมและการบริหารโครงการก่อสร้างที่ต้องพิจารณาหลายปัจจัยพร้อมกัน หนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายคือ **Analytic Hierarchy Process (AHP)** ซึ่งพัฒนาโดย Saaty (1980) โดยใช้โครงสร้างลำดับชั้นและการเปรียบเทียบแบบคู่ เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักของเกณฑ์และทางเลือก วิธีการนี้ช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่ซับซ้อนให้เป็นระบบและเข้าใจได้ง่าย อย่างไรก็ตาม AHP มีข้อจำกัดในกรณีที่ข้อมูลมีความไม่แน่นอนหรือมีความคลุมเครือจากการใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ **Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)** ซึ่งพัฒนาโดย Hwang และ Yoon (1981) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการ MCDM โดยอาศัยหลักการที่ว่าทางเลือกที่ดี

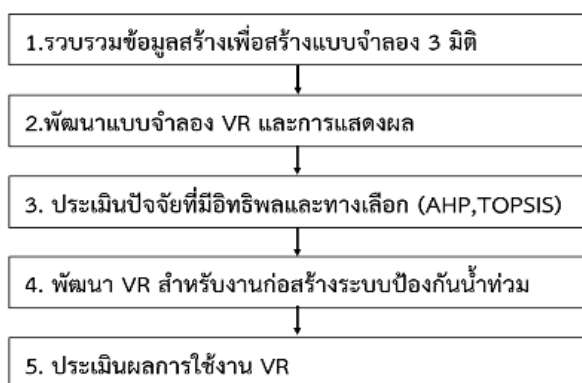
ที่สุดควรมีระยะใกล้กับทางเลือกในอุดมคติ (Ideal Solution) และมีระยะห่างจากทางเลือกที่แย่ที่สุด (Negative Ideal Solution) มากที่สุด วิธีการ TOPSIS มีจุดเด่นในด้านความง่ายในการคำนวณและความสามารถในการจัดลำดับทางเลือกได้อย่างชัดเจน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สรรเพชร คงถาวร (2565) ได้พัฒนาแบบจำลองความจริงเสริม (AR) สำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดินด้วยวิธี HDD และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบแบบจำลองด้วยวิธี Fuzzy AHP ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลอง 3 มิติร่วมกับ AR เป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนและบริหารงานก่อสร้างใต้ดินได้ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Virtual Reality (VR) สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธี HDD ยังมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งพัฒนาแบบจำลอง VR และวิเคราะห์ความเหมาะสมของรูปแบบแบบจำลองเพื่อสนับสนุนการวางแผนและการบริหารจัดการงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

โดยงานวิจัยนี้ได้แบ่งเป็นขั้นตอน 5 ขั้นตอนดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) การรวบรวมข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาแบบจำลอง (VR) โดยผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโครงการ ทั้งในด้านข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น สภาพภูมิประเทศ และตำแหน่งของสาธารณูปโภคใต้ดิน เพื่อใช้ในแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสภาพหน้างานจริง และข้อมูลจากแบบก่อสร้าง เช่น ขั้นตอนการดำเนินงานและมาตรฐานการก่อสร้าง นำมาประกอบการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม SketchUp แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ในโปรแกรม SketchUp

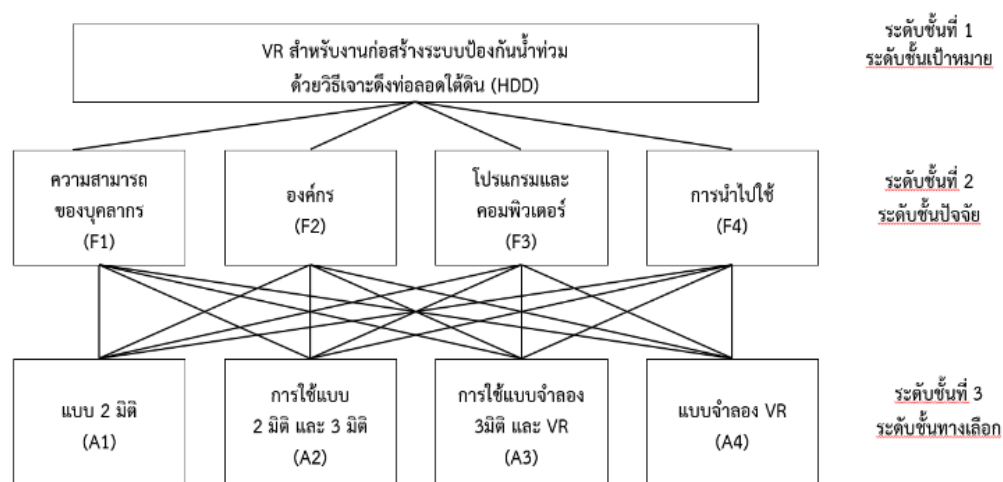
2) การนำเข้าข้อมูล VR และการแสดงผล เป็นขั้นตอนในการนำโมเดล 3 มิติ ไปพัฒนาเป็นแบบจำลอง VR ผ่านการนำเข้าโดยโปรแกรม Unity และแสดงผลเป็นขั้นตอนการก่อสร้างงานดิ่งท่อลอดใต้ดิน แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การพัฒนาแบบจำลอง VR ผ่านโปรแกรม Unity

3) การศึกษานี้มุ่งเน้นการประเมินปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้แบบจำลองความจริงเสมือน (VR) โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (MCDM) ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และเทคนิคการจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS การวิจัยครั้งนี้ใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามออนไลน์จากผู้เชี่ยวชาญในงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธี HDD จากทั้งผู้บริหาร ผู้ออกแบบเลขาโครงการและผู้ควบคุมงานที่มีส่วนร่วมในการนำไปใช้จริงมากที่สุด รวมจำนวน 30 ท่าน เพื่อสะท้อนมุมมองของผู้ใช้งาน VR ในบริบทที่แตกต่างกันในการประเมินความเหมาะสมของการนำแบบจำลอง VR มาใช้ โดยการวิเคราะห์ปัจจัยดำเนินการด้วยวิธี AHP โดยจัดโครงสร้างปัญหาในรูปแบบลำดับชั้นประกอบด้วย ระดับเป้าหมาย ระดับปัจจัย และระดับทางเลือก

โดยความสามารถของบุคลากร หมายถึงความรู้ ความสามารถ และทักษะของผู้ใช้งานในการใช้แบบจำลอง VR ด้านองค์กรหมายถึง การสนับสนุนด้านนโยบาย งบประมาณ และการบริหารจัดการจากหน่วยงาน ด้านโปรแกรมและคอมพิวเตอร์หมายถึงความพร้อมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ และด้านการนำไปใช้งานหมายถึงความเหมาะสมและประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้ VR ในการก่อสร้างจริง



ภาพที่ 4 โครงสร้างกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์

ในการตรวจสอบความสอดคล้องของการตัดสินใจจากการเปรียบเทียบแบบรายคู่ (Pairwise Comparison) โดยใช้มาตราส่วนของ Saaty (1980) ตั้งแต่ 1-9 เพื่อกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยคู่

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots a_{2n} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1 & \dots a_{3n} \\ : & : & : & :: : \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ : \\ A_n \end{matrix}$$

ภาพที่ 5 ตัวอย่างเมทริกซ์เปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison Matrix)

ระดับความเข้มข้น ของความสำคัญ	ความหมาย	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	ทั้ง 2 เกณฑ์ส่งผลกระทบต่อวัตถุประสงค์เท่า ๆ กัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	ผู้วิจัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	ผู้วิจัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมาก
7	สำคัญกว่ามากที่สุด	ผู้วิจัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด
9	สำคัญกว่าสูงสุด	ผู้วิจัยให้ความคิดเห็นว่าเกณฑ์หนึ่งสำคัญกว่าอีกเกณฑ์หนึ่งอยู่ในระดับสูงสุด
2, 4, 6, 8	อยู่ระหว่างระดับที่ได้ อธิบายมาแล้วข้างต้น	อยู่ระหว่างระดับที่ได้อธิบายมาข้างต้น

ภาพที่ 6 มาตราส่วนในการเปรียบเทียบความสำคัญ

ผู้วิจัยได้นำค่าที่ได้จากเมทริกซ์การเปรียบเทียบมาวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio: C.R.) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดระดับความสอดคล้องของการให้คะแนนของผู้ตอบแบบสอบถาม ค่า C.R. คำนวณจากอัตราส่วนระหว่างดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) และดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Index: R.I.) โดยค่า C.I. สามารถคำนวณได้จาก $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ ซึ่ง λ_{max} หมายถึงค่า Eigenvalue สูงสุดของเมทริกซ์ และ n คือจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ขณะที่ค่า R.I. เป็นค่าคงที่ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนปัจจัยในเมทริกซ์ ในการศึกษาที่กำหนดจำนวนปัจจัยทั้งหมด 4 ปัจจัย และนำค่า R.I. ที่สอดคล้องกับขนาด เมทริกซ์มาใช้ในการคำนวณค่าโดย $C.R. = CI / RI$ ทั้งนี้ หากค่า C.R. มีค่าน้อยกว่า 0.080 ถือว่าข้อมูลมีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการของ Saaty

หลังจากได้ค่าน้ำหนักของปัจจัยจาก AHP แล้ว จึงนำค่าดังกล่าวไปใช้ในการจัดลำดับความเหมาะสมของทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS โดยพิจารณาจากระยะความใกล้เคียงกับทางเลือกในอุดมคติและระยะห่างจากทางเลือกที่แย่ที่สุด เมทริกซ์การตัดสินใจเริ่มต้นสามารถแสดงได้ดังนี้ $D = [X_{ij}]$ โดยที่ X_{ij} คือค่าคะแนนของทางเลือกที่ i ภายใต้เกณฑ์ที่ j จากนั้นทำการปรับมาตรฐานข้อมูล (Normalization) $r_{ij} = X_{ij} / \sqrt{\sum X_{ij}^2}$ และคำนวณเมทริกซ์ถ่วงน้ำหนัก $V_{ij} = W_j r_{ij}$ เมื่อ W_j คือค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยจาก AHP จากนั้นคำนวณระยะห่างจากคำตอบอุดมคติบวก $S_i^+ = \sqrt{\sum (V_{ij} - V_j^+)^2}$ และลบ $S_i^- =$

$\sqrt{\sum (V_{ij} - V_j)^2}$ และคำนวณค่าความใกล้เคียงสัมพัทธ์ $CC_i = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-)$ ค่าของ CC_i ที่มีค่าสูงที่สุดแสดงถึงทางเลือกที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับการเลือกใช้แบบจำลอง VR ในงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีเจาะต้อลตได้ดิน (HDD)

ผลการวิจัย

1) ผลการพัฒนาแบบจำลองพบว่า เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) สามารถนำมาใช้สนับสนุนการวางแผนงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการจัดการจราจร การวางตำแหน่งเครื่องจักร และการฝึกอบรมบุคลากรให้เข้าใจขั้นตอนการดำเนินงานได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น ดังตัวอย่างภาพแบบจำลองที่ 5 ถึงภาพที่ 11 แสดงการเตรียมพื้นที่และขั้นตอนการทำงาน จากการทดลองใช้งานแบบจำลองโดยผู้ใช้งานจริง พบว่าแบบจำลอง VR ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนก่อนการก่อสร้าง ทำให้สามารถมองเห็นและเข้าใจสภาพพื้นที่ที่หน้างานได้เสมือนจริง ส่งผลให้การประสานงานระหว่างผู้ปฏิบัติงานในแต่ละส่วนมีความสอดคล้องกันมากขึ้น และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจในกระบวนการก่อสร้างไปในทิศทางเดียวกัน



(a) การจัดการจราจร

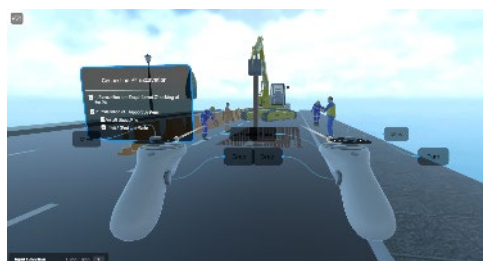


(b) การจัดการจราจรในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 7 การจัดการจราจรสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR



(a) การขุดบ่อเชื่อมและค้ำยันบ่อ



(b) การขุดบ่อเชื่อมและค้ำยันบ่อในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 8 การขุดบ่อเชื่อมและค้ำยันบ่อสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR



(a) การเจาะนำ

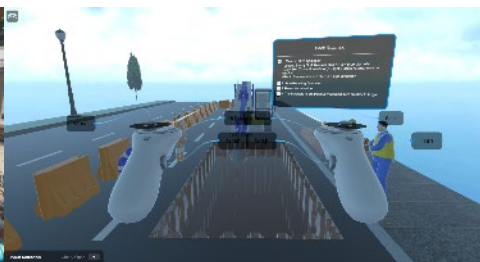


(b) การเจาะนำในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 9 การเจาะนำสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR



(a) การคว้านขยายแนว



(b) การคว้านขยายแนวในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 10 การคว้านขยายแนวสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR



(a) การลากท่อ



(b) การลากท่อในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 11 การลากท่อสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR

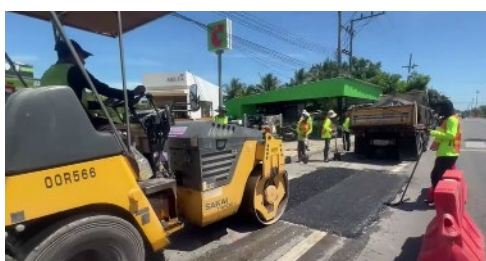


(a) การเชื่อมต่อท่อ



(b) การเชื่อมต่อท่อในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 12 การเชื่อมต่อท่อสภาพจริงเทียบกับแบบจำลอง VR



(a) การคืนสภาพพื้นที่ก่อสร้าง

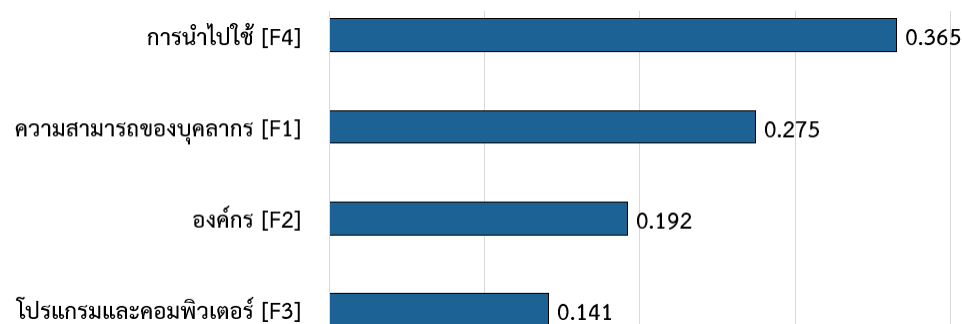


(b) การคืนสภาพพื้นที่ก่อสร้างในแบบจำลอง VR

ภาพที่ 13 การคืนสภาพพื้นที่ก่อสร้างจริงเทียบกับแบบจำลอง VR

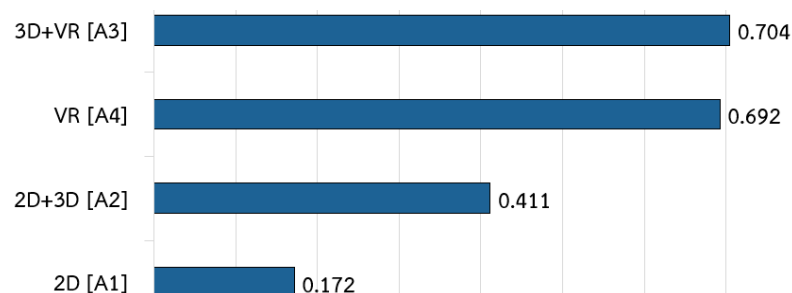
2) ผลการวิเคราะห์ของการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง VR จากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในงานก่อสร้างจำนวน 30 ท่าน ผลการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ (C.R.) พบว่าค่า C.R. อยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08 ซึ่งข้อมูลการตัดสินใจที่รวบรวมได้มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (ค่า C.R. น้อยกว่า 0.08) โดยค่าความสอดคล้องการตัดสินใจ (C.R.) ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนของค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I) ต่อค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (R.I.) มีค่าไม่เกิน 0.08 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลการตัดสินใจมีความสอดคล้องในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยจากวิธีการ AHP ในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลองสำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีเจาะตึ้งท่อลอดใต้ดิน (HDD) ได้แก่ การนำไปใช้ (0.365) ความสามารถของบุคลากร (0.275) องค์กร (0.192) และโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ (0.141) ตามลำดับ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยจากวิธีการ AHP

ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักในการเลือกใช้แบบจำลองด้วยวิธีการ TOPSIS ได้แก่ การผสมผสานแบบจำลอง 3 มิติ และแบบจำลอง VR (0.704) แบบจำลอง VR (0.692) การผสมผสานแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ (0.411) และแบบ 2 มิติ (0.172) ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักในการเลือกใช้แบบจำลองด้วยวิธีการ TOPSIS

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP พบว่า ปัจจัยด้านการนำไปใช้มีค่าน้ำหนักสูงสุด รองลงมาคือ ความสามารถของบุคลากร องค์กร และโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นว่าในการเลือกใช้แบบจำลองความจริงเสมือน (VR) ผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับการนำเทคโนโลยีไปใช้จริงในหน่วยงานมากที่สุด เนื่องจากงานก่อสร้างจริงมีข้อจำกัดด้านพื้นที่ เวลา และมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ จึงต้องใช้เทคโนโลยีที่ช่วยวางแผน ควบคุมงาน และลดความผิดพลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2018) และ Zhao and Lucas (2015) ที่พบว่า VR ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงานก่อสร้าง การฝึกอบรม และการลดอุบัติเหตุในงานที่มีความซับซ้อนสูง รวมถึงช่วยเพิ่มการรับรู้ด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน

ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี TOPSIS พบว่า การผสมผสานระหว่างแบบจำลอง 3 มิติและ VR มีความเหมาะสมสูงสุด รองลงมาคือ แบบจำลอง VR แบบ 2 มิติร่วมกับ 3 มิติ และแบบ 2 มิติ เนื่องจากแบบจำลอง 3 มิติช่วยให้การออกแบบ และการตรวจสอบทางวิศวกรรมมีความแม่นยำ ขณะที่ VR ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานเห็นสภาพหน้างานเสมือนจริงก่อนการก่อสร้าง ส่งผลให้การวางแผนและการฝึกอบรมมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสรเพชร คงถาวร (2565)

อย่างไรก็ตาม การนำเทคโนโลยี VR ไปประยุกต์ใช้ในงานก่อสร้างยังมีความท้าทายหลายประการ ได้แก่ ความพร้อมของบุคลากรในการเรียนรู้และใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ความพร้อมของอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่มีต้นทุนค่อนข้างสูง รวมถึงการพัฒนาแบบจำลองให้มีความสมจริงและสอดคล้องกับสภาพงานจริง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ถูกต้องและการปรับปรุงแบบจำลองอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การบูรณาการแบบจำลอง VR เข้ากับกระบวนการทำงานเดิมขององค์กรยังต้องอาศัยการสนับสนุนจากผู้บริหาร การจัดสรรงบประมาณ และการฝึกอบรมผู้ใช้งานอย่างเหมาะสม เพื่อให้สามารถนำเทคโนโลยีไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับข้อจำกัดของการวิจัยครั้งนี้ การประเมินผลอาศัยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 คน ซึ่งแม้ว่าจะเป็นผู้มีประสบการณ์ตรงในด้านการก่อสร้างและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง แต่ผลการประเมินยังคงสะท้อนความคิดเห็นภายใต้บริบทของกลุ่มตัวอย่างดังกล่าว และอาจแตกต่างจากความคิดเห็นของผู้ใช้งานในพื้นที่หรือองค์กรอื่น นอกจากนี้ แบบจำลอง VR ที่พัฒนาขึ้นอ้างอิงจากกรณีศึกษาเพียงโครงการเดียว จึงอาจมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้กับโครงการที่มีลักษณะทางกายภาพหรือเงื่อนไขการก่อสร้างที่แตกต่างกัน รวมทั้งการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการประเมินความเหมาะสมของแบบจำลอง ยังไม่ได้ประเมินผลกระทบเชิงปริมาณต่อประสิทธิภาพการก่อสร้าง

ดังนั้น การใช้แบบจำลองในลักษณะผสมผสานระหว่าง 3 มิติและ VR จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธี HDD และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความสำเร็จของโครงการได้อย่างชัดเจน

สรุปผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองความจริงเสมือน (VR) สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการเจาะแนวนอนแบบกำหนดทิศทาง (HDD) และประเมินความเหมาะสมของรูปแบบแบบจำลองโดยใช้วิธี AHP และ TOPSIS จากผลการศึกษาพบว่า เทคโนโลยี VR สามารถช่วยสนับสนุนการวางแผนงานก่อสร้าง การจัดการจราจร การวางตำแหน่งเครื่องจักร และการฝึกอบรมบุคลากรให้มีความเข้าใจในขั้นตอนงานก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวิเคราะห์ด้วย AHP พบว่า ปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุดที่สุดคือ การนำไปใช้ รองลงมาคือ ความสามารถของบุคลากร องค์กร และโปรแกรมและคอมพิวเตอร์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้เทคโนโลยีในงานก่อสร้างควรให้ความสำคัญกับความสามารถในการประยุกต์ใช้จริงในหน่วยงานมากกว่าปัจจัยด้านเทคนิคเพียงอย่างเดียว

ส่วนผลการจัดลำดับทางเลือกด้วย TOPSIS พบว่า การผสมผสานระหว่างแบบจำลอง 3 มิติและ VR เป็นรูปแบบที่เหมาะสมที่สุด รองลงมาคือแบบจำลอง VR แบบ 2 มิติร่วมกับ 3 มิติ และแบบ 2 มิติ ตามลำดับ เนื่องจากสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการออกแบบและการตรวจสอบทางวิศวกรรม พร้อมทั้งทำให้ผู้ปฏิบัติงานเข้าใจสภาพงานและขั้นตอนการก่อสร้างได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลอง VR ร่วมกับแบบจำลอง 3 มิติ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และลดความเสี่ยงในการดำเนินงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับหน่วยงานภาครัฐในการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้นับสนับสนุนการบริหารจัดการโครงการก่อสร้างในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรพัฒนาแบบจำลองให้สอดคล้องกับลักษณะงานจริง การพัฒนาแบบจำลอง VR ควรอ้างอิงข้อมูลจากแบบก่อสร้างจริงและข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องและสามารถนำไปใช้ในการวางแผนและตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 2) กำหนดระดับความละเอียดของแบบจำลองให้เหมาะสม ควรปรับระดับรายละเอียดของโมเดลให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น การฝึกอบรม การวางแผน หรือการนำเสนอ เพื่อลดภาระของระบบและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

- Alliance, C. G. (2016). Damage information reporting tool. In: Common Ground Alliance, Alexandria, VA. 2010: 8-9.
- Board, N. T. S. (1976). National Transportation Safety Board
- Hwang, C.-L., Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. Multiple attribute decision making: methods applications a state-of-the-art survey, 58-191.
- LaValle, S. M. (2020). Virtual reality. Cambridge University Press.
- Li, H., Chan, G., & Skitmore, M. (2012). Multi-user virtual reality safety training system for construction workers. *Automation in Construction*, 24, 66-73.
- Najafi, M., & Gokhale, S. (2005). Trenchless technology: Pipeline and utility design, construction, and renewal. McGraw-Hill.
- Qian, Q., & Lin, P. (2016). Safety risk management of underground engineering in China: Progress, challenges and strategies. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 8(4), 423-442.
- Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill.
- Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005-1017.
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2019). Understanding virtual reality: Interface, application, and design (2nd ed.). Morgan Kaufmann.
- Wang, P., Wu, P., Wang, J., Chi, H. L., & Wang, X. (2018). A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(6), 1204.
- Wang, Y. M., & Elhag, T. M. S. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications*, 31(2), 309-319.
- Zhao, D., & Lucas, J. (2015). Virtual reality simulation for construction safety promotion. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 22(1), 57-67.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2026 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).