DEVELOP A VIRTUAL REALITY (VR) MODEL FOR THE CONSTRUCTION PROCESS OF A FLOOD PROTECTION SYSTEM USING THE PIPE JACKING METHOD

Kanisa RUNGJANG[1], Pongsak SURIYAVANAGUL[1] and Suradet DAOWASET[1*]

1 Department Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering, Kasetsart University, Thailand; suradet.d@ku.th (S. D.) (Corresponding Author)

ABSTRACT

This research aims to develop a Virtual Reality (VR) model for constructing flood protection systems using the pipe jacking method. The construction process consists of 7 stages: 1) Site survey of the construction alignment, 2) Site preparation and safety management, 3) Surveying for manhole positioning, 4) Surveying for underground obstacles and road surface excavation, 5) Manhole construction, 6) Pipe jacking operations, and 7) Site restoration. Furthermore, the study analyzes key factors influencing the decision to adopt the VR model using the Analytic Hierarchy Process (AHP), and ranks the alternatives using the Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), based on data gathered from 30 experts. The results of the factor weight analysis using AHP revealed that "workplace safety" achieved the highest score (0.363), followed by "engineering accuracy" (0.361), "human-machine collaboration" (0.148), and "cost" (0.128), respectively. This reflects that workplace safety is of paramount importance because pipe jacking is a large-scale operation conducted within community areas, requiring strict safety considerations for both the workers and local residents. For the alternative ranking using TOPSIS, the VR-based system obtained the highest score (0.859), followed by mobile device-based systems (0.857), and traditional 2D paper drawings (0.856), respectively. This is because integrating 3D models with VR technology significantly enhances spatial understanding, provides clearer visibility of details and component relationships, minimizes inspection errors, and ultimately improves operational efficiency.

Keywords: Pipe Jacking, Underground Drainage System

CITATION INFORMATION: Rungjang, K., Suriyavanagul, P., & Daowaset, S. (2026). Develop a Virtual Reality (VR) Model for the Construction Process of a Flood Protection System Using the Pipe Jacking Method. *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 69

พัฒนาแบบจำลองความจริงเสมือน (VR) สำหรับกระบวนการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking)

ฆนิศา รุ่งแจ้ง[1], พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล[1] และ สุรเดช ดาวเศรษฐ์[1*]
1 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; suradet.d@ku.th (สุรเดช) (ผู้ประพันธ์บรรณกิจ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาแบบจำลองความเป็นจริงเสมือน (VR) สำหรับงานก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการก่อสร้าง (Construction) ทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) งานสำรวจพื้นที่แนวก่อสร้าง 2) งานจัดเตรียมพื้นที่และอำนวยความปลอดภัย 3) งานสำรวจกำหนดตำแหน่งบ่อพัก 4) งานสำรวจอุปสรรคใต้ดินและขุดเปิดผิวจราจร 5) งานก่อสร้างบ่อพัก 6) งานดันท่อลอด 7) งานคืนสภาพพื้นที่ และวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง VR ด้วยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP) และจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS โดยใช้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 ท่าน ผลการศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยด้วยวิธี AHP พบว่าปัจจัยด้านความปลอดภัยในการทำงานมีค่าสูงสุด (0.363) รองลงมาความถูกต้องทางวิศวกรรม (0.361) การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และเครื่องมือ (0.148) และต้นทุน (0.128) ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความปลอดภัยในการทำงานมีความสำคัญมาก เนื่องจากการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) เป็นงานขนาดใหญ่แหละใช้พื้นที่ก่อสร้างในชุมชน จึงต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทั้งในการทำงานและประชาชนในพื้นที่ ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS ระบบที่ใช้ VR มีค่าสูงสุด (0.859) รองลงมาแบบที่ใช้ด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ (0.857) และแบบกระดาษ 2 มิติ (0.856) ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติร่วมกับระบบ VR สามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจเชิงพื้นที่ มองเห็นรายละเอียดและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

คำสำคัญ: การดันท่อลอดใต้ดิน, ระบบระบายน้ำใต้ดิน

ข้อมูลการอ้างอิง: ฆนิศา รุ่งแจ้ง, พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล และ สุรเดช ดาวเศรษฐ์. (2569). พัฒนาแบบจำลองความจริงเสมือน (VR) สำหรับกระบวนการก่อสร้างระบบป้องกันน้ำท่วมด้วยวิธีการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking). *Procedia of Multidisciplinary Research, 4*(7), 69

บทนำ

เทคโนโลยีการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกหลักในการก่อสร้างระบบระบายน้ำขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้วิธีขุดเปิดผิวจราจรแบบดั้งเดิมได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้านโครงสร้างสาธารณูปโภคใต้ดินที่หนาแน่น ตลอดจนผลกระทบต่อการจราจรในพื้นที่ชุมชนที่มีประชากรแออัดและเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจสำคัญ ซึ่งมักจะมีข้อจำกัดเรื่องเวลาในการปฏิบัติงานที่เข้มงวด (United Nations, 2018) เนื่องจากการก่อสร้างใต้ดิน (Underground Construction) งานประเภทนี้มีความเสี่ยงที่สูงและมีความซับซ้อน (Cheng & Lu, 2015) ด้วยเหตุนี้ การบริหารจัดการความปลอดภัยจึงถือเป็นหัวใจสำคัญสูงสุด เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับทั้งผู้ปฏิบัติงาน ผู้ใช้รถใช้ถนน และชุมชนโดยรอบแม้ว่าวิธีนี้จะช่วยลดผลกระทบเชิงพื้นที่บนผิวดิน แต่กระบวนการทำงานก็ยังคงต้องการพื้นที่สำหรับติดตั้งบ่อดันและบ่อรับขนาดใหญ่ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัยใกล้เคียงและหน่วยงานส่วนท้องถิ่น ดังนั้น การบูรณาการเทคโนโลยีที่ทันสมัยร่วมกับระบบการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ จึงเป็นกุญแจสำคัญในการวางแผนและควบคุมการก่อสร้างให้สอดคล้องกับรายละเอียดทางวิศวกรรมในพื้นที่จริง ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยง เพิ่มความปลอดภัย และขับเคลื่อนโครงการให้สำเร็จลุล่วงได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

เทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานด้านวิศวกรรมมากขึ้น เนื่องจากสามารถจำลองสภาพแวดล้อมสามมิติและแสดงกระบวนการทำงานใต้ดินได้อย่างสมจริง ช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจลำดับขั้นตอนการขุดเจาะดันท่อรวมถึงบริบทของพื้นที่ใต้ดินที่มีความซับซ้อนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการตัดสินใจเลือกเทคนิคและแนวทางการดันท่อลอดให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับสภาพหน้างานจริงและระบบสาธารณูปโภคใต้ดินที่มีอยู่ในพื้นที่

การทบทวนวรรณกรรม

งานดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) เป็นกระบวนการในงานก่อสร้างที่ใช้เทคโนโลยีเพื่อนำท่อส่งน้ำหรือท่ออื่นๆ ลอดใต้ผิวดินหรือผิวถนนโดยไม่ต้องขุดหรือทำลายด้วยวิธีการพิเศษ กระบวนการนี้มักใช้ในการวางท่อส่งน้ำ ท่อน้ำเสีย ท่อน้ำประปา ท่อไฟฟ้า ท่อการสื่อสาร และงานก่อสร้างอื่นๆ ที่ต้องการการวางท่อใต้ดินโดยไม่ต้องขุด กระบวนการนี้ใช้เครื่องจักรพิเศษที่สามารถทำการดันท่อลอดใต้ดินด้วยการกดบีบและการแทรกเข้าในท่อด้วยแรงขับ นอกจากนี้แรงขับยังสามารถใช้ในการหมุนหรือหันท่อในทิศทางที่ถูกต้อง งานดันท่อลอดใต้ดินมักถูกนำมาใช้ในสถานที่การขุดหรือการทำลายด้วยวิธีการปกติจะเป็นการสร้างความไม่สะดวกหรือเป็นอันตราย เช่น ในพื้นที่ที่มีรากไม้หรือท่อน้ำใต้ดินที่ซับซ้อน การดันท่อลอดใต้ดินช่วยลดการรื้อถอนทางดินและต้นไม้ ลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมรอบข้าง นอกจากนี้งานดันท่อลอดใต้ดินยังช่วยลดความรุนแรงต่อพื้นผิวของถนนหรือพื้นที่ที่ท่อต้องลอดผ่าน การก่อสร้างมีเทคโนโลยีและวิธีการทำงานซับซ้อน (Cheng & Lu, 2015) จะต้องใช้พื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่มีผลกระทบต่อหลายฝ่าย

การก่อสร้างท่อระบายน้ำด้วยวิธีดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้วิธีการดันท่อลอดผ่านใต้ชั้นดินโดยไม่จำเป็นต้องขุดเปิดผิวจราจรและหน้าดิน ส่งผลให้สามารถลดผลกระทบต่อปัญหาการจราจรในบริเวณรอบพื้นที่ก่อสร้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดโอกาสที่จะเกิดการติดขัดหรือความเสียหายต่อระบบสาธารณูปโภคใต้ดิน การก่อสร้างด้วยแนวทางนี้จึงเป็นวิธีที่ช่วยบรรเทาและลดผลกระทบเชิงพื้นที่ในระหว่างการดำเนินโครงการได้เป็นอย่างดี โดยกระบวนการก่อสร้าง (Construction Process) มี 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสำรวจและจัดเตรียมพื้นที่ 2) การสำรวจกำหนดตำแหน่งบ่อพัก 3) งานจัดการจราจรและอำนวยความปลอดภัย 4) งานตรวจสอบอุปสรรคใต้ดินและขุดเปิดผิวจราจร 5) งานก่อสร้างบ่อพัก 6) งานดันท่อลอดใต้ดิน 7) งานคืนสภาพพื้นที่และผิวจราจร

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) จักรวาลนฤมิต หรือ เมตาเวิร์ส (Metaverse) คือแนวคิดในการสร้างสรรค์พื้นที่ดิจิทัลจำลองที่สามารถเชื่อมประสานเข้ากับโลกจริงได้อย่างไร้รอยต่อ โดยอาศัยเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) และความจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างประสบการณ์และการตอบสนองแบบเสมือนจริง (Weinberger, 2022) ความก้าวหน้าอย่างก้าวกระโดดของเทคโนโลยี

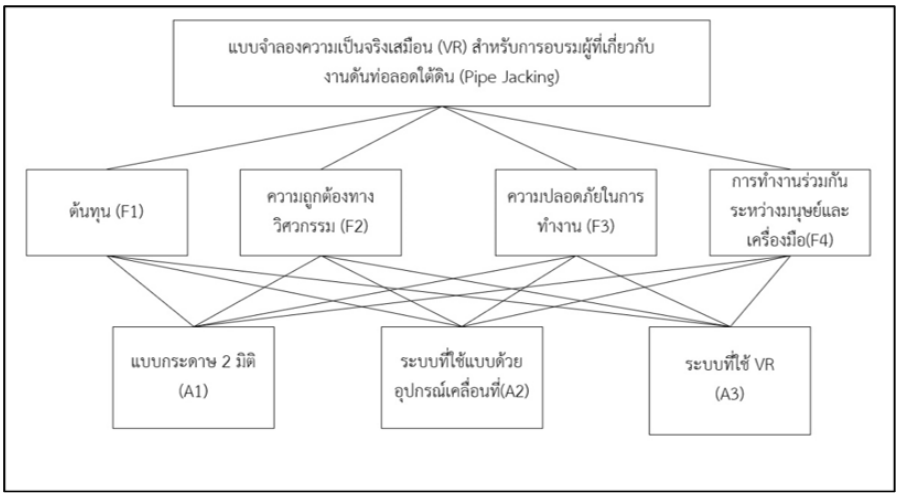
ดิจิทัลในปัจจุบัน ส่งผลให้แนวคิดด้าน Metaverse ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสามารถในการจำลองสภาพแวดล้อมจำลองได้อย่างมีมิติและสมจริง ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปดำเนินกิจกรรมรูปแบบต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย อาทิ การประชุมทางไกลในระบบสามมิติ การจัดฝึกอบรมทักษะวิชาชีพ การจำลองสถานการณ์เสมือนจริง ตลอดจนการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมในยุคดิจิทัล ปัจจุบัน เทคโนโลยี Metaverse ได้เข้ามามีบทบาทและถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในหลากหลายภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นภาคธุรกิจ การจำลองพื้นที่อสังหาริมทรัพย์ การจัดการศึกษา การแพทย์ ตลอดจนอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์ร่วมกันคือการยกระดับประสิทธิภาพในการทำงานและการเรียนรู้ผ่านระบบ VR นอกจากนี้ การผสานการทำงานร่วมกันระหว่างเทคโนโลยี VR และ AR ไม่เพียงแต่จะช่วยนำพาผู้ใช้เข้าสู่โลกจำลองที่เสมือนจริงเท่านั้น แต่ยังช่วยเสริมขีดความสามารถในการปฏิบัติงานร่วมกับองค์ประกอบในโลกแห่งความเป็นจริงได้อย่างเป็นรูปธรรม เช่น การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ การฝึกอบรมบุคลากร รวมถึงการพัฒนากระบวนการทำงานในอุตสาหกรรมต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (Zhao, Li, Wang, & Shi, 2020)

VR เป็นเทคโนโลยีที่จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนสามมิติ (3D Virtual Environment) โดยให้ผู้ใช้สามารถดำดิ่งสู่โลกดิจิทัลผ่านอุปกรณ์ VR เช่น แว่นตา VR (VR Headsets) และอุปกรณ์ควบคุมการเคลื่อนไหว (Motion Controllers) ขณะที่ AR ช่วยให้ผู้ใช้ยังคงมองเห็นโลกจริงพร้อมกับข้อมูลเสริม เช่น กราฟิก ข้อมูล และวัตถุสามมิติที่แสดงผลแบบซ้อนทับบนโลกจริง (Azuma, 1997) เทคโนโลยี VR ได้รับการพัฒนาโดยเน้นการสร้างประสบการณ์ที่สมจริงผ่านภาพ เสียง และคุณสมบัติประสาทสัมผัส ซึ่งพัฒนาเป็นระบบโต้ตอบแบบ 3 มิติที่สมจริงมากขึ้น (Nof, 2009)องค์ประกอบหลักของ VR มี 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ ความเป็นโลกเสมือน (Virtual Environment) ที่ช่วยสร้างบรรยากาศเสมือนจริงให้ผู้ใช้รู้สึกว่าตัวเองอยู่ในโลกจำลอง ความสมจริง (Realism) ที่ทำให้ประสบการณ์ที่ได้รับใกล้เคียงกับโลกจริง เช่น ระบบฟิสิกส์และการตอบสนองของวัตถุ การตอบสนองทางประสาทสัมผัส (Sensory Feedback) ที่ช่วยให้สามารถรับรู้ภาพ เสียง การสัมผัส และการเคลื่อนไหว และความสามารถในการโต้ตอบ (Interactivity) ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับวัตถุเสมือนได้ผ่านการเคลื่อนไหวของศีรษะและมือ (Hutagalung et al., 2022) เทคโนโลยี VR ยังถูกพัฒนาให้มีอุปกรณ์เสริม เช่น อุปกรณ์สัมผัส (Haptic Devices) และระบบติดตามการเคลื่อนไหว (Motion Tracking Systems) ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถรับรู้แรงสัมผัสและโต้ตอบกับวัตถุเสมือนในโลกดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

VR ได้รับการพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานได้ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การออกแบบและการผลิตที่ช่วยให้วิศวกรสามารถสร้างแบบจำลองดิจิทัลและทดลองใช้งานก่อนลงมือผลิตจริง การแพทย์และการดูแลสุขภาพที่นำไปใช้ในการฝึกอบรมศัลยแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ผ่านการจำลองสถานการณ์ผ่าตัดเสมือนจริง รวมถึงการบำบัดผู้ป่วย เช่น การบำบัดอาการ PTSD และการฝึกกายภาพบำบัด (Luciano, Banerjee, Florea, & Dawe, 2005) ด้านวิศวกรรมโยธาและการสำรวจช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงและแก้ไขข้อผิดพลาดล่วงหน้า รวมถึงการฝึกอบรมในสภาพแวดล้อมที่อันตราย เช่น การปฏิบัติการทางทหารที่ต้องจำลองสถานการณ์ภารกิจจริงเพื่อเพิ่มความปลอดภัย ในด้านการจัดการคลังสินค้าและโลจิสติกส์ VR ช่วยให้พนักงานสามารถมองเห็นข้อมูลดิจิทัลที่ซ้อนทับกับโลกจริง เช่น ตำแหน่งสินค้า คำแนะนำในการหยิบสินค้า และข้อมูลสต็อก ซึ่งช่วยให้การทำงานมีความแม่นยำมากขึ้น (Nwosu, Goyal, Rajawat, Kemat, & Mahmood, 2025) นอกจากนี้ VR ยังสามารถใช้สร้างการจำลองฝึกอบรมสำหรับบุคลากรด้านโลจิสติกส์ เช่น พนักงานคลังสินค้า คนขับรถบรรทุก และเจ้าหน้าที่จัดส่งสินค้า เพื่อให้พวกเขาเข้าใจระบบและเส้นทางขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ VR ยังมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ซึ่งถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบ วางแผน และเสริมความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน VR ช่วยให้ผู้จัดการโครงการสามารถจำลองแผนการก่อสร้างตั้งแต่ขั้นตอนการวางรากฐานไปจนถึงการก่อสร้างขั้นสุดท้าย พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบความสอดคล้องของการออกแบบ ลดความผิดพลาดก่อนเริ่มดำเนินการจริง (Bouchlaghem et al., 2005) VR ยังช่วยฝึกอบรมบุคลากรด้านความปลอดภัยในสถานที่ก่อสร้างโดยการสร้างสภาพแวดล้อมจำลองของสถานการณ์เสี่ยง เช่น การทำงานในพื้นที่สูง การทำงานใกล้เครื่องจักร และการจัดการวัสดุอันตราย ซึ่งช่วยให้พนักงานสามารถเรียนรู้วิธี

ปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย โดยไม่ต้องเผชิญกับความเสี่ยงจริง (Sarker & Babu, 1995) Metaverse และเทคโนโลยี Virtual Reality (VR) ไม่เพียงช่วยสร้างประสบการณ์เสมือนจริง แต่ยังช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมหลากหลายแขนง VR ถูกนำไปใช้ในการศึกษา วิศวกรรม โลจิสติกส์ การแพทย์ และการทหาร เพื่อช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์เสมือนจริงได้อย่างแม่นยำ เพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกอบรม และลดต้นทุนในการทดลองจริง เทคโนโลยีนี้ช่วยขับเคลื่อนอุตสาหกรรมดิจิทัลและการพัฒนาโลกเสมือน ซึ่งมีแนวโน้มจะขยายตัวมากขึ้นในอนาคต

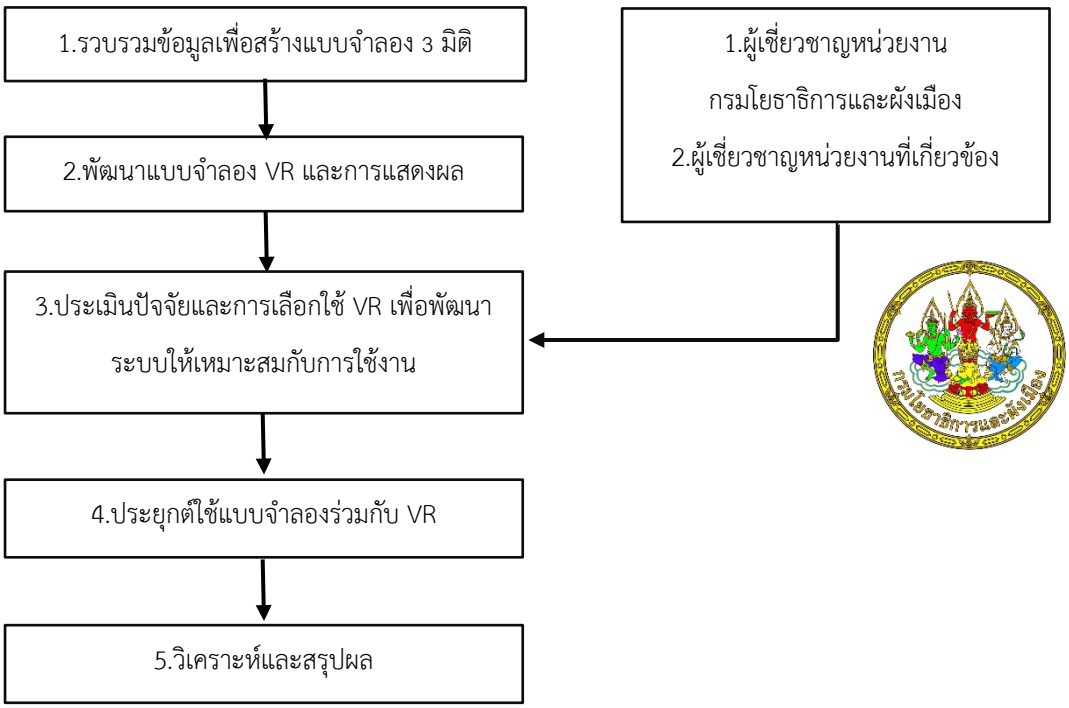
กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

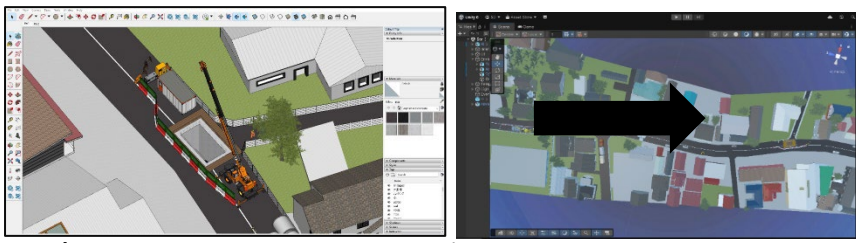
การพัฒนาแบบจำลอง VR มาช่วยใช้ในการจัดการข้อมูลและกระบวนการก่อสร้างงานดันท่อลอดใต้ดิน สามารถช่วยให้การบริหารโครงการงานก่อสร้างได้เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการก่อสร้างและเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น นำไปทำแบบประเมินประสิทธิภาพในงานก่อสร้างงานดันท่อลอดใต้ดิน และใช้อบรมบุคลากรของโครงการก่อสร้าง มีทั้งหมด 5 ขั้นตอน รายละเอียดแต่ละขั้นตอนมีดังนี้



ผลการวิจัย

1) ผลการออกแบบกระบวนการทำงาน

ออกแบบกระบวนการทำงาน โดยการรวบรวมและนำเข้าข้อมูลจากแบบก่อสร้าง ขั้นตอนการก่อสร้างงานดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) ข้อมูลจากการวิเคราะห์การปฏิบัติงานร่วมกันในพื้นที่ กฎข้อบังคับในการปฏิบัติงาน การวางแผนการปิดการจราจร เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น การนำเข้าข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องจักรผ่าน SketchUp ซึ่งมีความสะดวกรวดเร็ว ตัวอย่างการนำเข้าข้อมูลผ่าน SketchUp ในการสร้างแบบจำลอง VR และผลจากการแสดงผ่านโปรแกรม (ภาพที่ 2) สามารถนำไปใช้เพื่อการวางแผนงานก่อสร้าง และจัดการกระบวนการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2 การนำเข้าข้อมูลผ่าน SketchUp เพื่อแสดงผล VR

2) ผลการพัฒนาแบบจำลอง VR และการแสดงผล

งานวิจัยนี้พัฒนาแบบจำลอง VR ในกระบวนการขั้นตอนการก่อสร้าง โดยพัฒนาให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ของหน่วยงานผู้รับผิดชอบการก่อสร้าง และเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับหน่วยงานในพื้นที่ และหน่วยงานสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่าง VR ในขั้นตอนการก่อสร้าง (ภาพที่ 3) ซึ่ง VR สามารถช่วยเพื่อใช้ในการวางแผนการก่อสร้างการวางตำแหน่งอุปกรณ์และเครื่องจักร การจัดการจราจร ซึ่งส่งผลให้งานก่อสร้างเกิดข้อผิดพลาดและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3 แบบจำลองเสมือนจริงในโปรแกรม Unity

3) ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยและอิทธิพลต่อการนำไปใช้เป็นนวัตกรรม

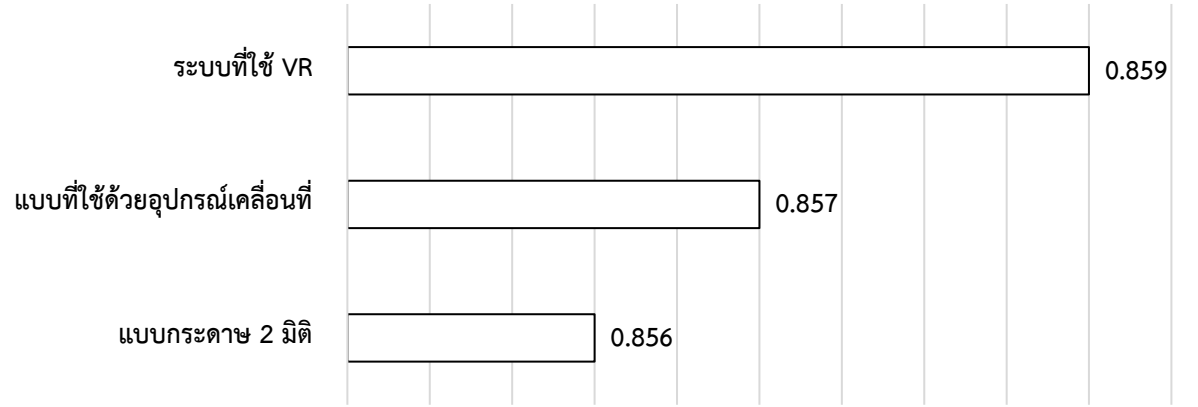
ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักการตัดสินใจเลือกใช้แบบจำลอง VR จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 30 ท่าน (ประสบการณ์เฉลี่ย 10 ปี) ซึ่งแบ่งตามหน้าที่รับผิดชอบเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหน่วยงานกรมโยธาธิการและผังเมือง และกลุ่มหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องสัดส่วน (Consistency Ratio: C.R.) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) ต่อดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (R.I.) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01 ถึง 0.08 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ 0.08 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลการตัดสินใจที่รวบรวมจากผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องและยอมรับได้ตามหลักสถิติ

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยจากวิธีการ AHP พบว่า ความปลอดภัยในการทำงาน (0.363) รองลงมาความถูกต้องทางวิศวกรรม (0.361) การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และเครื่องมือ (0.148) และต้นทุน (0.128)



ภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักด้วยวิธี AHP

3.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลต่อการนำไปใช้เป็นนวัตกรรมด้วยวิธีการ TOPSIS พบว่า ระบบที่ใช้ VR มีค่าสูงสุด 0.859 รองลงมาแบบที่ใช้ด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ 0.857 และแบบกระดาษ 2 มิติ 0.856

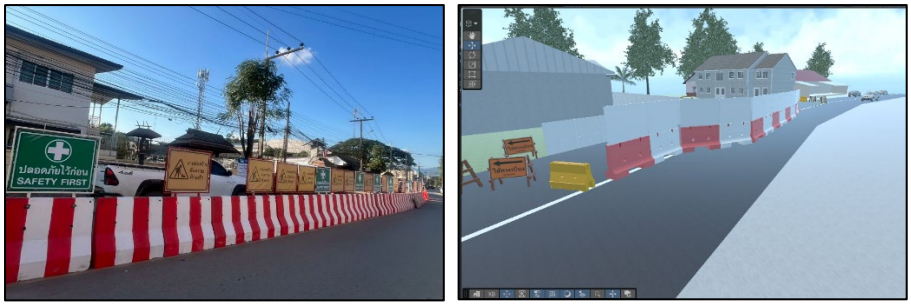


ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลต่อการนำไปใช้

4) การประยุกต์ใช้แบบจำลองร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR)

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) สำหรับกระบวนการก่อสร้าง โดยออกแบบให้สอดคล้องกับหลักเกณฑ์และมาตรฐานของหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้สามารถบูรณาการการทำงานร่วมกับหน่วยงานในพื้นที่และหน่วยงานสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาพบว่า การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VR ในกระบวนการก่อสร้างสามารถสนับสนุนการวางแผนงานก่อสร้าง การกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์และเครื่องจักร การจัดการจราจร รวมถึงการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพแบบจำลอง VR ที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนงานก่อนการก่อสร้าง โดยเฉพาะในพื้นที่เขตเมืองที่มีระบบสาธารณูปโภคที่ซับซ้อนและหลากหลาย ทำให้ผู้ปฏิบัติงานและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเข้าใจลักษณะงานวิศวกรรมและสภาพแวดล้อมการทำงานได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ เทคโนโลยี VR ยังช่วยส่งเสริมการประสานงานระหว่างหน่วยงานและสนับสนุนการวางแผนร่วมกันของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันนำไปสู่การเพิ่ม

ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการโครงการ ลดข้อผิดพลาดในการดำเนินงาน และสนับสนุนการทำงานขององค์กรที่เกี่ยวข้องให้มีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



(a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง (b) แบบจำลอง VR

ภาพที่ 6 การจราจรและอำนวยความปลอดภัย (a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง เทียบกับ (b) แบบจำลอง VR



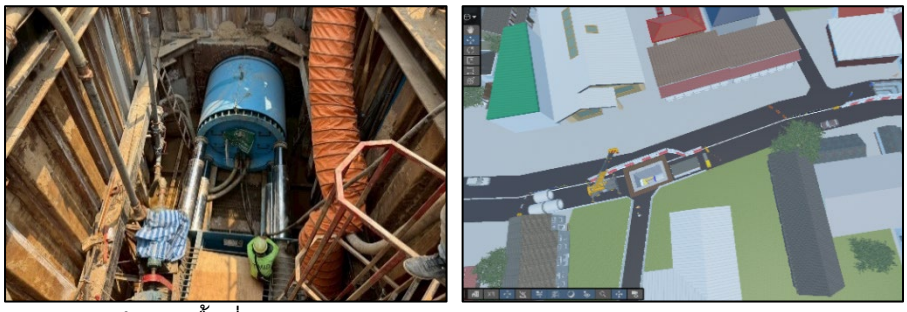
(a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง (b) แบบจำลอง VR

ภาพที่ 7 ขั้นตอนขุดเปิดผิวจราจร ของ (a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง เทียบกับ (b) แบบจำลอง VR



(a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง (b) แบบจำลอง VR

ภาพที่ 8 ขั้นตอนสร้างบ่อพักของ (a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง เทียบกับ (b) แบบจำลอง VR



(a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง (b) แบบจำลอง VR

ภาพที่ 9 ขั้นตอนการดันท่อของ (a) การปฏิบัติงานพื้นที่จริง เทียบกับ (b) แบบจำลอง VR

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality: VR) ร่วมกับแบบจำลองสามมิติ เพื่อพัฒนาสำหรับกระบวนการก่อสร้างงานดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) โดยพัฒนาแบบจำลองจากแบบก่อสร้างสองมิติผ่านโปรแกรม AutoCAD และ SketchUp ก่อนนำเข้าสู่โปรแกรม Unity เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงสำหรับกระบวนการก่อสร้างงานดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) ทั้งนี้ การศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลอง VR ที่สามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจเชิงพื้นที่ ลดข้อผิดพลาดจากการตีความแบบก่อสร้าง และสนับสนุนกระบวนการตรวจสอบงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยนี้ได้ทำกระบวนการก่อสร้างเป็น 7 ขั้นตอน ได้แก่ งานสำรวจและจัดเตรียมพื้นที่ งานสำรวจกำหนดตำแหน่งบ่อพัก งานจัดการจราจรและอำนวยความปลอดภัย งานตรวจสอบอุปสรรคใต้ดินและขุดเปิดผิวจราจร งานก่อสร้างบ่อพัก งานดันท่อลอดใต้ดิน และงานคืนสภาพพื้นที่และผิวจราจร ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้ล้วนมีรายละเอียดในการตรวจสอบสูง และหากเกิดข้อผิดพลาดระหว่างการก่อสร้างหรือตรวจรับงาน มักจะส่งผลให้โครงการเกิดความล่าช้า ทั้งนี้ ผลการพัฒนาแบบจำลอง VR พบว่าสามารถแสดงรายละเอียดของโครงสร้างระบบระบายน้ำ บ่อพัก และสภาพแวดล้อมเชิงพื้นที่ได้อย่างใกล้เคียงกับหน้างานจริง ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจกระบวนการตรวจสอบงานก่อสร้างได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบ และลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการตีความแบบก่อสร้างในรูปแบบสองมิติ

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VR ในงานตรวจสอบก่อสร้างด้วยวิธี AHP และทำการจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS โดยผลการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักปัจจัยด้วยวิธี AHP พบว่าปัจจัยด้านความปลอดภัยในการทำงานมีค่าสูงสุด (0.363) รองลงมาความถูกต้องทางวิศวกรรม (0.361) การทำงานร่วมกันระหว่างมนุษย์และเครื่องมือ (0.148) และต้นทุน (0.128) ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าความปลอดภัยในการทำงานมีความสำคัญมาก เนื่องจากการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) เป็นงานขนาดใหญ่แหละใช้พื้นที่ก่อสร้างในชุมชน จึงต้องคำนึงถึงความปลออดภัยทั้งในการทำงานและประชาชนในพื้นที่ ผลการวิเคราะห์การจัดลำดับทางเลือกด้วยวิธี TOPSIS ระบบที่ใช้ VR มีค่าสูงสุด (0.859) รองลงมาแบบที่ใช้ด้วยอุปกรณ์เคลื่อนที่ (0.857) และแบบกระดาษ 2 มิติ (0.856) ตามลำดับ ทั้งนี้ เนื่องจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสามมิติร่วมกับระบบ VR สามารถช่วยเพิ่มความเข้าใจเชิงพื้นที่ มองเห็นรายละเอียดและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งช่วยลดความคลาดเคลื่อนในการตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VR ร่วมกับแบบจำลองสามมิติ จึงสามารถเป็นแนวทางในการพัฒนากระบวนการก่อสร้างงานดันท่อลอด (Pipe Jacking) ในรูปแบบดิจิทัล ช่วยสนับสนุนการงานก่อสร้างให้มีความถูกต้อง ชัดเจน และใกล้เคียงกับสภาพการปฏิบัติงานจริงมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ด้านการฝึกอบรม การสื่อสารข้อมูล และการวางแผนงานก่อสร้างในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะที่ได้รับจากการวิจัย

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VR ในงานวิศวกรรมควรพัฒนาให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและสภาพแวดล้อมที่ยังคงต้องอาศัยการตัดสินใจของมนุษย์ เช่น ความละเอียดของโมเดล ควบคู่กับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้เป็นคู่มือที่สอดคล้องกับข้อกำหนดของหน่วยงาน โดยอาจจำเป็นต้องมีการปรับปรุงคู่มือหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้องให้รองรับการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว ทั้งนี้ การใช้งานเทคโนโลยี VR เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในงานก่อสร้างต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของปัจจัยแวดล้อมภายในองค์กร และจำเป็นต้องมีระบบคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงเพียงพอในการรองรับการทำงานของโปรแกรมที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ของพื้นที่ก่อสร้างในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากบางพื้นที่ที่ทำการดันท่อลอดอาจจะมีสภาพชั้นดินด้านล่างเป็นชั้นหิน

เอกสารอ้างอิง

สรรเพชร คงถาวร, ฆนิศา รุ่งแจ้ง, & พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล. (2566). แบบจำลองความจริงเสริม (AR) สำหรับงานก่อสร้างระบบไฟฟ้าใต้ดิน และการประเมินผลการเลือกใช้แบบจำลองด้วย FUZZY AHP. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28)

สไว สัมเขียวหวาน, ฆนิศา รุ่งแจ้ง & พงษ์ศักดิ์ สุริยวนากุล (2567). แบบจำลองความจริงเสริม (AR) สำหรับงานก่อสร้างระบบระบายน้ำ ด้วยวิธีการดันท่อลอดใต้ดิน (Pipe Jacking) ของถนนในเขตเมือง

Koti, A. J. C. E. (2023). The use of AR in secondary education: Educational augmented reality material to enhance students' digital and social skills. 14(13), 2721-2746)

Li, X., Yi, W., Chi, H.-L., Wang, X., & Chan, A. P. J. A. i. c. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. 86, 150-162)

Lin, T.-H., Liu, C.-H., Tsai, M.-H., & Kang, S.-C. J. J. o. C. i. C. E. (2015). Using augmented reality in a multiscreen environment for construction discussion. 29(6), 04014088)

Piroozfar, P., Farr, E. R., Boseley, S., Essa, A., & Jin, R. (2018). The application of Augmented Reality (AR) in the Architecture Engineering and Construction (AEC) industry. Paper presented at the The Tenth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-10).

Von Itzstein, G. S., Billinghurst, M., Smith, R. T., & Thomas, B. H. (2019). Augmented Reality Entertainment: Taking Gaming Out of the Box. In.

Weinberger, M. J. F. I. (2022). What is metaverse? A definition based on qualitative meta-synthesis. Futures of the Internet, 14(11), 310.

Zhao, X., Li, X., Wang, J., & Shi, C. J. P. (2020). Augmented reality (AR) learning application based on the perspective of situational learning: high efficiency study of combination of virtual and real. 11(9), 1340-1348)

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).