Journal of Information Science and Technology

JIST Journal of Information Science and Technology
Volume 15, NO 2 | JUL – DEC 2025 | 53-64
ISSN: 2651-1053 (Online)
ISSN: 1906-9553 (Print)

การพัฒนาแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์

Development of an Interactive Multimedia Platform Using Cross-Device Virtual Reality

*ทิพย์มณฑา ผกาแก้ว **และ สมใจ จิตคำนึงสุข**

*Thipmonta Pakakeaw **and Somjai Jitkamnuangsook **

*thipmonta.p@pkru.ac.th** and somjai.j@ pkru.ac.th**

สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

Digital Technology Program, Faculty of Science and Technology, Phuket Rajabhat University

Received: November 28, 2025; Revised: December 20, 2025; Accepted: December 22, 2025; Published: December 27, 2025

ABSTRACT –This research aims to examine the digital ecosystem supporting the design and development of an interactive multimedia platform using virtual reality (VR) technology, and to evaluate the performance of the cross-device VR-based multimedia platform. Experimental results indicate that the proposed digital ecosystem efficiently supports both VR Desktop and VR Meta Quest 2 environments. Performance testing shows that the VR Desktop configuration achieves an average frame rate of 107.83 FPS, with response time and latency values below 50 ms, whereas the Meta Quest 2 achieves an average frame rate of 86.63 FPS and exhibits slightly higher latency relative to the VR Desktop. Expert evaluations showed that the VR Desktop received the highest score ($\bar{x}$ = 4.46), reflecting its stability and display quality. Furthermore, the satisfaction assessment involving 60 participants indicated that interaction between the VR Desktop and Meta Quest 2 (360° mode) yielded a mean score of 4.33 (S.D. = 0.71), while interaction between the Meta Quest 2 and Meta Quest 2 (360° mode) yielded a mean score of 4.50 (S.D. = 0.50). In conclusion, the integration of these systems substantially enhanced the effectiveness and performance of the virtual learning ecosystem.

KEY WORDS -- Virtual reality technology, Interactive multimedia, Cross-device VR, Human–technology interaction, Accessibility

บทคัดย่อ – การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบนิเวศดิจิทัลสำหรับออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนและ ประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์ ผลการวิจัยพบว่า ระบบนิเวศดิจิทัลพัฒนาแพลตฟอร์มที่พัฒนารองรับการทำงานบนอุปกรณ์ VR Desktop และ VR Meta Quest 2 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทดสอบเชิงเทคนิค VR Desktop มีค่า Frame Rate เฉลี่ย 107.83 FPS ค่า Response Time และ Latency ต่ำกว่า 50 ms ในขณะที่อุปกรณ์ Meta Quest 2 มีค่า Frame Rate เฉลี่ย 86.63 FPS และมีค่า Latency สูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับ VR Desktop 2) ผลประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ VR Desktop มีคะแนนสูงสุด ($\bar{x}$ = 4.46) สะท้อนถึงความเสถียรและคุณภาพและ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 60 คน พบว่าการใช้งานแพลตฟอร์มระหว่าง VR Desktop กับ MetaQuest2 360^0 ($\bar{x}$ = 4.33 S.D.=0.71)และ ระหว่าง Meta Quest 2 กับ Meta Quest 2 360^0 ($\bar{x}$ = 4.50 , S.D.=0.50) โดยสรุปการผสานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบนิเวศการเรียนรู้เสมือนจริงได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ – เทคโนโลยีความจริงเสมือน, มัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ, ความจริงเสมือนข้ามอุปกรณ์, ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับเทคโนโลยี, การเข้าถึงเทคโนโลยี

1. บทนำ

นวัตกรรมด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ได้เปลี่ยนแปลงรูปแบบการสื่อสารและการเรียนรู้ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ได้แก่ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อินเทอร์เน็ต และอุปกรณ์พกพา ปัจจุบันได้เข้าสู่เทคโนโลยีเชิงพื้นที่แบบดื่มด่ำ อาทิ ความจริงเสมือน (Virtual Reality:VR) ความจริงเสริม (Augmented Reality) และความจริงผสม (Mixed Reality) ซึ่งมีความนิยมจากปี 2563-2673 คาดการมีการขยายตัวด้านการตลาดสูง 55.9% ภายใน ปี2571[1] ที่ถูกนำไปใช้ในหลายสาขา โดยเฉพาะด้านการศึกษา [2][3] จากการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับประสบการณ์ผู้ใช้ในการสร้างต้นแบบความเป็นจริงเสมือน[4] โดยมีวิจัย 350 บทความของจากฐานข้อมูล Scopus ใช้เกณฑ์การคัดเลือกและการคัดออกที่เข้มงวดส่งผลให้ได้บทความวิจัย 7 บทความที่ผ่านการประเมินคุณภาพเกี่ยวกับประสบการณ์ผู้ใช้ในการสร้างต้นแบบความเป็นจริงเสมือน (VR) คือ 1) การจำลองการฝึกอบรมความเป็นจริงเสมือนสภาพแวดล้อมสามมิติ 2) เกมความเป็นจริงเสมือนแบบอินเทอร์แอคทีฟและ 3) นิทรรศการพิพิธภัณฑ์ หรือศูนย์การเรียนรู้ความเป็นจริงเสมือนหรือการใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพทางด้านการศึกษาและ การมีส่วนร่วมแบบบันทึกภาพของสภาพแวดล้อมมีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลและสารสนเทศ โดยการนำเสนอเนื้อหาภายใต้โลกเสมือนจริง อาทิ จากประสบการณ์พิพิธภัณฑ์แบบดั้งเดิมให้เป็นรูปแบบเชิงนวัตกรรม โดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าวได้ทำให้มีส่วนช่วยให้ผู้ใช้ได้รับความรู้เชิงวิชาการ ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวสะท้อนผ่านสถิติ การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในภาคอุตสาหกรรมมีการประยุกต์ใช้ อาทิ อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ของบริษัท BMW ได้ใช้เทคโนโลยีสื่อเสมือนจริงในด้านการผลิตโดยให้ใช้ผู้เรียนจากการใช้แว่นตา ซึ่งจะมีข้อมูลคำแนะนำและการจำลองการทำงานแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติจริงในรูปแบบสามมิติ ภาคการศึกษาและภาคสังคมและ [5] เช่น เดียวกับด้านสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี ดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อสร้างความตระหนักรู้และส่วนเสริมในเรื่องการรับรู้ โดยเฉพาะการพัฒนาศูนย์การเรียนรู้เสมือนจริงด้านระบบนิเวศทะเล ซึ่งเน้นการสื่อสารเพื่ออนุรักษ์เต่ามะเฟือง (Dermochelys coriacea) สัตว์ทะเลหายาก ใกล้สูญพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อความหลากหลายทางชีวภาพ [6][7]

เทคโนโลยีความจริงเสมือนได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหานี้โดยช่วยจำลองสถานการณ์ที่เข้าถึงยากให้เสมือนจริงอย่างไรก็ตาม การนำ VR มาใช้ในวงกว้างยังเผชิญกับปัญหาวิจัยที่สำคัญ คือ ข้อจำกัดด้านอุปกรณ์ (Device Fragmentation) โดยสื่อ VR ส่วนใหญ่มักถูกออกแบบมาให้ทำงานเฉพาะบนอุปกรณ์ราคาสูง (High-end PC VR) หรืออุปกรณ์พกพาที่มีข้อจำกัดด้านการประมวลผล (Standalone VR) อย่างใดอย่างหนึ่ง ทำให้เกิดช่องว่างในการเข้าถึงของผู้ใช้งานที่มีอุปกรณ์แตกต่างกันด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนรองรับการทำงานของอุปกรณ์ของผู้ใช้ที่มีอยู่อย่างจำกัด เป็นแหล่งสารสนเทศเพื่อเป็นส่วนเสริมความรู้เข้าใจเกี่ยวกับการอนุรักษ์เป้าหมายที่ 14: อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทร ทะเลและทรัพยากรทางทะเลอย่างยั่งยืนเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน[8] โดยภูเก็ตมีเต่ามะเฟืองใกล้จากสูญพันธ์ทำให้มีการเพราะเลี้ยงศึกษาสภาพทางทะเล การเกิดภัยคุกคามและการช่วยเหลือสัตว์ทะเล ให้แก่ เยาวชน นักท่องเที่ยวและสาธารณชนภายใต้กรอบโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช (อพ.สธ.) งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นนำเสนอการพัฒนากรอบแนวคิดและแพลตฟอร์ม "Cross-Device VR Ecosystem” ที่สามารถเชื่อมโยงการทำงานระหว่างอุปกรณ์ VR Desktop และอุปกรณ์VR แบบพกพา โดยใช้กรณีศึกษาเรื่องการอนุรักษ์เต่ามะเฟืองเป็นต้นแบบในการทดสอบระบบ เพื่อพิสูจน์ว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถยกระดับการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาการเข้าถึงเทคโนโลยีในบริบทของการอนุรักษ์ธรรมชาติ

โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาระบบนิเวศดิจิทัลสำหรับแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน 2) เพื่อออกแบบและพัฒนามัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน กรณีศึกษา ศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟืองและ3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาแพลตฟอร์มรองรับระบบนิเวศดิจิทัลความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์โดยประยุกต์ใช้หลักการออกแบบเพื่อสร้างประสบการณ์การใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือน

2.1 ระบบนิเวศดิจิทัลสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสมือน

ความจริงเสมือนในรูปแบบดิจิทัลจากการศึกษาสภาพแวดล้อมดิจิทัลมีองค์ประกอบ อาทิ แพลตฟอร์ม แอปพลิเคชัน อุปกรณ์ เครือข่าย และประสบการณ์ผู้ใช้และ การบูรณาการสื่อมัลติมีเดีย ดังนี้ ภาพ วิดีโอ ภาพสามมิติ เสียง อินเทอร์แอคทีฟระหว่างผู้ใช้เข้าด้วยกันเทคโนโลยีความจริงเสมือน ทำ

ให้ผู้ใช้ได้ประสบการณ์การเรียนรู้หรือสื่อสารที่เชื่อมโยงกัน โดยการพัฒนาระบบนิเวศการเรียนรู้เสมือนจริงสำหรับการศึกษาทางไกล ซึ่งขั้นตอนการพัฒนา 7 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ การทดสอบและปรับปรุง การอบรมและสนับสนุนผู้ใช้ การประเมินผล และโดยการพัฒนาต่อเนื่อง ประกอบด้วยองค์ประกอบ 10 ด้าน ได้แก่ เทคโนโลยีดิจิทัล แพลตฟอร์มการเรียนรู้ออนไลน์ เนื้อหาดิจิทัล การสื่อสารและความร่วมมือ การประเมินและติดตาม ข้อมูลและ วิเคราะห์การปรับการเรียนตามผู้เรียน การสนับสนุนผู้เรียน ทรัพยากร การเรียนรู้ภายนอก และการเผยแพร่ความรู้[9]

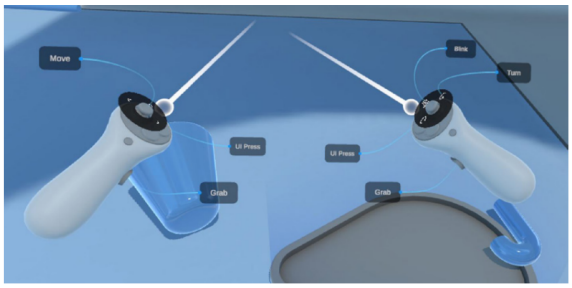
กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสมือน [10]หรือ แบบจำลองกระบวนการสร้าง VR เป็นองค์ประกอบสำคัญของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยเวิร์กโฟลว์เริ่มจากการออกแบบเรื่องราวของผู้ใช้ในสภาพแวดล้อมเสมือน ซึ่งกำหนดโครงสร้างเชิงพื้นที่ วัตถุเสมือน และรูปแบบการโต้ตอบภายในระบบ โดยพัฒนาเนื้อหาโดยการทำงานร่วมกันของนักกราฟิกส์ภาพสามมิติ โปรแกรมเมอร์ และผู้เชี่ยวชาญด้านกลไกแบบเรียลไทม์ เพื่อผสานสภาพแวดล้อม วัตถุ และการโปรแกรมให้เป็นแอปพลิเคชัน VR ที่สมบูรณ์ ด้านสภาพแวดล้อม VR สามารถปรับใช้ได้ทั้งในรูปแบบแอปพลิเคชันแบบสแตนด์อโลน(VR Desktop) การเผยแพร่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและแพลตฟอร์มเมตาเวิร์ส เพื่อรองรับการเข้าถึงของผู้ใช้หลายกลุ่ม แบบจำลองหรือแอปพลิเคชันดังกล่าวแนวทางเชิงระบบสำหรับนักพัฒนาแอปพลิเคชันและผู้สอนในการออกแบบ พัฒนา และจัดการเรียนรู้ด้านการพัฒนา VR อย่างเป็นลำดับขั้น

จากการศึกษาการพัฒนาระบบความจริงเสมือนเพื่อการศึกษาและการฝึกอบรม เน้นการคงคุณภาพประสบการณ์ผู้ใช้ (Quality of Experience: QoE) ให้อยู่ในระดับสูงอย่างสม่ำเสมอ โดยกำหนดมาตรฐานหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) การเพิ่มประสิทธิภาพและการปรับตัวของฉาก (Optimization and Scene Adaptability) สามารถตรวจจับรวมถึงปรับลดความซับซ้อนของฉากเมื่อประสิทธิภาพลดลง โดยการคงค่าการตั้งค่าที่เสถียรและหลีกเลี่ยงความหน่วงที่ผันผวน (Variable Latency) เพื่อป้องกันอาการไม่สบายขณะใช้งาน 2) ข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพขั้นต่ำ (Minimum Performance Requirements) ระบบต้องรักษาความหน่วงแบบ End-to-end ไม่เกิน 30 มิลลิวินาที และอัตราเฟรมเท่ากับอัตราการรีเฟรชของอุปกรณ์สวมศีรษะ (60–120 Hz) ต้องมีการจัดการกรณีสูญเสียการติดตามศีรษะโดยการทำให้ฉากจางหายไปอัตโนมัติ เพื่อป้องกันความไม่สบายและการรับรู้ผิดพลาดของผู้ใช้ และ 3) การเคลื่อนไหวของมุมมองและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ (Viewpoint Motion and Device Reliability) ระบบควรจำกัดการเคลื่อนไหวที่ไม่ได้ควบคุมโดยผู้ใช้ไม่ให้มีความเร่งต่อเนื่องเกิน 1 วินาที เพื่อหลีกเลี่ยงอาการเมาไซเบอร์ (Cybersickness) และต้องรักษาความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ป้อนข้อมูลเพื่อให้การตอบสนองมีความต่อเนื่องและเสถียร [9]

2.2 เทคโนโลยีความจริงเสมือน

ความจริงเสมือน(Virtual Reality) เป็นสภาวะจำลองที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อให้เหมือนสภาวะจริง ซึ่งผู้ใช้สามารถมีปฏิกิริยาโต้ตอบกับสภาวะจำลองนี้ได้ เช่น การจำลองสภาพเรือนไทยเพื่อให้ผู้ชมสามารถเข้าไปดูห้องต่าง ๆ ภายในได้เสมือนกับเข้าไปดูจริง ๆ[11] [12]

เทคโนโลยีความจริงเสมือน [13]จำแนก 2 ประเภทด้วยกันตามอุปกรณ์การสร้างภาพและการมีปฏิสัมพันธ์ 1) Non-immersive หรือ Desktop VR หรือ Window on World System (WoW) ซึ่งเป็นการใช้จอภาพคอมพิวเตอร์ทั่วไปในการแสดงภาพเสมือนจริงและ 2) Immersive ภาษาไทยใช้คำว่า “ดื่มด่ำ” ในโลกเสมือนจริงเป็นการแสดงภาพเสมือนจริงสำหรับส่วนบุคคลโดยใช้จอภาพสวมศีรษะ (Head-mounted Display: HMD) โดยต้องมีการตั้งค่าอุปกรณ์สำหรับการใช้งานเพื่อเข้าในโหมดโปรแกรมการใช้งาน



รูปที่ 1 แสดงภาพการตั้งค่าสำหรับการโต้ตอบและการนำทาง

โดยการจำลองสภาพแวดล้อมจริงเข้าไปให้เสมือนจริงโดยผ่านการรับรู้จากการมองเห็น การได้ยินเสียง สัมผัส โดยจะตัดขาดออกจากสภาพแวดล้อมปัจจุบัน เพื่อเข้าไปสู่ภาพที่จำลอง มีลักษณะสำคัญดังนี้ 1) วิสัยทัศน์ในการมอง รองรับความไวแสงระหว่าง 400 nm ถึง 800 nm ช่วงความสว่างกว้างตั้งแต่ 0.0001 cd/m² ถึง 10,000,000 cd/m² โดยรองรับความละเอียดสูงและคอนทราสต์สูง 60 Hz ต่อตาสำหรับการเคลื่อนไหวของศีรษะระนาบแนวนอนด้วยความเร็วในการหมุนสูงสุด 800°/s FOV 180°และ ระนาบแนวตั้ง FOV 140° 2) พื้นที่การเรนเดอร์แบบสเตอริโอสโคปิกได้สร้างจากการมองเห็นภาพสามมิติ โดยการใช้หลักการเดียวกับการมองเห็นสัมพันธ์ในมิติภาพเหมือนกันตลอดการรับภาพของผู้ใช้และ 3)

ความละเอียดหน้าจอรองรับการปรับแบบไดนามิก FOV โดยระบบติดตามดวงตา และรองรับระบบเสียงของการได้ยินของหูทั้งสองข้างในช่วงความถี่ ตั้งแต่ 20 Hz ถึง 20,000 Hz

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อังคณา สุวรรณจตุพร และผกาพรรณ ลิมป์ไตรรัตน์[14]วิจัยเรื่องแนวทางการออกแบบความเป็นจริงเสมือนเพื่อกระตุ้นการเคลื่อนไหวของผู้สูงอายุ พบว่า นำเสนอปัจจัย 5 ด้าน คือ 1) ลดอาการการมึนงงในขณะใช้ระบบความเป็นจริงเสมือนด้วยการแสดงผลรูปภาพในเกมให้มีความชัดเจน สามารถลดความมึนงงในผู้สูงอายุได้ 100% 2) การวางตำแหน่งของส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อให้อ่านและใช้งานได้ง่าย 3) สร้างประสบการณ์ที่มีส่วนร่วมและสมจริงในโลกเสมือนจริง 4) การใช้เสียงเพื่อการมีส่วนร่วมของผู้ใช้มากที่สุดและ 5) การใช้รูปแบบความเร็วในการเปลี่ยนฉากเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมและปลอดภัยต่อการใช้งาน

ภูวดล ศิริกองธรรม ประมุข บุญเสี่ยงและอภิชญา นิ้มคุ้มภัย[15] วิจัยเรื่อง การบูรณาการมิฟิเคชันในสื่อเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ระบบสุริยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิ ผลของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริงกับการเรียนรู้ปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.43/81.23 ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้ระบบมัลติมีเดียเสมือนจริง สูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีปกติ

Ghabashneh, Bothra, Govindan, Ortega และ Rao [16] วิจัยเรื่อง Dragonfly: คุณภาพการรับรู้ที่สูงขึ้นสำหรับการเล่นวิดีโอ 360° อย่างต่อเนื่อง มีวัตถุประสงค์พัฒนาคุณภาพการรับรู้ของผู้ใช้สำหรับการเล่นวิดีโอ 360° พบว่า การลดปัญหาการบัฟเฟอร์ซ้ำจากการคาดการณ์ ช่องมองภาพที่หยุดชะงักของการเล่นหรือ แบนด์วิดท์เครือข่ายลดลงส่งผลกระทบกับการโต้ตอบระบบสามารถใช้วิธีการแบ่งวิดีโอ โดยการหลีกเลี่ยงการบัฟเฟอร์ซ้ำโดยการข้ามไทล์ที่ไม่มาถึงภายในระยะเวลาที่กำหนดทำให้ช่องมองภาพไม่สมบูรณ์และ ส่งผลให้การแสดงผลภาพลดลงโดยการสตรีมเฉพาะพื้นที่ที่ผู้ใช้มองเพื่อลดการใช้แบนด์วิดท์ ด้วยการฟังก์ชันยูทิลิตี้ในการเลือกไทล์และระดับคุณภาพที่เหมาะสมในการรองรับกรณีไทล์ที่ไม่สามารถโหลดผ่าน ช่วยให้สตรีมหลักดึงเนื้อหาแม่นยำขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 6 คน ได้แก่ 1.1) นักพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน 1.2) นักวิชาการด้านการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือน 1.3) อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลด้านการประมวลผลภาพบนแพลตฟอร์ม 1.4) นักออกแบบ UX/UI รองรับแพลตฟอร์ม 1.5) ระบบนิเวศทางทะเล และ1.6) นักวิชาการคอมพิวเตอร์ วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) 2) กลุ่มผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน 2.1) นักศึกษากำลังศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 20 คน ที่มีประสบการณ์การใช้เทคโนโลยี VR และ 2.2) นักศึกษากำลังศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 20 คน ไม่มีประสบการณ์การใช้เทคโนโลยี VR แบบเจาะจง (Purposive Sampling) [17], [18], [19]

3.2 วิธีการดำเนินวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์สารสนเทศและกรณีศึกษา (Content Development: Leatherback Turtle Case Study)

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ความต้องการ (Requirement Analysis) จากการวิเคราะห์ปัญหาของผู้ใช้และการนำเสนอสารสนเทศเพื่อให้ตอบโจทย์ปัญหาข้างต้นเพื่อพัฒนาแฟลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบข้ามอุปกรณ์ จึงดำเนินการวิเคราะห์สารสนเทศ จากข้อมูลสารสนเทศที่ต้องการสื่อสารการอนุรักษ์เต่ามะเฟืองสัตว์ทะเลหายากและใกล้สูญพันธุ์ที่มีความสำคัญต่อความหลากหลายทางชีวภาพสำหรับเป้าหมายการเรียนรู้ กลุ่มนักเรียน นักศึกษา นักท่องเที่ยว และบุคคลที่สนใจศึกษาทรัพยากรธรรมชาติ จากการสัมภาษณ์ผู้เข้าเยี่ยมชมงานวันสิ่งแวดล้อมโลก ประจำปี 2567 จังหวัดภูเก็ต และกิจกรรมวันทะเลโลก ประจำปี 2567 จังหวัดภูเก็ต พบว่า ผู้เข้าเยี่ยมชมมีความสนใจในการเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศทันสมัย อาทิ เทคโนโลยีความจริงเสริม เทคโนโลยีเสมือนจริง และมีความต้องการสารสนเทศเพิ่มเติมในรูปแบบสื่อมัลติมีเดียด้วยข้อจำกัดสถานที่แสดงนิทรรศการแต่ละหน่วยงานที่เข้าร่วมการคล้องตัวของผู้ใช้การเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศด้วยอุปกรณ์ส่วนบุคคลเพื่อง่ายในการรับชมและรับรู้ อาทิ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือการรับชมด้วยจอภาพสวมศีรษะ

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยได้คำนึงถึงระบบนิเวศการเรียนรู้ดิจิทัล โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องด้านทรัพยากรทางทะเล และบริบทการใช้งานเก็บข้อมูลผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดเป้าหมายของนวัตกรรมสำหรับการเรียนรู้และรองรับการใช้งานหน่วยงาน องค์กร สถานศึกษา การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาพัฒนาแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์ เพื่อเป็นศูนย์การเรียนรู้การอนุรักษ์เต่ามะเฟือง จากการศึกษางานวิจัยด้านชีววิทยาทางทะเลและการจัดการอนุรักษ์ [6][7] รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์จากเอกสารรายงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และ

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งซึ่งชี้ให้เห็นการเผยแพร่ความรู้แก่สาธารณชนและการสร้างการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเล ผลการศึกษาพบว่าปัญหาสำคัญได้แก่ 1) ผู้เยี่ยมชมนิทรรศการและผู้ที่สนใจยังขาดโอกาสในการมีส่วนร่วมกับการศึกษาสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนจริง 2) ระบบการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิมไม่สามารถรองรับการใช้งานได้หลากหลายอุปกรณ์ ส่งผลให้การเข้าถึงแหล่งสารสนเทศยังมีข้อจำกัดส่วนของเทคโนโลยีเสมือนจริงและ 3) เนื้อหาสารสนเทศ รูปแบบการนำเสนอขาดการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

ส่วนที่ 2 การสังเคราะห์การนำเสนอเนื้อหาสำหรับการสร้างภาพต้นแบบจากภาพสองมิติสำหรับสร้างโมเดลเสมือนจริงจากภาพต้นแบบภาพสองมิติ

(ก) แบบศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟือง

(ข) แบบจำลองศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟืองสามมิติ

(ค) ลูกเต่ามะเฟือง

(ง) ภาพสามมิติไข่เต่ามะเฟือง

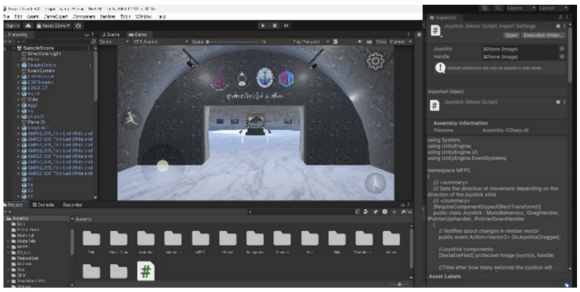
จ) สร้างสามมิติ

ฉ) โครงสร้าง

(ค) ไข่เต่ามะเฟือง	(ง) ภาพสามมิติไข่เต่ามะเฟือง

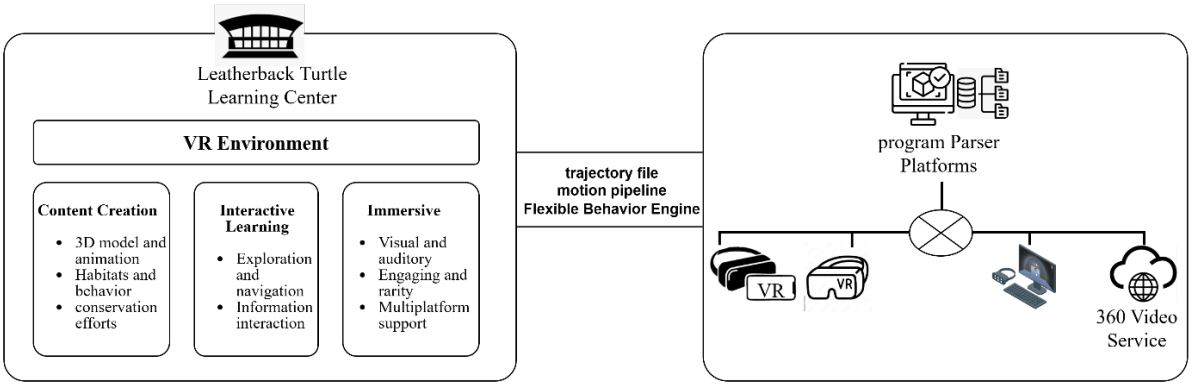
รูปที่ 2 แสดงการสร้างโมเดลสามมิติเพื่อพัฒนาภาพเสมือนจริง

ส่วนที่ 3 พัฒนาศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟืองด้วยโปรแกรม OpenXR เขียนโปรแกรมด้วยภาษา C# เพื่อรองรับการทำงานข้ามอุปกรณ์ โดยนำวัตถุภาพสามมิติ ภาพวิดีทัศน์ เสียงบรรยายจัดในสภาพแวดล้อมรองรับเพื่อกำหนดส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างแพลตฟอร์มกับอุปกรณ์รองรับการแสดงผลด้วยเทคโนโลยีเสมือน



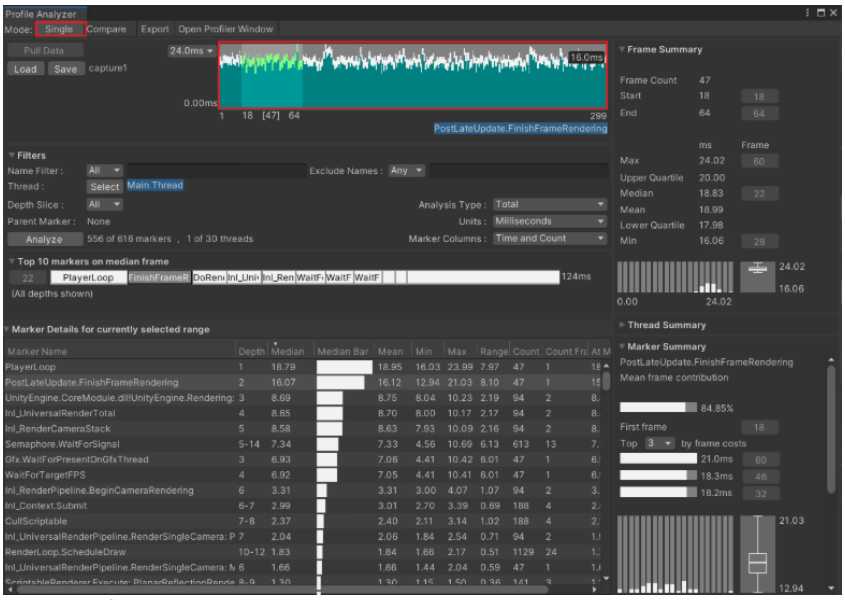
รูปที่ 3 แสดงการพัฒนาแฟลตมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริง

3.2.2 การศึกษาและการออกแบบระบบนิเวศดิจิทัล (Digital Ecosystem Design) ผู้วิจัยมีแนวคิดพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้เสมือนจริงที่มีความสมจริงลักษณะรูปแบบภาพสามมิติ รวมกับสื่อมัลติมีเดียสำหรับรองรับการใช้งานแบบข้ามแพลตฟอร์ม อาทิ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สมาร์ตโฟนและรองรับอุปกรณ์ความจริงเสริม โดยใช้แนวคิดการออกแบบปฏิสัมพันธ์เชิงเสมือนที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ โดยนำเสนอกรอบแนวคิดและแพลตฟอร์ม "Cross-Device VR Ecosystem" ที่สามารถเชื่อมโยงการทำงานระหว่างอุปกรณ์ VR Desktop และอุปกรณ์VR แบบพกพา โดยใช้กรณีศึกษาเรื่องการอนุรักษ์เต่ามะเฟืองเป็นต้นแบบในการทดสอบระบบ เพื่อพิสูจน์ว่าแพลตฟอร์มนี้สามารถยกระดับการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาการเข้าถึงเทคโนโลยีในบริบทของการอนุรักษ์ธรรมชาติ ดังรูปที่ 4



รูปที่4 แสดงสถาปัตยกรรมระบบนิเวศดิจิทัลสำหรับแพลตฟอร์มเทคโนโลยีความจริงเสมือน กรณีศึกษา ศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟือง

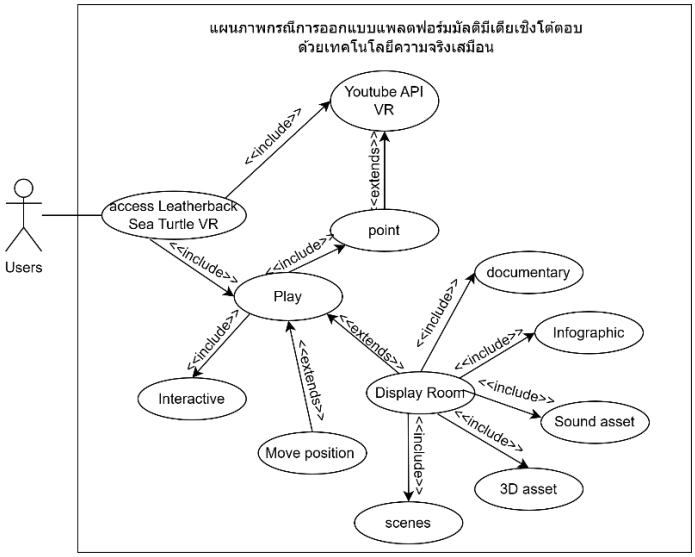
จากการศึกษาสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลของแพลตฟอร์มสำหรับทดสอบการข้ามอุปกรณ์ที่สามารถทำงานร่วมกันได้บนสภาพแวดล้อมเดียวกันและข้ามอุปกรณ์จากแพลตฟอร์มที่ได้พัฒนา โดยทดสอบ Scene Data load โดยใช้ Unity profiler บันทึกไฟล์ dataในการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพเล่นซ้ำ ทำซ้ำจนได้ผลดีโดยผู้วิจัยทดสอบที่สุดตามมาตรฐาน ISO/ICE คือ 1) ค่า Frame Rate อาจก่อให้เกิดอาการเวียนศีรษะ (cybersickness) และลดคุณภาพการตอบสนองแบบเรียลไทม์ โดยเฉพาะในระบบ HMD (Head-Mounted Display) Frame Rate (FPS) ไม่น้อยกว่ามาตรฐาน 60 FPS สำหรับ HMDs 90–120 FPS 2) เวลาระหว่างการกระทำของผู้ใช้กับการตอบสนองในระบบ(System Response Time) เช่น การขยับศีรษะหรือการสัมผัส ต่ำกว่า 20 ms หากต่ำกว่า < 50 ms ยอมรับได้ 3) ค่าความหน่วงระหว่างการเคลื่อนไหวของผู้ใช้กับการแสดงผลภาพ Latency (Motion-to-Photon Latency) ต่ำกว่า 20 ms สำหรับ HMD น้อยกว่าหรือเท่ากับ ≤ 50 ms สำหรับอุปกรณ์พกพา [20] [21]



รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการทดสอบประสิทธิภาพของแพลตฟอร์ม Unity profiler

3.2.3 การวิเคราะห์การเรียนรู้แบบโต้ตอบ (Interactive Learning) แนวทางการศึกษาที่เน้นให้ผู้ใช้มีส่วนร่วมอย่างแข็งขันในกระบวนการเรียนรู้ แทนการรับข้อมูลแบบ Passive โดยผู้ใช้จะ "ลงมือทำ" ผ่านกิจกรรมหรือภาระกิจโดยออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมความจริงเสมือน โดยมุ่งเน้นให้เกิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ การควบคุมมุมมองผู้ใช้โดยการนำทางด้วยการสัมผัส การใช้คีย์บอร์ด การใช้อุปกรณ์ HMD การดึงข้อมูลเฉพาะส่วนสนใจและสามารถใช้งานได้แบบข้ามแพลตฟอร์ม เพื่อรองรับผู้ใช้งานที่มีอุปกรณ์แตกต่างกัน จากการศึกษาออกแบบ

แผนภาพกรณีการใช้งานแพลตฟอร์ม(Use Case Diagram) โครงสร้างการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับฟังก์ชันหลักของแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนดังภาพที่ 2



รูปที่ 6 แสดงภาพ use case *กระบวนการปฏิบัติงานของแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน*

ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงเนื้อหาหลักประกอบด้วย 4 ห้อง คือ ห้องกายวิภาคเต่ามะเฟือง ห้องถิ่นกำเนิดเต่ามะเฟือง ห้องสารคดีเต่ามะเฟือง และห้องศูนย์การช่วยเหลือ ฝึกช่วยเหลือเต่ามะเฟืองติดอวน โดยมีฟังก์ชันโต้ตอบเชิงสถานการณ์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถสำรวจสภาพแวดล้อมและเคลื่อนตำแหน่ง ภายในพื้นที่ แพลตฟอร์มรองรับการสตรีมวิดีโอความจริงเสมือนผ่าน YouTube API VR ทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงวิดีโอ 360° อย่างต่อเนื่อง[15] มัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเสียง ภาพอินโฟกราฟิก ภาพจำลองสภาพแสดล้อมสามมิติ วิดีทัศน์สารคดี ทดสอบการรองรับมัลติมีเดีย

จากการพัฒนาแพลตฟอร์มผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้ 1) เตรียมฉาก(scene) ประกอบด้วย ข้อมูลมัลติมีเดีย ภาพอินโฟกราฟิกส์ เสียงบรรยาย ภาพสามมิติ วิดีทัศน์ โดยทดสอบการปรับสภาพแวดล้อม ขนาดเล็ก–กลาง (<1M tris สำหรับ PC, 200k tris สำหรับทดสอบ MetaQuest2) 2) การปรับ assets ให้เหมาะกับสภาพแวดล้อมทางดิจิทัลของอุปกรณ์ Texture Mesh: Draco compression ร่วมกับ LOD สำหรับ Preload assets streaming 3) ตั้งค่า Frame target: 90–120 Hz (PC), 72–90 Hz (Quest2) และ Latency <20 ms (PC), <30 ms (Quest2)

โดยพัฒนาส่วนปฏิสัมพันธ์รองรับของแพลตฟอร์มโดยกำหนด มัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์: กรณีศึกษา ศูนย์การเรียนรู้เต่ามะเฟือง ด้วยกระบวนการทดสอบดังนี้ 1) ทดสอบการกำหนดองศาอิสระ 6 องศา(Six Degrees of Freedom: :6 DoF) 2) ฟังก์ชันปฏิสัมพันธ์มัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ(Interactive Functions) อาทิ เลือกวัตถุ เลื่อนมุมมอง 360° ซูมเข้า-ออก เปิด/ปิดเสียงหรือคำบรรยาย โต้ตอบกับผู้ใช้ (ปุ่ม, เมนู) เล่น/หยุด/ย้อนวิดีโอ การทดสอบใช้อัลกอริทึมการโต้ตอบ โดยกระบวนการประมวลผลสำหรับการพัฒนาและการออกแบบเพื่อช่วยให้ผู้ใช้เกิดประสบการณ์เชิงปฏิบัติจริงในสภาพแวดล้อมเสมือนจริงจากห้องบรรยายของศูนย์การเรียนรู้ นำเสนอมิติความรู้ ภาพอินโฟกราฟิกส์ เสียงช่วยเรื่องบรรยากาศ การบรรยาย สารคดี รวมถึงเสริมความรู้ด้านการอนุรักษ์เต่ามะเฟือง ฝึกการช่วยเหลือปฏิบัติการช่วยเหลือเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ โดยการเรียนรู้ด้วยอุปกรณ์ที่มีของแต่ละรายบุคคล

3.2.4 การทดสอบแบบจำลองและการประเมินแพลตฟอร์ม แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผู้เชี่ยวชาญ จากการพัฒนาแพลตฟอร์ม ได้ดำเนินการทดสอบและประเมินผลได้แก่ 1) การสาธิตและทดสอบการใช้งานโดยนำแพลตฟอร์มเวอร์ชันทดลองไปทดสอบกับอุปกรณ์ดังนี้ ชุดอุปกรณ์สวมศีรษะ VR(Meta Quest2) เพื่อประเมินความเสถียรและประสิทธิภาพการทำงานของระบบและ 2) การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญโดยใช้การคัดเลือกแบบเจาะจง ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ (1) นักพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน (2) นักวิชาการด้านการพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสมือน (3) อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลด้านการประมวลผลภาพบนแพลตฟอร์ม (4) นักออกแบบ UX/UI รองรับแพลตฟอร์ม (5) ระบบนิเวศทางทะเล และ(6) นักวิชาการคอมพิวเตอร์ เครื่องมือที่ใช้ในแบบประเมินประสิทธิภาพ

พัฒนาตามเกณฑ์ด้านคุณภาพเนื้อหา การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ ความเหมาะสมทางด้านเทคนิค และการส่งเสริมการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อนำมาสรุประดับประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มตามเกณฑ์การประเมินระดับความพึงพอใจ เพื่อนำข้อคิดเห็นและเสนอแนะมาปรับปรุงด้านแอปพลิเคชันแพลตฟอร์ม[17]

ส่วนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์กำหนดกลุ่มผู้ใช้แพลตฟอร์ม นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 จำนวน 60 คน กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง โดยการใช้งานอุปกรณ์ 2 กลุ่ม สำหรับทดสอบการใช้แพลตฟอร์มเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างกลุ่ม Group A และ Group B ให้ข้อคิดความคิดเห็นของกลุ่มผู้ทดลองใช้

ตารางที่ 2 แสดงกลุ่มทดลองสำหรับทดสอบการใช้แพลตฟอร์มข้ามอุปกรณ์

Group A	Group B
VR Desktop [cross]	VR Meta Quest 2 [cross]
MetaQuest 2	MetaQuest 2 360^0

โดยการเปรียบเทียบการใช้งานข้ามอุปกรณ์ตามรูปแบบปฏิสัมพันธ์ของแต่ละกลุ่มดังนี้ 1) ทดสอบการกำหนดองศาอิสระ 6 องศา และ 2)ปฏิสัมพันธ์มัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ (Media Interactive functions)

4. ผลการศึกษาและผลดำเนินงาน

4.1 จากการศึกษาระบบนิเวศอุปกรณ์ที่รองรับการแสดงผลเทคโนโลยีเสมือนจริง

จากการทดสอบการใช้งานบนอุปกรณ์สรุปผลการทดสอบการรองรับมัลติมีเดียเพื่อโต้ตอบผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริงบนอุปกรณ์ แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มเสมือนจริงสองรูปแบบ คือ VR Desktop และ Meta Quest 2 โดยทำการทดสอบทั้งหมด 50 ครั้งต่อแพลตฟอร์ม เพื่อเปรียบเทียบตัวชี้วัดหลัก ได้แก่ 1) เวลาตอบสนอง (Response Time) 2) ความหน่วงเวลา (Latency) 3) อัตราเฟรม (Frame Rate) 4) การใช้ทรัพยากรและ 5) เวลาโหลด (Load Time) โดยเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่สำคัญตามเวลา

Metrics	Platform	Mean	S.D.	95% CI (±)
Response Time (ms)	VR Desktop	9.84	0.79	0.22
	Meta Quest 2	20.02	2.28	0.63
Latency (ms)	VR Desktop	13.44	0.41	0.11
	Meta Quest 2	24.42	2.17	0.60
Frame Rate (FPS)	VR Desktop	107.83	5.99	1.66
	Meta Quest 2	86.63	3.01	0.83

จากตารางพบว่า VR Desktop มีค่าเฉลี่ยด้านเวลาเร็วกว่าประมาณ 1.8–2.0 เท่า และมี ช่วงความเชื่อมั่น (95% CI) แคบกว่าของ Meta Quest 2 อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในตัวชี้วัด Latency ซึ่ง VR Desktop มีค่า CI เพียง ±0.11 ms เทียบกับ Meta Quest 2 ที่ ±0.60 ms แสดงให้เห็นถึงความเสถียรเชิงเวลา (Temporal Stability) ที่สูงกว่า ในด้านประสิทธิภาพของปริมาณงาน (Throughput) และการแสดงผลภาพ (Frame Rate) พบว่า VR Desktop มีค่า Throughput สูงกว่า Meta Quest 2 ถึง 5.4 เท่า (124.97 Mbps เทียบกับ 23.12 Mbps) และมี Frame Rate สูงกว่าเกือบ 21 FPS และการลดความเสี่ยงของการเกิดอาการไซเบอร์ซิกเนส (Cybersickness) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพปริมาณงานและการสื่อสาร (ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ FPS)

Platform	Mean	S.D.	Frame Rate (FPS)
VR Desktop	124.97	12.27	107.83
Meta Quest 2	23.12	1.50	86.63

ในส่วนของการใช้ทรัพยากรและเวลาโหลด (Load Time) VR Desktop ใช้เวลาโหลดเฉลี่ยเพียง 6.53 วินาที ซึ่งเร็วกว่าของ Meta Quest 2 ที่ 12.31 วินาที เกือบสองเท่า ขณะที่การใช้ CPU และ RAM เฉลี่ยของทั้งสองแพลตฟอร์มอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แต่ Meta Quest 2 มีการใช้ CPU สูงกว่า (51.25%) ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดของระบบประมวลผลแบบ Mobile SoC ที่มีพลังงานและประสิทธิภาพจำกัด ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการใช้ทรัพยากรระบบและการวิเคราะห์เวลาโหลด (ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ FPS)

Platform	Mean CPU Usage (%)	CPU Usage SD (%)	Mean RAM Usage (GB)	Load Time (s)	Load Time 95% CI (±) s

VR Desktop	44.35	4.58	2.38	6.53	0.17
Meta Quest 2	51.25	3.03	1.93	12.31	0.28

จากผลการทดสอบเชิงปริมาณชี้ให้เห็นว่า VR Desktop มีสมรรถนะเชิงเวลา ความหน่วงต่ำ และ Throughput สูงกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพเชิงเทคนิคที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระบบการเรียนรู้และฝึกอบรมเสมือนจริงที่ต้องการความต่อเนื่องและความเสถียรของข้อมูลสูง

4.2 การประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มร่วมกับอุปกร์ดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน โดยกำหนดการทดสอบ 2 กลุ่มแปล ดังนี้ D1) การใช้เทคโนโลยีเสมือน VR360^0 ด้วยอุปกรณ์ MetaQuest 2 D2) การใช้แฟลตฟอร์ม VR Desktop เคลื่อนตำแหน่งรับชมด้วยระบบมัลติมีเดีย D3) การใช้ VR MetaQuest 2 กำหนดภาระกิจช่วยเหลือเต่ามะเฟืองติดอ่วนประมง ด้วยวิธีการประเมินประสิทธิภาพดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงการประเมินประสิทธิภาพต้นแบบแพลตฟอร์มดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ

Performance	D1	D2	D3
Technical	4.22	4.56	4.06
User Experience	4.56	4.56	4.22
Functional	4.22	4.28	4.44
$\bar{x}$	4.33	4.46	4.24
S.D.	0.37	0.42	0.46

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มเทคโนโลยีความจริงเสมือนจากผู้เชี่ยวชาญ จากการประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มเทคโนโลยีความจริงเสมือนด้วยอุปกรณ์ 3 รูปแบบ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของ D2 การใช้แฟลตฟอร์ม VR Desktop เคลื่อนตำแหน่งรับชมด้วยระบบมัลติมีเดีย ในภาพรวมเท่ากับ 4.46 อยู่ในระดับมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42 เมื่อเปรียบเท่าประสิทธิภาพแต่ละด้านจะเห็นได้ว่า 1) ด้าน Technical ของ D2 เท่ากับ 4.52 อยู่ในระดับมากที่สุด 2) ประสิทธิภาพด้าน User Experience ของ D1 และ D2 เท่ากับ 4.56 อยู่ในระดับมากที่สุด และ 3) ด้าน Functional ของ D3 และ D4 เท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับมาก ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพ D1) การให้ความรู้พื้นฐานส่วนของ VR360 องศา เพื่อให้ผู้ใช้การใจบริบทของการอนุรักษ์ส่วนของการโหลดมีการแสดงผลมีการผิดพลาดเล็กน้อยจากความหน่วงของภาพ สามารถควบคุมระบบเสียง ภาพ ผ่านอุปกรณ์และการเข้าถึงแพลตฟอร์มไปยังอุปกรณ์อื่นได้ D2) การควบคุมการรับชมเคลื่อนตำแหน่งจากศูนย์การเรียนรู้แต่ละห้องสามารถสำรวจจุดเริ่มต้นจนสิ้นสุดด้วย VR Desktop การโหลดภาพ สภาพแวดล้อมใช้อุปกรณ์ควบคู่กับการมองเห็นมีอย่างความเสถียร D3) การสร้างกิจกรรมระหว่างการใช้ VR MetaQuest 2 ภาระกิจช่วยเหลือเต่ามะเฟืองติดอ่วนประมงสามารถดำเนินการได้สำหรับอาจต้องใช้เวลานานหากผู้ใช้ไม่มีประสบการณ์ในการใช้อุปกรณ์ MetaQuest 2

4.3 การประเมินความพึงพอใจในการใช้งานแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์

การศึกษาดำเนินการผ่านกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้งานแพลตฟอร์ม นักศึกษามหาวิทยาลัยลัยชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 จำนวน 60 คน กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้ทดสอบมีอายุระหว่าง 21-22 ปี การวัดการประเมินความพึงพอใจการใช้อุปกรณ์บนแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์ สำหรับการแปลความหมายของแบบสอบถามใช้ค่าเฉลี่ยประเมินการพึงพอใจ [17] การใช้งานแพลตฟอร์ม 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) Group A ระหว่าง VR Desktop [cross]VR MetaQuest2 360^0 2) Group B ระหว่าง VR Meta Quest 2 [cross] VR Meta Quest 2 360^0

ตารางที่ 7 แสดงการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์โดยกลุ่มผู้ทดลอง

Evaluation Items	Group A	Group B
User Interaction during Platform Use	4.63	4.70
Platform–User Interactivity	4.33	4.47
Interactive Multimedia Rendering Performance	4.47	4.60
Overall User Satisfaction	4.33	4.50
$\bar{x}$	4.44	4.57
S.D.	0.71	0.50

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์ในกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง (Group A และ Group B) ผลการวิเคราะห์พบว่า กลุ่มผู้ใช้งานทั้งสองกลุ่มมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยคะแนนเฉลี่ยภาพรวมของ Group A เท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับมาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71และ Group B เท่ากับ 4.57 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.50 เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า Group B ซึ่ง

เป็นการทดสอบด้วยอุปกรณ์ VR Meta Quest 2 ทั้งสองรูปแบบ มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า Group A โดยเฉพาะด้านการแสดงผลมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบ (Group A = 4.47; Group B = 4.60) และด้านความพึงพอใจภาพรวม (Group A = 4.33; Group B = 4.50) ซึ่งสะท้อนความคิดเห็นถึงความเสถียรและความลื่นไหลของระบบเมื่อใช้งานบนอุปกรณ์เดียวกันในระบบ Cross-device

ข้อจำกัดด้านการเข้าถึงของผู้ใช้ (Accessibility) การพัฒนาแพลตฟอร์มการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือน เนื่องจากผู้ใช้บางรายอาจมีภาวะข้อจำกัดทางร่างกาย ความล้าทางสายตา หรือมีความเสี่ยงต่ออาการไม่สบายจากการใช้งาน VR เช่น เวียนศีรษะและคลื่นไส้ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสบการณ์และประสิทธิภาพการเรียนรู้ งานวิจัยนี้จึงเลือกออกแบบให้ลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ใช้อินเทอร์เฟซที่อ่านง่าย และรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์ 2 รูปแบบ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานตามความเหมาะสมและข้อจำกัดของผู้ใช้ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาผู้ใช้ไม่พบภาวะะหยุดกลางคัน

5. บทสรุปและการอภิปราย

จากการศึกษาระบบนิเวศดิจิทัลสำหรับแพลตฟอร์มมัลติมีเดียเชิงโต้ตอบด้วยเทคโนโลยีความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์ พบว่าแพลตฟอร์มสามารถรองรับการนำเสนอภาพสามมิติ วิดีทัศน์ เสียง และการปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมเสมือนจริงได้อย่างสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO/IEC [22] โดยเป็นการบูรณาการองค์ประกอบด้านเทคโนโลยีดิจิทัล อุปกรณ์ เครือข่าย เนื้อหาดิจิทัล ระบบสื่อสาร การประเมินผล และการสนับสนุนผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิดระบบนิเวศการเรียนรู้เสมือนจริง 10 องค์ประกอบตามงานของ [9]ผลการทดสอบประสิทธิภาพสะท้อนมาตรฐาน QoE และสอดคล้องกับงานของ Ghabashneh et al. [16] ที่ชี้ให้เห็นความสำคัญของ Latency และ Bandwidth โดยพบว่าการแสดงผลสื่อ 360° อย่างต่อเนื่องต้องอาศัย Throughput ที่เสถียรและการจัดการ Buffer ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยนี้ที่พบว่า VR Desktop มี Throughput สูงกว่า Meta Quest 2 ถึง 5.4 เท่า ส่งผลให้การแสดงผลภาพและวิดีโอมีความต่อเนื่องมากกว่า

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญสอดคล้องกับงานของ [15] ที่ระบุว่าสื่อเสมือนจริงช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้พบความแตกต่างจากงานวิจัยทั่วไป โดยแพลตฟอร์ม Immersive VR (Meta Quest 2) แม้ให้ประสบการณ์การเรียนรู้ที่ดีกว่าในเชิงการดื่มด่ำ แต่มีข้อจำกัดด้านความเสถียรและประสิทธิภาพทางเทคนิคเมื่อเทียบกับ VR Desktop ทั้งนี้ VR แบบสวมศีรษะยังคงให้ระดับการปฏิสัมพันธ์ ความดื่มด่ำ และการรับรู้เชิงประสาทสัมผัสที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับหลักทฤษฎีด้าน Immersive Learning

ข้อค้นพบเชิงสังเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาแพลตฟอร์มความจริงเสมือนแบบข้ามอุปกรณ์มีศักยภาพในการสนับสนุนประสบการณ์การเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม โดยสอดคล้องกับแนวคิดของ Kanghae et al. และ Ghabashneh, Bothra, Govindan, Ortega และ Rao [15] ที่ระบุว่าการลดความหน่วงและการจัดการแบนด์วิดท์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของวิดีโอ 360° และส่งเสริมความสมจริงและการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ ทั้งยังสอดคล้องกับหลักการออกแบบ UX ด้าน VR เช่น การลด Cyber Sickness การออกแบบ UI ให้อ่านง่าย และการเสริมการมีส่วนร่วมผ่านเสียงและกิจกรรม ซึ่งมีผลต่อการจดจำและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน รวมถึงสอดคล้องกับงานของ อังคณา สุวรรณจตุพร และผกาพรรณ ลิมป์ไตรรัตน์ [14] ที่ยืนยันว่าการปรับความละเอียดของภาพช่วยลดอาการเวียนศีรษะจากการใช้งาน VR ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงออกแบบแพลตฟอร์มให้ลดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น ใช้อินเทอร์เฟซที่อ่านง่าย และรองรับการใช้งานบนอุปกรณ์สองรูปแบบ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังมีข้อจำกัดด้านการเข้าถึง (Accessibility) เนื่องจากผู้ใช้บางกลุ่มอาจมีข้อจำกัดทางร่างกาย ความล้าทางสายตา หรือความเสี่ยงต่ออาการไม่สบายจากการใช้งาน VR แม้ว่าการศึกษานี้จะไม่พบผู้ใช้ที่มีอาการหยุดการใช้งานกลางคั่นก็ตาม ดังนั้นควรมีการศึกษาต่อยอดเพื่อประเมินประเด็นด้าน Accessibility ในกลุ่มผู้ใช้ที่มีความหลากหลายมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาให้รองรับอุปกรณ์ XR ขั้นสูงในอนาคต เช่น Vive Focus Vision, Meta Quest 3/3S และ Varjo XR-4 [23] ตลอดจนการขยายผลแพลตฟอร์มที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปขยายผลเพื่อใช้ในพิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ศูนย์การเรียนรู้ธรรมชาติ หรือการบูรณาการกับหลักสูตรแกนกลางระดับประเทศ [24] เพื่อสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล และยกระดับมาตรฐานสื่อการเรียนการสอนของประเทศในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต ศูนย์ประสานงาน อพ.สธ. – มรภ.ภูเก็ตและ ศูนย์วิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามันตอนบนที่ให้การสนับสนุนและความอนุเคราะห์ร่วมมือทำให้วิจัยเสร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] N. Kumar, “Virtual Reality Statistics 2025: Users & Trends,” May 2025. [Online]. Available:

https://www.demandsage.com/virtual-reality-statistics. [Accessed: May 30, 2025].

[2] S. Mystakidis, "Metaverse," Encyclopedia, vol. 2, no. 1, pp. 486–497, 2022. https://doi.org/10.3390/encyclopedia 2010031

[3] S. Kaddoura and F. Al Husseiny, "The rising trend of Metaverse in education: Challenges, opportunities, and ethical considerations," *PeerJ Computer Science*, vol. 9, p. e1252, 2023. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1252

[4] M. M. Saifulizam, I. Ismail, W. M. A. F. Wan Hamzah, M. Mat Amin, and H. Kolivand, "A Systematic Literature Review: User Experience in Virtual Reality Prototyping," *Journal of Advanced Research Design*, vol. 123, no. 1, pp. 91–107, 2024. [Online]. Available: https://akademiabaru. com/submit/index.php/ard/article/view/5631/5345

[5] T. Alsop, "Number of AR and VR users in the United States from 2019 to 2023," *Statista*, Nov. 26, 2023. [Online]. Available:https://www.statista.com/statistics/1017008/ united-states-vr-ar-users/

[6] Department of Marine and Coastal Resources, "DMCR INFOGRAPHIC," Jun. 26, 2024. [Online]. Available: https://www.dmcr.go.th/detailAll/70273/nws/188

[7] H. Kanghae, K. Thongprajukaew, P. Suraswadi, A. Namwang, A. Reungkhajorn, G. Wongwilai, B. Intaring, and C. Chamnivikaipong, "First successful head‐start program of leatherback sea turtles (Dermochelys coriacea) in Thailand and proposed dietary strategy," *Zoo Biology*, vol. 43, no. 1, pp. 1–13, 2024. https://doi.org/10.1002/zoo. 21800

[8] W. Phromwong and P. Palapai, "Development of a Virtual Learning Ecosystem for Distance Education," *Electronic Journal of Innovative Distance Learning*, vol. 15, no. 1, pp. 27–40, 2025. [Online]. Available: https://so01.tci-thaijo .org/index.php/e-jodil/article/view/275481

[9] J. Jerald, *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015. doi: 10.1145/2792790

[10] M. Sadeghi, "Creating virtual reality environments at the edge of the metaverse," In Proc. HICSS of the 58th Hawaii International Conference on System Sciences '01, 2025, p. 7070-7079

[11] Plant Genetic Conservation Project under the Royal Initiative, Phuket Rajabhat University, "Goal 14: Life Below Water," Jan. 18, 2025. [Online]. Available: https://rspg.pkru.ac.th/sdgs/

[12] K. Kitrungpaisan, Virtual Reality Communication Technology and Digital Literacy of Thai People, Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD), 2023. [Online]. Available: https://digital.car .chula.ac.th/cgi/viewcontent.cgi?article=12215&context=c hulaetd

[13] F. Mérienne, "Virtual Reality: Principles and Applications," *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, Taylor and Francis, pp. 1–11, 2017. doi: 10.1081/E-ECST2-140000194

[14] A. Suwannachatuporn and P. Limptrairat, "Design Guidelines of Virtual Reality to Stimulate Physical Activity for Elderly," Journal of Information Science and Technology, vol. 13, no. 2, pp. 12–27, 2023. [Online]. Available: https://ph02 . tci-thaijo.org/index.php/JIST /article/view/256517

[15] P. Sirikongtham, P. Boonsiang, and A. Nimkumpai, "Integration of gamification in virtual reality media to enhance learning of the solar system," *Journal of Information Science and Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 71–77, 2025. [Online]. Available: https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/JIST/article/view/259512

[16] E. Ghabashneh, C. Bothra, R. Govindan, A. Ortega, and S. Rao, "Dragonfly: Higher perceptual quality for continuous 360° video playback," in Proc. *ACM SIGCOMM 2023 Conf.*, New York, NY, USA, vol. 116, no. 47, pp. 23499–23504, 2023. https://doi.org/10.1145/3603269.3604876

[17] R. Likert, "The Method of Constructing an Attitude Scale," *in Reading in Attitude Theory and Measurement*, M. Fishbein, Ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, pp. 90–95, 1967.

[18] B. Srisa-ard, *Introduction to Research*. (10th Ed.), Bangkok: Suweeriyasan, 2017.

[19] V. Kanlaya, *Statistical Analysis: Statistics for Decision Making*, 5th ed. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University, 2001.

[20] Unity Technologies, *Optimize your game with Unity Profile Analyzer*, 2023. [Online]. Available: https://unity .com/how-to/optimize-your-game-unity-profile-analyzer

[21] P. Kourtesis, A. Papadopoulou, and P. Roussos, "Cybersickness in virtual reality: The role of individual

differences, its effects on cognitive functions and motor skills, and intensity differences during and after immersion," *Virtual Worlds*, vol. 3, no. 1, pp. 62–93, 2024. doi: 10.3390/virtualworlds3010004

[22] ISO/IEC, ISO/IEC 23843:2023 — *Information technology — Guidelines for developing VR and AR-based education and training systems*, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2023.

[23] worldviz , "2025 WorldViz VR Budgeting Guidelines for Scientific VR Labs ." worldviz.com , February 25, 2025. [Online]. Available: https://www.worldviz.com/post/worldviz-vr-budgeting-guidelines-for-scientific-vr-labs. [Accessed: Feb 28, 2025].

[24] Office of the National Economic and Social Development Council (NESDC), "National Strategy 2020-2037 Level 2 Plans and Level 3 Plans.", nesdc.go.th, May 2024. [Online]. Available: https://www.nesdc.go.th/wordpress/wp-content/uploads/2025/11/PPT-PDPC-020567.pdf. [Accessed: May 30, 2025].