

การสนับสนุนการเรียนรู้ด้วย AR (Augmented Reality) ในการด้านศึกษา*

THE LEARNING SUPPORT OF AR (AUGMENTED REALITY) IN EDUCATION

วิชชุดา ช่วยพิชัย*

Witchuda Chuaipichai

มหาวิทยาลัยทักษิณ

Thaksin University, Thailand

*Corresponding author E-mail: chuaipichai@gmail.com

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนการสอนมากขึ้น สถาบันการศึกษาหลายแห่งเริ่มเล็งเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีนี้ เพื่อการยกระดับการเรียนการสอน เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในแง่มุมต่าง ๆ เช่น ส่งเสริมการเรียนรู้ เพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกล่าวถึง หลักการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสริม บทบาทของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับการศึกษา และแนวโน้มการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมไปใช้พัฒนาการศึกษา เมื่อมีการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาใช้ประกอบการเรียนการสอนอย่างเหมาะสม จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษา ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ กระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เกิดองค์ความรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ที่สำคัญคือสามารถสร้างความเป็นรูปธรรมให้กับเนื้อหาบางอย่างที่มีความซับซ้อนและไม่สามารถจับต้องได้ รวมถึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยสร้างความสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น และมีการโต้ตอบส่งผลให้มีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีแนวโน้มเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาใช้พัฒนาด้านการศึกษาการสอนในวิชาต่าง ๆ เช่น ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านวิทยาศาสตร์ ด้านสังคมศาสตร์ เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนเป็นการยกระดับการเรียนรู้ ซึ่งหมายความว่าเรากำลังเริ่มเห็นการใช้เทคโนโลยีนี้ สร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น สร้างความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อประกอบการสอนมากขึ้น ในอนาคตอาจจะได้เห็นการผสมผสานของเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) กับเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) นำมาใช้ในวงการด้านการศึกษาและวงการอื่น ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะด้านการแพทย์ ด้านวิศวกรรม หรือด้านสังคมศาสตร์มากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีที่จะพัฒนาต่อไป

คำสำคัญ: เทคโนโลยีความจริงเสมือน, การเรียนการสอน, การศึกษา

Abstract

The augmented reality technology (AR) has become part of teaching. Educational institutes are realizing the importance of this technology to enhance teaching and learning. It is useful equipment in various aspects, including learning support, to increase academic achievement. This

* Received March 20, 2023; Revised April 26, 2023; Accepted June 5, 2023

article has the purpose of saying something about the method of work in augmented reality technology (AR), the role of augmented reality technology in education, and the leading tendency in augmented reality technology (AR) to be used in educational development. The use of augmented reality technology in learning and teaching is appropriate. It will increase the potential for enhancing academic achievement. To encourage the learning skill, the systematic analytical thinking process. It can be about creating new knowledge. Especially, there can be concreteness in the content that is complex and intangible through technology, which helps create more interest in learning. To have the interaction be effective in deepening understanding. Nowadays, the leading trend in using augmented reality technology in education development for teaching in many subjects such as mathematics, sciences, and social sciences for teaching and learning improvement that enhances learning. We are starting to see the use of this technology to create more diverse learning environments. To increase more students' satisfaction with instructional media. In the future, it might be possible to see the combination of augmented reality technology with virtual reality (VR) being used in education and other fields. Especially using this technology in medical, engineering, and social sciences. However, it will depend on how technology develops. The augmented reality technology has become part of teaching. Educational institutes are realizing the importance of this technology to enhance teaching and learning. It is useful equipment in various aspects, including learning support, to increase academic achievement. This article has the purpose of saying something about the method of work in augmented reality technology (AR), the role of augmented reality technology in education, and the leading tendency in augmented reality technology (AR) to be used in educational development. The augmented reality technology (AR) in learning and teaching is appropriate. It will increase the potential for enhancing academic achievement. To encourage the learning skill, the systematic analytical thinking process. It can be about creating new knowledge. Especially, it can be concreteness in the content that is complex and intangible throughout technology, which helps create more interest in learning. To have the interaction be effective in deepening understanding. Nowadays, the leading trend in using technology for teaching in many subjects such as mathematics, sciences, and social sciences is that we are starting to see the use of this technology to create more diverse learning environments. In the future, it might be possible to see the combination of augmented reality technology (AR) with virtual reality (VR) being used in education and other fields. Especially using this technology in medical, engineering, and social sciences. However, it will depend on how technology develops.

Keywords: Augmented reality technology, Teaching and learning, Education

บทนำ

ในช่วงวิกฤตการแพร่ระบาดของไวรัสโควิด 19 เป็นปัจจัยผลักดันให้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของผู้คนมากขึ้น ส่งผลทำให้ภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ปรับกลยุทธ์เชิงรุกในรูปแบบออนไลน์ ไม่ว่าจะเป็นด้านการแพทย์และด้านสุขภาพ ด้านเชิงพาณิชย์ (Commercial) แม้กระทั่งด้านการศึกษา (Education) ต่างใช้



เทคโนโลยีในการขับเคลื่อน และอาศัยการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียดึงดูดความน่าสนใจ บริษัทชั้นนำยักษ์ใหญ่ไม่ว่าจะเป็น Facebook, Microsoft, Google, Apple และ Snap หันมาพัฒนาเทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality หรือ AR), ความจริงเสมือน (Virtual Reality หรือ VR) ความจริงผสม (Mix Reality หรือ MR) และ โลกเสมือน (Metaverse) ทำให้เกิดการมีปฏิสัมพันธ์และสามารถทำกิจกรรมร่วมกันได้ โดยเชื่อมโยงข้อมูลผ่านเว็บไซต์ หรือระบบออนไลน์ (McGarrigle C., Margolis T., 2018) เทคโนโลยีดิจิทัลจะส่งผลให้คนในสังคมต้องปรับตัวเข้าสู่สิ่งแวดล้อมดิจิทัล เทคโนโลยีกลายเป็นสื่อหรือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนที่สร้างรอยเชื่อมต่อกับห้องเรียนสู่การเรียนรู้จริง ผ่านการสื่อสารบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งตัวผลักดันและสร้างแรงจูงใจที่สำคัญในการเรียนรู้ (ธานินทร์ อินทรวิเศษ และคณะ, 2562)

นับวันเทคโนโลยี AR หรือความจริงเสริมมีความก้าวหน้าและมีบทบาทเข้าใกล้ผู้คนมากขึ้น โดยเฉพาะในด้านการศึกษา เทคโนโลยีความจริงเสริมส่งผลต่อการเรียนรู้ ช่วยให้เกิดการโต้ตอบและทำงานร่วมกันมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับเนื้อหาที่เรียนรู้ สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น และส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต นอกจากนี้เทคโนโลยีความจริงเสริมยังช่วยให้ผู้คนมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันได้ทั่วโลก (สุภิญญา กลางณรงค์ และณภัทร เรืองนภากุล, 2564) สถาบันการศึกษาหลายแห่งเริ่มเล็งเห็นความสำคัญเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านการศึกษา เพื่อการยกระดับการเรียนการสอน โดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยทำให้การเรียนการสอนเกิดความเสถียรและใช้งานได้อย่างราบรื่น อีกทั้งการใช้สื่อเทคโนโลยีความจริงเสริมช่วยให้ผู้เรียนสามารถตอบโต้ หรือเรียนรู้ผ่านกลุ่มในระบบออนไลน์ สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกิดปฏิสัมพันธ์ในการเรียนรู้ผ่านรูปแบบต่าง ๆ สำหรับผู้สอนสามารถระบุเนื้อหาให้เหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน โดยเนื้อหาสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม (Gudoniene & Rutkauskienė, 2019) สำหรับการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาใช้พัฒนาการเรียนการสอนในประเทศไทยพบว่า มีศักยภาพสูงมาก สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการสังเกตและทักษะการจำแนกประเภท สร้างความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสื่อประกอบการสอนที่ใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ในหลายเนื้อหาวิชา อีกทั้งยังช่วยเสริมความสนใจและดึงดูดใจผู้เรียน และสามารถอธิบายสิ่งที่เข้าใจยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมได้ (รุ่งศักดิ์ เยื่อโย, 2562) ชี้ให้เห็นว่า เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ก่อให้เกิดบริบทการเรียนรู้ตามความต้องการได้อย่างมีคุณภาพ ดังนั้น การต่อยอดทางเทคโนโลยีถือเป็นช่องทางที่สร้างโอกาสสำหรับวงการการศึกษา แม้ว่าประเทศไทยอาจยังไม่ได้ให้ความสำคัญกับการใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มากนัก หากหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ปรับตัวเข้าสู่เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) จะเป็นการเปิดประตูด่านแรกในการสร้างการรับรู้แก่ผู้เรียนในวงกว้าง กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนอย่างก้าวกระโดด

ความหมายของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality หรือ AR) คือ เทคโนโลยีที่ผสานโลกแห่งความเป็นจริงเข้ากับโลกเป็นการเพิ่มข้อมูลให้กับสิ่งของหรือสถานที่จริง โดยใช้องค์ประกอบภาพดิจิทัล เสียง หรือสิ่งเร้าทางประสาทสัมผัสอื่น ๆ โดยใช้วิธีซ้อนภาพสองมิติ หรือภาพสามมิติอยู่ในโลกเสมือนไปอยู่บนภาพที่เห็นจริง ๆ ผ่านทางอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือเทคโนโลยีที่นำเอาภาพเสมือนจำลองเข้าสู่โลกจริงผ่านกล้อง ในรูปแบบเฟรมต่อเฟรมด้วยเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ประมวลผลโดยการทำให้ภาพกราฟิกทับซ้อนเข้ากับภาพจริงเป็นภาพ ๆ เดียว คล้ายกับการสร้างข้อมูลขึ้นมา เพื่อให้เป็นส่วนประกอบอยู่บนโลกเสมือนจริง ทั้งในลักษณะที่เป็นภาพนิ่ง (2D) สามมิติ (3D) หรือ ภาพเคลื่อนไหว หรืออาจจะเป็นสื่อที่มีเสียงประกอบ ขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อแต่ละรูปแบบ โดยเราสามารถมองผ่านกล้องได้โดยตรง เช่น กล้องถ่ายภาพและแอปพลิเคชันที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) พบบนโทรศัพท์มือถือมากกว่าคอมพิวเตอร์ อีกทั้งสมาร์ตโฟนจะต้องมีกล้องติดมาด้วยเสมอ ซึ่ง



กล้องนี้เปรียบเสมือนดวงตาที่ใช้เพื่อให้องค์กรเห็นภาพเสมือนแทนดวงตาของเรา ทั้งนี้เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) แสดงผลโดยคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน อาทิ ผู้ใช้ความจริงเสริม อาจจะอยู่ในฉากภาพเคลื่อนไหวหรือสภาพแวดล้อมดิจิทัล นอกจากนี้ยังสามารถใช้ความจริงเสริม (AR) เพื่อถ่ายภาพสถานที่จริงในพื้นที่และบันทึกไว้ในแอปพลิเคชัน เช่นเดียวกับการเข้าไปอยู่ในสถานที่นั้นจริง (Adam Hates, 2023)

เป้าหมายหลักของเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) คือ การเน้นคุณลักษณะเฉพาะของโลกทางกายภาพ เพิ่มความเข้าใจในคุณลักษณะ และรับข้อมูลเชิงลึกสามารถเข้าถึง ผ่านแอปพลิเคชันในโลกแห่งความเป็นจริง ได้ จากนั้นระบบจะทำการสร้างข้อมูลเสริมให้วัตถุจริงที่มีอยู่เดิม ทั้งในรูปแบบสามมิติและข้อมูลอื่น ๆ ที่ทำให้ผู้ใช้ได้รับข้อมูลเชิงลึกเพิ่มขึ้นหรือมีการตอบโต้ได้ ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้ผู้ใช้ได้ประสบการณ์และมีการรับรู้เพิ่มเติมจากการนำเสนอแบบเดิมหรือสภาพแวดล้อมจริงที่อยู่ตรงหน้าให้มีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมา (รุ่งศักดิ์ เยื่อใย, 2562) ซึ่งสามารถนำเสนอสภาพแวดล้อมจำลองได้ทันที ภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที

หลักการทำงานของเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR)

เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) จะต้องมีการประมวลผลภาพภาพนิ่ง (2D) สามมิติ (3D) ขึ้นมาให้เข้ากับลักษณะของสภาพพื้นที่จริง เป็นการผสมผสานระหว่างโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริงเข้าด้วยกัน โดยการใช้ระบบซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ อาศัยองค์ประกอบการทำงาน 4 ขั้นตอนดังนี้

1. AR Code หรือตัว Marker หรือ Sensor ซึ่งเป็นเครื่องหมายหรือรูปภาพ หรือสัญลักษณ์ เป็นการกำหนดมุมมองและกำหนดตำแหน่งของวัตถุเสมือนเป็นตัวเปรียบเทียบกับสิ่งที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล (Marker Database) ของภาพพื้นที่จริง
2. Eye หรือกล้องวิดีโอ กล้องเว็บแคม กล้องโทรศัพท์มือถือหรือตัวจับ Sensor อื่น ๆ ทำการวิเคราะห์ภาพตำแหน่งของ AR Code เพื่อข้อมูลในการประมวลผล หรือเข้า AR Engine
3. ระบบประมวลผล AR Engine เป็นตัวส่งข้อมูลที่อ่านได้ผ่านเข้าซอฟต์แวร์ หรือแอปพลิเคชันหรือส่วนประมวลผลเพื่อแสดงเป็นภาพ ปัจจุบันมีทั้งระบบ IOS และ Android ในการแสดงผลภาพ
4. Display หรือ จอแสดงผล, จอมือถือ หรือ จอภาพต่าง ๆ ในการแสดงผลภาพ เพื่อให้เห็นผลข้อมูลที่ AR Engine ส่งมาให้ในรูปแบบของภาพหรือ วิดีโอ

บทบาทของเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) กับการศึกษา

เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในหลากหลายวงการ ไม่ว่าจะเป็นด้านการแพทย์ ด้านการตลาด ด้านบันเทิง ด้านการท่องเที่ยว หรือแม้กระทั่งด้านการศึกษา โดยใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมผนวกเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ และแสดงผลผ่านหน้าจอโทรศัพท์มือถือ หรือหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถตอบโต้ได้ทันที เทคโนโลยีการสื่อสารเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้หลายมหาวิทยาลัยต้องปรับตัว กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีสะท้อนให้เห็นบทบาทสำคัญของรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมตามบริบทของผู้เรียน และยุคสมัย ปรากฏให้เห็นถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยมากมาย ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันและมีความจำเป็นที่ต้องปรับเปลี่ยนหรือพัฒนา 2 ด้านคือ ด้านการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนการสอน ด้วยการประยุกต์นำเทคโนโลยีเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในรูปแบบกิจกรรม เน้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้ กระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เกิดองค์ความรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ ได้ด้วยตนเอง และด้านบทบาทของตัวผู้สอน จากเดิมเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ต้องเปลี่ยนเป็นผู้ให้คำแนะนำบทเรียนต่าง ๆ ในการเรียนการ

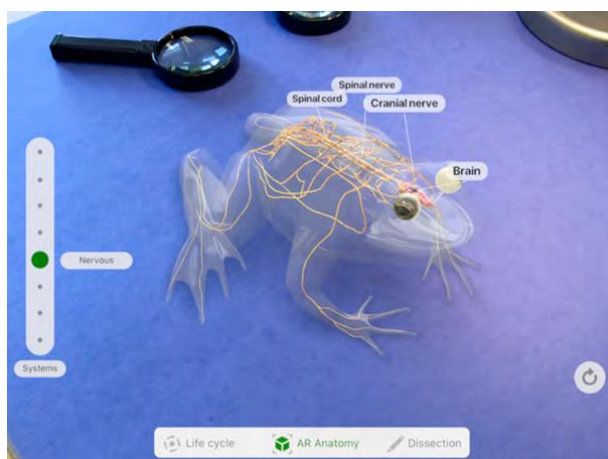


สอนแทน ทั้งนี้ผู้สอนยังจำเป็นต้องมีทักษะในการส่งเสริมให้ผู้เรียนรักในการเรียนรู้ สนุกกับการเรียน และกระตุ้นอยากให้ผู้เรียนรู้ต่อไปตลอดชีวิต (ธานินทร์ อินทวิเศษ และคณะ, 2562)

สำหรับเทคโนโลยีความจริงเสริมนั้น มีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการเรียนการสอน สามารถสร้างความ เป็นรูปธรรมให้กับเนื้อหาบางอย่างที่มีความซับซ้อนและจับต้องได้รวมถึงเป็นเทคโนโลยีที่ช่วยสร้างสรรค์ ความ สนใจในการเรียนรู้ได้อย่างมาก ผลกระทบของเทคโนโลยีความจริงเสมือนที่มีผลต่อการจัดการศึกษาไทย (Plook Teacher, 2564) ดังนี้

1. เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ทำให้การเรียนรู้กลายเป็นสิ่งที่น่าสนใจมากขึ้นสำหรับผู้เรียน โดยที่ผ่าน การทดลองในรายวิชาดาราศาสตร์ ซึ่งมีการให้ผู้เรียนได้เข้าถึงเทคโนโลยีความจริงเสริมในห้องเรียนลักษณะที่ คุณครูสอนเกี่ยวกับเรื่องของระบบสุริยะจักรวาลและรายละเอียดข้อมูลของดวงดาวต่าง ๆ ซึ่ง พบว่าเด็ก ๆ ให้ความ สนใจอย่างมาก

2. เนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากกว่าที่จะถ่ายทอดหรือนำเสนอออกมาในแบบหนังสือ ซึ่งเทคโนโลยีความ จริงเสริม (AR) จะเข้ามาช่วยในการทำให้เนื้อหาที่มีความซับซ้อนมากๆ เกิดมาเป็นภาพที่เข้าใจได้ง่ายมากขึ้น เช่น แอปพลิเคชัน Froggipedia เป็นการศึกษาการสำรวจอวัยวะ ระบบในบริบทของกบที่เหมือนจริง สร้างการมีส่วน ร่วมกับการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ในหลายระดับชั้น (Apple, 2561)



ภาพที่ 1 การสำรวจระบบทางชีวภาพของกบใน Application Froggipedia

3. การจัดการศึกษาในเชิงปฏิบัติการ ต้องการสภาพจริงสภาพทางกายภาพและอุปกรณ์ทางการเรียนรู้ที่ ครอบคลุมและอาจจะมีเฉพาะเจาะจง บางครั้งอาจจะมีราคาที่สูงและนำไปใช้ได้ยาก เช่น การจัดการศึกษา ในเชิงวิชาชีพแพทย์ หรือการทหาร การฝึกออกรบที่อาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือราคาสูงมากช่วยใน การเรียนรู้ แต่หากมีแอปพลิเคชันสำหรับเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) หรือ เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) จะ สามารถจำลองสถานการณ์การผ่าตัด การออกรบ การต่อสู้ การขับเครื่องบิน หรือแม้กระทั่งการตัดสินใจใน สถานการณ์นั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างโครงสร้างลูกตาและเส้นประสาทตาในรูปแบบสามมิติ

รศ.พญ.สุภรัตน์ จริยโกศล ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และทีมงาน ได้จัดทำสื่อการเรียนรู้ในเทคโนโลยีความเสมือนเป็นสื่อการสอนที่นำภาพวัตถุในจินตนาการมานำเสนอออกมาเป็น ภาพวัตถุ 3 มิติ (Mixed Reality) จำนวน 4 เรื่อง คือ

1. เรื่องโครงสร้างลูกตาและเส้นประสาทตา ระบบการมองเห็นเริ่มจากการรับแสงโดยโครงสร้างในลูกตา โครงสร้างภายในลูกตามีขนาดเล็กและมีความซับซ้อนยากในการทำความเข้าใจด้วยการดูเพียงภาพถ่ายกายวิภาคในรูปแบบ 2 มิติ

2. เรื่องวิถีประสาทของระบบการมองเห็น ระบบการมองเห็นเริ่มจากการรับแสงโดยโครงสร้างในลูกตา เซลล์ที่จอตาจะส่งกระแสประสาทผ่านเส้นประสาทตาต่อไป ยังวิถีประสาทของระบบการมองเห็น ผ่านโครงสร้างที่ซับซ้อนในสมองหลายส่วน เพื่อรับผิดชอบต่อการมองเห็นภาพในตำแหน่งต่างกัน การแสดงผลในรูปแบบสามมิติจะทำให้เข้าใจกายวิภาคของระบบการมองเห็นได้ง่ายและลึกซึ้งมากขึ้น

3. เรื่องสมองส่วน Occipital lobe โครงสร้างของลูกตา วิถีประสาทและหน้าที่การแปรผลการมองเห็น ลานสายตาในคนปกติระบบการมองเห็นเริ่มจากการรับแสงโดยเซลล์ที่จอตา ส่งกระแสประสาทผ่านเส้นประสาทตาต่อไปยังวิถีประสาทของระบบการมองเห็นเพื่อไปแปลผลยังสมองส่วน Occipital lobe โครงสร้างในวิถีประสาทของระบบการมองเห็นในแต่ละส่วน มีหน้าที่ในการรับผิดชอบการมองเห็นลานสายตาในลักษณะที่จำเพาะการ แสดงเส้นใยประสาทที่ส่งจากจอตาในตำแหน่งที่จำเพาะด้วยสีต่าง ๆ ในรูปแบบสามมิติจะช่วยให้สามารถทำความเข้าใจได้ถูกต้องและง่ายขึ้น

4. เรื่องวิถีประสาทของระบบการมองเห็นและความผิดปกติของลานสายตา การแสดงภาพลานสายตา ผิดปกติในแบบต่าง ๆ จะช่วยให้สามารถทำความเข้าใจความผิดปกติของการมองเห็นของผู้ป่วยได้ง่ายและลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น ผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ เช่น เว็บแคม คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้อง โดยภาพเสมือนจริงจะแสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์บนเครื่อง Visualizer หรือบนอุปกรณ์แสดงผลอื่น ๆ ซึ่งภาพเสมือนจริงที่ปรากฏขึ้นจะมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ได้ทันที ปัจจุบันมีสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบสามมิติในคณะทันตแพทยศาสตร์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์ เป็นต้น (ศูนย์นวัตกรรมการเรียนรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2564)

อีกทั้งคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ร่วมกับ บริษัท ทรู ดิจิทัล กรุ๊ป สร้างนวัตกรรมสร้างภาพจำลองฝึกการกู้ชีพพื้นฐาน Augmented Reality Hololens for CPR ในการจำลองฝึกการกู้ชีพพื้นฐาน ฝึกให้มีความรู้ทักษะในการช่วยชีวิตพื้นฐานอย่างมีประสิทธิภาพ ประโยชน์จากเทคโนโลยีความจริงเสริม จำลองภาพบนโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งจะส่งผลดีต่อการตัดสินใจช่วยเหลือและเพิ่มอัตราการรอดชีวิตได้ในอนาคต จะช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้สึกร่วมเสมือนอยู่ในเหตุการณ์จริง ช่วยให้การฝึกปฏิบัติมีความสมจริงมากขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนมีความสนใจ รวมถึงมีความมั่นใจมากขึ้น ผู้พัฒนาระบบ พบว่า ได้ผลดีเป็นที่น่าพอใจไม่ด้อยกว่าการฝึกแบบดั้งเดิม (Thai PBS,



2566) ในการศึกษากำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นช่วยให้นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ด้วยการนำองค์ความรู้ทางการแพทย์ผนวกเข้ากับเทคโนโลยีเสริมภาพจำลองบนโลกแห่งความเป็นจริงเพื่อใช้ในการเรียนการสอนทางการแพทย์



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างการฝึกการกู้ชีพพื้นฐาน Augmented Reality Hololens for CPR

เห็นได้ว่าการจัดการศึกษาสามารถใช้เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) เข้ามาช่วยในการจัดการศึกษามากขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เกิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์เสมือนจริงได้มากขึ้น กระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมมุ่งมั่นและให้ประโยชน์แก่ผู้เรียนที่มองเห็นได้มากขึ้น สามารถสร้างความสนใจและมีส่วนร่วมในการเรียนมากขึ้น ด้วยเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมและโต้ตอบซึ่งได้รับประโยชน์เป็นอย่างมาก แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีทำให้ 87% ของนักเรียนมีแนวโน้มที่นักเรียนจะเข้าชั้นเรียนมากขึ้น จากผลสำรวจในสหรัฐอเมริกา (Adriana Blum, 2018) อาทิ การจัดการเรียนการสอนด้วยสื่อแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ในรูปแบบเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง 2 มิติ โดยใช้กิจกรรมการสอนแบบ KWL ในรายวิชาวิชาการงานอาชีพ และเทคโนโลยี มีประสิทธิภาพ ผลการทดสอบสรุปคะแนนคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน มีค่าเท่ากับ 12.81 และมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.27 คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ (สสวท, 2563) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยทักษะการอ่านเพื่อวัดความเข้าใจของนักเรียนไทย เมื่อใช้เทคโนโลยีความจริงเสมือนในรูปแบบ 2 มิติในการอ่าน พบว่า มีคะแนนสูงกว่าการอ่านแบบปกติ (Nasongkhla, J., & Sujiva, S. , 2023) โดยมีข้อจำกัดของผู้เรียน ผลการวิจัย พบว่า การใช้เทคโนโลยีความจริงเสริมมีผลลัพธ์เชิงบวก เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์เกี่ยวกับการเรียนรู้หลายด้านในแง่มุมต่าง ๆ เช่น การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ แรงจูงใจ เป็นต้น (da Silva et al., 2019)

เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) จะสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ต่างจากรูปแบบเดิมอย่างเห็นได้ชัดสามารถขยายขอบเขตการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนมุ่งมั่นการทำความเข้าใจกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ประสบการณ์ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพิจารณาจากความต้องการและศักยภาพของนักเรียน สิ่งเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญเพื่อนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาประยุกต์ใช้สำหรับการเรียนการสอน

แนวโน้มห้องเรียนเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

การศึกษากำลังอยู่ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ และเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) และเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) เป็นสองเทคโนโลยีหลักที่ขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษาอย่างเห็นได้ชัด สร้างความดึงดูดของนักเรียนด้วยเทคนิคที่น่าสนใจ นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าช่วยเพิ่มการรักษาการเรียนรู้ เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเรียนรู้ เพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ ลดการท่องจำ นักเรียนเห็นภาพและเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้นและยังคงเติบโตมากขึ้นในทุกช่วงวัยการศึกษา ตั้งแต่ระดับชั้นอนุบาลจนถึงระดับ



มหาวิทยาลัย โดยตามรายงานของ Market Research Future (MRFR) เผยว่า เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) หรือ เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ในด้านการศึกษา มีการคาดการณ์การเติบโตต่อปีตั้งแต่ปี 2022 – 2027 อยู่ที่ 18.2% ซึ่งคาดว่าในอนาคตเทคโนโลยี AR/VR จะเข้ามาครองพื้นที่ EdTech เพื่อเสริมการเรียนรู้ในวงกว้างมากขึ้นอย่างแน่นอน (TechTalk Thai, 2566)

การเรียนรู้ในรูปแบบเดิมอาจจะไม่ตอบโจทย์วิถีชีวิตและบริบทในปัจจุบัน การนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) เข้ามาใช้เพื่อลดกระบวนการต่าง ๆ เชื่อมต่อผู้เรียนได้ในทุก ๆ ที่ เป็นการขยายการเรียนรู้ด้วยวิธีใหม่ ๆ สถาบันการศึกษาหลายแห่งเล็งเห็นความสำคัญและนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ประยุกต์ใช้ข้อมูลสำหรับการเรียนการสอนในเวลาและสถานที่ที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อประสิทธิภาพ พัฒนาทักษะความสามารถของนักเรียนได้ต่อไป ในขณะที่เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ใช้เพียงอุปกรณ์บนแอปพลิเคชันเพื่อรับข้อมูลจากวัตถุสัญลักษณ์ (Marker board) ทำให้สามารถพัฒนาปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมได้ง่ายกว่า และประหยัดต้นทุนในการพัฒนาระบบมากกว่าเทคโนโลยีเสมือน (VR) ทั้งนี้เทคโนโลยี VR และ AR มีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกัน ด้วยเทคโนโลยี Metaverse ที่พัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการผสมผสานของเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) และเทคโนโลยีเสมือน (VR) เรียกว่า Mixed Reality (MR) หรือ ความเป็นจริงผสม ซึ่งเป็นหนึ่งในการลงทุนค่อนข้างสูง การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงผสม (MR) เข้ามาใช้ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมในงาน สามารถตอบโต้และผู้ใช้งานจะรู้สึกเสมือนกันปฏิบัติจริงเป็นการมีส่วนร่วมในบทเรียนในเชิงประสบการณ์กับการเรียนรู้

ในปี ค.ศ. 2020 Microsoft ได้ผลิตแว่น HoloLens 2 MR หรือ แว่นอัจฉริยะเพื่อให้ผู้ใช้ได้อุปกรณ์ได้ง่าย และมีความสมจริงมากยิ่งขึ้น โดยสามารถปรับแต่งการประมวลผลเส้นทางการแบบโฮโลกราฟิกได้ในตัวเอง (Microsoft, 2021) ทั้งนี้ได้มีการนำแว่น HoloLens 2 MR ใช้สำหรับงานวิจัย อาทิ การใช้แว่น HoloLens 2 MR ในบทเรียน พบว่า นักเรียนมีส่วนร่วมและสามารถจดจำบทเรียนเพิ่มขึ้น 35% และผลการสอบดีขึ้น 22% (ELISABETH BALISTRERI, 2023) การใช้เทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองมากขึ้น และเป็นการเรียนรู้เฉพาะบุคคล ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้น สามารถจดจำการเรียนรู้ได้มากขึ้น ชี้ให้เห็นว่า เทคโนโลยีความจริงผสมส่งเสริมความรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการพัฒนาความคิดและจินตนาการ อีกทั้งแว่น HoloLens 2 MR ถูกออกแบบมาให้ผู้ใช้งานได้อย่างอิสระโดยไม่ต้องถือหรือใช้อุปกรณ์ช่วยใด ๆ ที่มีอยู่ แม้ว่าแว่น HoloLens 2 MR จะถูกผลิตและใช้งานประมาณ 3 ปีมาแล้วนั้น นับว่ายังเป็นอุปกรณ์เทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ดีที่สุดในปัจจุบัน ทั้งนี้ปัจจุบันบริษัทต่าง ๆ ยังคงมีการคิดค้นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่นำมาใช้กับเทคโนโลยีจริงผสม เช่น Apple กำลังจะเปิดตัวนวัตกรรมที่ผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีความจริงเสริมและความจริงผสม อย่างแว่นตา Apple MR ที่เรียกว่า Apple Reality Pro หรือ Apple Reality One อุปกรณ์ชิ้นนี้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของศีรษะและมือในขณะที่วาดภาพหรือกำลังออกแบบชิ้นงานต่าง ๆ และคาดว่าแว่นตา Apple MR จะเปิดตัวในช่วงเดือนมิถุนายน ปีพ.ศ. 2566 นี้ ราคาประมาณ 103,000 บาท หรือ 3,000 เหรียญสหรัฐ (MelonnPang, 2566) และยังคงต้องรอเก็บข้อมูลผลการวิจัยในการใช้งานต่อไปในอนาคต เป็นนวัตกรรมที่น่าสนใจสำหรับการศึกษา อีกนวัตกรรมหนึ่งที่ยังคงอยู่ในขั้นทดลอง (Prototype) คือ ถุงมือ Haptic VR Gloves Prototype หรือถุงมืออัจฉริยะ ซึ่งเป็นนวัตกรรมจากบริษัท Meta ร่วมกับ Microfluidics ในการคิดค้นพัฒนาระบบที่มีปฏิกิริยาตอบสนองการสัมผัสวัตถุเสมือนจริง สะท้อนกลับความรู้สึกมายังมือของผู้สวมใส่ โดยให้คอมพิวเตอร์เรียนรู้การสร้างความรู้สึกที่ซับซ้อนและแตกต่างกัน เช่น แรงกด พื้นผิวสัมผัส แรงสั่นสะเทือน ทั้งนี้ยังอยู่ในช่วงการค้นคว้าวิจัยประดิษฐ์ถุงมือที่นุ่ม และมีน้ำหนักเบา (Springnews, 2564)

ตามแนวโน้มและการพัฒนาเทคโนโลยีในปัจจุบัน เทคโนโลยี AR VR และ MR ยังคงมีบทบาทสำคัญในด้านการศึกษาต่อไป การนำเทคโนโลยีดังกล่าวอาจเกิดขึ้นในการสอนและการเรียนรู้ในอนาคต คาดว่าการนำเทคโนโลยีที่มีศักยภาพที่จะเป็นปฏิวัติวิธีการเรียนรู้ ด้วยการสร้างการมีส่วนร่วมและยกระดับประสบการณ์การ



เรียนรู้ เพิ่มการพัฒนาทักษะให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในขณะที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีแนวโน้มว่าในอนาคตจะเห็นพัฒนาความเป็นจริงผสมแพร่หลายมากขึ้นทั้งในสภาพแวดล้อมทางการศึกษาและวิชาชีพ (ELISABETH BALISTRERI, 2023)

สรุป

คงปฏิเสธไม่ได้ว่าเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) สามารถผนวกโลกแห่งความเป็นจริงและโลกดิจิทัลเข้าด้วยกันสร้างความดึงดูด น่าสนใจและเปิดมุมมองเพิ่มเติมประสบการณ์การเรียนรู้ เป็นหนึ่งในเทรนด์ของเทคโนโลยีที่จะเปลี่ยนรูปแบบธุรกิจหรืออุตสาหกรรมแห่งอนาคต “เทคโนโลยีความจริงเสริม, เทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) และ เทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ถือเป็นเทรนด์ ที่เป็นแนวโน้มในด้านการศึกษา” เป็นรูปแบบใหม่ๆ ที่มีศักยภาพสูงที่จะนำมาใช้งานด้านการศึกษา สถาบันการศึกษาต้องให้ความสนใจเนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ต้องพึ่งพาแอปพลิเคชันเพื่อใช้สื่อสารภาพและข้อมูล รวมถึงกำลังของหน่วยประมวลผลที่ในปัจจุบันมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ดังนั้นแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาจะก้าวไปสู่การพัฒนาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ด้วยการเกิดขึ้นของเทคโนโลยี AR VR และ MR ในด้านการศึกษา นักเรียนจะได้รับประโยชน์ จากประสบการณ์การเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติจริง กระตุ้นการมองเห็น และมีการโต้ตอบส่งผลให้มีความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น แนวโน้มการนำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) มาใช้ในการสอนในวิชาต่าง ๆ เช่น ด้านวิชาคณิตศาสตร์ อาจจะใช้เทคโนโลยี AR เข้ามาเสริมการเรียนในการวัดความยาว หรือพื้นที่ของวัตถุเพื่อประเมินขนาดของพื้นที่ของวัตถุมากขึ้น ด้านวิทยาศาสตร์หรือสังคมศาสตร์ นำเทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ในการเจริญเติบโตของพืชที่สูญพันธุ์ หรือการศึกษาการใช้ภาษาของชนกลุ่มชาติพันธุ์ นำใช้เพื่อเพิ่มประสบการณ์การเล่าเรื่องแบบโต้ตอบได้ (Interactive) สำหรับการศึกษาด้วยการใช้เทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ในอนาคต อาจจะใช้แว่นตาอัจฉริยะ เข้ามาประกอบการเรียนการสอน ตัวอย่าง : การเรียนในวิชาชีววิทยาเกี่ยวกับระบบโครงสร้างกระดูกของร่างกายมนุษย์ นักเรียนสวมแว่นตาอัจฉริยะที่แสดงภาพจำลอง 3 มิติเสมือนจริงของโครงกระดูกมนุษย์ การทำงานของเทคโนโลยีความจริงผสม (MR) จะติดตามการเคลื่อนไหวของนักเรียน นักเรียนสามารถเดินไปรอบ ๆ โครงกระดูกเสมือนจริง สืบจากมุมต่าง ๆ มองเห็นชิ้นส่วนของกระดูกแต่ละชิ้นอย่างใกล้ชิดด้วยการขยาย (Zoom) แม้กระทั่งสามารถใช้ตัวควบคุมวัตถุในการเลือกชิ้นส่วนของกระดูกจำลองได้ นอกจากนี้เทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ยังสามารถจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น กระดูกหักหรือข้อต่อของกระดูกเคลื่อนที่ ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตผลกระทบและผลลัพธ์ที่จะเกิดต่อร่างกายได้ เป็นการช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดที่ซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และยังคงคาดว่าจะได้เห็นการนำเทคโนโลยีความจริงผสม (MR) ในการศึกษาทางการแพทย์ขั้นสูง เช่น การนำถุงมือ Haptic VR Gloves ผู้เรียนสามารถสัมผัสรับรู้ถึงความรู้สึกได้ในลักษณะของน้ำหนัก รูปทรง หรือขนาดของวัตถุขึ้นนั้นได้จริง เป็นการสร้างความรู้สึกจริงให้กับผู้ใช้งาน สิ่งสำคัญแม้ว่าสิ่งเหล่านี้จะเป็นแอปพลิเคชันที่เป็นไปได้ในการศึกษา การนำไปใช้จริงและความพร้อมใช้งานของเทคโนโลยีดังกล่าวอาจแตกต่างกันไปตามความก้าวหน้าในอนาคต เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) ในด้านการการศึกษาของประเทศไทยยังคงเคลื่อนไหวค่อนข้างช้าเมื่อเปรียบเทียบกับภาคส่วนอื่น ๆ หรือการศึกษาของต่างประเทศ แม้ว่าบางมหาวิทยาลัยจะใช้เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่ เช่น เทคโนโลยีความจริงเสริม (AR) หรือเทคโนโลยีความจริงเสมือน (VR) ประกอบการเรียนการสอน แต่สถาบันส่วนใหญ่อยู่ในขั้นเริ่มต้น และยังคงอาศัยความร่วมมือของภาคเอกชน ด้วยปัจจัยหลาย ๆ อย่าง เช่น ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการผลิตคัดค้านนวัตกรรม ประกอบกับอุปสรรคนำเข้ามีต้นทุนค่อนข้างสูง ผู้เรียนบางคนอาจไม่มีประสบการณ์เกี่ยวกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ อาจไม่สามารถมีส่วนร่วมและได้รับประโยชน์อย่างเต็มที่ อีกทั้งผู้สอนส่วนใหญ่ต้องการการฝึกอบรมและการสนับสนุนเพิ่มเติมจากภาครัฐบาลเพื่อใช้เทคโนโลยีในการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ในอนาคตการศึกษาของ

ประเทศไทยอาจจะได้เห็นการใช้ AR VR MR ในรูปแบบการเรียนการสอนเพิ่มมากขึ้น โดยอาศัยการสนับสนุนจากภาครัฐและ การส่งเสริมจากภาคเอกชน

เอกสารอ้างอิง

- ธานินทร์ อินทวิเศษ และคณะ. (2562). เทคโนโลยีและนวัตกรรมกับการจัดการเรียนการสอนในยุคดิจิทัล. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปกร, 12(6), 478-494.
- รุ่งศักดิ์ เยื่อใย. (2562). เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม : ความท้าทายต่อการพัฒนาการเรียนการสอนของประเทศ ไทยในศตวรรษที่ 21. สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย, 25(2), 127-140.
- ศูนย์นวัตกรรมการเรียนรู้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2564). Augmented Reality : AR. Retrieved มีนาคม 24 , 2566, from https://lic.chula.ac.th/?page_id=81
- สสวท. (2563). ทำไมต้องใช้ AR กับการศึกษา. เรียกใช้เมื่อ 20 เมษายน 2566 จาก <https://www.myrecall.app/ทำไมต้องใช้-arกับการศึกษา/>
- สุภิญญา กลางณรงค์ และณภัทร เรืองนภากุล. (2564). ความเป็นพลเมืองยุคดิจิทัลกับการรับมือด้านมีดออนไลน์ ในวิถีปรกติใหม่. เรียกใช้เมื่อ 20 เมษายน 2566 จาก <https://blog.cofact.org/digitalcitizen/>
- Adam Hates. (2023). Augmented Reality (AR) Defined, With Examples and Uses. Retrieved เมษายน 10 , 2566, from <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>
- Adriana Blum. (2018). The Multiple Uses of Augmented Reality in Education. Retrieved มีนาคม 23, 2566, from <https://www.emergingedtech.com/2018/08/multiple-uses-of-augmented-reality-in-education/>
- Apple. (2561). เทคโนโลยีความจริงเสริมในการศึกษา: แนวคิดบทเรียน. Retrieved เมษายน 20 , 2566 , from <https://www.apple.com/th/education/docs/ar-in-edu-lesson-ideas.pdf>
- da Silva et al. (2019). Perspectives on how to evaluate augmented reality technology tools for education: a systematic review. Journal of the Brazilian Computer Society, 23(3), 1-18.
- ELISABETH BALISTRERI. (2023). Extended reality is the future of education. Retrieved เมษายน 25 , 2566, from <https://www.mixyourreality.com/insights/extended-reality-is-the-future-of-education>
- Gudoniene & Rutkauskiene. (2019). Virtual and Augmented Reality in Education. Kaunas Technology University, 7(2), 293-300.
- McGarrigle C., Margolis T. (2018). Augmented Reality Art From an Emerging Technology to a Novel Creative Medium. 2nd Edition. Springer International: Publishing AG.
- MelonnPang. (2566). แวนตา Apple AR/VR อยู่ในช่วงโค้งสุดท้ายของการพัฒนาแล้ว. Retrieved เมษายน 26 , 2566, from <https://droidsans.com/apple-mr-on-track-for-wwdc-2023-launch/>
- Microsoft. (2021). The Total Economic Impact Of Mixed Reality Using Microsoft HoloLens 2. Retrieved เมษายน 25 , 2566, from <https://tools.totaleconomicimpact.com/go/microsoft/HoloLens2/>
- Nasongkhla, J., & Sujiva, S. . (2023). Enhancing reading capability of young Thai students with augmented reality technology: Design-based research. Contemporary Educational Technology, 15(1), 1-16.



- Plook Teacher. (2564). โลกของเทคโนโลยีความจริงเสมือน (Augmented Reality). Retrieved เมษายน 26 , 2566, from <https://www.trueplookpanya.com/education/content/88039/-teaartedu-teaart-Springnews>.
- Springnews. (2564). Haptic Gloves ถุงมือพิเศษที่เราจับมือ-หยิบของ-รับสัมผัสได้ ในโลก Metaverse. Retrieved เมษายน 30 , 2566, from <https://www.springnews.co.th/spring-life/818364>
- TechTalk Thai. (2566). 10 เทรนด์ EdTech แห่งปี 2023: เทคโนโลยีการศึกษาเพื่อการเรียนรู้ยุคใหม่. Retrieved มีนาคม 24 , 2566, from <https://www.techtalkthai.com/10-edtech-trends-2023/>
- Thai PBS. (2566). โซนนวัตกรรม AR สร้างภาพจำลองฝึกทักษะ CPR. Retrieved เมษายน 26 , 2566, from <https://www.thaipbs.or.th/news/content/324195>