

การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงสำหรับการจัดการเรียนการสอน ในยุค Thailand 4.0 Using of Virtual Technology for Teaching and Learning Management in Thailand 4.0 Era

ดิเรก อัครชาติ*

*คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

*Corresponding author. Email : direkung@gmail.com

Received: February 21, 2020 Revised: May 1, 2020 Accepted: May 28, 2020

บทคัดย่อ

การพัฒนาประเทศไทยไปสู่ยุค Thailand 4.0 ที่ขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จำเป็นจะต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพไปพร้อมๆ กัน การจัดการศึกษาที่มุ่งให้ความรู้แก่ผู้เรียนเพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ จำเป็นจะต้องปรับกระบวนการเรียนการสอน โดยนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้เป็นเครื่องมือในการเพิ่มสมรรถนะการเรียนรู้ และส่งเสริมให้เกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่มีมีการนำมาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนกันมากขึ้น ด้วยคุณสมบัติของเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อผสมผสานโลกแห่งความเป็นจริงและความเสมือนจริง เข้าด้วยกันผ่านซอฟต์แวร์และอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยประสาทสัมผัสต่างๆ มากกว่าการได้ยินและมองเห็น โดยรับรู้ข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่มากมายเสมือนการรับรู้โดยธรรมชาติ นอกจากนั้นยังสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ซึ่งมีประโยชน์อย่างมากในการเรียนรู้และสร้างประสบการณ์เสมือนจริงที่นำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแนวโน้มของเทคโนโลยีเสมือนจริงจะก้าวสู่โลกความเป็นจริงมากขึ้นเสมือนเป็นโลกเดียวกัน

คำสำคัญ: เทคโนโลยีเสมือนจริง เทคโนโลยีใหม่ ไทยแลนด์ 4.0

Abstract

In developing Thailand into the era of Thailand 4.0 that is moved forward with the technology, creativity and innovation, it is necessary to develop human resources to be of quality at the same time. Educational management mainly focusing on teaching and learning is not sufficient. To increase learning competency and promote skills required in the 21st

century, the teaching and learning processes need to be improved by means of technology. Virtual technology is a new technology that has been increasingly used in teaching and learning. With its features that have been developed to combine the real world and the virtual reality via software and connecting devices, students can learn with more various senses than hearing and seeing and recognize various types of existing information like natural perceptions. Moreover, it can create interactions which are very useful in learning and creating virtual experiences to be efficiently applied in real life situations. The trend of virtual reality technology is stepping more into the real world as if they belonged to a single world.

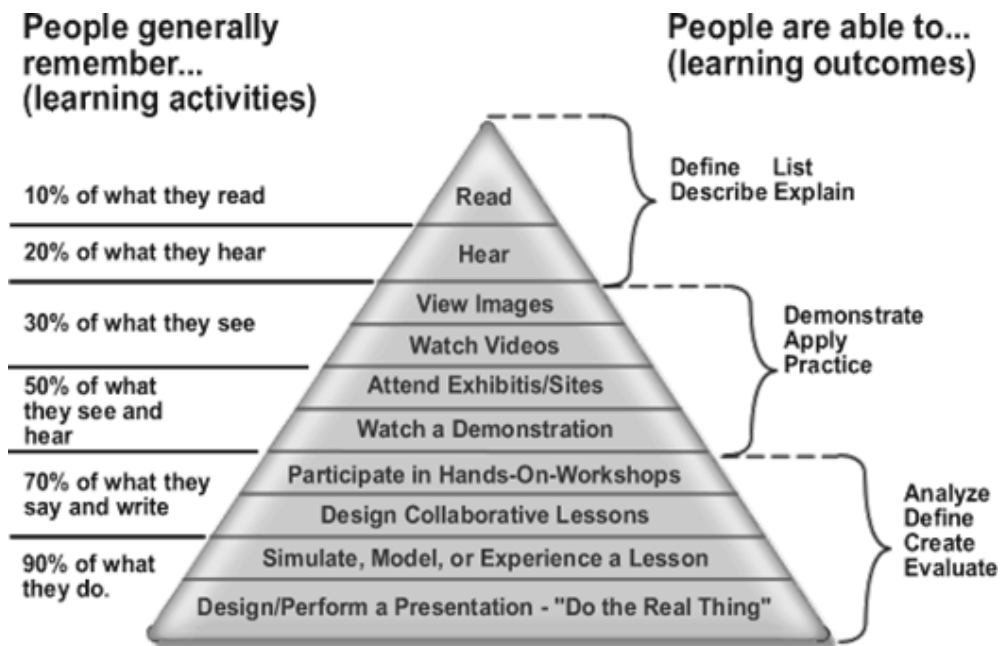
Keywords: Virtual Reality Technology, New Technology, Thailand 4.0

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ประกาศนโยบายการพัฒนาประเทศไทยไปสู่ยุค Thailand 4.0 โดยเปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เน้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ทั้งภาคเอกชน ภาคการเงินและธนาคาร ภาคประชาชน สถาบันวิจัยและสถานบันการศึกษาต่างๆ ผนึกกำลังขับเคลื่อนสู่เป้าหมายเพื่อก้าวข้ามกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลาง สู่ประเทศที่มีความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืน การทำให้ประเทศไทยก้าวไปสู่ประเทศที่มีรายได้สูง จำเป็นจะต้องพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีศักยภาพมากขึ้น เพราะมนุษย์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีความจำเป็นมากที่สุดในการขับเคลื่อนประเทศ การจัดการศึกษาของประเทศจึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนและก้าวสู่การศึกษา 4.0 ด้วยเช่นกัน สถาบันการศึกษาและครูผู้สอนควรจัดการเรียนการสอนไปในทิศทางเชิงสร้างสรรค์มากยิ่งขึ้น โดยเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถ มีทักษะในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีและสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ได้ (พาสนา จุฬรัตน์, 2561, น. 2366)

เทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นสื่อดิจิทัลรูปแบบใหม่ที่เปิดมุมมองของการรับรู้ของผู้เรียนแตกต่างไปจากสื่อดิจิทัลรูปแบบเดิมที่รับรู้ได้จากข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวิดีโอ ถ้าพิจารณาจากรูปแบบการเรียนรู้ของคนเราที่แสดงในปิรามิดแห่งการเรียนรู้ (Learning Pyramid) จะเห็นว่า สื่อดิจิทัลรูปแบบเดิมผู้เรียนจะเรียนรู้ผ่านการดูและการฟังเท่านั้น โดยการดูภาพนั้นก็ดูได้เพียงแค่ภาพ 2 มิติ ซึ่งก่อให้เกิดการเรียนรู้และการจดจำได้ไม่ถึงร้อยละ 50 คิดเป็นร้อยละที่ต่ำเมื่อเทียบกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Cooperative Learning) จากการได้แลกเปลี่ยนพูดคุย ซึ่งแน่นอนว่าการเรียนรู้จากสถานการณ์จำลองหรือจากประสบการณ์ตรงด้วยการลงมือปฏิบัติผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ได้มากกว่า ด้วยคุณสมบัติของเทคโนโลยีเสมือนจริงที่ทำให้ผู้เรียนมองเห็นวัตถุและสภาพแวดล้อมจำลองแบบ 3 มิติ นอกจากนั้นยังสามารถโต้ตอบกับผู้เรียนผ่านประสาทสัมผัสอื่นมากกว่าการได้ยินและมองเห็น เทคโนโลยี

เสมือนจริงจึงเป็นสื่อในรูปแบบของประสบการณ์รองซึ่งเป็นประสบการณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด



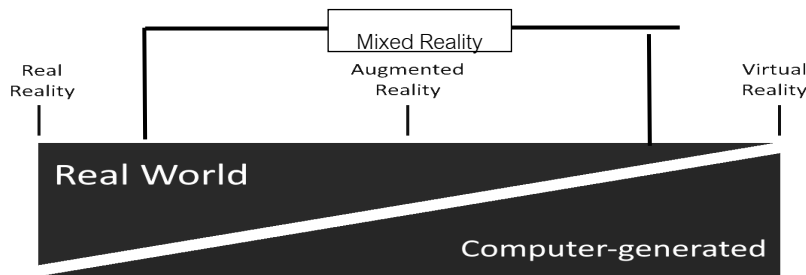
ภาพที่ 1 พีระมิดแห่งการเรียนรู้ (Learning Pyramid)

ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_pyramid

นอกจากความสามารถของเทคโนโลยีเสมือนจริงที่สร้างความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์ให้กับผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว เทคโนโลยีเสมือนจริงยังเป็นสื่อที่ส่งเสริมการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทั้งทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมจะช่วยพัฒนาผู้เรียนให้รู้จักคิด เรียนรู้ ทำงาน แก้ปัญหา สื่อสาร และร่วมมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งปรับตัวและใช้ชีวิตในโลกอนาคตอย่างมีความสุข

เทคโนโลยีใหม่กับสื่อเสมือนจริง

ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็วโดยอาศัยการพัฒนาที่สัมพันธ์กันระหว่างฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ ก่อเกิดเป็นรูปแบบของสื่อดิจิทัลใหม่ๆ มากมาย สื่อเสมือนจริงเป็นสื่อรูปแบบใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดการกับข้อมูลภาพนิ่ง วิดีทัศน์ และเสียงให้เหมือนมีความเป็นจริง อยู่ในรูปแบบของการจำลองสถานการณ์ (Simulation) หรือสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่ทำให้ผู้ใช้รับรู้และโต้ตอบกันได้เสมือนว่าเกิดขึ้นในโลกความเป็นจริง (สุวิษ ธิระโคตรและคณะ, 2558, น.112 – 129) แนวคิดในการผสมผสานโลกความเป็นจริงกับโลกเสมือนทำให้เกิดสื่อเสมือนจริงประเภทต่างๆ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผสมผสานโลกแห่งความจริงกับโลกเสมือนจริง ปรับปรุงมาจากไดอะแกรมของบริษัท google และไดอะแกรมของมิลแกรมและคิชิโน (Milgram, P. & Kishino, F., 1994, p. 1321-1329)

1. เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (Virtual Reality) หรือมักเรียกกันว่า VR เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อให้ผู้ใช้รับรู้ผ่านอุปกรณ์แสดงผลที่มีอยู่หลายรูปแบบทั้งการมองผ่านจอภาพสวมศีรษะ (Head-mounted display) หรือแว่นตา VR มองผ่านสมาร์ทโฟน หรือมองผ่านเครื่องฉายภาพแบบต่างๆ โดยผู้ใช้จะมองไม่เห็นสภาพแวดล้อมในโลกจริงเลย ผู้ใช้สามารถรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสอื่นนอกจากมองเห็น เช่น การได้ยิน การสัมผัสทางผิวหนังหรือทำให้ผู้ใช้เคลื่อนที่ไปยังทิศทางที่มองเห็นและยังสามารถโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงผ่านทั้งการใช้อุปกรณ์ควบคุมแบบต่างๆทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนอยู่ในสภาพแวดล้อมจริงมากขึ้น



ภาพที่ 3 การใช้ VR box กับสมาร์ทโฟน

2. เทคโนโลยีความจริงเสริม (Augmented Reality) หรือมักเรียกกันว่า AR พัฒนามาจากเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน (VR) โดยผู้ใช้จะมองเห็นสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่สร้างขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ซ้อนทับอยู่ในโลกของความเป็นจริง ผ่านอุปกรณ์จำพวกจอภาพสวมศีรษะ (Head-mounted display) หรือสมาร์ทโฟน อย่างทันทีทันใด (Real time) ตัวอย่างที่ทำให้ทุกคนรู้จักเทคโนโลยีความจริงเสริมกันทั่วโลก คือ แอปพลิเคชันเกม Pokemon GO ที่สามารถเล่นผ่านสมาร์ทโฟนด้วยการส่งไปในสถานที่ต่างๆ ทั่วโลก หลังจากนั้นแอปพลิเคชันจะส่งตัวการ์ตูน 3 มิติที่เกี่ยวข้องมาแสดงผลซ้อนทับภาพสถานที่จริงในขณะนั้น นับเป็นเกม AR รูปแบบหนึ่งเรียกว่า Location-based AR แต่โดยทั่วไปเราจะเห็นสื่อ AR ผ่านการส่งภาพหรือวัตถุซึ่งมักเรียกว่า Markers หรือ AR code ด้วยกล้องของสมาร์ทโฟน ซึ่งซอฟต์แวร์จะถอดรหัสพร้อมทั้งส่งภาพ 2 มิติ หรือ 3 มิติ ให้ปรากฏบนหน้าจอซ้อนทับภาพจริง เราเรียกรูปแบบนี้ว่า Marker-based AR



ภาพที่ 4 ตัวอย่างเทคโนโลยี AR จากแอปพลิเคชัน Jig Space

3. เทคโนโลยีผสมผสานความจริง (Mixed Reality) หรือมักเรียกกันว่า MR เป็นเทคโนโลยีที่นำ Virtual Reality และ Augmented Reality มารวมกัน โดยการนำเอาโลกแห่งความเป็นจริงมาผสานกับโลกเสมือนจริง ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสิ่งของและสภาพแวดล้อมทั้งในโลกแห่งความเป็นจริงและโลกเสมือนได้อย่างทันทีทันใด เสมือนอยู่ในโลกเดียวกัน การทำงานของ MR จะมีลักษณะคล้าย AR ที่สามารถมองเห็นทั้งโลกแห่งความจริงกับโลกเสมือนจริง แต่ AR ผู้ใช้จะไม่สามารถโต้ตอบระหว่างสภาพแวดล้อมทั้งสองได้ ในขณะที่ MR สามารถทำให้วัตถุดิจิทัลติดตามและยึดกับสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งผู้ใช้สามารถดูและจัดการวัตถุดิจิทัล จากมุมมองที่แตกต่างกันให้ปรากฏร่วมกับสภาพแวดล้อมจริงอย่างสมจริง เช่น มีลูกบอลดิจิทัลวางอยู่บนพื้น ผู้ใช้สามารถหยิบลูกบอลดิจิทัลไปวางไว้บนโต๊ะที่เป็นสภาพแวดล้อมจริงได้ เป็นต้น



ภาพที่ 5 ตัวอย่างการใช้ MR กับการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

ที่มา: <http://peer.momentnyc.com/>

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนวิทยาศาสตร์

ประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ที่แทรกการนำเสนอในรูปแบบของ AR ในบางเนื้อหา ซึ่งเริ่มจากระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 และ 4 ในปีการศึกษา 2560 เป็นการนำสื่อในรูปแบบของเทคโนโลยีเสมือนจริงที่เผยแพร่ไปยังโรงเรียนต่างๆ ครอบคลุมทั่วประเทศเป็นครั้งแรก ส่งผลให้ครูและนักเรียนเข้าใจในการเรียนรู้ผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น ทำให้หนังสือเรียนที่เป็นสื่อพื้นฐานสำหรับผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการอ่านข้อความและรูปภาพประกอบ เพิ่มรูปแบบในการนำเสนอเนื้อหาผ่านสื่อสมัยใหม่แบบดิจิทัล แก้ปัญหา

ข้อจำกัดของหนังสือ ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายยิ่งขึ้นและยังกระตุ้นความสนใจให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี โดยผู้เรียนจะต้องดาวน์โหลดแอปพลิเคชันที่ระบุไว้ในหนังสือ แล้วเปิดกล้องผ่านแอปพลิเคชันและสแกน AR code ในหน้าที่กำหนด จะปรากฏเนื้อหาในรูปแบบสื่อ 3 มิติซ้อนทับบริเวณหนังสือพร้อมเสียงบรรยายประกอบ



ภาพที่ 6 หนังสือเรียนวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ ป.2
แทรกการนำเสนอด้วย AR จากแอปพลิเคชัน AR วิทย์ ป.2

สื่อเสมือนจริงสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากหนังสือเรียนที่แทรกความจริงเสริม (AR) ที่หน่วยงานภาครัฐได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนแล้ว ยังมีสื่อเสมือนจริงอื่นที่เกิดจากการวิจัยและพัฒนาของภาคส่วนต่างๆ มากมาย ทั้งในรูปแบบของ AR และ VR เนื่องจากเนื้อหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์บางเรื่องมีความซับซ้อนและเข้าใจยาก อาจเพราะไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า หรือเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวมาก เช่น การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า จักรวาลและอวกาศ โลกได้มหาสมุทร เป็นต้น บางอย่างอยู่ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต หรือการทดลองบางอย่างอาจเป็นอันตรายกับผู้เรียน ด้วยรูปแบบของ AR VR และ MR สามารถนำเสนอเนื้อหาที่ช่วยลดข้อจำกัดของปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเรื่องดังกล่าวได้



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการใช้ AR ในการสอนวิทยาศาสตร์ จากแอปพลิเคชัน Jig Space

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนทักษะทางศิลปะ

สำหรับเนื้อหาวิชาที่เป็นทักษะพิสัยหรือเนื้อหาที่เน้นการเรียนรู้จากการปฏิบัติในสถานการณ์จริงหรือของจริง เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถและเกิดทักษะผ่านการลงมือกระทำด้วยตัวผู้เรียนเอง โดยเฉพาะในกลุ่มวิชาพลศึกษา ศิลปศึกษา ดนตรี การงานอาชีพและเทคโนโลยี เป็นต้น

วิชาศิลปะเป็นวิชาที่ช่วยพัฒนาสมองโดยเฉพาะซีกขวา ซึ่งเป็นสมองที่ใช้ในการสร้างมโนภาพ ความสามารถในการจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ รวมถึงการสร้างความเข้าใจการเห็นภาพ 3 มิติ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีเสมือนจริงมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนวิชาศิลปะจะช่วยพัฒนาความสามารถของสมองมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างการประยุกต์เทคโนโลยี AR ในการฝึกระบายสี แล้วแสดงผลจากภาพ 2 มิติผ่านสมาร์ทโฟนและปรากฏเป็นภาพ 3 มิติ แอปพลิเคชันที่น่าสนใจนั้นคือ Quiver โดยผู้สอนเพียงแค่วาดรูปภาพที่ใช้เป็น AR code จากเว็บไซต์ quivervision.com แล้วให้ผู้เรียนระบายสีตามใจชอบหรือตามเงื่อนไขที่ผู้สอนกำหนด จากนั้นเปิดแอปพลิเคชันในสมาร์ทโฟนพร้อมกับส่องไปที่ภาพที่เป็น AR code จะปรากฏเป็นภาพ 3 มิติที่มีการเคลื่อนไหวและมีสีสันตามที่ผู้เรียนได้ระบายสีไว้ซ้อนทับออกมา ซึ่งจะสร้างแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งใจและสร้างสรรค์ตามจินตนาการของผู้เรียนได้



ภาพที่ 8 ตัวอย่างการใช้สื่อ AR ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ จากแอปพลิเคชัน Quiver

นอกจากนั้น ปัจจุบันยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี VR สำหรับสร้างงานศิลปะ 3 มิติ ซึ่งเดิมทีการสร้างงานประติมากรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์หรือสร้างสรรค์งานด้านสถาปัตยกรรมจะต้องปั้นด้วยดินเหนียวหรือสร้างโมเดล (Model) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างงาน 3 มิติ เช่น 3ds Max , Maya , Sketch Up เป็นต้น ในการใช้งานโปรแกรมเหล่านี้ผู้เรียนต้องใช้เมาส์และคีย์บอร์ดในการสร้างโมเดลและใส่พื้นผิว โดยต้องฝึกการควบคุมมุมมองผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Monitor) เพื่อให้เห็นตำแหน่งของวัตถุทุก ๆ ด้านสำหรับปรับแต่งให้มีความสมจริงมากที่สุด ซึ่งพื้นฐานการรับรู้ การแปลข้อมูลและจินตนาการในมุมมอง 3 มิติผ่านจอคอมพิวเตอร์ของแต่ละคนไม่เท่ากันย่อมมีผลต่อการสร้างสรรค์ผลงานด้วย ไม่เหมือนกับการปั้นดินเหนียวที่สามารถใช้แบนหมุนในการเปลี่ยนมุมมองและสามารถสัมผัสกับส่วนตื้น ลึก หนา บางได้ตามความเป็นจริง

การใช้เทคโนโลยี VR ในการสร้างโมเดล ผู้เรียนสามารถใช้ทักษะพื้นฐานการปั้นดินเหนียวผสมผสานกับการใช้เครื่องมือในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่หลากหลาย บริษัทพัฒนาให้ง่ายขึ้น เช่น Gravity Sketch , Tilt Brush , Google Blocks และ Oculus Medium เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมต่างๆ เหล่านี้สามารถใช้ร่วมกับแว่นตา VR และอุปกรณ์ควบคุมเพื่อเลือกเครื่องมือสำหรับปั้นชิ้นงาน 3 มิติด้วยเทคนิคเสมือนการปั้นดินเหนียว ทั้งการกด การดึง การตัดหรือต่อเติม เพื่อให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์ ที่สำคัญมุมมองการรับรู้ผ่านเทคโนโลยี VR ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเหมือนกำลังปั้นงานศิลปะจริงๆ สามารถเดินรอบผลงานได้

พร้อมทั้งสร้างสรรค์และเติมแต่งสีได้มากกว่าการบินด้วยดินเหนียว นอกจากนี้ยังสามารถส่งออกชิ้นงานเข้าสู่เครื่องพิมพ์แบบ 3 มิติได้อีกด้วย



ภาพที่ 9 ตัวอย่างการสร้างสรรคงานศิลปะ 3 มิติด้วยเทคโนโลยี VR

ที่มา: <https://vr.google.com/blocks/>

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการสอนทักษะทางภาษา

สำหรับความรู้ด้านภาษานับเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญต่อผู้เรียน เพราะภาษาเป็นเครื่องมือหลักในการติดต่อสื่อสาร การศึกษา การแสวงหาความรู้และสร้างความเข้าใจในความหลากหลายทางวัฒนธรรมและมุมมองของสังคมโลก ซึ่งหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ.2551 ได้กำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ภาษาอื่นนอกจากภาษาไทยโดยเน้นภาษาอังกฤษเป็นหลัก ส่วนภาษาต่างประเทศอื่น เช่น ภาษาฝรั่งเศส เยอรมัน จีน ญี่ปุ่น เป็นต้น ให้อยู่ในดุลยพินิจของสถานศึกษา ทั้งนี้วัตถุประสงค์สำคัญในการสอนภาษา คือ มุ่งพัฒนาทักษะการสื่อสารทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ทักษะการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน ทักษะต่างๆ เหล่านี้จำเป็นจะต้องเรียนรู้ผ่านกระบวนการฝึกฝนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่หลากหลาย นำเทคโนโลยีการศึกษามาช่วยเป็นส่วนหนึ่งในการเรียนรู้ สำหรับเทคโนโลยีเสมือนจริงที่นำมาใช้พัฒนาทักษะทางภาษาเริ่มมีให้เห็นมากขึ้นในรูปแบบของหนังสือ AR โดยนำเสนอด้วยการถ่ายทอดเนื้อหาแบบส่งผ่านความรู้ (Passive Learning) ส่วนใหญ่จะเป็นการสอนคำศัพท์ที่อยู่บนหนังสือ เมื่อใช้แอปพลิเคชันของหนังสือ AR เปิดกล้องและส่องไปยัง AR code จะแสดงผลเป็นการตูนแอนิเมชัน 3 มิติพร้อมทั้งมีเสียงบรรยายคำศัพท์ หรืออาจเคยเห็นในรูปแบบของหนังสือนิทาน AR ซึ่งการนำเสนอลักษณะนี้จะช่วยพัฒนาทักษะในการอ่านและการฟังเป็นหลัก



ภาพที่ 10 หนังสือ AR สำหรับสอนคำศัพท์ภาษาอังกฤษ จากแอปพลิเคชัน AR Magic Card

ทักษะด้านการพูดโดยเฉพาะภาษาอังกฤษนับเป็นทักษะหนึ่งที่เป็นปัญหาและอุปสรรคกับการเรียนของผู้เรียน ด้วยเหตุผลที่ผู้เรียนจะรู้สึกกังวลเมื่อต้องพูดภาษาอังกฤษ คิดคำศัพท์ไม่ออก ขาดความมั่นใจ และที่สำคัญขาดการฝึกฝนจากผู้สอนและบุคคลอื่น (ณัฐฉรินทร์ ฤทธิรัตน์, 2557, น.62) ดังนั้น การเรียนรู้ในรูปแบบของสถานการณ์จำลองหรือบทบาทสมมติจึงเป็นวิธีการที่จะสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนก่อนที่จะไปเจอสถานการณ์จริง ซึ่งโดยทั่วไปผู้สอนอาจจะจัดกิจกรรมดังกล่าวในชั้นเรียนอยู่แล้ว แต่อาจไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดทักษะพูดสำหรับการสื่อสารได้ เทคโนโลยี VR ในปัจจุบันได้ออกแบบให้ผู้เรียนฝึกทักษะการพูดสื่อสารในสถานการณ์ต่างๆ โดยมีทั้งสภาพแวดล้อมและตัวละครเสมือนจริงที่สามารถโต้ตอบกับผู้เรียนแบบทันทีทันใด (Realtime) ด้วยการอาศัยเทคโนโลยีแชทบอท (Chatbot) ในการพัฒนาขึ้น ผู้เรียนจึงสามารถฝึกทักษะการพูดด้วยตนเองโดยไม่ต้องเขินอายและยังสามารถฝึกฝนได้อย่างต่อเนื่องจนชำนาญหรือเกิดความมั่นใจที่จะสื่อสารในสถานการณ์จริงได้



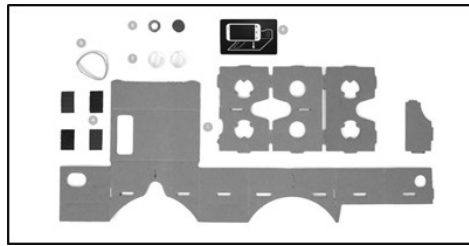
ภาพที่ 11 การใช้เทคโนโลยี VR ด้วยแอปพลิเคชัน Mondly สำหรับเรียนรู้ภาษาในสถานการณ์ต่างๆ
ที่มา : <https://www.oculus.com/experiences/gear-vr/1272636489423125/>

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงกับการศึกษาออกสถานที่

การศึกษานอกสถานที่หรือการทัศนศึกษาเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ประสบการณ์ใหม่ๆ นอกห้องเรียนด้วยตัวผู้เรียนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ฝึกการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูล นับเป็นการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพที่สุดรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถจัดได้กับทุกระดับชั้นทุกรายวิชา โดยเฉพาะวิชาสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เห็นคุณค่าและเข้าใจสิ่งแวดล้อมรอบตัว ตระหนักในการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรม รวมทั้งการเรียนรู้ประวัติศาสตร์ของชาติ

ถึงแม้การทัศนศึกษาจะมีข้อดีมากมาย แต่ก็มีข้อจำกัดหลายอย่างที่ทำให้หลาย ๆ สถาบันการศึกษาไม่สามารถจัดกิจกรรมดังกล่าวได้ โดยเฉพาะในเรื่องงบประมาณที่ต้องใช้จ่ายจำนวนมากในการพาผู้เรียนไปทัศนศึกษา และที่สำคัญความปลอดภัยในการเดินทางของผู้เรียนก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องพึงระวัง นอกจากนี้การทัศนศึกษาแต่ละครั้งจำเป็นจะต้องใช้เวลานานทำให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการเรียนรู้วิชาอื่นไปด้วย จากปัญหาดังกล่าว เราสามารถนำเทคโนโลยีมาใช้สำหรับแก้ปัญหาด้วยการจัดประสบการณ์ในรูปแบบของการทัศนศึกษาเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยี VR ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัสการมองเห็นคือการดูภาพแบบ 360 องศา หรือภาพสถานที่และวัตถุแบบ 3 มิติ ผ่านอุปกรณ์แสดงผลด้วยแว่นตา VR หรือสมาร์ทโฟน และรับรู้สัมผัสผ่านกับประสาทสัมผัสการได้ยินเสียง

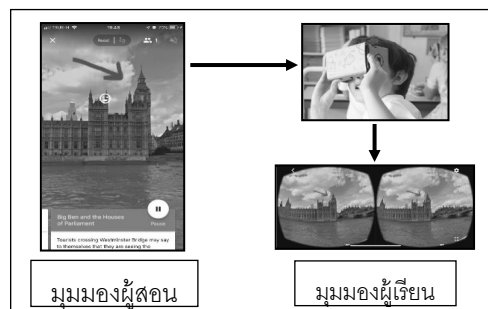
สภาพแวดล้อมต่างๆ หรือเสียงบรรยายผ่านลำโพงหรือหูฟัง ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเหมือนอยู่ในสถานที่นั้นจริงๆ เทคโนโลยี VR ที่มีการนำเสนอเนื้อหาเพื่อใช้สำหรับการทัศนศึกษาเสมือนจริงในปัจจุบันมีมากขึ้น โดยมีการพัฒนาและสร้างเนื้อหาจากบริษัทผู้ผลิตแว่นตา VR ยี่ห้อต่าง ๆ หรือผลิตจากผู้พัฒนาแอปพลิเคชันรายอื่น ซึ่งเนื้อหาต่าง ๆ เหล่านี้จำเป็นจะต้องลงทุนในการซื้ออุปกรณ์ที่ราคาค่อนข้างแพง หรือซื้อแอปพลิเคชันที่ราคาอาจจะถูกกว่าเมื่อเทียบกับราคาของอุปกรณ์ แต่ก็มีบางบริษัทที่ได้พัฒนาแอปพลิเคชันแบบไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้สอนสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้เลย แอปพลิเคชัน Expeditions เป็นแอปพลิเคชันฟรีที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Google ซึ่งได้รวบรวมแหล่งเรียนรู้ที่เป็นพิพิธภัณฑ์ สถานที่สำคัญต่างๆ ทั่วโลกมานำเสนอผ่านเทคโนโลยีเสมือนจริง (มีทั้ง VR และ AR) ที่สำคัญผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านสมาร์ทโฟนซึ่งเป็นอุปกรณ์การสื่อสารที่เป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของผู้เรียนแล้ว และ Cardboard ซึ่งเป็นแว่นที่ให้มุมมองเสมือนจริงทำให้เห็นภาพเป็น 3 มิติ ทำมาจากอุปกรณ์ง่าย ๆ อย่าง กระดาษลัง เลนส์แว่นตา แม่เหล็ก หนังสติ๊ก และเทปหนามเตย จึงมีราคาที่ถูกลง สามารถสร้างเองได้โดยดาวน์โหลดแบบแปลนและวิธีการทำจากเว็บไซต์ของ google ได้



ภาพที่ 12 แบบแปลนในการทำ Cardboard

ที่มา : <https://vr.google.com/cardboard/get-cardboard/>

ผู้สอนสามารถใช้แอปพลิเคชัน Expeditions เป็นเครื่องมือในการพาผู้เรียนทัศนศึกษาเสมือนจริง โดยตัวแอปพลิเคชันมีเครื่องมือให้เปิดเป็นห้องเรียนแล้วให้ผู้เรียนเลือกเข้ามาศึกษา (ต้องเปิดแอปพลิเคชันผ่านสัญญาณ wifi ชื่อเดียวกันทั้งผู้เรียนและผู้สอน) บทบาทของผู้สอนจะเปรียบเสมือนไกด์ที่คอยแนะนำ และพาผู้เรียนเดินชมจุดต่างๆ พร้อมทั้งสามารถหยุดดูในจุดเดียวกันเพื่อบรรยายหรือเขียนสัญลักษณ์ลงไปบนภาพ 360 องศา สัญลักษณ์ดังกล่าวก็จะปรากฏที่จอภาพของผู้เรียนด้วย หรือจะออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนศึกษาสถานที่ต่างๆ ด้วยตัวผู้เรียนเองก็ได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 13 ตัวอย่างมุมมองภาพของผู้สอนและผู้เรียน จากแอปพลิเคชัน Expeditions

นอกจากแหล่งเรียนรู้ที่ถูกพัฒนาหรือสร้างไว้แล้วอาจไม่สอดคล้องหรือตรงตามวัตถุประสงค์และเนื้อหาในการเรียนการสอน ผู้สอนยังสามารถสร้างแหล่งเรียนรู้ด้วยตนเองได้โดยใช้ Tour Creator (เว็บไซต์ <https://vr.google.com/tourcreator/>) ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ให้บริการฟรีของ google และที่สำคัญกระบวนการสร้างก็ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีเพียง 4 ขั้นตอน หลักดังนี้

1. สร้างภาพ 360 องศา ในปัจจุบันสามารถใช้สมาร์ตโฟนถ่ายภาพ 360 องศาผ่านแอปพลิเคชันมากมาย หรือใช้ภาพจาก google street view ก็ได้

2. กำหนดจุดสนใจ (Points of Interest) เป็นการกำหนดจุดสำหรับสำหรับแสดงตำแหน่งสำคัญของสิ่งที่ต้องการนำเสนอเนื้อหาโดยสามารถเพิ่มข้อมูลที่เป็นข้อความและเสียงบรรยายได้

3. แทรกภาพซ้อนทับ (Image Overlays) สำหรับขยายภาพหรือแทรกภาพที่เสริมความรู้

4. เผยแพร่ข้อมูล เพื่อส่งต่อและแลกเปลี่ยนความรู้สำหรับเรียนรู้ในรูปแบบของ VR

สำหรับการศึกษาแหล่งการเรียนรู้สำคัญในประเทศไทยโดยเฉพาะพิพิธภัณฑ์ ได้มีการพัฒนาช่องทางการเรียนรู้ในรูปแบบ VR มากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น โครงการ VRSIAM ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ได้พัฒนาแอปพลิเคชันพิพิธภัณฑ์เสมือนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน 10 พิพิธภัณฑ์ของไทย ซึ่งผู้สอนเพียงแค่นี้ให้ผู้เรียนใช้สมาร์ตโฟนเข้าเว็บไซต์ <https://vrsiam.org> และพิพิธภัณฑ์ที่ต้องการศึกษา เลือกดูแบบ VR โดยกดที่สัญลักษณ์แว่นตา แล้วดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน Matter port จากนั้นก็จะสามารถเรียนรู้พิพิธภัณฑ์เสมือนแบบปฏิสัมพันธ์ด้วยตนเองได้แล้ว



ภาพที่ 14 มุมมองผ่านสมาร์ตโฟนของพิพิธภัณฑ์เสมือนแบบปฏิสัมพันธ์ พิพิธภัณฑ์แห่งชาติเจ้าสามพระยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จากแอปพลิเคชัน Matter port

แนวโน้มสำคัญกับการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริง

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้สื่อการเรียนการสอนมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่องคือความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมต่างๆ ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีหลายๆ อย่างจะไม่ได้ถูกพัฒนาขึ้นด้วยเหตุผลเพื่อใช้กับการเรียนการสอนโดยตรง แต่พัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมด้านอื่น ตัวอย่างเช่น เครื่องข่ายอินเทอร์เน็ตที่เราใช้ในปัจจุบันแนวคิดในการพัฒนาเริ่มต้นจากความปลอดภัยทางด้านอาหาร เกมต่างๆ ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อธุรกิจความบันเทิง แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีเหล่านี้ก็มักจะถูกนำมาต่อยอดสู่การสร้างสรรคสื่อใหม่ๆ จนกลายเป็นนวัตกรรมการศึกษา เทคโนโลยีเสมือนจริง

อาจเป็นนวัตกรรมที่ยังใช้กันไม่แพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากอุปกรณ์สำหรับใช้เรียนรู้ในโลกเสมือนจริง บางอย่างมีราคาค่อนข้างแพง และสื่อเสมือนจริงที่มีอยู่ยังไม่ครอบคลุมเนื้อหาในหลักสูตร แต่ด้วยแนวโน้มของการพัฒนาเทคโนโลยีหลายๆ อย่าง รวมทั้งการแข่งขันที่จะพัฒนาสื่อเสมือนจริงของบริษัทต่างๆ ทั่วโลก ซึ่งจะทำให้ปัญหาดังกล่าวจะลดน้อยลง แนวโน้มสำคัญที่มีผลกับการพัฒนาสื่อเทคโนโลยีเสมือนจริงมีดังต่อไปนี้

1. ความก้าวหน้าของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เป็นที่ทราบกันดีว่าบริษัทยักษ์ใหญ่ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของโลกหลายๆ บริษัทได้แข่งขันกันพัฒนาเทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อโอกาสทางธุรกิจ จึงผลักดันให้เกิดอุปกรณ์ใหม่ๆ เช่น บริษัทไมโครซอฟท์เปิดตัวผลิตภัณฑ์ชื่อ HoloLens ที่ใช้กับ MR ได้ บริษัทกูเกิลได้สร้างผลิตภัณฑ์ VR จากกระดาษภายใต้ชื่อ Google Cardboard ที่สามารถใช้ร่วมกับสมาร์ทโฟนได้ ทำให้คนทั่วไปได้รู้จักและใช้เทคโนโลยี VR ในราคาประหยัด และยังมีอีกหลายบริษัทที่พัฒนาอุปกรณ์เสริมต่างๆ นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาด้านซอฟต์แวร์อย่างต่อเนื่องทั้งจากบริษัทและนักพัฒนาซอฟต์แวร์ทั่วโลก ส่งผลให้จำนวนแอปพลิเคชันการใช้งานบนโลกเสมือนจริงด้วยเทคโนโลยี VR และ AR ผ่าน App Store และ Play Store เติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดด และคาดกันว่าจำนวนสิทธิบัตรด้านเทคโนโลยีเสมือนจริงทั่วโลกจะมีมากกว่า 10,000 รายการภายในปี 2563 (ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, 2561, น.154-170)

2. เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลในระบบ 5G แม้ว่าประเทศไทยจะยังไม่ได้กำหนดการใช้งานเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ 5G แต่ในปี 2562 ประเทศไทยได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์และตัวชี้วัดที่ชัดเจนในการมีคลื่นความถี่เพื่อรองรับเทคโนโลยี 5G (พระราชบัญญัติ องค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2562, 2562, น.4) ซึ่งจะทำให้การสื่อสารมีความเร็วสูงกว่าระบบ 4G ประมาณ 20 เท่า เทคโนโลยี 5G จึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการสร้างความสมจริงให้การแสดงผลและโต้ตอบของ VR และ AR และสามารถใช้งานแบบไร้สายในพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างอิสระ

3. เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เทคโนโลยี AI เป็นเทคโนโลยีที่มนุษย์ได้พัฒนาขึ้นเพื่อให้คอมพิวเตอร์มีความสามารถในการทำความเข้าใจ เรียนรู้องค์ความรู้ต่างๆ สามารถโต้ตอบและการแก้ปัญหาต่างๆ อย่างมีเหตุผลได้ คล้ายกับการกระทำของมนุษย์ในปัจจุบัน อุปกรณ์(device)ที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นสมาร์ทโฟน หรือ แม้กระทั่งอินเทอร์เน็ต ก็มีการประยุกต์ใช้ AI ในหลายครั้งๆ เช่นเดียวกับเทคโนโลยีเสมือนจริงเมื่อนำมาผสมผสานร่วมกับเทคโนโลยี AI จะสามารถสร้างเนื้อหาเสมือนที่มีความน่าตื่นเต้นและสมจริงมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นยังสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกันได้โดยมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้แชทบอท (Chatbot) ที่ทำงานร่วมกับเทคโนโลยี VR จะสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ราวกับว่าคุยกับคนจริงๆ เป็นต้น

จากแนวโน้มดังกล่าวจึงเป็นเหตุผลสำคัญในการเตรียมพร้อมที่จะรับมือกับการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีเพื่อให้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนการสอนให้ทันสมัย สร้างโอกาสในการเรียนรู้และพัฒนาความสามารถของผู้เรียนอย่างเต็มศักยภาพ โดยการจัดประสบการณ์ด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสร้างประสบการณ์เสมือนจริงที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

เทคโนโลยีนับเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาประเทศ เช่นเดียวกับกับการศึกษาที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายให้กับผู้เรียน เทคโนโลยีมีบทบาทอย่างยิ่งในการสร้างความเข้าใจและประสบการณ์ใหม่ๆ ให้กับผู้เรียนที่มีความแตกต่างกัน ผู้เรียนบางคนอาจจะรับรู้จากการอ่านเพียงอย่างเดียวก็เข้าใจเนื้อหาแล้ว ในขณะที่ผู้เรียนอีกคนอาจต้องรับรู้ผ่านการดูหรือการลงมือปฏิบัติถึงจะเข้าใจ ดังนั้นเทคโนโลยีใหม่ๆ โดยเฉพาะเทคโนโลยีเสมือนจริงซึ่งอาจจะยังมีการนำมาใช้กับการจัดการเรียนการสอนไม่แพร่หลายมากนักในประเทศไทย แต่ด้วยคุณสมบัติของเทคโนโลยีเสมือนจริงทั้ง VR AR และ MR ที่สามารถสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้มากกว่าสื่อรูปแบบเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน ผู้สอนหรือบุคลากรทางการศึกษาที่เกี่ยวข้องควรจะต้องตื่นตัวเพื่อปรับเปลี่ยนหรือประยุกต์ใช้รวมถึงการเตรียมความพร้อมในการออกแบบและพัฒนาบทเรียนหรือเนื้อหาสำหรับเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง เพื่อพัฒนาผู้เรียนอย่างเต็มศักยภาพให้เป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศสู่ยุค Thailand 4.0 ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จิระศักดิ์ นำประดิษฐ์ และ สุจิตา ชัยชมชื่น. (2562). องค์ประกอบและขั้นตอนการพัฒนาระบบเสมือนจริงทางด้านการศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น* 42 (2): 1-18.
- ใจทิพย์ ณ สงขลา. (2561). *การออกแบบการเรียนรู้แนวดิจิทัล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ณัฐรินทร์ ฤทธิรัตน์. (2557). *ปัญหาและอุปสรรคในการพัฒนาทักษะการพูดภาษาอังกฤษของนักศึกษาไทย. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนภาษาอังกฤษเป็นภาษานานาชาติ คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.

- พาสณา จุลรัตน์. (2561). การจัดการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในยุค Thailand 4.0. *วารสารวิชาการ Veridian E – Journal, Silpakorn University* 11 (2) : 2366. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562. จาก <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/Veridian-E-Journal/article/view/144570/106964>.
- พระราชบัญญัติองค์การจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียงวิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2562 (2562, 11 กันยายน). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 136 ตอนพิเศษ 227 ง, หน้า 4.
- ไพโรจน์ ไหววนิชกิจ. (2561). การเติบโตของเทคโนโลยีความจริงเสมือนและความจริงเสริมกับผลกระทบ ที่มีต่อ เครื่องข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 5 จี. *วารสารวิชาการ กสทช. ประจำปี 2561* 2 (2): 154-170.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *หนังสือเรียนรายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: สกสค. ลาดพร้าว.
- สุวิษ ธีระโคตร และคณะ.(2558). สื่อใหม่: ความหมาย คุณลักษณะ และการวิจัย. *วารสารสารสนเทศศาสตร์* 33 (3) : 112 – 129.
- “Get your Cardboard” [Online]. Retrieved February 2, 2020. from <https://arvr.google.com/cardboard/get-cardboard/>
- “Introducing Blocks Create beautiful 3D models in no time” [Online]. Retrieved February 2, 2020. from <https://vr.google.com/blocks/>
- “Learning pyramid” [Online]. Retrieved February 2, 2020. from https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_pyramid
- Milgram, P. & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICETRANSAC-TIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.
- “Mixed Reality Educational Experience” [Online]. Retrieved February 2, 2020. from <http://peer.momentnyc.com/>
- “Mondly: Learn Languages in VR” [Online]. Retrieved February 2, 2020. from <https://www.oculus.com/experiences/gear-vr/1272636489423125/>