

Augmented Reality Technology Focused on Spindle Speed in Lathe Operations Integrated with MIAP Learning Model to Enhance Learning Achievement of Industrial Engineering Students

Noraset Muangmin¹, Rattana Pichitpreecha², Chonlathit Pitipoomsuksan³,
Nannam Buaklay¹, Chitpol Mangkhalakun¹, Worawut Kunghun¹, and Metha Oungthong^{1*}

Received: January 6, 2025 Revised: February 16, 2025 Accepted: February 18, 2025

Abstract

The turning process plays a crucial role in manufacturing and maintenance industries. It is a fundamental skill required of technicians and engineers. This study aimed to 1) develop augmented reality (AR) technology focused on spindle speed in lathe operations, integrated with MIAP (Motivation, Information, Application, and Progress) learning; 2) evaluate the effectiveness of this AR technology; and 3) assess students' learning achievement following its application. The sample group consisted of 30 first-year students selected through cluster random sampling. Data collection tools included: 1) a work analysis log; 2) a storyboard recording sheet; 3) a learning management plan; 4) the AR technology; 5) an appropriateness evaluation form with content validity scores ranging from 0.60 to 1.00; and 6) a learning achievement test with an index of item-objective congruence ranging from 0.60 to 1.00, discrimination indices between 0.37 and 0.72, difficulty levels between 0.20 and 0.48, and a reliability coefficient of 0.86 for the entire test. Data analysis included content analysis, and calculating mean scores, standard deviations, and a t-test for one sample. The results indicate that the overall appropriateness of the AR technology was rated at the highest level ($\bar{X}=4.87$, S.D.=0.18). The AR technology's efficiency exceeded the predetermined 80/80 standard, and post-intervention learning achievements were significantly above the 80% threshold at the .05 level of p-value threshold.

Keywords: Augmented Reality; MIAP Model Learning; Spindle Speed; Lathe Working

¹ Faculty of Technical Education, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Krungthep

³ Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

* Corresponding author e-mail: metha.o@fte.kmutnb.ac.th

การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบ ในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้รูปแบบ MIAP เพื่อพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรม

นรเศรษฐ ม่วงน้อม¹, รัตนา พิชิตปรีชา², ชลธิศ ปิติภูมิสุขสันต์³, น่านน้ำ บัวคล้าย¹, ชิตพล มังคลากุล¹,
วรรุฒ กังหัน¹ และ เมธา อึ้งทอง¹*

รับบทความ: 6 มกราคม 2568 แก้ไขบทความ: 16 กุมภาพันธ์ 2568 รับตีพิมพ์: 18 กุมภาพันธ์ 2568

บทคัดย่อ

งานกลึงมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต และซ่อมบำรุง เป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับช่างเทคนิค และวิศวกร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้รูปแบบ MIAP 2) ศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ 1) แบบบันทึกการวิเคราะห์งาน/หัวข้อ 2) แบบบันทึก Story Board 3) แผนการจัดการเรียนรู้ 4) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 5) แบบประเมินความเหมาะสม มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาตั้งแต่ 0.60-1.00 และ 6) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60-1.00 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.37-0.72 ค่าความยาก 0.20-0.48 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.86 การวิเคราะห์ข้อมูล คือ การวิเคราะห์เนื้อหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที่ ผลการวิจัย พบว่า ความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.87$, $S.D.=0.18$) ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม; รูปแบบ MIAP; ความเร็วรอบ; งานกลึง

¹ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

³ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* Corresponding author e-mail: metha.o@fte.kmutnb.ac.th

บทนำ

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2575 มุ่งเน้นให้การศึกษาที่มีคุณภาพและเข้าถึงได้อย่างเท่าเทียม พัฒนากำลังคนให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ที่ 3 ที่เน้นการพัฒนาศักยภาพทุกช่วงวัยและสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ (Ketkaew & Chamwichit, 2024) การศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญของประเทศ โดยการพัฒนาการศึกษาให้ทันสมัยและเสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีเป็นสิ่งจำเป็นในยุคดิจิทัล การเรียนรู้จะไม่ถูกจำกัดอยู่ในสถาบันการศึกษา เน้นพัฒนาทักษะตามความสนใจของผู้เรียนผ่านการใช้เทคโนโลยีใหม่ เช่น ความเป็นจริงเสริม ซึ่งช่วยสร้างประสบการณ์เรียนรู้ที่สมจริงและเฉพาะบุคคล (Sridam et al., 2024) และพัฒนากระบวนการเรียนการสอนโดยใช้เครือข่ายอินเทอร์เน็ต จึงทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารซึ่งกันและกัน ภายใต้สิ่งแวดล้อมที่สมบูรณ์ รวมถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่จัดทำขึ้น กระบวนการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงต้องประยุกต์รูปแบบการเรียนการสอน (Phetjan et al., 2023)

กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาช่างอุตสาหกรรมที่เน้นกิจกรรมการเรียนรู้ทางด้านปฏิบัติสอดคล้องกับด้านทฤษฎี คือ การเรียนรู้แบบ MIAP โดยมี 4 ขั้นตอนสำคัญ ประกอบด้วย 1) ขั้นสนใจปัญหา 2) ขั้นบอกกล่าว อธิบายรายละเอียดในการปฏิบัติ พร้อมสาธิตขั้นตอน 3) ขั้นพยายามให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงภายใต้การควบคุมเพื่อความปลอดภัย และ 4) ขั้นสำเร็จผล (Hutamarn, 2022) ขั้นตอนเหล่านี้สามารถเสริมด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในยุคดิจิทัล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ที่เสมือนจริงและเข้าถึงง่ายยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichailard and Sinthanakul (2017) วิจัยเรื่องการพัฒนาเว็บช่วยสอนบนระบบการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ตามแผนการสอน แบบฐานสมรรถนะร่วมกับการเรียนแบบผสมผสานโดยใช้กระบวนการ MIAP วิชาคอมพิวเตอร์กราฟิกและแอนิเมชัน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ Poopamonkaipob et al. (2020) วิจัยเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกระบวนการสอนแบบ MIAP ร่วมกับบทเรียนผ่านเครือข่ายเรื่องการออกแบบเงื่อนไขระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานกลึงเป็นกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานที่หลากหลาย สามารถสร้างชิ้นงานที่มีรูปทรงกระบอก ทรงกรวย หรือผิวโค้งต่าง ๆ ได้ตามต้องการ รวมถึงการกลึงปาดหน้า กลึงปลาย กลึงเรียว กลึงเกลียว และกลึงร่อง เพื่อให้ได้ความละเอียด และความแม่นยำสูง ด้วยการควบคุมขนาดที่แม่นยำ งานกลึงจึงมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมการผลิต และซ่อมบำรุง เป็นทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับช่างเทคนิคและวิศวกร และเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้ก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง (Ruksorn & Deepradit, 2019) กระบวนการขึ้นรูปชิ้นสัมพันธ์กับความเร็วรอบในงานกลึงส่งผลต่อคุณภาพ และประสิทธิภาพของการขึ้นรูปชิ้นงาน โดยเฉพาะในด้านความเรียบผิว และความแม่นยำของขนาด จากการศึกษาของ Kamnerdwam and Rawangwong (2022) พบว่า ความเร็วรอบเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเรียบผิวในกระบวนการกลึง การเลือกความเร็วรอบที่เหมาะสมจะช่วยลดการสั่นสะเทือนระหว่างมีดกลึงกับชิ้นงาน ส่งผลให้ได้ผิวชิ้นงานที่เรียบเนียน และมีความแม่นยำสูง Hantang et al. (2023) นอกจากนี้ ความเร็วรอบยังสัมพันธ์กับอายุการใช้งานของมีดกลึง หากใช้ความเร็วรอบที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้เกิดความร้อนสูงเกินไป ส่งผลให้มีดกลึงสึกหรอเร็ว และกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน การควบคุมความเร็วรอบจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพตามที่ต้องการ

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นการผสมผสานภาพจริงและภาพเสมือนในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งปัจจุบันถูกนำมาใช้ในวงการการศึกษาอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยเสริมการเรียนรู้ เพิ่มแรงจูงใจ ความสนใจ และพัฒนาความเข้าใจในบทเรียนของผู้เรียน (Pattanapipat & Meeusah, 2022) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนและสร้างเสริมประสบการณ์ของผู้เรียน เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ทำให้ผู้สอนสามารถมีวิธีการสอนแบบใหม่ ๆ ที่เป็นการแสดงภาพเสมือนจริง ซึ่งสามารถแสดงผลได้แบบทันทีทันใด และสร้างโอกาสใหม่สำหรับการออกแบบสภาพแวดล้อมของผู้เรียน (Chalermdit et al., 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sirapanuwat et al. (2022) เรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบผสมผสานโดยใช้ความเป็นจริงเสริมและการเรียนรู้การออกแบบนวัตกรรม เพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบเครื่องประดับเชิงสร้างสรรค์ของนักศึกษาในระดับปริญญาตรี พบว่า ผลคะแนนความสามารถในการออกแบบเครื่องประดับของนักศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ Chaimongkhon et al. (2020) วิจัยเรื่องเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม 2 มิติ: การตั้งศูนย์ชิ้นงานในงานกัดด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า แม้จะมีการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการศึกษาด้านช่างอุตสาหกรรมและมีการใช้รูปแบบการสอน MIAP แต่ยังไม่พบการบูรณาการร่วมกันในการส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องความเร็วรอบในงานกลึง ดังนั้น การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP จึงเป็นการบูรณาการนวัตกรรมการสอนที่นำเสนอภาพ 3 มิติแบบโต้ตอบได้ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสนใจปัญหา ขั้นศึกษาข้อมูล ขั้นพยายาม และขั้นสำเร็จผล เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะการเลือกใช้ความเร็วรอบ และความสามารถในการวิเคราะห์แก้ปัญหา ซึ่งจะสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เหมาะสมกับการพัฒนาทักษะด้านงานกลึงสำหรับนักศึกษาช่างอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP
3. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

สมมติฐานการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

การทบทวนวรรณกรรม

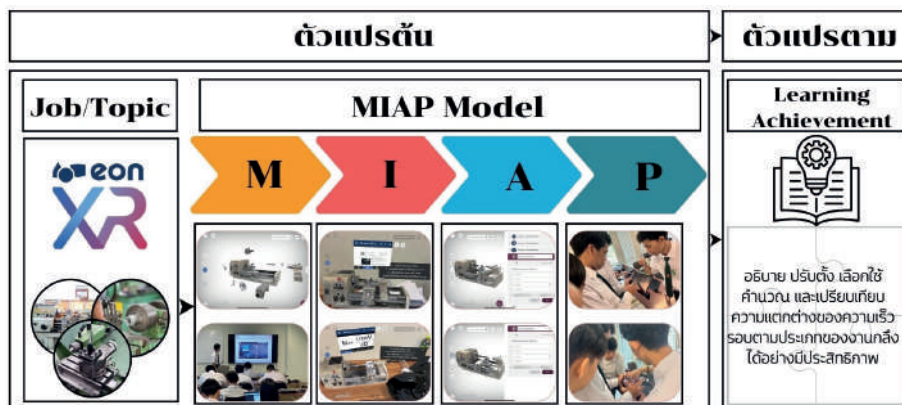
เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เป็นเทคโนโลยีที่ผสมผสานภาพหรือองค์ประกอบดิจิทัล เช่น ภาพสามมิติ เสียง และสื่อวิดีโอ ซ้อนทับบนภาพในโลกจริง (Doungu-tha & Reabsakul, 2024) โดยผู้ใช้งานสามารถมองผ่านอุปกรณ์ เช่น แว่นตา AR หรือสมาร์ทโฟนที่มีกล้อง เพื่อเห็นและโต้ตอบกับเนื้อหาเสริมที่ไม่ปรากฏอยู่จริงในพื้นที่ (Waiwanijchakij, 2018) ทั้งนี้ AR สามารถปรับแต่งเนื้อหาให้เป็นสองมิติ สามมิติ หรือแบบเคลื่อนไหว และกำหนดตำแหน่งได้ด้วยระบบ GPS ขึ้นอยู่กับการออกแบบสื่อ (Chalermdit et al., 2018)

กระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP คือ กิจกรรมของครูผู้สอนและผู้เรียนในกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจและระยะเวลาของบทเรียน การแบ่งระยะเวลาที่เหมาะสม รวมถึงวิธีการตรวจปรับผู้เรียนระหว่างการจัดการเรียนการสอน การเรียนรู้ของบุคคล ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนสำคัญ คือ ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากการสนใจปัญหา (Motivation) โดยใครที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ ให้สำเร็จ ขั้นตอนที่ 2 ตามด้วยการศึกษาหาข้อมูล (Information) ที่เพียงพอเหมาะสม เพื่อเป็นความรู้ ขั้นตอนที่ 3 ลงมือฝึกหัดแก้ปัญหา (Application) โดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ และขั้นตอนที่ 4 โดยจะต้องทราบผลการฝึกหัด

ความเร็วรอบในงานกลึง เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเรียบผิวในกระบวนการกลึง การเลือกความเร็วรอบที่เหมาะสมจะช่วยลดการสั่นสะเทือนระหว่างมีดกลึงกับชิ้นงาน ส่งผลให้ได้ผิวชิ้นงานที่เรียบเนียนและมีความแม่นยำสูง โดยหลักการความเร็วรอบในงานกลึงคือ จำนวนรอบที่ชิ้นงานหมุนต่อหนึ่งนาที (Revolutions Per Minute: RPM) (Khandey, 2009)

กรอบแนวคิด

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดดังนี้ หลักการวิเคราะห์งาน/หัวข้อ ตามแนวคิดของ Promchun (2007) การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ตามแนวคิดของ Waiwanijchakij (2018); Chalermdit et al. (2018); Doungu-tha and Reabsakul (2024) และในแนวคิดกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP (Sirisukphaiboon, 2006) คณะผู้วิจัยจึงกำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) คณะผู้วิจัยได้ กำหนดขั้นตอนการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง

เป็นการศึกษาจากแหล่งข้อมูล เอกสารงานวิจัยตำรา เกี่ยวกับความเร็วรอบในงานกลึง และหลักการ พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบบันทึกการวิเคราะห์งาน/ หัวข้อ และแบบบันทึก Story Board ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน เพื่อ ตรวจสอบความเหมาะสม และความถูกต้อง พบว่า ทุกประเด็นมีความเหมาะสมถูกต้อง การเก็บรวบรวม ข้อมูลโดยผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัยตำรา พร้อมบันทึกข้อมูลลงในเครื่องมือ และวิเคราะห์ข้อมูลโดย การวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการ เรียนรู้แบบ MIAP ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนย่อยดังนี้

ขั้นตอนย่อยที่ 2.1 พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ แหล่งข้อมูล เอกสารงานวิจัยตำรา เกี่ยวกับการ จัดการเรียนรู้รูปแบบ MIAP และข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 มีกระบวนการพัฒนาดังนี้ 1) ศึกษาเอกสาร งานวิจัยตำรา 2) กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเรื่องความเร็วรอบในงานกลึง 3) สร้างแผนการจัดการ เรียนรู้ตามกระบวนการเรียนรู้รูปแบบ MIAP ประกอบด้วย 3.1) แผนการสอน 3.2) ใบเนื้อหา 3.3) แบบฝึกหัด 3.4) ใบเฉลยแบบฝึกหัด 3.5) แบบบันทึกคะแนน และ 3.6) แบบบันทึกหลังแผน การสอน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และ ความถูกต้อง พบว่า ทุกประเด็นมีความเหมาะสมถูกต้อง

ขั้นตอนย่อยที่ 2.2 กระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงาน กลึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม การพัฒนานี้อิงข้อมูล จากขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนย่อยที่ 2.1 ซึ่งมีการศึกษาทั้งในด้านข้อมูลพื้นฐาน และแนวทางเชิง พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการตั้งค่าความเร็วรอบกระบวนการพัฒนาแบ่งออกเป็นขั้นตอนสำคัญ ดังภาพที่ 2



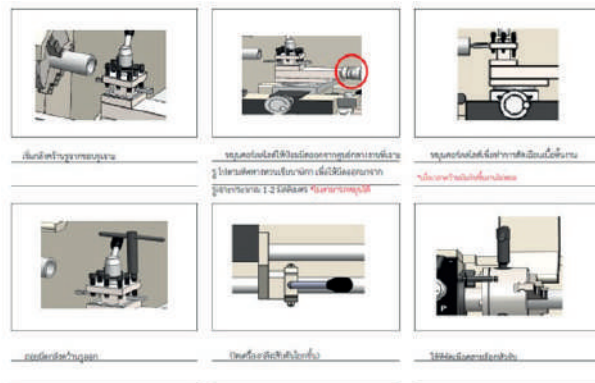
ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง

โดยมีรายละเอียดกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง แต่ละขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนศึกษาข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1.1) ศึกษาข้อมูลจากทฤษฎีแนวคิด งานวิจัยเกี่ยวกับความเร็วรอบในงานกลึง และโปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR และ 1.2) กำหนดขอบเขตในการพัฒนารอบความเร็วรอบในงานกลึง และโปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR โดยใช้ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1

2) ขั้นตอนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 2.1) ศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พ.ศ. 2562 2.2) ศึกษาเนื้อหาความเร็วรอบในงานกลึง และ 2.3) กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง โดยใช้ข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนย่อยที่ 2.2

3) ขั้นตอนการสร้าง Story Board เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 3.1) นำข้อมูลในขั้นตอนศึกษาข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR และขั้นตอนศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดกรอบการสร้าง Story Board 3.2) กำหนดลำดับขั้นตอนของการนำเสนอเนื้อหาเรียงลำดับความสำคัญของเนื้อหา และ 3.3) สร้าง Story Board เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ดังภาพที่ 3



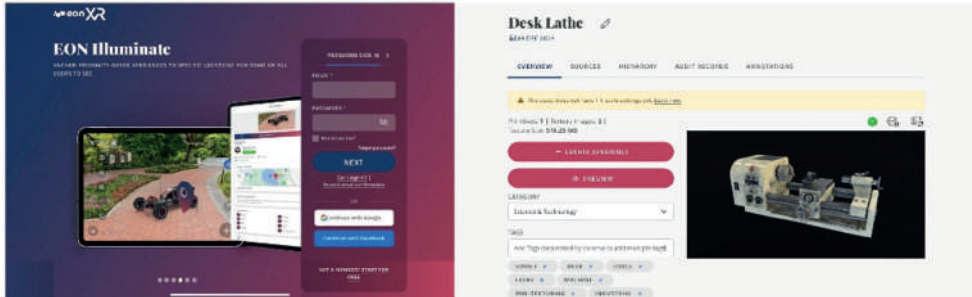
ภาพที่ 3 ตัวอย่างขั้นตอนการออกแบบสร้าง Story Board เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง

4) ขั้นตอนสร้างภาพ 3 มิติ ตามโครงสร้าง Story Board โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 4.1) ศึกษาข้อมูลขั้นตอนการสร้าง Story Board และ 4.2) สร้างโมเดล 3 มิติ ใส่พื้นผิว และลงละเอียดสี ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การสร้างภาพ 3 มิติ ตามโครงสร้าง Story Board

5) ขั้นตอนการสร้างเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 5.1) การสมัครและเข้าสู่ระบบ 5.2) เลือกประเภทของเนื้อหา 5.3) อัปโหลดโมเดล 3 มิติ 5.4) เพิ่มปฏิสัมพันธ์ 5.5) ทดสอบและปรับแต่ง และ 5.6) เผยแพร่เนื้อหา ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการสร้างเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR

ขั้นตอนย่อยที่ 2.3 พัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง

แหล่งข้อมูลผลการศึกษาในขั้นตอนย่อยที่ 2.1 นำมาเป็นกรอบในการพัฒนาแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้ 1) ศึกษาจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เรื่องความเร็วรอบในงานกลึง 2) สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ (Test Blueprint) ในระดับพฤติกรรม การเรียนรู้ ขั้นเข้าใจ ขั้นนำไปใช้ ขั้นวิเคราะห์ และขั้นประเมินค่า 3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ จำนวน 40 ข้อ 4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ค่าดัชนีความสอดคล้อง มีค่าอยู่ที่ 0.60-1.00 ทุกข้อ 5) จัดชุดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน 7) นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ หาค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.37- 0.72 ค่าความยาก 0.20-0.48 ค่าความเชื่อมั่น ทั้งฉบับ 0.86 8) คณะผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบที่เหมาะสมที่สุดจาก 40 ข้อ เหลือเพียง 30 ข้อ เพื่อใช้ทดลองในครั้งนี้ และ 9) จัดชุดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

กลุ่มผู้ให้ข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง มีรายละเอียดดังนี้ วุฒិการศึกษาระดับปริญญาเอกขึ้นไป กลุ่มที่ 1 สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน จำนวน 5 คน กลุ่มที่ 2 สาขาวิชาการวัดและประเมินผล จำนวน 3 คน กลุ่มที่ 3 สาขาวิชาวิจัยและพัฒนาหลักสูตร จำนวน 2 คน และกลุ่มที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม จำนวน 5 คน รวมจำนวนทั้งหมด 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP เป็นแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาทุกข้อตั้งแต่ 0.60-1.00 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการส่งแบบประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ โดยประสานและนัดหมายวันและเวลาเพื่อจัดส่งเอกสารทางไปรษณีย์ การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

กลุ่มทดลอง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่เรียน เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ผ่านมาแล้ว ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 40 คน เป็นไปตามเงื่อนไขของการหาประสิทธิภาพ (Brahmawong, 2013) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) จำนวน 3 คน กลุ่มทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม (1:10) จำนวน 9 คน กลุ่มทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) จำนวน 28 คน ทุกกลุ่มทดลองจัดแบบคะแนนความสามารถ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย 1) แผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้ 2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ผลการทดลอง พบว่า 4.1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว เท่ากับ 54.44/52.22 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลการสังเกตการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า การเข้าถึงการใช้งานไม่ชัดเจน เมนูการเข้าใช้งานมีรายละเอียดที่ไม่ชัดเจน การเรียงลำดับเนื้อหายังไม่สอดคล้องกับเรื่องที่จะนำเสนอในงาน แบบฝึกหัดไม่ถูกจัดเรียงอย่างเป็นระบบที่ชัดเจน ข้อคำถามไม่ชัด 4.2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เท่ากับ 70.73/68.53 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลการสังเกตการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า หลังการปรับปรุงแล้วมีความชัดเจน ผู้ใช้เข้าถึงได้ง่าย และน่าสนใจ เมนูต่าง ๆ ชัดเจน อธิบายตามลำดับของเนื้อหาได้เหมาะสม ข้อคำถามชัดเจน เข้าใจง่ายไม่ต้องอธิบายเพิ่ม แต่ภาพบางภาพเบลอไม่ชัดเจนทำให้ผู้เรียนสับสน และ 4.3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม เท่ากับ 80.78/82.11 ผลการสังเกตการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม พบว่า มีความชัดเจน ผู้ใช้เข้าถึงได้ง่าย และน่าสนใจ เมนูต่าง ๆ ชัดเจน ภาพคมชัด และอธิบายตามลำดับของเนื้อหาได้อย่างเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 5 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 380 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตและอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 30 คน ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ข้อมูลในขั้นตอนที่ 2 ประกอบด้วย 1) แผนพัฒนาการจัดการเรียนรู้ 2) เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบ One-shot Case Study ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 การวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (T-test for One Sample) ดังตัวอย่างภาพที่ 6 ถึงภาพที่ 9



ภาพที่ 6 กิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบ MIAP



ภาพที่ 7 ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจัดการร่วมกับการเรียนรู้รูปแบบ MIAP



ภาพที่ 8 ภาพแยกส่วนเครื่องกลึงในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

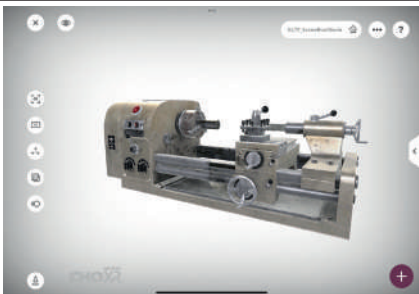


ภาพที่ 9 เนื้อหารายละเอียดของเครื่องกลึงในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

ผลการวิจัย

การพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ร่วมกับการเรียนรู้รูปแบบ MIAP เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาช่างอุตสาหกรรม คณะผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยตามรายละเอียดดังนี้

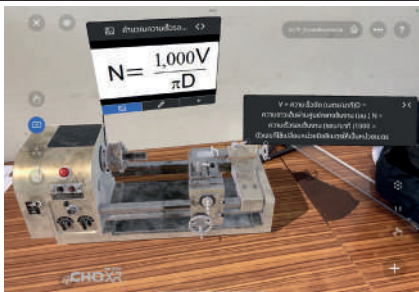
1) ผลการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ภาพประเด็นกระบวนการ	กระบวนการ
	ขั้นสนใจปัญหา ทำความเข้าใจเกี่ยวกับงานกลึง กระบวนการขึ้นรูปชิ้นงานลักษณะของงานกลึงต่าง ๆ ลักษณะของชิ้นงาน ผ่านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ด้วยโปรแกรม EON-XR สามารถหมุนภาพได้ 360 องศา โดยมีครูผู้สอนให้คำแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ

ภาพที่ 10 เครื่องกลึงในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

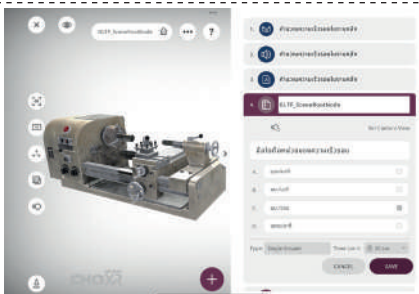
ภาพประเด็นกระบวนการ

กระบวนการ



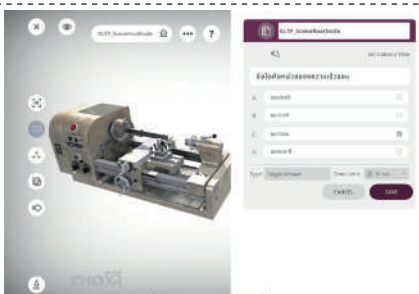
ขั้นศึกษาข้อมูล เนื้อหาในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ให้ผู้เรียนศึกษารายละเอียดของความเร็วรอบในงานกลึง ศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วรอบ ลักษณะของชิ้นงาน และลักษณะของมีดกลึง ที่มาของความเร็วรอบจำนวนรอบที่ชิ้นงานหมุนต่อหนึ่งนาที ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ โดยมีครูผู้สอนให้คำแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ

ภาพที่ 11 เนื้อหาในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ขั้นพยายาม แบบฝึกหัดในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ให้ผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัดผ่านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อทบทวนองค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วรอบ ลักษณะของชิ้นงาน และลักษณะของมีดกลึง ที่มาของความเร็วรอบ โดยมีครูผู้สอนให้คำแนะนำรายละเอียดต่าง ๆ

ภาพที่ 12 แบบฝึกหัดในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



ขั้นสำเร็จผล แบบทดสอบในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ขั้นตอนนี้เป็น การสรุปองค์ความรู้ของผู้เรียน เป็นการประเมินผลผู้เรียนขั้นสุดท้าย เพื่อประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียน

ภาพที่ 13 แบบทดสอบในเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

2) ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่องความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่องความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ภาพรวม (n=15)

รายการ	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\bar{X}$	S.D.	
1. ด้านเนื้อหาและการดำเนินเรื่อง	4.85	0.21	มากที่สุด
2. ด้านการใช้ประโยชน์จากสื่อและความสะดวกการเข้าถึง	4.83	0.24	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม	4.92	0.12	มากที่สุด
ภาพรวม	4.87	0.18	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ภาพรวม พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.87$, $S.D.=0.18$)

3) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

คะแนน	จำนวนนักเรียน	คะแนน		%	เกณฑ์ที่กำหนด
		คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
ระหว่างเรียน (E_1)	30	30	24.23	80.78	80
หลังเรียน (E_2)		30	24.63	82.11	80

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP พบว่า ประสิทธิภาพของ E_1 มีค่าเท่ากับ 80.78 และประสิทธิภาพของ E_2 มีค่าเท่ากับ 82.11 พบว่า ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	p-value*
	30	25.33	2.10	3.467	29	0.002

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP จำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 25.33 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.10 พบว่า นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t=3.467$, $df=29$, $p=0.002$)

สรุปและอภิปรายผล

1) ผลการประเมินความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP พบว่า มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.87$, $S.D.=0.18$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการออกแบบเทคโนโลยี

ความเป็นจริงเสริม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.92$, $S.D.=0.12$) รองลงมา คือ ด้านเนื้อหา และการดำเนินเรื่องมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.85$, $S.D.=0.21$) และด้านการใช้ประโยชน์จากสื่อและความสะดวกการเข้าถึงอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}=4.83$, $S.D.=0.24$) ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากผู้วิจัยได้พัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และการจัดการเรียนรู้แบบ MIAP เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ โดยเน้นการออกแบบที่ส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียน นอกจากนี้ ยังได้พัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP ที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าถึงสื่อและเนื้อหาสะดวกและรวดเร็วขึ้น การพัฒนานี้ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถทบทวนและฝึกฝนได้ตามจังหวะการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Pattanapipat and Meeusah (2022) ที่พัฒนาสื่อการเรียนรู้โดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อส่งเสริมการคิดเชิงสร้างสรรค์ พบว่า การออกแบบที่มีความชัดเจนและส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ดีเช่นกัน และยิ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chalermdit et al. (2018) ที่พบว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม สามารถเพิ่มความน่าสนใจและช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ดี โดยเฉพาะเมื่อใช้ร่วมกับการเรียนรู้ในยุค 4.0 ซึ่งเน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและเทคโนโลยี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichailard and Sinthanakul (2017) พบว่า การพัฒนาการเรียนการสอนบนระบบการจัดการเรียนรู้ ร่วมกับกระบวนการ MIAP ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกและส่งต่อการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลิ้ง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP พบว่า ประสิทธิภาพของ E_1 มีค่าเท่ากับ 80.78 และประสิทธิภาพของ E_2 มีค่าเท่ากับ 82.11 พบว่า ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลิ้ง ร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ที่คณะผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 อาจเนื่องมาจากการออกแบบและพัฒนาสื่อที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเนื้อหาอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattanapipat and Meeusah (2022) ที่ระบุว่าพัฒนาสื่อการเรียนรู้ด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ช่วยเพิ่มการเข้าใจเนื้อหาได้ดี โดยเฉพาะในหัวข้อที่ซับซ้อน เนื่องจากผู้เรียนสามารถเห็นภาพและจำลองสถานการณ์จริงได้ การออกแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นทำให้กระบวนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (E_1) เนื่องจากผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้และทักษะได้ทันทีผ่านการทดลองเสมือนจริง อีกทั้งการใช้ MIAP ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบเป็นขั้นตอนอย่างมีระบบ มีบทบาทสำคัญในการทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นระเบียบและชัดเจน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Poopamonkaipob et al. (2020) ที่แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านกระบวนการ MIAP ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ที่เป็นระบบนี้ทำให้ผู้เรียนสามารถจดจำและนำความรู้ไปใช้ในงานกลิ้งได้อย่างแม่นยำ ทำให้ผลลัพธ์ของการเรียน (E_2) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด นอกจากนี้ การที่ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ได้สะดวก ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้กระบวนการเรียนรู้เป็นไปอย่างราบรื่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichailard and Sinthanakul (2017) กล่าวว่า การผสมผสานเทคโนโลยีเข้ากับระบบการจัดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนมีความคล่องตัวในการเข้าถึงข้อมูล ส่งผลให้เกิดการทบทวนเนื้อหาได้อย่างต่อเนื่อง การทบทวนเนื้อหาและฝึกฝนทักษะอย่างต่อเนื่องผ่านการเข้าถึงสื่ออย่างสะดวกนี้ เป็นเหตุผลที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้สูงขึ้น จนถึงระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

3) ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหลังการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เรื่อง ความเร็วรอบในงานกลึงร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t=3.467$, $df=29$, $p=0.002$) อาจเนื่องมาจากการมีส่วนร่วมของนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นจากการใช้เทคโนโลยี AR ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถโต้ตอบกับเนื้อหาและเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Pattana-pipat and Meeusah (2022) กล่าวว่า การมีส่วนร่วมที่มากขึ้นนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ได้ดี นอกจากนี้ กระบวนการ MIAP ที่มีลักษณะการเรียนรู้เป็นขั้นตอนยังช่วยให้นักศึกษาเชื่อมโยงความรู้และการปฏิบัติได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Poopamonkaipob et al. (2020) พบว่า การเรียนรู้แบบ MIAP ร่วมกับเทคโนโลยี ความเป็นจริงเสริมช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การที่นักศึกษาสามารถทบทวนและฝึกฝนเนื้อหาผ่านระบบการจัดการเรียนรู้ได้อย่างสะดวกยังเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พวกเขาสามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องและยืดหยุ่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichailard and Sinthanakul (2017) กล่าวว่า การเข้าถึงข้อมูลที่สะดวกมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ข้อเสนอแนะ

1. ผู้สอนควรจัดเตรียมความพร้อมของอุปกรณ์และระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้มีความเสถียรเนื่องจากการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ต้องอาศัยการเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาและมีปฏิสัมพันธ์กับสื่อได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ติดขัดซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
2. ควรศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมร่วมกับการเรียนรู้แบบ MIAP ในรายวิชาปฏิบัติอื่นของสาขาช่างอุตสาหกรรม โดยศึกษาตัวแปรเพิ่มเติมเกี่ยวกับทักษะการปฏิบัติงานเพื่อวัดประสิทธิผลของการใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ในการพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานจริงของผู้เรียน นอกเหนือจากการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญที่เสียสละเวลาในการตรวจสอบเครื่องมือทุกขั้นตอน และบริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) ที่มอบลิขสิทธิ์ การใช้โปรแกรมสำเร็จรูป EON-XR ในความร่วมมือระหว่างคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม กับบริษัท ช ทวี จำกัด (มหาชน) และคณะผู้วิจัยจากทุกมหาวิทยาลัยในการรังสรรค์ผลงานวิจัยที่ทรงคุณค่าครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Brahmawong, C. (2013). Developmental testing of media and instructional package. Silpakorn Educational Research Journal, 5(1), 7-20. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/suedurea-searchjournal/article/view/28419> [in Thai]
- Chaimongkhon, N., Oungthong, M., & Sripadit, A. (2020). 2-dimensional augmented reality technology: Milling workpiece alignment using automated machine. Journal of Industrial Education, 19(2), 80-89. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/240769> [in Thai]

- Chalermdit, J., Wittayakhom, N., & Jeerungsuwan, N. (2018). Challenges on augmented reality for education 4.0. *Journal of Education Naresuan University*, 20(2), 266-279. https://so06.tci-thaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/72605 [in Thai]
- Doungu-tha, C., & Reabsakul, D. (2024). Creating 3D model for augmented reality case study museum of King Naresuan the great history hall. *Art and Architecture Journal Naresuan University*, 15(1), 212-229. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ajnu/article/view/268164> [in Thai]
- Hantang, S., Khanthirat, W., Lawong, A., Warorot, W., & Sudsuansee, T. (2023). Optimizing the surface roughness of ST37 steel using CNC turning machinery through the Taguchi technique. *Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, 1(5), 27-39. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/JEIT/article/view/1115> [in Thai]
- Hutamarn, S. (2022). The effect of using MIAP learning model with demonstration set and simulation to promote learning on electric drive and servo system subject. *Journal of Education Khon Kaen University*, 45(1), 32-43. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/EDKKUJ/article/view/252062> [in Thai]
- Kamnerdwam, A. T., & Rawangwong, S. (2022). Application of box-behnken experimental design with response surface methodology for prediction of surface roughness in boring turning of carbon steel grade S45C. *Pathumwan Academic Journal*, 12(34), 1-19. <https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/pitjournal/article/view/974> [in Thai]
- Ketkaew, P., & Chamwichit, N. (2024). Knowledge management model using social network to enhance potential of educational innovation for teachers in health and physical education learning area under the Trang-Krabi secondary educational service area office. *Journal of Education and Innovative Learning*, 4(1), 129-143. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jeil/article/view/267350> [in Thai]
- Khandey, U. (2009). Optimization of surface roughness, material removal rate and cutting tool flank wear in turning using extended Taguchi approach [Master's thesis, National Institute of Technology Rourkela]. http://ethesis.nitrkl.ac.in/1378/1/Optimization_of_Surface_Roughness%2C_Material_Removal_Rate_and_Cutting_Tool_Flank_Wear_In_Turning_Using_Extended_Taguchi_Approach.pdf
- Pattanapipat, B., & Meeusah, N. (2022). The development of instructional media to promote creativity in the creation of digital media with augmented reality technology. *Silpakorn University Journal*, 42(1), 15-30. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sujthai/article/view/254827> [in Thai]
- Phetjan, P., Buaklay, N., Sumim, S., & Oungthong, M. (2023). Development of an instructional package on construction materials by using board games and the MIAP learning process to enhance students' achievements. *Journal of Industrial Education*, 22(3), 1-14. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/252125> [in Thai]
- Poopamonkaipob, K., Tuntinongwanich, S., & Tungkunan, P. (2020). Achievement with MIAP teaching method via web-based instruction on conditions design for certificate level. *Journal of Industrial Education*, 19(2), 111-118. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/240276> [in Thai]
- Promchun, S. (2007). Teaching techniques for technical subjects. King Mongkut's University of Technology North Bangkok Printing. [in Thai]
- Ruksorn, P., & Deepradit, S. (2019). The prediction of surface roughness in the S45C medium carbon steel turning process by using response surface methodology. *Thai Journal of Operations Research*, 7(2), 13-19. <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/TJOR/article/view/195475> [in Thai]

- Sirapanuwat, N., Satiman, A., Thammetar, T., & Ruangrit, N. (2022). The development of a blended instructional model using augmented reality and innovative design based learning to enhance undergraduate students' ability in creative jewelry design. *Journal of Information and Learning*, 33(3), 12-21. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jil/article/view/257918> [in Thai]
- Sirisukphaiboon, S. (2006). Teaching techniques and methods for vocational education MIAP. King Mongkut's University of Technology North Bangkok Printing. [in Thai]
- Srichailard, U., & Sinthanakul, K. (2017). The development of web-based instruction on a learning management system for a competency-based lesson plan with blended learning and MIAP process for a computer graphics and animation course. *Journal of Industrial Education*, 16(3), 83-91. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/JIE/article/view/129105> [in Thai]
- Sridam, I., Sangkharam, P., & Ittipongse, A. (2024). The role of artificial intelligence technology in higher education institutions. *Journal of Education and Innovative Learning*, 4(1), 145-159. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/jeil/article/view/266447> [in Thai]
- Waiwanijchakij, P. (2018). The study of virtual reality and augmented reality technology – impact with 5G mobile network. *Journal of Digital Communications*, 2(1), 153-172. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/NBTC_Journal/article/view/148550 [in Thai]