แนวปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิต ในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Best Practices for Implementing Outdoor STEM Education with Micro:bit to Promote Creativity and Innovation among Upper Secondary School Students

พูลพิพัฒน์ ผงผานอก[1], ศศิเทพ ปิติพรเทพิน[2] และ *สมศักดิ์ เตชะโกสิต[3]*
นิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[1]
อาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2]
อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์, โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์[3]
poonpipat.ph@ku.th[1], fedustp@ku.ac.th[2], techakosit@gmail.com[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิต เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน และแบบบันทึกข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ด้วยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) คัดเลือกรายการที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป พบว่ามีค่า IOC เฉลี่ยเท่ากับ 0.83, 0.85 และ 0.86 ข้อมูลถูกรวบรวมและวิเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยวิธีอุปนัย

ผลการวิจัยพบว่า แนวปฏิบัติที่ดี ได้แก่ 1) การใช้บริบทจริงร่วมกับการสำรวจปัญหาอย่างเป็นระบบ 2) การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมบนฐานข้อมูลจริง และ 3) การส่งเสริมการทดลอง การทำงานร่วมกัน และการปรับปรุงนวัตกรรมด้วยไมโครบิตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนให้สามารถแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับบริบทจริง

คำสำคัญ: สะเต็มศึกษานอกห้องเรียน ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ไมโครบิต

Abstract

This classroom action research aimed to identify best practices in learning management based on Outdoor STEM Education integrated with micro:bit to enhance creativity and innovation among upper secondary school students. The target group consisted of 33 Grade 12 students in the second semester of the 2025 academic year, selected through purposive sampling. The research instruments included three lesson plans based on Outdoor STEM Education, teaching reflection records, students' reflective journals, and peer feedback records. The lesson plans were validated for content validity by three experts using the Index of Item-Objective Congruence (IOC). Items with IOC values of 0.67 and above were selected. The results indicated that the three lesson plans had IOC values ranging from 0.67 to 1.00, with average values of 0.83, 0.85, and 0.86, respectively.

Data were collected and analyzed qualitatively using inductive analysis. The findings revealed that best practices in implementing Outdoor STEM Education with micro:bit to promote students' creativity and innovation include: (1) using real-world contexts combined with systematic problem exploration, (2) applying the engineering design process based on real data to develop innovative designs, and (3) encouraging hands-on experimentation, collaboration, and continuous improvement of innovations using micro:bit in authentic contexts. These practices contributed to the continuous development of students' creativity and innovation, enabling them to design solutions that are relevant to real-world contexts.

Keywords: Outdoor STEM Education, Creativity and Innovation, micro:bit

บทนำ

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ถือเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากโลกปัจจุบันเผชิญกับความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคม การจัดการศึกษาในยุคใหม่จึงต้องมุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะและทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและการทำงานในอนาคต โดยเฉพาะความสามารถในการคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ และการสร้างนวัตกรรม ซึ่งเป็นทักษะที่ตลาดแรงงานโลกให้ความสำคัญอย่างต่อเนื่อง (World Economic Forum, 2023) นอกจากนี้ ข้อมูลด้านเศรษฐกิจสร้างสรรค์ยังสะท้อนให้เห็นว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นทุนมนุษย์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างชัดเจน (UNCTAD, 2008)

ในบริบทของประเทศไทย นโยบายระดับชาติได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง ทั้งในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ และยุทธศาสตร์ Thailand 4.0 รวมถึง

แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์, 2565; สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับกรอบ Partnership for 21st Century Learning ที่ระบุว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียน (P21, 2007) อย่างไรก็ตาม ผลการประเมินระดับนานาชาติยังสะท้อนข้อจำกัดของผู้เรียนไทย โดยคะแนน PISA ของประเทศไทยยังต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และระดับความสามารถด้านนวัตกรรมของประเทศยังอยู่ในระดับปานกลาง (OECD, 2023; WIPO, 2023)

ในระดับการจัดการเรียนรู้ งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าการเรียนการสอนในโรงเรียนไทยยังคงเน้นการบรรยายและการวัดผลแบบเดิม ซึ่งไม่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (วิจารณ์ พานิช, 2555; สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2563) ผู้เรียนจำนวนไม่น้อยยังขาดความมั่นใจในการแสดงความคิดเห็นและมีแนวโน้มพึ่งพาผู้อื่นในการเรียนรู้ (มัชฌิมา เส็งเล็ก และคณะ, 2564) ขณะเดียวกัน ปัจจัยที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง และการได้รับโอกาสในการคิดอย่างอิสระ (Onnitca & Kotchaporn, 2020; พุธิตา ชนาพงษ์จาร และคณะ, 2567)

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้รับการยอมรับว่าเป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาในรูปแบบที่จำกัดอยู่ภายในห้องเรียนยังมีข้อจำกัด เนื่องจากขาดการเชื่อมโยงกับบริบทจริงของผู้เรียน (Pitiporntapin et al., 2023) ดังนั้น แนวคิดการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์และการเรียนรู้นอกห้องเรียนจึงได้รับความสนใจ เนื่องจากช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ดียิ่งขึ้น (McComas, 2014; Crompton, 2020)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษานอกห้องเรียน (Outdoor STEM Education) จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการพัฒนาผู้เรียน เนื่องจากเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาจริง เรียนรู้จากสิ่งแวดล้อม และสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ (Christenson & Wighting, 2022; Hughes, 2023) ควบคู่กับการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งช่วยส่งเสริมการคิดอย่างเป็นระบบและการสร้างนวัตกรรม (Grubbs & Strimel, 2015; TeachEngineering, 2018) นอกจากนี้ เทคโนโลยีไมโครบิต (micro:bit) เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบและสร้างชิ้นงานนวัตกรรมจริง งานวิจัยในต่างประเทศ เช่น โครงการ BBC micro:bit แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถส่งเสริมทัศนคติและความสนใจด้านเทคโนโลยีของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ (BBC, 2017) อย่างไรก็ตาม งานทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังมีการศึกษาที่บูรณาการไมโครบิตกับการเรียนรู้สะเต็มศึกษานอกห้องเรียนในจำนวนจำกัด (Mardian & Azzahra, 2024)

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิต เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นแนวทางในการพัฒนาและสังเคราะห์แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาใน

บริบทจริง ลงมือปฏิบัติ ทดลอง และพัฒนาชิ้นงานนวัตกรรมอย่างต่อเนื่องภายใต้กรอบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผลจากการวิจัยคาดว่าจะนำไปสู่การได้แนวปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทจริงของผู้เรียน และตอบสนองต่อความต้องการในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อระบุแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิตที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิต หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองและพัฒนาในวงจรการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน และแสดงให้เห็นว่าสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพแนวปฏิบัติดังกล่าวได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงอุปนัย โดยอาศัยข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ข้อเสนอแนะจากผู้ร่วมวิพากษ์ สื่อบันทึกภาพและเสียง รวมถึงผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงคุณภาพที่วัตถุประสงค์ เพื่อระบุแนวปฏิบัติที่ดีที่สุดของการจัดการเขียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิตที่ช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis nad McTaggart (2007) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 วงจร แต่ละวงจรจะมีจำนวน 1 แผนการจัดกาเรียนรู้ ใช้เวลาแผนการจัดการเรียนรู้ละ 4 คาบ คาบละ 50 นาที รวม 6 สัปดาห์ มีขั้นตอนดำเนินงานทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นลงมือปฏิบัติ (Act) 3) ขั้นสังเกต (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติงาน (Reflect) โดยในแต่ละวงจรประกอบไปด้วยรายละเอียด ดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยวิเคราะห์หลักสูตร บริบท และความต้องการของผู้เรียน เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์และการพัฒนานวัตกรรม ผ่านกิจกรรม 3 เรื่อง ได้แก่ ระบบให้น้ำอัตโนมัติ การวัดปริมาณแสง และระบบเตือนภัยในแปลงเกษตร โดยใช้ไมโครบิตเป็นเครื่องมือหลัก

ขั้นลงมือปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยนำแผนไปใช้จริงในรายวิชาชุมนุม โดยเน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การทำงานเป็นกลุ่ม และการสร้างชิ้นงานจริง เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน

ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรม บันทึกภาคสนาม อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน สื่อภาพและเสียง รวมถึงข้อเสนอแนะจากผู้ร่วมวิพากษ์ โดยมุ่งวิเคราะห์พัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกัน และการแก้ปัญหา

ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติงาน (Reflect) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากหลายแหล่งเพื่อประเมินผลการจัดกิจกรรม ระบุจุดเด่น ข้อจำกัด และแนวทางปรับปรุง เช่น การเพิ่มเวลาอภิปราย การเสริมสื่อการเรียนรู้ และการสนับสนุนการทำงานเป็นทีม

ต่อมามีการนำผลที่ได้จากวงจรที่ 1 ไปใช้ต่อในวงจรที่ 2 จากนั้นนำผลที่ได้จากวงจรที่ 2 ไปใช่ต่อในวงจรที่ 3 อย่างต่อเนื่อง จนกว่าจะบรรลุวัตถุประสงค์ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนเอกชนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากรุงเทพมหานคร เขต 2 ภายใต้สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน (สช.) กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเรียนในรายวิชาชุมนุม จำนวน 33 คน ประกอบด้วยนักเรียนหญิง 13 คน และนักเรียนชาย 20 คน โดยมีความสามารถหลากหลาย การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาจากความรับผิดชอบของผู้วิจัยในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชุมนุม และความสมัครใจของนักเรียนในการเข้าร่วมกิจกรรม ผู้วิจัยสามารถติดตามพฤติกรรมและผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างใกล้ชิดตลอดกระบวนการวิจัย ทั้งนี้ การอ้างอิงนักเรียนรายบุคคลใช้สัญลักษณ์ A ตามด้วยหมายเลข 01–33 (เช่น A01–A33) เพื่อคุ้มครองสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

เนื้อหา

กำหนดแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน ใช้เวลาเรียนรวม 12 คาบ คาบละ 50 นาที โดยกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 1) ระบบให้น้ำอัตโนมัติในสวนโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนออกแบบและสร้างระบบควบคุมน้ำโดยใช้ไมโครบิต 2) การวัดปริมาณแสงในสวนเกษตรโรงเรียน เพื่อให้นักเรียนใช้เซนเซอร์แสงของไมโครบิตในการตรวจวัดและวิเคราะห์สภาพแวดล้อม และ 3) ระบบเตือนเมื่อมีคนเข้าใกล้เขตปลูกผัก เพื่อให้นักเรียนออกแบบระบบแจ้งเตือนโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหว กิจกรรมทั้งหมดมุ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง และสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

เครื่องมือการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ออกแบบและใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิต เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน เครื่องมือประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แผนละ 4 คาบ ได้แก่

กิจกรรมระบบให้น้ำอัตโนมัติ การวัดปริมาณแสง และระบบเตือนภัยในแปลงเกษตร ซึ่งออกแบบตามแนวทางสะเต็มศึกษาและกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แผนการจัดการเรียนรู้ได้รับการตรวจสอบความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ด้วยดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยคัดเลือกรายการที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป (Rovinelli & Hambleton, 1977) ผลการประเมินพบว่าแผนทั้ง 3 แผนมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และมีค่าเฉลี่ย 0.83, 0.85 และ 0.86 แสดงว่าแผนมีความเหมาะสมในการนำไปใช้

การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย การบันทึกวิดีทัศน์ และบันทึกของเพื่อนผู้วิพากษ์ เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ พฤติกรรมของผู้เรียน และความเหมาะสมของกิจกรรม อันช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ข้อมูลที่ได้ถูกวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Inductive Analysis) ผ่านการจัดหมวดหมู่ การเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่ง และการสังเคราะห์ข้อค้นพบ เพื่อระบุแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยพบแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

แนวปฏิบัติที่ดีที่ 1 การใช้บริบทจริงร่วมกับการสำรวจปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน

ในวงจรที่ 1 การจัดกิจกรรมมุ่งเน้นให้นักเรียนลงพื้นที่สำรวจสวนของโรงเรียนเพื่อระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบการให้น้ำ โดยใช้กรอบคำถาม 5W1H เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนมีความตื่นตัวและให้ความสนใจต่อการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อได้เรียนรู้จากสถานการณ์จริง ดังสะท้อนจากอนุทินของนักเรียนที่ระบุว่า “วันนี้รู้สึกตื่นเต้นเพราะได้ออกไปเรียนที่สวนของโรงเรียนจริง ๆ” (A02) และ “การสำรวจของจริงช่วยให้เห็นปัญหาชัดกว่าการดูภาพหรือคลิป” (A17) ขณะเดียวกัน ข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์และบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ยังสะท้อนสอดคล้องกันว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่านักเรียนจะสามารถรับรู้ปัญหาได้จากบริบทจริง แต่ยังพบว่านักเรียนบางกลุ่มระบุปัญหาในลักษณะกว้าง และยังไม่สามารถเชื่อมโยงปัญหากับการใช้เทคโนโลยีได้อย่างชัดเจน ดังที่ผู้ร่วมวิพากษ์สะท้อนว่า นักเรียนยังมองปัญหาในระดับกว้างและขาดการเชื่อมโยงกับแนวทางการใช้เทคโนโลยีอย่างตรงจุด ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่า แม้บริบทจริงจะช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ได้ดี แต่หากขาดโครงสร้างในการสำรวจอย่างเป็นระบบ นักเรียนอาจยังไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาเชิงลึกได้ จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงปรับปรุงการจัดกิจกรรมในวงจรที่ 2 โดยกำหนดประเด็นการสังเกตให้มีความชัดเจนมากขึ้น และให้ผู้เรียนบันทึกข้อมูลจากการสำรวจอย่างเป็นลำดับ พร้อมทั้งเน้นการใช้ข้อมูลจริงเป็นฐานในการอภิปรายและวิเคราะห์ปัญหา เมื่อดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการ

วิเคราะห์ปัญหาอย่างชัดเจน โดยสามารถใช้ข้อมูลจากการวัดเป็นหลักฐานในการอธิบายปัญหา ดังสะท้อนจากอนุทินที่ระบุว่า “การวัดแสงจริงทำให้เห็นความแตกต่างของแต่ละพื้นที่” (A03) และ “จากข้อมูลที่ได้ทำให้เข้าใจความแตกต่างของสภาพแวดล้อมในสวน” (A05) นอกจากนี้ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ยังชี้ว่านักเรียนสามารถใช้ข้อมูลประกอบการอภิปรายได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่านักเรียนบางส่วนมุ่งเน้นเฉพาะข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากการวัด โดยยังไม่ได้พิจารณาปัจจัยแวดล้อมอื่นร่วมด้วย เช่น ทิศทางของแสงหรือสิ่งบดบัง ซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดในการวิเคราะห์เชิงองค์รวม ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นให้นักเรียนพิจารณาปัญหาในบริบทจริงอย่างรอบด้าน ทั้งในด้านลักษณะของพื้นที่ การใช้งานพื้นที่ และปัจจัยแวดล้อม พร้อมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับการออกแบบนวัตก รรม กิจกรรมในวงจรนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์จุดเสี่ยงและพฤติกรรมการใช้พื้นที่จริง ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถระบุปัญหาได้อย่างเฉพาะเจาะจงและเชื่อมโยงไปสู่การออกแบบได้อย่างมีเหตุผล ดังสะท้อนจากการสังเกตในชั้นเรียนที่นักเรียนเสนอแนวทางการใช้ระบบเตือนภัยในพื้นที่จริง และสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ที่ระบุว่านักเรียนสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่

ผลการดำเนินงานทั้ง 3 วงจรแสดงให้เห็นพัฒนาการของผู้เรียนอย่างเป็นลำดับ จากการรับรู้ปัญหาในบริบทจริง ไปสู่การวิเคราะห์ด้วยข้อมูลเชิงประจักษ์ และพัฒนาไปสู่การออกแบบแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทจริงอย่างมีเหตุผล ดังนั้น แนวปฏิบัติที่ดีที่ได้คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทจริงร่วมกับการออกแบบกระบวนการสำรวจอย่างเป็นระบบ และการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ในการวิเคราะห์และตัดสินใจ ซึ่งช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

แนวปฏิบัติที่ดีข้อที่ 2 การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมบนฐานข้อมูลจริงเพื่อพัฒนาการออกแบบนวัตกรรมของผู้เรียน

ในวงจรที่ 1 ซึ่งเป็นกิจกรรมการออกแบบระบบให้น้ำอัตโนมัติในสวนโรงเรียน พบว่า แม้นักเรียนจะสามารถเสนอแนวคิดในการออกแบบได้ แต่ยังมีลักษณะของการออกแบบที่อาศัยการคาดเดาหรือประสบการณ์เดิมเป็นหลัก โดยยังไม่ได้ใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จริงเป็นฐานในการตัดสินใจอย่างชัดเจน ดังสะท้อนจากการสังเกตในชั้นเรียนที่นักเรียนเสนอแนวคิด เช่น การตั้งเวลารดน้ำหรือเปิดสวิตช์ตามความเคยชิน ซึ่งยังไม่ได้นำข้อมูลความชื้นในดินมาใช้เป็นเงื่อนไขสำคัญ นอกจากนี้ บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ยังสอดคล้องกันว่า นักเรียนยังไม่สามารถใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์เป็นฐานในการตัดสินใจได้อย่างชัดเจน ข้อค้นพบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า แม้นักเรียนจะดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแล้ว แต่ยังไม่สามารถใช้ “ข้อมูล” เป็นฐานในการออกแบบได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การออกแบบยังคงอยู่ในระดับของการคาดเดาและไม่สอดคล้องกับสภาพปัญหาจริง จากข้อค้นพบนี้ ผู้วิจัยจึงปรับการจัดกิจกรรมในวงจรที่ 2 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนใช้ข้อมูลจากการสำรวจในสถานการณ์จริงเป็นฐานในการคิด วิเคราะห์ และตัดสินใจ ผ่านกิจกรรมการวัดปริมาณแสงในสวนของโรงเรียน เมื่อดำเนิน

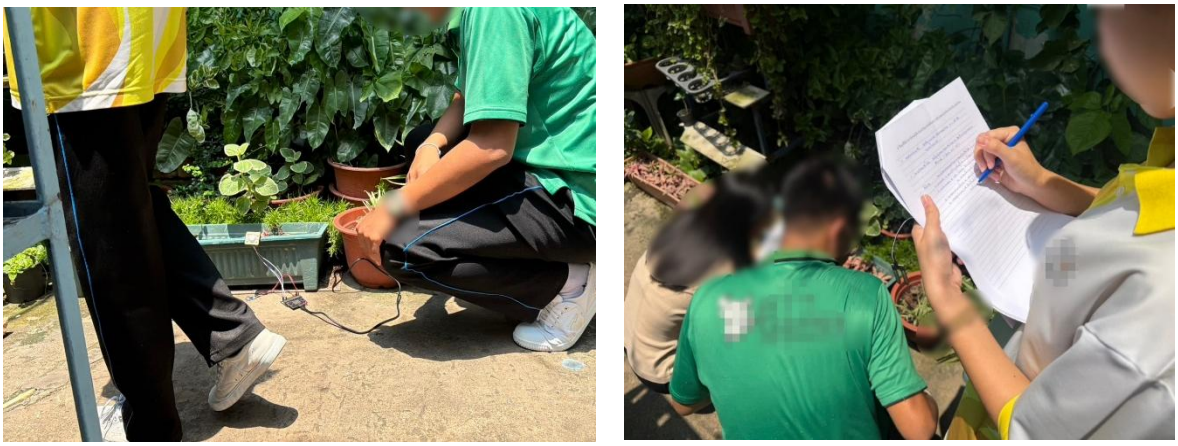
กิจกรรมพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการในการใช้ข้อมูลอย่างชัดเจน โดยสามารถบันทึก เปรียบเทียบ และนำข้อมูลมาใช้ประกอบการอภิปรายและการออกแบบได้ ดังสะท้อนจากอนุทินของนักเรียนที่ระบุว่า “ควรใช้ข้อมูลก่อนออกแบบ ไม่ใช่คิดเอง” (A01) และสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ที่พบว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงข้อมูลกับแนวทางการออกแบบได้ชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังพบว่าการใช้ข้อมูลของนักเรียนส่วนใหญ่ยังอยู่ในระดับของการอธิบายหรือสนับสนุนแนวคิดเบื้องต้น โดยยังไม่สามารถใช้ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบทางเลือก ทดลอง หรือปรับปรุงแนวคิดอย่างเป็นระบบได้ อีกทั้งการตัดสินใจบางส่วนยังอิงความสะดวกมากกว่าการใช้เหตุผลเชิงข้อมูล ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยจึงพัฒนากิจกรรมให้เน้นการใช้ข้อมูลจาก “การทดลองจริง” เป็นฐานในการตัดสินใจ ผ่านการออกแบบ สร้าง ทดลอง และปรับปรุงชิ้นงานในสถานการณ์จริงอย่างต่อเนื่อง ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองในการปรับปรุงการออกแบบได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังสะท้อนจากการสังเกตในชั้นเรียนที่นักเรียนมีการปรับระยะของเซนเซอร์หรือเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานได้เหมาะสมมากขึ้น ในทำนองเดียวกัน อนุทินของนักเรียนยังสะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงความคิด โดยนักเรียนระบุว่าการทดลองและการปรับปรุงซ้ำช่วยให้สามารถเลือกวิธีที่เหมาะสมได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ที่ชี้ว่านักเรียนมีพัฒนาการในการใช้ข้อมูลจากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบและปรับปรุงการออกแบบอย่างเป็นลำดับ

ผลการดำเนินงานทั้ง 3 วงจรแสดงให้เห็นพัฒนาการของนักเรียนจากการออกแบบโดยอาศัยการคาดเดา ไปสู่การใช้ข้อมูลจากการสังเกต และพัฒนาไปสู่การใช้ข้อมูลจากการทดลองในการตัดสินใจและปรับปรุงชิ้นงานอย่างเป็นระบบ ดังนั้น แนวปฏิบัติที่ดีข้อที่ 2 คือ การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนดำเนินการตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จริงทั้งในรูปแบบของการสังเกตและการทดลองอย่างเป็นลำดับ ซึ่งช่วยพัฒนาความสามารถในการออกแบบนวัตกรรมได้อย่างมีเหตุผล เป็นระบบ และสอดคล้องกับบริบทจริง

แนวปฏิบัติที่ดีข้อที่ 3 การส่งเสริมการทดลองจริง การทำงานร่วมกัน และการปรับปรุงนวัตกรรมด้วยไมโครบิตอย่างต่อเนื่องในบริบทจริง

ในวงจรที่ 1 ซึ่งเป็นกิจกรรมระบบให้น้ำอัตโนมัติ พบว่า แม้นักเรียนจะสามารถสร้างต้นแบบและทำให้ในวงจรที่ 1 ซึ่งเป็นกิจกรรมระบบให้น้ำอัตโนมัติ พบว่า แม้นักเรียนจะสามารถสร้างต้นแบบและทำให้ระบบทำงานได้ แต่การทดลองยังอยู่ในระดับของ “การทดสอบเบื้องต้นในสถานการณ์จำลอง” โดยส่วนใหญ่ทดลองในพื้นที่จำลองภายในห้องเรียน ทำให้ยังไม่เผชิญข้อจำกัดของการใช้งานจริง เช่น ความแตกต่างของสภาพดินหรือบริบทของพื้นที่ นอกจากนี้ นักเรียนยังประเมินความสำเร็จของชิ้นงานจากการที่ระบบ “ทำงานได้” เป็นหลัก ดังสะท้อนจากการสังเกตในชั้นเรียนและอนุทินของนักเรียนที่มุ่งเน้นว่าระบบสามารถทำงานได้แล้ว ขณะเดียวกัน บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ยังสะท้อนสอดคล้องกันว่านักเรียนยังไม่ได้นำระบบไปทดลองในบริบทจริง และยังขาดการปรับปรุงชิ้นงานจากผลการทดลองอย่าง

ต่อเนื่อง ข้อค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่า การทดลองในบริบทจำลองยังไม่เพียงพอในการพัฒนานวัตกรรมของผู้เรียน จากข้อค้นพบดังกล่าว ผู้วิจัยจึงปรับการจัดกิจกรรมในวงจรที่ 2 โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงพื้นที่จริงและทำงานร่วมกันมากขึ้น ผ่านกิจกรรมการสำรวจปริมาณแสงในสวนโรงเรียน ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนแบ่งหน้าที่เก็บข้อมูลจากหลายจุด และนำข้อมูลมาแลกเปลี่ยนและอภิปรายร่วมกัน ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนเริ่มมีพัฒนาการด้านการทำงานร่วมกันและการใช้ข้อมูล ดังสะท้อนจากการสังเกตและอนุทินที่ระบุว่าการเก็บข้อมูลจากหลายจุดและการแบ่งหน้าที่ช่วยให้เข้าใจปัญหาได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ที่ชี้ว่านักเรียนสามารถทำงานร่วมกันและใช้ข้อมูลในการอภิปรายได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม กิจกรรมในวงจรที่ 2 ยังอยู่ในระดับของ “การสำรวจและอภิปราย” โดยยังไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดลองและปรับปรุงชิ้นงานอย่างต่อเนื่องในบริบทจริง ในวงจรที่ 3 ผู้วิจัยจึงพัฒนากิจกรรมให้เน้นการสร้าง ทดลอง และปรับปรุงชิ้นงานในบริบทจริงอย่างต่อเนื่อง ผ่านกิจกรรมระบบเตือนเมื่อมีคนเข้าใกล้แปลงผัก ผลการดำเนินกิจกรรมพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการอย่างเด่นชัดทั้งด้านการทดลอง การทำงานร่วมกันและการปรับปรุงนวัตกรรม โดยสามารถทดลองหลายครั้ง วิเคราะห์ผล และปรับปรุงชิ้นงานอย่างเป็นระบบ ดังสะท้อนจากการสังเกตในชั้นเรียนที่นักเรียนมีการปรับตำแหน่งอุปกรณ์หรือเงื่อนไขการทำงานเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง ในทำนองเดียวกัน อนุทินของนักเรียนยังสะท้อนการเปลี่ยนแปลงจาก “การลองใช้” ไปสู่ “การทดลองเพื่อพัฒนา” โดยนักเรียนมีการบันทึกผลการทดลอง ระบุปัญหา และนำผลไปปรับปรุงในรอบถัดไป ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ที่ระบุว่านักเรียนสามารถใช้ผลการทดลองในการปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างต่อเนื่อง ดังภาพที่ 1



(ก) (ข)

ภาพที่ 1 (ก) นักเรียนมีการติดตั้งระบบเตือนภัยในบริเวณจริงและทดลองซ้ำหลายครั้ง
(ข) นักเรียนแบ่งหน้าที่ในการจดบันทึกข้อมูลจากการทดลองในบริเวณจริง

จากภาพที่ 1 (ก) แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีการติดตั้งระบบเตือนภัยในบริเวณจริงของแปลงผัก และร่วมกันสังเกตผลการทำงานของระบบในสถานการณ์จริง รวมทั้งมีการทดลองหลายรอบและปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ตามผลที่เกิดขึ้น ขณะที่ภาพที่ 1 (ข) แสดงให้เห็นการบันทึกผลการทดลองในพื้นที่จริงเพื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบและใช้ในการปรับปรุงชิ้นงาน ซึ่งสะท้อนถึงการพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่องจากข้อมูลเชิงประจักษ์ ในทำนองเดียวกัน อนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนยังสนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าว โดยนักเรียนระบุว่า “พอได้ทดลองหลายครั้งแล้วเอาผลมาเปรียบเทียบกัน ทำให้เลือกวิธีที่เหมาะได้มากขึ้น” (A16) และ “เพื่อนในกลุ่มช่วยกันดูว่าปัญหาเกิดจากตรงไหน ทำให้แก้ได้เร็วขึ้น” (A29) ซึ่งสอดคล้องกับบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้และข้อเสนอแนะของผู้ร่วมวิพากษ์ที่ระบุว่านักเรียนสามารถใช้ผลการทดลองในการปรับปรุงชิ้นงานได้อย่างต่อเนื่อง และมีการทำงานเป็นทีมในการตัดสินใจอย่างชัดเจน

ผลการดำเนินงานทั้ง 3 วงจรสะท้อนพัฒนาการของนักเรียนอย่างเป็นลำดับ กล่าวคือ ในวงจรที่ 1 นักเรียนทดลองในสถานการณ์จำลองและมุ่งเน้นให้ระบบทำงานได้ ในวงจรที่ 2 นักเรียนเริ่มทำงานร่วมกันและใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จริง และในวงจรที่ 3 นักเรียนสามารถทดลอง ปรับปรุง และพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่องในบริบทจริง โดยใช้การทำงานร่วมกันและข้อมูลจากการทดลองเป็นฐานในการตัดสินใจ

ดังนั้น แนวปฏิบัติที่ดีข้อที่ 3 คือ การจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองในสถานการณ์จริงอย่างต่อเนื่อง ส่งเสริมการทำงานร่วมกันในการวิเคราะห์ปัญหา และสนับสนุนการปรับปรุงนวัตกรรมจากผลการทดลองหลายรอบ ซึ่งช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับบริบทของปัญหาจริง

อภิปรายผลและสรุปผล

ผู้วิจัยพบว่า การพัฒนาของผู้เรียนเกิดขึ้นอย่างเป็นลำดับผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ ตั้งแต่การเข้าใจปัญหา การพัฒนาแนวคิด ไปจนถึงการสร้างและปรับปรุงนวัตกรรมในสถานการณ์จริง โดยสามารถอภิปรายผลได้เป็นประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

แนวปฏิบัติที่ดีที่ 1 การใช้บริบทจริงร่วมกับการสำรวจปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน ผลการวิจัยในแสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทจริงของสวนโรงเรียนร่วมกับการสำรวจปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาจากการมองเห็นปัญหาในลักษณะกว้างไปสู่การเข้าใจปัญหาเชิงลึกมากยิ่งขึ้น กล่าวคือ การที่ผู้เรียนได้ลงพื้นที่จริง ทำให้สามารถรับรู้ปัญหาในมิติของข้อจำกัด เงื่อนไข และผลกระทบของสถานการณ์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้การระบุปัญหามีความชัดเจนและมีความหมายมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ David Kolb (2015) ที่อธิบายว่าการเรียนรู้เกิดจากการมีประสบการณ์ตรงและการสะท้อนคิด รวมทั้งสอดคล้องกับแนวคิดของ John Dewey (1938) ที่เน้นว่าการเรียนรู้ควรเชื่อมโยงกับประสบการณ์จริงของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังแสดงให้เห็นเพิ่มเติมว่า การใช้บริบทจริงเพียงอย่างเดียวอาจยังไม่เพียงพอ หากขาดกระบวนการสำรวจที่เป็นระบบ ผู้เรียนอาจยังไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง ดังนั้น การ

กำหนดกรอบการสังเกตและการใช้คำถามชี้นำจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (Bybee, 2013; Honey et al., 2014)

แนวปฏิบัติที่ดีที่ 2 การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมบนฐานข้อมูลจริงเพื่อพัฒนาการออกแบบนวัตกรรมของผู้เรียน พบว่า การใช้ข้อมูลจากการสำรวจจริงร่วมกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เป็นกลไกสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดจากการคาดเดาไปสู่การคิดเชิงเหตุผลที่มีข้อมูลเป็นฐาน กล่าวคือ ผู้เรียนเริ่มนำข้อมูลจากสถานการณ์จริงมาใช้ในการวิเคราะห์ ตัดสินใจ และออกแบบแนวทางแก้ปัญหา ส่งผลให้แนวคิดที่พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับบริบทและสามารถนำไปใช้ได้จริงมากยิ่งขึ้น ลักษณะดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนาการคิดเชิงระบบของผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการสร้างองค์ความรู้ของ Jean Piaget (1970) และ Lev Vygotsky (1978) ที่มองว่าความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและสร้างความเข้าใจด้วยตนเอง อีกทั้งยังสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของ สสวท. (2557) ที่เน้นการใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ ออกแบบ ทดสอบ และปรับปรุงอย่างเป็นลำดับ นอกจากนี้ ในมิติของความคิดสร้างสรรค์ การที่ผู้เรียนพัฒนาแนวคิดบนฐานของข้อมูลจริง ยังช่วยให้แนวคิดที่ได้มีทั้งความแปลกใหม่และมีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Teresa Amabile (1996) ที่ระบุว่าความคิดสร้างสรรค์ที่มีคุณค่าต้องประกอบด้วยทั้งความแปลกใหม่และความเหมาะสม

แนวปฏิบัติที่ดีที่ 3 การส่งเสริมการทดลองจริง การทำงานร่วมกัน และการปรับปรุงนวัตกรรมด้วยไมโครบิตอย่างต่อเนื่องในบริบทจริง พบว่า การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและปรับปรุงชิ้นงานในสถานการณ์จริงอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยยกระดับคุณภาพของนวัตกรรมของผู้เรียน กล่าวคือ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากผลการทดลองจริง สามารถวิเคราะห์ข้อจำกัดของชิ้นงาน และนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงแนวคิดและชิ้นงานในรอบถัดไป ส่งผลให้ชิ้นงานมีความเหมาะสมกับบริบทและสามารถนำไปใช้ได้จริงมากยิ่งขึ้น กระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของ David Kolb (2015) และแนวคิดการเรียนรู้ผ่านการสร้างชิ้นงานของ Seymour Papert (1980) ที่เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและพัฒนาชิ้นงานของตนเองอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การทำงานร่วมกันของผู้เรียนในกระบวนการทดลองและปรับปรุงชิ้นงาน ยังส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการพิจารณาปัญหาในมุมมองที่หลากหลาย ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดทางสังคมวัฒนธรรมของ Lev Vygotsky (1978) และกรอบทักษะแห่งศตวรรษที่ 21ของ Partnership for 21st Century Skills (2009)

เมื่อพิจารณาผลการวิจัยโดยภาพรวม พบว่า การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นกระบวนการที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการใช้บริบทจริงเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง ต่อด้วยการพัฒนาแนวคิดบนฐานของข้อมูลผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และสิ้นสุดที่การทดลองและปรับปรุงชิ้นงานอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์จริง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (CFSD, 2019) ที่เน้นการพัฒนาแนวคิด การออกแบบและปรับปรุง

แนวคิด การสร้างผลงาน และการสะท้อนคิดอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และการใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานอกห้องเรียนร่วมกับไมโครบิตในงานวิจัยนี้ เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน เนื่องจากเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผสานประสบการณ์จริง การใช้ข้อมูล และการพัฒนานวัตกรรมอย่างต่อเนื่องเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาแนวคิดและสร้างผลงานที่มีความหมายสอดคล้องกับบริบท และสามารถนำไปใช้ได้จริง อันเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนานวัตกรรมในบริบทของการศึกษาในศตวรรษที่ 21

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1.1) การนำผลการวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรเน้นการออกแบบกิจกรรมที่ใช้ “บริบทจริง” เป็นฐาน โดยเลือกสถานการณ์ที่ใกล้ตัวผู้เรียน เช่น โรงเรียน ชุมชน หรือสิ่งแวดล้อมรอบตัว เพื่อให้ผู้เรียนได้เผชิญปัญหาในสถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้อย่างลึกซึ้ง มีความหมาย และสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้มากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

1.2) นอกจากนี้ ควรออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้มีความเป็นระบบ โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนสำรวจปัญหาอย่างมีขั้นตอน ใช้คำถามชี้นำ และบันทึกข้อมูลอย่างเป็นลำดับ พร้อมทั้งเน้นการใช้ “ข้อมูลจริง” จากการสำรวจหรือการทดลองเป็นฐานในการคิด วิเคราะห์ และตัดสินใจ ควบคู่กับการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและปรับปรุงชิ้นงานในสถานการณ์จริงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยพัฒนาการคิดเชิงเหตุผล เชิงระบบ และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้ได้จริง

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1) การวิจัยในครั้งต่อไปควรขยายการศึกษาไปยังบริบทที่หลากหลาย รวมทั้งศึกษาผลระยะยาวต่อทักษะของผู้เรียน และพัฒนาเครื่องมือประเมิน รวมถึงแนวทางการพัฒนาครูและการใช้เทคโนโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้และการสร้างนวัตกรรมของผู้เรียน

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไขงานวิจัยอย่างดียิ่งตลอดระยะเวลาในการดำเนินงานและขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ เตชะโกสิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ และช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

พุธิตา ชนาพงษ์จาร และคณะ. (2567). การฝึกฝนทางความคิดและการยอมรับทางสังคมกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้*, 5(1), 55–72.

มัชฌิมา เส็งเล็ก, และคณะ. (2564). ปัจจัยที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์, 39*(2), 88–105.

วิจารณ์ พานิช. (2555). *วิถีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21*. มูลนิธิสดศรีสฤษดิ์วงศ์. http://thesis.swu.ac.th/swuebook/h407867.pdf

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. https://www.scimath.org/ebook-stem/item/13056-2023-06-15-02-13-03

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2563). *รายงานสถานภาพการศึกษาไทย*. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (องค์การมหาชน). (2565). *รายงานเศรษฐกิจสร้างสรรค์แห่งชาติ*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ. (2559). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579*.

BBC. (2017). *BBC micro:bit celebrates one year with one million devices in use*. https://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/2017/microbit-one-year

Catalina Foothills School District. (2019). *21st century skills framework*. https://www.cfsd16.org

Christenson, R., & Wighting, M. (2022). Outdoor STEM education: Enhancing student engagement and creativity. *Journal of Science Education, 45*(3), 211–225.

Crompton, H. (2020). Contextualizing STEM learning: Frameworks & strategies. In M. Ludwig et al. (Eds.), *Research on outdoor STEM education in the digital age* (pp. 13–22).

Grubbs, M., & Strimel, G. (2015). Engineering design: The great integrator. *Journal of STEM Education, 16*(4), 16–25.

Hughes, R. (2023). Community-based STEM learning: From classroom to real world. *STEM Education Review, 12*(2), 77–90.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (2007). *Participatory action research: Communicative action and the public sphere*. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (3rd ed., pp. 271–330). Thousand Oaks, CA: Sage.

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.

Mardian, V., & Azzahra, W. (2024). A review: The impact of micro:bit-assisted STEM education. *Journal of STEM Education Research, 27*(1), 12–29.

McComas, W. F. (2014). *The language of science education: An expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning*. Sense Publishers.

OECD. (2023). *PISA 2022 results*. Organisation for Economic Co-operation and Development. https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2022-results.htm

Onnitca, P., & Kotchaporn, S. (2020). Creative problem solving in STEM education: Factors influencing innovation. *Asian Journal of Education and Training, 6*(2), 123–131.

Partnership for 21st Century Learning (P21). (2007). *Framework for 21st century learning*. http://www.battelleforkids.org/networks/p21

Pitiporntapin, S. (2023). The development of a professional development model focusing on outdoor learning resources to enhance in-service teachers' STEM literacy. *Kasetsart Journal of Social Sciences, 44*(2), 489–496. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/kjss/article/view/266278

TeachEngineering STEM Curriculum for K–12. (2018). *Engineering design process*. https://www.teachengineering.org/k12engineering/why

UNCTAD. (2008). *Creative economy report 2008*. United Nations Conference on Trade and Development. https://unctad.org/webflyer/creative-economy-report-2008

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

WIPO. (2023). *Global innovation index 2023*. World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/global_innovation_index