

การวิเคราะห์ความต้องการเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัว
และเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

Needs Analysis for Developing Learning Management Guidelines in
Embedded Systems and IoT Technology for Higher Vocational Certificate
Students in the Information Technology Program

ธฤต ไชยมงคล^{1*}
Tharit Chaimongkhon^{1*}

(วันรับบทความ : วันที่ 6 มีนาคม 2569/วันแก้ไขบทความ : วันที่ 29 กรกฎาคม 2569/วันตอบรับบทความ : 26 สิงหาคม 2569)
(Received Date : March 6, 2026, Revised Date : July 29, 2026, Accepted Date : August 26, 2026)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค ความต้องการจำเป็น และเพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ความต้องการเบื้องต้นในบริบทเฉพาะโดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลแบบเจาะจง ประกอบด้วยนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 จำนวน 24 คน และครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องจำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 2 ฉบับ ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.60–1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับยอมรับได้ ข้อมูลได้รับการวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผู้เรียนประเมินสมรรถนะและความรู้พื้นฐานด้าน IoT โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.85$, $SD = 0.57$) โดยทักษะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดคือการเชื่อมต่อเครือข่ายและการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ ($\bar{X} = 2.46$, $SD = 0.51$) 2) ผู้สอนประเมินความพร้อมด้านความเพียงพอของงบประมาณและอุปกรณ์/สื่อว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับรายการอื่น ($\bar{X} = 3.96$, $SD = 1.27$) รองลงมาคือความพร้อมในการจัดการความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน ($\bar{X} = 4.12$, $SD = 0.83$) และ 3) ผู้เรียนมีความต้องการจำเป็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.44$) โดยต้องการสูงสุดคือการมีชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Output-Network ในบอร์ดเดียว ($\bar{X} = 4.63$, $SD = 0.58$) ขณะที่ผู้สอนมีความต้องการจำเป็นโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.38$) โดยให้ความสำคัญสูงสุดต่อการออกแบบโครงงาน IoT แบบ End-to-End ($\bar{X} = 4.84$, $SD = 0.37$) และการใช้แพลตฟอร์ม IoT ($\bar{X} = 4.84$, $SD = 0.47$) ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่า การพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ในระยะต่อไปควรมุ่งลดความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์ ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก และใช้เป็นฐานในการกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ให้สอดคล้องกับบริบทของอาชีวศึกษา ดังนั้น สถานศึกษาควรพัฒนาชุดฝึกแบบ All-in-One ควบคู่กับกิจกรรมการเรียนรู้แบบเป็นลำดับขั้น และโครงงาน IoT แบบ End-to-End

คำสำคัญ: ระบบสมองกลฝังตัว, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, สภาพปัจจุบันและปัญหา, ชุดฝึกปฏิบัติ, การประเมินความต้องการจำเป็น

1 แผนกวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ, วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่, สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

1 Information Technology Program, Chiang Mai Technical College, Northern Vocational Education Institute 1

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร. 099-6314865 อีเมล: tharitc@gmail.com

* Corresponding Author, Tel. +66996314865 e-mail: tharitc@gmail.com

Doi: 10.14416/j.ftee.2026.08.02

Abstract

This study aimed to investigate the current conditions, problems and obstacles, and needs related to learning management in embedded systems and Internet of Things (IoT) technology, and to propose learning management guidelines for Higher Vocational Certificate students in the Information Technology program. This study employed a preliminary needs analysis within a specific vocational context, using purposive sampling to select the participants. The participants consisted of 24 second-year Higher Vocational Certificate students and 25 teachers involved in related instruction. The research instruments were two 5-point rating-scale questionnaires. The instruments were validated by five experts, with Index of Item-Objective Congruence values ranging from 0.60 to 1.00, and showed acceptable reliability. Data were analyzed using mean and standard deviation.

The findings revealed that: 1) students' overall self-assessed competencies and basic knowledge in IoT were at a moderate level ($\bar{X} = 2.85$, $SD = 0.57$), with the lowest mean score found in network connection and cloud data transmission skills ($\bar{X} = 2.46$, $SD = 0.51$); 2) teachers reported the lowest mean readiness score for the adequacy of budget and instructional equipment/media compared with the other items ($\bar{X} = 3.96$, $SD = 1.27$), followed by readiness to manage differences in students' prior backgrounds ($\bar{X} = 4.12$, $SD = 0.83$); and 3) students' overall needs were at a high level ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.44$), with the highest need being an All-in-One training kit integrating Input-Output-Network functions on a single board ($\bar{X} = 4.63$, $SD = 0.58$), while teachers' overall needs were at the highest level ($\bar{X} = 4.77$, $SD = 0.38$), with the highest priorities placed on End-to-End IoT project design ($\bar{X} = 4.84$, $SD = 0.37$) and the use of IoT platforms ($\bar{X} = 4.84$, $SD = 0.47$). These findings indicate that future learning management development should focus on reducing hardware complexity, promoting active learning, and providing a basis for establishing preliminary design requirements for embedded systems and IoT training kits aligned with the vocational education context. Therefore, vocational institutions should develop All-in-One training kits in conjunction with scaffolded learning activities and End-to-End IoT projects.

Keywords: Embedded systems, Internet of Things, current conditions and problems, training kit, needs assessment

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีดิจิทัลในยุคอุตสาหกรรม 4.0 และสังคมอัจฉริยะ ส่งผลให้ระบบสมองกลฝังตัว (Embedded Systems) และเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) กลายเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรม การบริการ และการดำรงชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีทั้งสองด้านมีบทบาทต่อการพัฒนาอุปกรณ์อัจฉริยะ ระบบควบคุมอัตโนมัติ การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเซนเซอร์ การประมวลผล และการเชื่อมต่อข้อมูลผ่านเครือข่าย จึงนับเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนสายเทคโนโลยีสารสนเทศควรได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมได้อย่างสอดคล้องกับบริบทของโลกการทำงานในปัจจุบัน [1]–[3]

ในบริบทของการอาชีวศึกษา ภายใต้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มอาชีพซอฟต์แวร์และการประยุกต์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ การจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ไม่ได้มุ่งเพียงให้ผู้เรียนมีความรู้เชิงทฤษฎีเท่านั้น แต่ยังต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย และการออกแบบโครงงานเชิงประยุกต์ได้จริง ทักษะดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ ในศตวรรษที่ 21 ที่ให้ความสำคัญกับการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การลงมือปฏิบัติจริง และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) ซึ่งต้องอาศัยทั้งศักยภาพของผู้สอน ความพร้อมของสื่อและอุปกรณ์ ตลอดจนรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม [4], [5]

อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย พบว่าการจัดการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยี ดิจิทัลและ IoT ในบริบทของอาชีวศึกษายังคงเผชิญข้อจำกัดหลายประการ ทั้งในด้านช่องว่างของทักษะดิจิทัลของครูและ ผู้เรียน ความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน ความเพียงพอของงบประมาณ ความซับซ้อนของอุปกรณ์ และความแตกต่างของ พื้นฐานผู้เรียน [6]–[10] ปัญหาดังกล่าวส่งผลให้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติไม่สามารถดำเนินได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในรายวิชาที่ต้องอาศัยการบูรณาการหลายองค์ประกอบพร้อมกัน เช่น การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ การเชื่อมต่อเซนเซอร์ การส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย และการใช้แพลตฟอร์ม IoT เพื่อแสดงผลหรือควบคุมการทำงานจากระยะไกล หากผู้เรียนมีพื้นฐานไม่เท่ากันหรือสถานศึกษามีอุปกรณ์ฝึกปฏิบัติไม่เพียงพอ ย่อมทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสน ขาดความมั่นใจ และไม่สามารถมองเห็นภาพรวมของระบบได้อย่างชัดเจน

แม้งานวิจัยที่ผ่านมาได้ให้ข้อเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อ การพัฒนาทักษะดิจิทัล และการใช้ชุดฝึกหรือกิจกรรม การเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT อยู่แล้ว [11]–[15] แต่ส่วนใหญ่ยังมุ่งนำเสนอผลการพัฒนาสื่อ หรือผลการใช้ชุดฝึกในลักษณะเฉพาะกิจมากกว่าการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นอย่างเป็นระบบจากทั้งมุมมองของผู้เรียน และผู้สอนก่อนการออกแบบนวัตกรรม อีกทั้งยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับบริบทเฉพาะของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเป็นกลุ่มที่ต้องเรียนรู้ทั้งด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ การสื่อสารข้อมูล และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในงานจริง ช่องว่างดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ายังขาดข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สามารถนำมาใช้ เป็นฐานในการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกที่เหมาะสมกับบริบทของ อาชีวศึกษาไทยอย่างแท้จริง

หลักฐานเชิงสถิติจากงานทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบของ Hassan et al. [2] ซึ่งวิเคราะห์เอกสารจำนวน 134 เรื่อง พบว่า มีเพียงร้อยละ 57.46 ของงานวิจัยที่ระบุเทคโนโลยี ICT เฉพาะในการพัฒนา Technical and Vocational Education and Training (TVET) ขณะที่อีกร้อยละ 42.54 ยังไม่ระบุเทคโนโลยีเป้าหมายอย่างชัดเจน นอกจากนี้ งานวิจัย ร้อยละ 75.37 ยังไม่ได้ระบุสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้โดยเฉพาะ และร้อยละ 92.54 ไม่ได้เชื่อมโยง กับภาคอุตสาหกรรมเฉพาะด้านโดยตรง อีกทั้งเทคโนโลยีในกลุ่มอุตสาหกรรม 4.0 เช่น ปัญญาประดิษฐ์ หุ่นยนต์ การประมวลผล แบบกลุ่มเมฆ และ IoT ยังได้รับความสนใจในจำนวนไม่มาก สถิติเหล่านี้สะท้อนว่า ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ด้าน IoT ไม่ได้เกิดจากความยากของเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่หลักสูตร การออกแบบ สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ และการเชื่อมโยงสมรรถนะกับบริบทการใช้งานจริงของวิชาชีพ

ขณะเดียวกัน การพัฒนาสมรรถนะด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง ยังมีความสอดคล้องกับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สาขาวิชาเทคโนโลยี สารสนเทศ [16] และมาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้องของสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) [17] ซึ่งให้ความสำคัญกับ สมรรถนะด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์ ระบบเครือข่าย การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน การออกแบบระบบด้วย UML Modeling การเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ภายนอกผ่าน APIs และการทดสอบโปรแกรมย่อย ซอฟต์แวร์ ตลอดจนผลลัพธ์การเรียนรู้ของรายวิชาการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถติดตั้ง อุปกรณ์ IoT และบริหารจัดการให้อยู่ในระบบนิเวศเดียวกันได้ ดังนั้น สมรรถนะดังกล่าวจึงถูกใช้เป็นฐานในการกำหนด ประเด็นศึกษา การสร้างแบบสอบถาม และการตีความผลการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้ข้อเสนอเชิงพัฒนาที่ได้เชื่อมโยงกับ สมรรถนะด้าน IoT ที่หลักสูตรและมาตรฐานอาชีพมุ่งหวังอย่างเป็นรูปธรรม

แม้แนวคิดของชุดฝึกแบบ All-in-One จะไม่ใช่ประเด็นใหม่โดยทั่วไปในงานด้านอาชีวศึกษา แต่ข้อจำกัดสำคัญ ที่ยังคงพบคือ ชุดฝึกจำนวนมากมักถูกพัฒนาขึ้นในลักษณะทั่วไปหรือมุ่งเน้นการใช้งานด้านเทคนิคเฉพาะส่วน โดยยังไม่ได้ เชื่อมโยงกับสมรรถนะวิชาชีพที่หลักสูตรอาชีวศึกษาและมาตรฐานอาชีพได้กำหนดไว้อย่างเป็นระบบ สำหรับผู้เรียนระดับ ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ความท้าทายไม่ได้อยู่ที่การมีบอร์ดหรืออุปกรณ์เพียงอย่างเดียว แต่คือการออกแบบชุดฝึกและกิจกรรมการเรียนรู้ให้ช่วยพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นจริง ทั้งด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย การใช้แพลตฟอร์ม IoT และการพัฒนาโครงงานแบบ End-to-End ดังนั้น คุณค่าของงานวิจัยนี้จึงไม่ได้อยู่ที่การเสนอชุดฝึกแบบ All-in-One ในฐานะนวัตกรรมใหม่โดยทั่วไป แต่อยู่ที่ การวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น และสังเคราะห์ข้อกำหนดเชิงออกแบบของชุดฝึกให้สอดคล้องกับสมรรถนะที่หลักสูตร และมาตรฐานอาชีพมุ่งหวัง ภายใต้บริบทเฉพาะของผู้เรียนอาชีวศึกษาไทย

จากบริบทและข้อจำกัดข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความจำเป็นในการวิเคราะห์ความต้องการเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยมุ่งศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค ตลอดจนความต้องการจำเป็นของผู้เรียนและผู้สอนในบริบทจริงของการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้จะช่วยสะท้อนประเด็นที่ควรได้รับการพัฒนาอย่างตรงจุด และสามารถนำไปใช้เป็นฐานในการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ในระยะต่อไปได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับบริบทของสถานศึกษา อาชีวศึกษา และตอบสนองต่อการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ
2. เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT จากมุมมองของผู้สอน
3. เพื่อวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นด้านเนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษา
4. เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้พัฒนาขึ้นจากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ [16] มาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้อง [17] และบริบทการจัดการเรียนรู้ในสถานศึกษาอาชีวศึกษา เพื่อกำหนดประเด็นศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

ในการกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย ผู้วิจัยพิจารณาบริบทการเรียนรู้จากการปฏิบัติงานและสถานการณ์งานจริงในอาชีวศึกษา [18] ร่วมกับแนวคิดการจัดการศึกษาแบบมุ่งเน้นสมรรถนะ (Competency-Based Education: CBE) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาและฝึกอบรมแบบมุ่งเน้นสมรรถนะในสายอาชีพ [19], [20] เป็นฐานสำคัญ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในระดับอาชีวศึกษาไม่ได้มุ่งเพียงการถ่ายทอดความรู้เชิงเนื้อหา แต่ต้องมุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ ทักษะ และกระบวนการปฏิบัติงานได้จริงในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับงานอาชีพ แนวคิดดังกล่าวจึงเชื่อมโยงกับการกำหนดประเด็นศึกษาเกี่ยวกับสมรรถนะพื้นฐานของผู้เรียน ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และความต้องการจำเป็นด้านเนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้

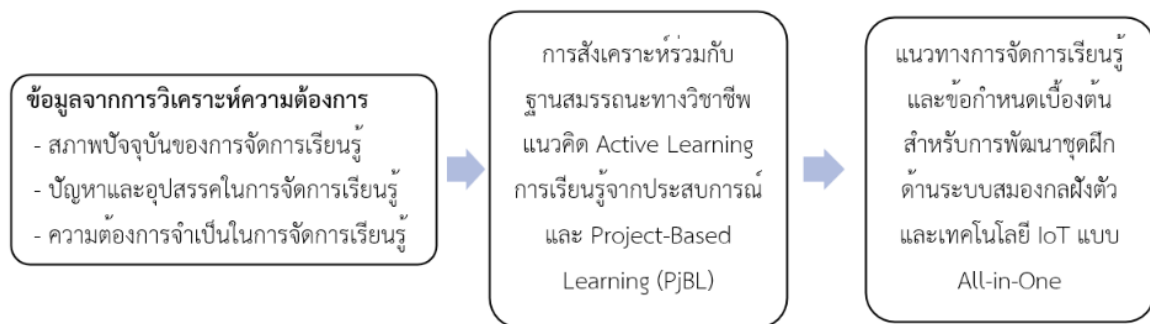
นอกจากนี้ การวิจัยยังอาศัยแนวคิดการสร้างความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน (Constructivism) และการเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning) เพื่ออธิบายลักษณะของการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องลงมือปฏิบัติ ทดลอง เชื่อมต่ออุปกรณ์ เขียนโปรแกรม ตรวจสอบข้อผิดพลาด และปรับปรุงผลลัพธ์จากประสบการณ์จริง ดังนั้น การเรียนรู้ในลักษณะนี้จึงต้องอาศัยสื่อ อุปกรณ์ และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการทดลอง การสะท้อนผลการเรียนรู้ และการพัฒนาทักษะอย่างเป็นลำดับขั้น

ในขณะเดียวกัน แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) [21] ถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการพัฒนาโครงงาน IoT ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้หลากหลายด้าน ได้แก่ การเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่อวงจรและเซนเซอร์ การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย การใช้แพลตฟอร์ม IoT และการออกแบบระบบแบบครบวงจร ดังนั้น กรอบแนวคิดการวิจัยครั้งนี้จึงไม่ได้พิจารณาเฉพาะความต้องการด้านอุปกรณ์หรือชุดฝึกเท่านั้น แต่ยังพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของผู้เรียน ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ และรูปแบบกิจกรรมที่สามารถนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ได้อย่างเป็นระบบ

จากการเชื่อมโยงฐานสมรรถนะทางวิชาชีพ แนวคิดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ และบริบทของการจัดการเรียนรู้ในอาชีวศึกษา ผู้วิจัยจึงกำหนดองค์ประกอบของกรอบแนวคิดการวิจัยเป็น 3 องค์ประกอบหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยข้อมูลจากทั้ง 3 องค์ประกอบจะนำไปสังเคราะห์ร่วมกับแนวคิดการจัดการศึกษาแบบมุ่งเน้นสมรรถนะ การเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้จากประสบการณ์ และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นของชุดฝึกให้สอดคล้องกับสมรรถนะวิชาชีพและบริบทจริงของผู้เรียน ได้แก่

1. สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุมสมรรถนะและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนด้านการเขียนโปรแกรม การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การเชื่อมต่อเครือข่าย และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ
2. ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุมข้อจำกัดด้านงบประมาณ อุปกรณ์ สื่อการสอน โครงสร้างพื้นฐานเครือข่าย ความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน และข้อจำกัดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT
3. ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุมความต้องการด้านเนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ คุณลักษณะของชุดฝึก รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การให้ข้อมูลป้อนกลับ และแนวทางการประเมินผลที่เหมาะสมกับบริบทของผู้เรียนและผู้สอนในอาชีวศึกษา

ผลจากองค์ประกอบทั้ง 3 ด้านจะนำมาสังเคราะห์ร่วมกับฐานสมรรถนะทางวิชาชีพ แนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) การเรียนรู้จากประสบการณ์ (Experiential Learning) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติอย่างเป็นลำดับขั้น ตลอดจนข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ในระยะต่อไป



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์ความต้องการในบริบทเฉพาะ โดยมุ่งศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็น เพื่อใช้เป็นฐานในการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการศึกษาไว้ ดังนี้

1. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - ประชากรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 กลุ่ม ได้แก่
 - 1) นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ในบริบทของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษา
 - 2) ครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในบริบทของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง
- กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
- 1) นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษา จำนวน 24 คน

2) ครูผู้สอนจำนวน 25 คน ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวหรือเทคโนโลยี IoT จากสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ทั้งนี้ การกำหนดกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้พิจารณาจากลักษณะของการวิจัยที่เป็นการศึกษาในระบุงการวิเคราะห์ความต้องการ (Needs Analysis Phase) และมุ่งศึกษาบริบทเฉพาะของการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในสถานศึกษาอาชีวศึกษา (Context-Specific Study) มิได้มุ่งสำรวจเพื่อสรุปอ้างอิงผลไปยังประชากรอาชีวศึกษาทั้งหมดในวงกว้าง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลที่มีประสบการณ์ตรงกับประเด็นที่ศึกษา ได้แก่ ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการเรียนหรือปฏิบัติการที่เกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT และผู้สอนที่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบสมองกลฝังตัว หรือเทคโนโลยี IoT

กลุ่มตัวอย่างดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมต่อวัตถุประสงค์ของการวิจัย เนื่องจากสามารถสะท้อนสภาพปัจจุบันปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงในบริบทจริงของการจัดการเรียนรู้ ข้อมูลที่ได้จึงใช้เป็นฐานเชิงประจักษ์สำหรับการวิเคราะห์ความต้องการ การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้ และการกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นของชุดฝึกในระบุงต่อไป มากกว่าการใช้เพื่อสรุปอ้างอิงเชิงสถิติไปยังประชากรในระดับกว้าง

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาประเด็นสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่

2.1 สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยครอบคลุมสมรรถนะและความรู้พื้นฐานของผู้เรียนด้านการเขียนโปรแกรม การต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การเชื่อมต่อเครือข่าย และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT ในการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

2.2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ โดยครอบคลุมข้อจำกัด ด้านอุปกรณ์ สื่อการสอน งบประมาณ โครงสร้างพื้นฐานเครือข่าย ความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน และข้อจำกัดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT

2.3 ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ โดยครอบคลุมความต้องการด้านเนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ คุณลักษณะของชุดฝึก รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การให้ข้อมูลป้อนกลับ และแนวทางการประเมินผลที่เหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษา ข้อมูลจากทั้ง 3 ด้านผู้วิจัยนำมาสังเคราะห์เพื่อใช้เป็นฐานในการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ในระบุงต่อไป

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในบริบทของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นสถานศึกษาอาชีวศึกษาแห่งหนึ่งในภาคเหนือของประเทศไทยสำหรับกลุ่มผู้เรียน และเก็บข้อมูลจากครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องในสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้องสำหรับกลุ่มผู้สอน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค ตลอดจนความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในบริบทจริงของการอาชีวศึกษา ทั้งนี้ การกำหนดขอบเขตด้านพื้นที่ดังกล่าวมุ่งศึกษาบริบทเฉพาะของการจัดการเรียนรู้ มิได้มุ่งสรุปอ้างอิงผลไปยังสถานศึกษาอาชีวศึกษาทั้งหมดในวงกว้าง

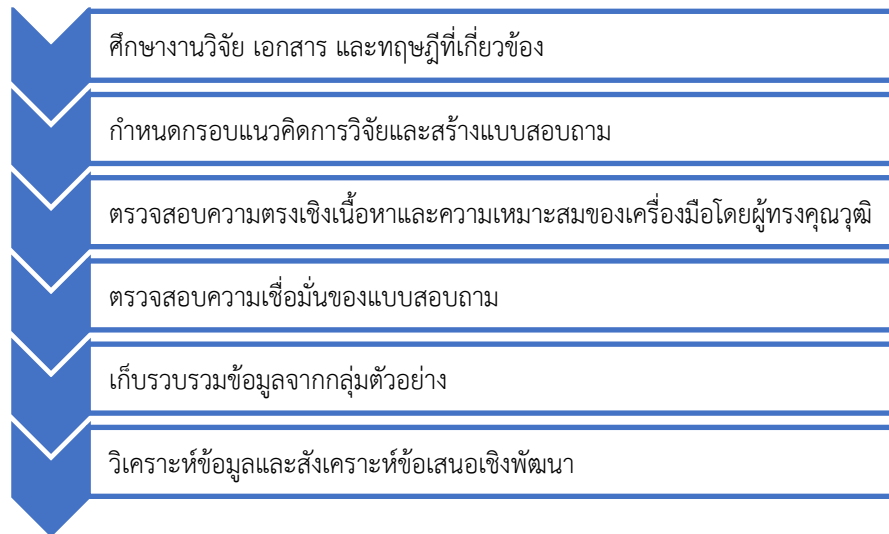
4. ขอบเขตด้านระยะเวลา

การดำเนินการวิจัยในระบุงการวิเคราะห์ความต้องการครั้งนี้ ดำเนินการในช่วงปีการศึกษา 2568 ซึ่งเป็นระยะของการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็น สำหรับใช้เป็นฐานในการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาชุดฝึกในระบุงต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์ความต้องการในบริบทเฉพาะ (Preliminary Needs Analysis Study in a Specific Context) โดยใช้แบบสอบถามเป็นวิธีหลักในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ให้ข้อมูลที่มีประสบการณ์ตรงกับการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ การศึกษามุ่งอธิบายสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็น เพื่อใช้เป็นฐานในการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกในระบุงต่อไป ทั้งนี้ มิได้มุ่งสรุปอ้างอิงผลไปยังประชากรอาชีวศึกษาทั้งหมดในวงกว้าง

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ประชากรที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ และครูผู้สอนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในบริบทของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกผู้ให้ข้อมูลที่มีประสบการณ์ตรงกับประเด็นที่ศึกษา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1.1 กลุ่มผู้เรียน (นักศึกษา) คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษา จำนวน 24 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนหรือเคยเรียนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน และมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานจริงในกิจกรรมการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้สามารถสะท้อนปัญหาและอุปสรรคจากการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือพัฒนาในสภาพจริงได้อย่างเหมาะสม

1.2 กลุ่มผู้สอน (ครู) จำนวน 25 คน โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ เป็นผู้สอนที่รับผิดชอบหรือเคยรับผิดชอบการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบสมองกลฝังตัว หรือเทคโนโลยี IoT ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ และยินยอมให้ข้อมูลในการวิจัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้เผยแพร่แบบสอบถามในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ผ่านเครือข่ายวิชาชีพไปยังครูผู้สอนในสถานศึกษาอาชีวศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง และได้รับแบบตอบกลับที่สมบูรณ์จำนวน 25 ชุด โดยในแบบสอบถามได้เก็บข้อมูลสถานศึกษา/หน่วยงานปัจจุบัน และประสบการณ์สอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับ Embedded Systems/IoT ของผู้ตอบแบบสอบถามไว้ เพื่อยืนยันความเกี่ยวข้องของผู้ให้ข้อมูลกับประเด็นที่ศึกษา

ผู้ตอบแบบสอบถามครูผู้สอนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 96) อยู่ในช่วงอายุ 40–49 ปี (ร้อยละ 56) และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (ร้อยละ 64) นอกจากนี้ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนการสอนด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT มากกว่า 10 ปี (ร้อยละ 52) ซึ่งสะท้อนว่าผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่มีประสบการณ์ตรงและความเกี่ยวข้องกับประเด็นที่ศึกษา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (5-Point Rating Scale) จำนวน 2 ฉบับ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย และแบ่งตามกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามสำหรับผู้เรียน และแบบสอบถามสำหรับผู้สอน ดังนี้

2.1 แบบสอบถามสำหรับผู้เรียน ใช้เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้จากมุมมองของผู้เรียน โดยครอบคลุมประเด็นด้านสมรรถนะพื้นฐาน และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT เช่น การเขียนโปรแกรม การต่อวงจร การใช้โปรแกรมพัฒนา การเชื่อมต่อเครือข่าย และการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT รวมทั้งประเด็นด้านความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ เช่น เนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ ตัวอย่างโค้ด ชุดฝึก และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม ทั้งนี้ แบบสอบถามยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อใช้ประกอบการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกในระลอกต่อไป

2.2 แบบสอบถามสำหรับผู้สอน ใช้เพื่อศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT จากมุมมองของครูผู้สอน โดยครอบคลุมประเด็นด้านโครงสร้างรายวิชาและหลักสูตร ทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐาน สมรรถนะพื้นฐานของผู้เรียนจากมุมมองผู้สอน การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ สภาพอุปสรรคและความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งความพร้อมของครูและการพัฒนาวิชาชีพ นอกจากนี้ ยังมีข้อคำถามเกี่ยวกับความต้องการจำเป็นด้านเนื้อหาและทักษะสำคัญ เช่น การเขียนโปรแกรมภาษา C บนบอร์ด ESP32 การเชื่อมต่อเซนเซอร์ การสื่อสารข้อมูล การเชื่อมต่อเครือข่ายและแพลตฟอร์ม IoT การออกแบบโครงงานแบบ End-to-End และการออกแบบสื่อหรือเกณฑ์ประเมิน เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้และคุณลักษณะของชุดฝึกที่เหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษา

แบบสอบถามทั้ง 2 ฉบับ ประกอบด้วยข้อคำถามแบบปิดในลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และข้อคำถามปลายเปิดบางส่วน เพื่อให้ได้ทั้งข้อมูลเชิงปริมาณสำหรับการวิเคราะห์ระดับความคิดเห็น และข้อมูลเชิงคุณภาพสำหรับการประกอบการตีความผล และการสังเคราะห์ข้อเสนอเชิงพัฒนา

ทั้งนี้ แบบสอบถามสำหรับผู้สอนในด้านปัญหาและอุปสรรคได้ออกแบบให้วัดในรูปแบบของระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ (Readiness) แทนการวัดปัญหาโดยตรง เนื่องจากการประเมินผ่านระดับความพร้อมสามารถสะท้อนสภาพการจัดการเรียนรู้ในบริบทจริงได้อย่างเหมาะสม และช่วยลดแนวโน้มการตอบที่อาจมุ่งเน้นการระบุข้อจำกัดโดยตรง รายการที่ผู้สอนประเมินว่ามีความพร้อมในระดับต่ำกว่ารายการอื่นจึงตีความได้ว่าเป็นประเด็นที่มีข้อจำกัดหรืออุปสรรคเด่นกว่าในบริบทของตน วิธีการดังกล่าวช่วยให้การวิเคราะห์ผลสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่มุ่งศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้จากมุมมองของผู้สอน

เพื่อให้โครงสร้างของเครื่องมือวิจัยมีความชัดเจน ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนข้อคำถามของแบบสอบถามแต่ละฉบับให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและกลุ่มผู้ให้ข้อมูล โดยข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนข้อคำถามรายด้านของแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัย	ด้านที่วัด	จำนวนข้อคำถาม	กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม
แบบสอบถามสำหรับผู้เรียน	สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้/สมรรถนะพื้นฐานด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT (Current State)	7 ข้อ	ผู้เรียน จำนวน 24 คน
แบบสอบถามสำหรับผู้เรียน	ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT (Needs)	8 ข้อ	ผู้เรียน จำนวน 24 คน
แบบสอบถามสำหรับผู้สอน	ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ โดยประเมินผ่านระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ (Problems/Readiness)	7 ข้อ	ผู้สอน จำนวน 25 คน
แบบสอบถามสำหรับผู้สอน	ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT (Needs)	9 ข้อ	ผู้สอน จำนวน 25 คน

หมายเหตุ: ข้อคำถามปลายเปิดใช้สำหรับการประกอบการตีความผลและการสังเคราะห์ข้อเสนอเชิงพัฒนา มิได้นำมาคำนวณค่าสถิติในส่วน of ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

3. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาและสังเคราะห์เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดและจัดทำข้อคำถามให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์รายการคำถามประกอบด้วย หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรมดิจิทัลและเทคโนโลยีสารสนเทศ กลุ่มอาชีพซอฟต์แวร์และการประยุกต์ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ [16] ซึ่งระบุขอบเขตสาขาวิชา ผลลัพธ์การเรียนรู้ และสมรรถนะวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ ระบบเครือข่าย และการประยุกต์ใช้ระบบ IoT ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมาตรฐานอาชีพและคุณวุฒิวิชาชีพ อาชีพนักพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่ออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ระดับ 4 [17] ซึ่งระบุหน่วยสมรรถนะสำคัญ เช่น การจัดทำซอฟต์แวร์ตาม UML Modeling การสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้และเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ภายนอก (APIs) และการทดสอบโปรแกรมย่อยซอฟต์แวร์ รวมทั้งงานวิจัยและเอกสารวิชาการด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT การจัดการเรียนรู้เชิงรุก และการพัฒนาทักษะดิจิทัลในบริบทอาชีวศึกษา [1]–[15] จากนั้นผู้วิจัยจึงจัดหมวดหมู่สาระสำคัญที่ได้เป็น 3 ด้าน ได้แก่ สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปสร้างข้อคำถามสำหรับแบบสอบถามผู้เรียนและแบบสอบถามผู้สอน ข้อคำถามสำหรับผู้เรียนมุ่งวัดสมรรถนะพื้นฐานและความต้องการจำเป็นด้านการเขียนโปรแกรม การต่อวงจร การเชื่อมต่อเครือข่าย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี IoT และรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสม ส่วนข้อคำถามสำหรับผู้สอนมุ่งวัดปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ รวมทั้งความต้องการจำเป็นด้านเนื้อหา ทักษะ อุปกรณ์ และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับหลักสูตรและมาตรฐานอาชีพ

3.2 สร้างแบบสอบถามจำนวน 2 ฉบับ ให้ครอบคลุมประเด็นสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้

3.3 นำแบบสอบถามเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT เทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ผลการประเมินพบว่า ข้อคำถามทุกข้อ มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป)

3.4 นำแบบสอบถามให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยในด้านความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของภาษา และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการประเมินพบว่า แบบสอบถามสำหรับผู้เรียนมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.35$, $SD = 0.66$) และแบบสอบถามสำหรับผู้สอนมีความเหมาะสมโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.21$, $SD = 0.66$)

3.5 นำแบบสอบถามที่ผ่านการปรับปรุงจากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิไปตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) พบว่า แบบสอบถามผู้เรียนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.786 สำหรับด้านสมรรถนะพื้นฐาน 7 ข้อ และ 0.814 สำหรับด้านความต้องการจำเป็น 8 ข้อ ส่วนแบบสอบถามผู้สอนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.966 สำหรับด้านปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ 7 ข้อ และ 0.899 สำหรับด้านความต้องการจำเป็น 9 ข้อ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ สำหรับค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามผู้สอนด้านปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ที่มีค่า $\alpha = 0.966$ นั้น สะท้อนว่ารายการคำถามในด้านนี้มีความเป็นเนื้อเดียวกันสูง เนื่องจากมุ่งวัดปัจจัยด้านทรัพยากรและบริบทการจัดการเรียนรู้ที่สัมพันธ์กันในสภาพจริงของสถานศึกษา

3.6 ปรับปรุงแบบสอบถามตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

เพื่อให้เห็นภาพรวมคุณภาพของเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปคุณภาพเครื่องมือวิจัย (แบบสอบถาม)

เครื่องมือ	IOC (ช่วงค่า)	ความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ($\bar{X}$, SD)	ความเชื่อมั่น (Cronbach's α)
แบบสอบถามผู้เรียน	0.60–1.00	4.35, 0.66 (มาก)	0.786 (สมรรถนะพื้นฐาน 7 ข้อ) 0.814 (ความต้องการจำเป็น 8 ข้อ)
แบบสอบถามผู้สอน	0.60–1.00	4.21, 0.66 (มาก)	0.966 (ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ 7 ข้อ) 0.899 (ความต้องการจำเป็น 9 ข้อ)

หมายเหตุ: IOC และความเหมาะสมประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน; Cronbach's α คำนวณจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียน $n = 24$ และผู้สอน $n = 25$

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วไปจัดทำเป็นแบบสอบถามในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ และส่งให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 24 คน และครูผู้สอนจำนวน 25 คน ที่มีความเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลที่ได้รับก่อนนำไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินระดับสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการ ผู้วิจัยใช้โปรแกรม SPSS ในการประมวลผลข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ทั้งนี้ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง อยู่ในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง อยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง อยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง อยู่ในระดับน้อยที่สุด

นอกจากนี้ ค่าเฉลี่ยรวมและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมของแต่ละด้านคำนวณจากคะแนนเฉลี่ยรายบุคคล (composite mean score) โดยนำคะแนนของรายการคำถามในแต่ละด้านมาหาค่าเฉลี่ยเป็นรายบุคคลก่อน แล้วจึงคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ยรายบุคคลด้วยโปรแกรม SPSS

สำหรับการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็น ผู้วิจัยใช้การจัดลำดับความสำคัญ (Priority Ranking) โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของรายการความต้องการจำเป็นจากมากไปน้อย เพื่อสะท้อนประเด็นที่ผู้เรียนและผู้สอนให้ความสำคัญสูงสุดในการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ทั้งนี้ ในกรณีที่รายการใดมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ผู้วิจัยพิจารณาให้เป็นลำดับความสำคัญร่วมกัน และใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประกอบการตีความความสอดคล้องหรือความแตกต่างของความคิดเห็นในแต่ละรายการ

ในการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการโดยนำผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณจาก 3 ด้าน ได้แก่ สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ และความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ มาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจากข้อคำถามปลายเปิดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 มาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้อง และแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เป็นฐานของกรอบแนวคิดการวิจัย

กระบวนการสังเคราะห์ดำเนินการเป็นลำดับ ดังนี้ 1) พิจารณาประเด็นที่สะท้อนข้อจำกัดสำคัญจากผลการศึกษาสภาพปัจจุบันและปัญหาในการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำหรือมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง 2) พิจารณารายการความต้องการจำเป็นที่มีค่าเฉลี่ยสูงจากมุมมองของผู้เรียนและผู้สอน 3) จัดกลุ่มประเด็นที่มีความสัมพันธ์กันตามองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ด้านเนื้อหาและทักษะ ด้านอุปกรณ์และชุดฝึก ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านการสนับสนุนผู้เรียน และด้านการวัดและประเมินผล และ 4) เชื่อมโยงประเด็นที่สังเคราะห์ได้กับสมรรถนะที่หลักสูตร

และมาตรฐานอาชีพมุ่งหวัง เพื่อนำไปกำหนดเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นของชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One

การสังเคราะห์ในลักษณะดังกล่าวทำให้ข้อเสนอที่ได้ไม่ได้เกิดจากการพิจารณาความต้องการด้านอุปกรณ์เพียงด้านเดียว แต่เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากผู้เรียน ผู้สอน บริบทการจัดการเรียนรู้ และฐานสมรรถนะทางวิชาชีพ เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอเชิงพัฒนาที่เหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษา

6. ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในบริบทเฉพาะ โดยใช้ผู้ให้ข้อมูลที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และมีขนาดกลุ่มจำกัด ได้แก่ ผู้เรียนจำนวน 24 คน และผู้สอนจำนวน 25 คน ดังนั้น ผลการศึกษาจึงเหมาะสำหรับการอธิบายสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นของการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในบริบทของสถานศึกษาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและเครือข่ายสถานศึกษาที่เกี่ยวข้อง มากกว่าการสรุปอ้างอิงผลไปยังประชากรอาชีวศึกษาทั้งหมดในวงกว้าง

นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถามเป็นหลัก ซึ่งสะท้อนการรับรู้และความคิดเห็นของผู้เรียนและผู้สอนในช่วงเวลาที่ศึกษา จึงอาจมีข้อจำกัดในด้านการอธิบายเชิงลึกของบริบทบางประการ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยยังมีคุณค่าในฐานะข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับใช้เป็นฐานในการเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ และกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในระยะต่อไป

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดลำดับผลการวิเคราะห์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย 4 ประการ ได้แก่ 1) สภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ 2) ปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ 3) ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ และ 4) การสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One โดยผลการวิจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาสภาพปัจจุบันของการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินตนเองของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 จำนวน 24 คน พบว่า โดยภาพรวมผู้เรียนมีสมรรถนะและความรู้พื้นฐานด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X} = 2.85$, $SD = 0.57$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ทักษะที่ผู้เรียนประเมินว่ามีความสามารถมากที่สุด คือ ความสามารถในการใช้โปรแกรม IDE และอัปโหลดโค้ดลงบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ($\bar{X} = 3.21$, $SD = 0.88$) รองลงมา คือ ความสามารถในการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน ($\bar{X} = 3.04$, $SD = 1.08$) และความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม ($\bar{X} = 3.00$, $SD = 0.98$) ขณะที่ทักษะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ ความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายและการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ ($\bar{X} = 2.46$, $SD = 0.51$) รองลงมา คือ ความสามารถในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น ($\bar{X} = 2.58$, $SD = 0.78$) และความสามารถในการออกแบบโครงงานด้าน IoT ($\bar{X} = 2.71$, $SD = 0.62$) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับสมรรถนะพื้นฐาน
ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT จากมุมมองผู้เรียน (n = 24)

สมรรถนะพื้นฐานของผู้เรียน	$\bar{X}$	SD	ระดับสมรรถนะ
1. ความสามารถในการใช้โปรแกรม IDE และอัปโหลดโค้ด	3.21	0.88	ปานกลาง
2. ความสามารถในการเขียนโปรแกรมพื้นฐาน (ตัวแปร/เงื่อนไข/ลูป)	3.04	1.08	ปานกลาง
3. ความสามารถในการตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรม	3.00	0.98	ปานกลาง
4. ความสามารถในการเชื่อมต่อและอ่านค่าเซนเซอร์	2.92	0.97	ปานกลาง
5. ความสามารถในการออกแบบโครงงานด้าน IoT	2.71	0.62	ปานกลาง
6. ความสามารถในการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น	2.58	0.78	ปานกลาง
7. ความสามารถในการเชื่อมต่อเครือข่ายและการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์	2.46	0.51	น้อย
รวมเฉลี่ยภาพรวม	2.85	0.57	ปานกลาง

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยรวมและ SD รวมคำนวณจากคะแนนเฉลี่ยรายบุคคล (composite mean score)

จากตารางที่ 3 ผลดังกล่าวสะท้อนว่า แม้ผู้เรียนจะมีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมและการใช้งานเครื่องมือพัฒนาอยู่ในระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อจำกัดในทักษะที่ต้องอาศัยการบูรณาการหลายองค์ประกอบพร้อมกัน โดยเฉพาะการเชื่อมต่อเครือข่าย การส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ และการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ในระดับประยุกต์ใช้จริง

2. ผลการศึกษาปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT

จากการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้สอนที่เกี่ยวข้องจำนวน 25 คน พบว่า โดยภาพรวมระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.21$, $SD = 0.90$) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดซึ่งสะท้อนถึงข้อจำกัดหรืออุปสรรคที่เด่นที่สุด คือ ความเพียงพอของงบประมาณและจำนวนอุปกรณ์/สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ($\bar{X} = 3.96$, $SD = 1.27$) รองลงมา คือ ความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน ($\bar{X} = 4.12$, $SD = 0.83$) และความเสถียรต่อเนื่องของอุปกรณ์และเครือข่ายที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.16$, $SD = 1.03$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพร้อมในการจัดการเรียนรู้
ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT จากมุมมองผู้สอน (n = 25)

รายการประเมินความพร้อมในการจัดการเรียนรู้	$\bar{X}$	SD	ระดับความพร้อม
1. งบประมาณและจำนวนอุปกรณ์/สื่อที่ใช้มีความเพียงพอ	3.96	1.27	มาก
2. ความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียนอยู่ในระดับที่สามารถจัดการได้	4.12	0.83	มาก
3. ความเสถียรต่อเนื่องของอุปกรณ์และเครือข่ายที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	4.16	1.03	มาก
4. เอกสารประกอบการสอน/คู่มือสอดคล้องและเอื้อต่อการเรียนรู้	4.24	1.05	มาก
5. เวลาในการจัดกิจกรรมปฏิบัติจริงที่มีอยู่ในปัจจุบันมีความเพียงพอ	4.28	0.74	มาก
6. ชุดฝึกที่ใช้ปัจจุบันช่วยให้เข้าใจการเชื่อมต่อเครือข่าย IoT ได้	4.32	0.95	มาก
7. ชุดฝึกที่ใช้ปัจจุบันสามารถเชื่อมโยงลำดับ Input-Process-Output ได้	4.36	0.95	มาก
รวมเฉลี่ยภาพรวม	4.21	0.90	มาก

หมายเหตุ: (1) ค่าเฉลี่ยรวมและ SD รวมคำนวณจากคะแนนเฉลี่ยรายบุคคล (composite mean score) (2) ตารางนี้เรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยจากต่ำไปสูง เพื่อสะท้อนระดับความพร้อมที่ต่ำกว่าและข้อจำกัด/อุปสรรคที่เด่นกว่าตามบริบทของผู้สอน

จากตารางที่ 4 ซึ่งเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยจากต่ำไปสูง พบว่า รายการความเพียงพอของงบประมาณและจำนวนอุปกรณ์/สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และมีค่า SD สูงถึง 1.27 สะท้อนว่า ผู้สอนมีความคิดเห็นแตกต่างกันค่อนข้างมากต่อระดับความเพียงพอของทรัพยากรในบริบทของตนเอง แสดงให้เห็นว่า แม้บางสถานศึกษาหรือบางสาขาจะมีความพร้อมในระดับหนึ่ง แต่ยังคงมีความเหลื่อมล้ำด้านทรัพยากรและอุปกรณ์ที่ส่งผลต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติอย่างชัดเจน ข้อค้นพบนี้ช่วยให้เห็นว่า ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ไม่ได้เกิดจากผู้เรียนเพียงด้านเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับการจัดสภาพแวดล้อมและทรัพยากรที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วย

ดังนั้น การกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นในการพัฒนาชุดฝึกแบบ All-in-One จึงควรให้ความสำคัญกับความคุ้มค่าเชิงต้นทุนและความยืดหยุ่นในการใช้งาน เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานศึกษาที่มีระดับความพร้อมที่แตกต่างกัน

3. ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT

ผลการวิเคราะห์ความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 2 มุมมอง ได้แก่ มุมมองของผู้เรียนและมุมมองของผู้สอน

3.1 มุมมองของผู้เรียน

ผู้เรียนมีความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, $SD = 0.44$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความต้องการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ การมีชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Output-Network ไว้ในบอร์ดเดียว ($\bar{X} = 4.63$, $SD = 0.58$) รองลงมา คือ การได้รับคำแนะนำย้อนกลับและการสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ ($\bar{X} = 4.50$, $SD = 0.66$) และการจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทางก่อนทำโครงงาน ($\bar{X} = 4.46$, $SD = 0.72$) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความต้องการจำเป็น
ด้านการจัดการเรียนรู้จากมุมมองผู้เรียน (n = 24)

รายการความต้องการจำเป็นของผู้เรียน	$\bar{X}$	SD	ระดับ ความต้องการ	ลำดับ ความสำคัญ
1. ชุดฝึก All-in-One รวม Input-Output-Network ในบอร์ดเดียว	4.63	0.58	มากที่สุด	1
2. การได้รับคำแนะนำ (Feedback) และการสะท้อนผลการเรียนรู้ (Reflection) อย่างเป็นระบบ	4.50	0.66	มาก	2
3. การจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทาง ก่อนทำโครงงาน	4.46	0.72	มาก	3
4. ตัวอย่างโค้ดสั้น พร้อมอธิบายทีละขั้นตอน	4.42	0.50	มาก	4
5. โครงงาน Smart Home/Sensor Network	4.33	0.64	มาก	5
6. เรียนเขียนภาษา C บน ESP32	4.29	0.81	มาก	6
7. เรียน MQTT/Cloud และทำ Dashboard	4.25	0.68	มาก	7
8. เกณฑ์ประเมินผลงานและตัวอย่างงานหลายระดับ	4.08	0.72	มาก	8
รวมเฉลี่ยภาพรวม	4.37	0.44	มาก	-

จากตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาตามลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นจากมุมมองของผู้เรียน พบว่า รายการที่มีความสำคัญสูงสุด คือ การมีชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Output-Network ไว้ในบอร์ดเดียว รองลงมา คือ การได้รับคำแนะนำและการสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ และการจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทางก่อนทำโครงงาน

3.2 มุมมองของผู้สอน

ผู้สอนให้ความสำคัญต่อความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.77$, SD = 0.38) โดยรายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดร่วมกัน ได้แก่ การออกแบบโครงงาน IoT แบบ End-to-End ($\bar{X} = 4.84$, SD = 0.37) และการใช้แพลตฟอร์ม IoT เช่น ThingSpeak และ Blynk ($\bar{X} = 4.84$, SD = 0.47) รองลงมา คือ ชุดฝึกและการเชื่อมต่อเซนเซอร์หลัก ($\bar{X} = 4.80$, SD = 0.50) รวมถึงทักษะด้าน Wi-Fi และ MQTT/REST API ($\bar{X} = 4.80$, SD = 0.50) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความต้องการจำเป็น
ด้านการจัดการเรียนรู้จากมุมมองผู้สอน (n = 25)

รายการความต้องการจำเป็นของผู้สอน	$\bar{X}$	SD	ระดับ ความต้องการ	ลำดับ ความสำคัญ
1. ออกแบบโครงงาน IoT แบบ End-to-End	4.84	0.37	มากที่สุด	1
2. ใช้แพลตฟอร์ม IoT (ThingSpeak, Blynk ฯลฯ)	4.84	0.47	มากที่สุด	1
3. ชุดฝึกและการเชื่อมต่อเซนเซอร์หลัก	4.80	0.50	มากที่สุด	2
4. Wi-Fi และ MQTT/REST API	4.80	0.50	มากที่สุด	2
5. บุคลากร Cybersecurity เบื้องต้น	4.80	0.41	มากที่สุด	2
6. ทักษะสอนเขียนภาษา C บน ESP32	4.72	0.54	มากที่สุด	3
7. ทักษะสื่อสารข้อมูลและอินเทอร์รัปต์ (Serial/I2C/SPI/PWM/Interrupt)	4.72	0.68	มากที่สุด	3
8. ออกแบบสื่อ/ใบงาน/เกณฑ์ประเมิน (Rubrics)	4.72	0.54	มากที่สุด	3
9. ความต้องการอบรม/พัฒนาวิชาชีพเพิ่มเติมด้าน Embedded/IoT	4.72	0.54	มากที่สุด	3
รวมเฉลี่ยภาพรวม	4.77	0.38	มากที่สุด	-

หมายเหตุ: กรณีรายการที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ผู้วิจัยกำหนดให้เป็นลำดับความสำคัญร่วมกัน

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการจำเป็นจากมุมมองของผู้สอน พบว่า รายการที่มีลำดับความสำคัญสูงสุดร่วมกัน คือ การออกแบบโครงงาน IoT แบบ End-to-End และการใช้แพลตฟอร์ม IoT เช่น ThingSpeak, Blynk ฯลฯ รองลงมา คือ ชุดฝึกและการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์หลัก ทักษะด้าน Wi-Fi และ MQTT/REST API และการบูรณาการ Cybersecurity เบื้องต้น ผลดังกล่าวสะท้อนว่าผู้สอนให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงองค์ประกอบของระบบ IoT ตั้งแต่การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การสื่อสารข้อมูล การใช้แพลตฟอร์ม และการพัฒนาโครงงานแบบครบวงจร

4. ผลการสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึก

เมื่อสังเคราะห์ผลจากสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นจากทั้งมุมมองของผู้เรียนและผู้สอน พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ที่เหมาะสมในระยะต่อไป ควรนำไปสู่การกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกและการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบทจริงของอาชีวศึกษา โดยสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ ดังนี้

4.1 ชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวมองค์ประกอบด้าน Input-Process-Output-Network ไว้ในชุดเดียว พร้อมเซ็นเซอร์พื้นฐานที่ใช้ได้จริง เพื่อช่วยลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์และเอื้อต่อการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

4.2 ตัวอย่างโค้ดและคู่มือแบบเป็นลำดับขั้น เพื่อช่วยลดความสับสนของผู้เรียนในระยะเริ่มต้น และสนับสนุนการเรียนรู้ด้วยตนเองควบคู่กับการเรียนในชั้นเรียน

4.3 กิจกรรมหรือโครงงานต้นแบบด้าน IoT เช่น Smart Home หรือ Sensor Network ที่สามารถเชื่อมต่อ Cloud/MQTT และแสดงผลผ่าน Dashboard ได้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบครบวงจร (End-to-End)

4.4 ระบบการสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้สอน ได้แก่ การให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง การสะท้อนผลการเรียนรู้ การจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมก่อนเริ่มทำโครงงานจริง เพื่อช่วยลดผลกระทบจากความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน

4.5 องค์ประกอบด้านการวัดและประเมินผลที่ชัดเจน ได้แก่ เกณฑ์การประเมินผลงาน RUBRIC และแนวทางการประเมินทักษะสำคัญที่ผู้สอนให้ความสำคัญสูง เช่น การออกแบบโครงงาน IoT แบบ End-to-End การใช้แพลตฟอร์ม IoT และทักษะด้าน Cybersecurity เบื้องต้น

ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ในระยะต่อไปไม่ควรมุ่งเพียงการเพิ่มเนื้อหาหรือกิจกรรมเท่านั้น แต่ควรมุ่งกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ช่วยลดข้อจำกัดด้านทรัพยากร ลดความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์ และตอบสนองต่อความต้องการจำเป็นของทั้งผู้เรียนและผู้สอนได้อย่างสอดคล้องกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นฐานในการพัฒนาชุดฝึกและวางแผนการจัดการเรียนรู้ในระยะต่อไปได้อย่างเป็นรูปธรรม

สรุปผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค ความต้องการจำเป็น และเพื่อเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีสภาพปัจจุบันด้านสมรรถนะและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยผู้เรียนมีความสามารถในการใช้โปรแกรมพัฒนาและการเขียนโปรแกรมพื้นฐานในระดับหนึ่ง แต่ยังมีข้อจำกัดในทักษะที่ต้องอาศัยการบูรณาการหลายองค์ประกอบร่วมกัน โดยเฉพาะการเชื่อมต่อเครือข่าย การส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ และการตรวจวัดเชิงตรรกศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของการเรียนรู้ในระดับประยุกต์ใช้จริง

2. ในด้านปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนรู้ พบว่า แม้โดยภาพรวมครูผู้สอนจะประเมินว่าการจัดการเรียนรู้มีความพร้อมอยู่ในระดับมาก แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่าข้อจำกัดสำคัญที่เด่นที่สุด คือ ความไม่เพียงพอของงบประมาณและอุปกรณ์/สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ รองลงมา คือ ความแตกต่างของพื้นฐานผู้เรียน และความเลื่อมล้ำต่อเนื่องของอุปกรณ์และเครือข่ายที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ สะท้อนให้เห็นว่าปัญหาในการจัดการเรียนรู้ด้านนี้มีได้เกิดจากผู้เรียนเพียงด้านเดียว แต่ยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านทรัพยากรและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ด้วย

3. ในด้านความต้องการจำเป็นในการจัดการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีความต้องการจำเป็นโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยให้ความสำคัญสูงกับการมีชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Output-Network ไว้ในบอร์ดเดียว การได้รับ

คำแนะนำย้อนกลับและการสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ และการจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทางก่อนทำโครงการ ขณะที่ผู้สอนให้ความสำคัญต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด โดยเน้นการออกแบบโครงการ IoT แบบ End-to-End การใช้แพลตฟอร์ม IoT การเชื่อมต่อเครือข่าย และทักษะที่จำเป็นต่อการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้จริง

4. เมื่อสังเคราะห์ผลจากสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นของทั้งผู้เรียนและผู้สอน พบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ในระยะต่อไปควรมุ่งพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ที่ช่วยลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบเป็นลำดับขั้น การสนับสนุนด้วยตัวอย่างโค้ดและคู่มือที่ชัดเจน การให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง และการกำหนดเกณฑ์การประเมินที่เหมาะสม ทั้งนี้ข้อค้นพบจากการวิจัยสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลเชิงประจักษ์สำหรับการกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นในการพัฒนาชุดฝึกและวางแผนการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ให้สอดคล้องกับบริบทจริงของอาชีวศึกษาได้อย่างเป็นรูปธรรม

ทั้งนี้ ข้อกำหนดเบื้องต้นของชุดฝึกดังกล่าวมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับผลแบบสอบถามที่พบว่า ผู้เรียนมีสมรรถนะต่ำที่สุดในด้านการเชื่อมต่อเครือข่ายและการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ ขณะที่ผู้เรียนนั้นมีความต้องการสูงสุดต่อชุดฝึกแบบ All-in-One และผู้สอนให้ความสำคัญสูงสุดต่อการออกแบบโครงการ IoT แบบ End-to-End และการใช้แพลตฟอร์ม IoT

ดังนั้น องค์ประกอบของชุดฝึกที่เสนอจึงมุ่งตอบโจทย์การพัฒนาสมรรถนะตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 และมาตรฐานอาชีพที่เกี่ยวข้อง ทั้งด้านการเขียนโปรแกรม การเชื่อมต่ออุปกรณ์ การสื่อสารข้อมูลผ่านเครือข่าย การใช้แพลตฟอร์ม IoT และการพัฒนาโครงการแบบครบวงจร [16], [17]

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย เรื่อง การวิเคราะห์ความต้องการเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถอภิปรายผลโดยเชื่อมโยงกับแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ ดังนี้

1. ผู้เรียนมีสมรรถนะและความรู้พื้นฐานด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง และทักษะที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ การเชื่อมต่อเครือข่ายและการส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ด้าน IoT ในบริบทอาชีวศึกษาไม่ได้อาศัยเพียงทักษะการเขียนโปรแกรมพื้นฐานเท่านั้น แต่ต้องอาศัยความสามารถในการบูรณาการความรู้หลายด้านเข้าด้วยกัน ทั้งการเขียนโปรแกรม การต่อวงจร การสื่อสารข้อมูล การเชื่อมต่อเครือข่าย และการใช้แพลตฟอร์มคลาวด์ เมื่อผู้เรียนมีพื้นฐานแตกต่างกัน การเรียนรู้ในส่วนที่ต้องเชื่อมโยงองค์ประกอบของระบบจึงมียากกว่าส่วนที่เป็นทักษะเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Ghashim and Arshad [7] และ Suwastika et al. [8] ที่ชี้ให้เห็นว่าความท้าทายของการจัดการเรียนรู้ IoT อยู่ที่การเชื่อมโยงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครือข่าย และข้อมูลเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ

เมื่อพิจารณาร่วมกับแนวคิดการจัดการศึกษาแบบมุ่งเน้นสมรรถนะ พบว่า ข้อค้นพบดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ไม่ควรมุ่งเฉพาะการให้ผู้เรียนรู้จักอุปกรณ์หรือเขียนโปรแกรมเป็นรายส่วนเท่านั้น แต่ควรมุ่งพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติงานและแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Competency-Based Education ที่ให้ความสำคัญกับผลลัพธ์การเรียนรู้ ความสามารถในการปฏิบัติงาน และการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีพ [19], [20] ดังนั้น การยกระดับสมรรถนะของผู้เรียนด้าน IoT จึงควรออกแบบการเรียนรู้ให้ช่วยลดความซับซ้อนในระยะเริ่มต้น และค่อย ๆ พัฒนาผู้เรียนจากทักษะพื้นฐานไปสู่การออกแบบระบบแบบครบวงจร

2. ผลการวิจัยพบว่า แม้ครูผู้สอนประเมินว่าความพร้อมโดยรวมในการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก แต่เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ความเพียงพอของงบประมาณและจำนวนอุปกรณ์/สื่อเป็นประเด็นที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด และมีค่า SD สูงถึง 1.27 ซึ่งสะท้อนว่าผู้สอนมีความคิดเห็นแตกต่างกันค่อนข้างมากต่อระดับความพร้อมของทรัพยากรในบริบทของตนเอง ข้อค้นพบนี้มีนัยสำคัญในเชิงบริบท กล่าวคือ แม้บางสาขาหรือบางสถานศึกษาอาจมีอุปกรณ์และสื่อเพียงพอสำหรับจัดกิจกรรมปฏิบัติ แต่ในหลายบริบทยังพบข้อจำกัดด้านงบประมาณ อุปกรณ์ และโครงสร้างพื้นฐานที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Jebba et al. [6] ที่ชี้ให้เห็นถึงช่องว่างด้านทรัพยากรและทักษะดิจิทัลของผู้สอนในบริบท TVET และสอดคล้องกับงานของ Songsri et al. [9] ที่พบว่าปัจจัยด้านทรัพยากรและโครงสร้างพื้นฐานยังเป็นข้อจำกัดสำคัญของการจัดการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีในสถานศึกษาอาชีวศึกษาไทย นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้จากการปฏิบัติงานและสถานการณ์จริงในบริบทอาชีวศึกษา ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติ การแก้ปัญหา และการเชื่อมโยงความรู้กับงานจริง [18] จะเห็นได้ว่า ความพร้อมของอุปกรณ์ เครือข่าย และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโอกาสในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน ดังนั้น การพัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT จึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะความสามารถของผู้เรียนหรือความพร้อมของครูเท่านั้น แต่ต้องพิจารณาปัจจัยเชิงระบบ เช่น ความเพียงพอของอุปกรณ์ ความเสถียรของเครือข่าย และการจัดสรรทรัพยากรของสถานศึกษาควบคู่กันไปด้วย

3. ผลการวิจัยด้านความต้องการจำเป็นแสดงให้เห็นแนวโน้มที่สอดคล้องกันระหว่างผู้เรียนและผู้สอน กล่าวคือ ผู้เรียนให้ความสำคัญสูงต่อการมีชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Output-Network ไว้ในบอร์ดเดียว การได้รับคำแนะนำย้อนกลับอย่างเป็นระบบ และการจัดเวิร์กช็อปหรือกิจกรรมเสริมก่อนทำโครงการ ขณะที่ผู้สอนให้ความสำคัญสูงต่อการออกแบบโครงการ IoT แบบ End-to-End การใช้แพลตฟอร์ม IoT และทักษะที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโครงการจริง ข้อค้นพบนี้สะท้อนว่า ทั้งผู้เรียนและผู้สอนต่างเห็นตรงกันว่า การเรียนรู้ด้าน IoT ที่มีประสิทธิภาพควรลดความซับซ้อนของฮาร์ดแวร์ในระยะเริ่มต้น แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องไม่ตัดทอนสาระสำคัญของการเรียนรู้แบบครบวงจร

ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Active Learning และ Project-Based Learning ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงผ่านปัญหาหรือสถานการณ์ที่มีความหมาย และสอดคล้องกับงานของ Chaimongkhon [11] และ Nilkong and Manosuttitrit [12] ที่สะท้อนว่าชุดฝึกหรือชุดกิจกรรมที่ออกแบบให้พร้อมใช้งานและมีลำดับการเรียนรู้ที่ชัดเจน สามารถช่วยลดอุปสรรคในการเริ่มต้นเรียนรู้และส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานของ Pan et al. [22] ที่พัฒนาระบบ Intelligent Learning Management System เพื่อสร้างห้องปฏิบัติการทางไกลแบบลงมือปฏิบัติในรายวิชา IoT ระดับปริญญาตรี และพบว่าการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการทดลองปฏิบัติจริงส่งผลเชิงบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของผู้เรียน ข้อค้นพบดังกล่าวสนับสนุนผลการวิจัยครั้งนี้ที่ชี้ว่า ผู้เรียนต้องการชุดฝึกที่ช่วยลดความซับซ้อนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ พร้อมทั้งต้องการตัวอย่างโค้ดการให้ข้อมูลป้อนกลับ และกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาทักษะอย่างเป็นลำดับขั้น

4. เมื่อสังเคราะห์ผลจากสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็นของทั้งผู้เรียนและผู้สอน พบว่าข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกและการออกแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ในระยะต่อไปควรประกอบด้วยอย่างน้อย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ชุดฝึกแบบ All-in-One ที่รวม Input-Process-Output-Network ไว้ในชุดเดียว 2) ตัวอย่างโค้ดและคู่มือแบบเป็นลำดับขั้น 3) กิจกรรมหรือโครงการต้นแบบที่สามารถเชื่อมต่อคลาวด์และแสดงผลผ่าน Dashboard ได้ 4) ระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับและการสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง และ 5) เกณฑ์การประเมินหรือ rubric ที่ชัดเจนสำหรับทักษะที่จำเป็น ผลการสังเคราะห์ดังกล่าวทำให้เห็นว่า การพัฒนาชุดฝึกในบริบทนี้ไม่ใช่เพียงการออกแบบบอร์ดหรืออุปกรณ์เท่านั้น แต่เป็นการออกแบบระบบการเรียนรู้ที่ต้องสอดคล้องกับพื้นฐานผู้เรียน ข้อจำกัดของทรัพยากร และเป้าหมายการพัฒนาสมรรถนะในวิชาชีพ

ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับงานของ Taree [13] และ Tanaphatsiri et al. [14] ที่สะท้อนความสำคัญของการออกแบบการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะให้สอดคล้องกับความต้องการจำเป็นของผู้เรียนในบริบทจริง อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ซึ่งเน้นการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา การสร้างชิ้นงาน และการบูรณาการความรู้หลายด้านเข้าด้วยกัน [21] โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้ IoT ที่ต้องเชื่อมโยงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครือข่าย และการใช้งานจริงเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานของ Cano-Cruz [23] ที่นำแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานร่วมกับรูปแบบ ADDIE มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ IoT ผ่านการพัฒนาอุปกรณ์ Smart Lamp โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เซนเซอร์ การสื่อสารผ่าน MQTT และส่วนติดต่อผู้ใช้บนอุปกรณ์เคลื่อนที่ ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนพัฒนาอุปกรณ์ IoT ที่เชื่อมโยงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครือข่าย และการใช้งานจริง สามารถส่งเสริมการถ่ายโยงความรู้ แรงจูงใจ และการบูรณาการระบบได้อย่างเป็นรูปธรรม ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้ที่เสนอให้พัฒนาชุดฝึก

แบบ All-in-One และจัดกิจกรรมที่นำไปสู่โครงการ IoT แบบครบวงจร จึงมีความสอดคล้องกับแนวโน้มการจัดการเรียนรู้ IoT ที่เน้นการพัฒนาโครงงานและอุปกรณ์ต้นแบบที่เชื่อมโยงองค์ประกอบของระบบอย่างเป็นระบบ

ในมิติของความรู้ใหม่และคุณค่าของงานวิจัย งานวิจัยนี้มีได้อ้างว่าความต้องการชุดฝึกแบบ All-in-One เป็นข้อค้นพบใหม่โดยทั่วไปในวงการอาชีวศึกษา หากแต่จุดเด่นของงานอยู่ที่การนำข้อมูลเชิงประจักษ์จากทั้งผู้เรียนและผู้สอนในบริบทเฉพาะของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มาสังเคราะห์เป็นข้อกำหนดเชิงออกแบบและแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้น คุณค่าของงานวิจัยจึงอยู่ที่การเปลี่ยนข้อมูลด้านสภาพปัจจุบัน ปัญหาและอุปสรรค และความต้องการจำเป็น ให้กลายเป็นฐานสำหรับการพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาชุดฝึกที่สามารถนำไปใช้จริงได้ในบริบทอาชีวศึกษา

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังมีนัยเชิงปฏิบัติและเชิงนโยบาย กล่าวคือ ในระดับครูผู้สอน ข้อมูลที่ได้สามารถใช้ประกอบการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงาน ตัวอย่างโค้ด และระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียนมากขึ้น ในระดับสถานศึกษา ผลการวิจัยสะท้อนความจำเป็นของการสนับสนุนทรัพยากร อุปกรณ์ และโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายที่เพียงพอสำหรับการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ และในระดับการพัฒนาวัฒนธรรม ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นฐานในการกำหนดข้อกำหนดเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ที่เหมาะสมกับบริบทของอาชีวศึกษาไทยในระยะต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สถานศึกษาควรนำผลการวิจัยไปใช้เป็นฐานในการวางแผนพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT โดยเฉพาะการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาทักษะด้านการเชื่อมต่อเครือข่าย การส่งข้อมูลขึ้นคลาวด์ และการบูรณาการระบบแบบครบวงจร ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้เรียนยังมีสมรรถนะอยู่ในระดับต่ำกว่าด้านอื่น

1.2 ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ลดความซับซ้อนในระยะเริ่มต้นของการเรียนรู้ โดยใช้ตัวอย่างโค้ดคู่มือ หรือใบกิจกรรมแบบเป็นลำดับขั้น ควบคู่กับการให้ข้อมูลป้อนกลับและการสะท้อนผลการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง เพื่อช่วยลดความสับสนของผู้เรียนและสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก

1.3 สถานศึกษาควรส่งเสริมการพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ที่รวมองค์ประกอบด้าน Input-Process-Output-Network ไว้ในชุดเดียว เพื่อช่วยลดปัญหาความซับซ้อนของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ลดข้อผิดพลาดในการปฏิบัติ และเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

1.4 ผู้บริหารสถานศึกษาควรใช้ผลการวิจัยนี้ประกอบการวางแผนจัดสรรงบประมาณ อุปกรณ์ สื่อการสอน และโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายให้เพียงพอและเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ด้าน IoT เนื่องจากข้อค้นพบสะท้อนชัดว่าปัจจัยด้านทรัพยากรและความพร้อมของสภาพแวดล้อมมีผลต่อคุณภาพการจัดการเรียนรู้โดยตรง

1.5 ครูผู้สอนควรส่งเสริมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning: PjBL) และกิจกรรมที่พาผู้เรียนพัฒนาโครงงาน IoT แบบ End-to-End อย่างเป็นลำดับขั้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ด้านการเขียนโปรแกรม ฮาร์ดแวร์ เครือข่าย และแพลตฟอร์ม IoT ไปสู่การประยุกต์ใช้จริงได้อย่างเป็นระบบ

1.6 สถานศึกษาและหน่วยงานต้นสังกัดควรส่งเสริมการสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างวิทยาลัยที่มีความพร้อมสูงกับวิทยาลัยที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ เพื่อร่วมใช้ห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ ชุดฝึก และสื่อการเรียนรู้ ตลอดจนแลกเปลี่ยนครูผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะช่วยลดความเหลื่อมล้ำด้านทรัพยากรและเพิ่มโอกาสในการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรนำข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นฐานในการออกแบบและพัฒนาชุดฝึกด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT แบบ All-in-One ที่สอดคล้องกับบริบทของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ

2.2 ควรศึกษาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นในระยะต่อไป โดยประเมินทั้งประสิทธิภาพของชุดฝึก ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการปฏิบัติ และความพึงพอใจของผู้เรียน เพื่อยืนยันผลของการพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นรูปธรรม

2.3 ควรขยายการศึกษาไปยังสถานศึกษาอาชีวศึกษาอื่นหรือบริบทที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อเปรียบเทียบความต้องการจำเป็นและตรวจสอบความสอดคล้องของแนวทางการจัดการเรียนรู้ในบริบทที่แตกต่างกัน

2.4 ควรใช้วิธีวิจัยแบบผสมผสานมากขึ้นในอนาคต เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกหรือการสังเกตชั้นเรียน ร่วมกับการใช้แบบสอบถาม เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหา อุปสรรค และความต้องการจำเป็นของผู้เรียนและผู้สอนมากยิ่งขึ้น

2.5 ควรศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้หรือองค์ประกอบสนับสนุนอื่นร่วมด้วย เช่น ระบบการให้ข้อมูลป้อนกลับ รูปแบบใบกิจกรรม RUBRIC การประเมิน หรือกิจกรรมเสริมทักษะก่อนทำโครงงาน เพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการยกระดับสมรรถนะด้านระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยี IoT ของผู้เรียนอาชีวศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ผดุงศักดิ์ รัตนเดโช จากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ศูนย์รังสิต) ที่ปรึกษางานวิจัย ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ท่าน ได้แก่ ศาสตราจารย์ ดร.ปฏิพัทธ์ ทวนทอง คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ รองศาสตราจารย์ ดร.พานิช อินต๊ะ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ เชียงใหม่ ดร.ปิณฑาภรณ์ ปันรอด ศึกษานิเทศก์เชี่ยวชาญ ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีวศึกษาภาคเหนือ ดร.กิตติ์กัญญาณ์ ปฏิพันธ์ ครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญ วิทยาลัยอาชีวศึกษาขอนแก่น และนายประเสริฐ แสงโป้ ครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา ที่กรุณาให้เกียรติเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้มีความสมบูรณ์และได้มาตรฐานทางวิชาการ

ขอขอบคุณครูผู้สอนเครือข่ายอาชีวศึกษา และนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและเป็นที่กำลังใจสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตและการปฏิบัติงานเสมอมา

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Bonde, "A Framework for Integrating Emerging Technologies into Technical and Vocational Education and Training," *Africa Journal of Technical and Vocational Education and Training*, vol. 9, no. 1, pp. 97–107, 2024, doi: 10.69641/afritvet.2024.9.1184.
- [2] R. H. Hassan, M. T. Hassan, S. Naseer, Z. Khan, and M. Jeon, "ICT Enabled TVET Education: A Systematic Literature Review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 81624–81650, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3085910.
- [3] M. I. H. Bahrum, S. Puteh, M. H. Mazlan, N. L. Sulaiman, K. M. Salleh, and R. Buhari, "Embedding Web-Based Learning into Industry 4.0-Oriented TVET: Strengthening Future Workforce Competencies," *International Journal of Advanced Research in Education and Society*, vol. 7, no. 5, pp. 372–384, 2025, doi: 10.55057/ijares.2025.7.5.32.
- [4] P. Pothisan and S. Solgosoom, "The Study on Vocational Teachers' Competency Development Needs of Vocational College in Bangkok Metropolitan Administration, The Office of Vocational Education Commission," *North Bangkok University Journal*, vol. 11, no. 1, pp. 135–147, 2022, doi: 10.14456/nbu.2022.13 (in Thai)

- [5] P. Aphichasirikul, S. Ngamkanok, and P. Mrazek, "Digital Skills Development for Teachers for Organising Active Learning in the 21st Century of Secondary Schools under the Secondary Educational Service Area Office Chachoengsao," *e-Journal of Education Studies, Burapha University*, vol. 6, no. 4, pp. 47–65, 2024. [Online]. Available: <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ejes/article/view/272429> (in Thai)
- [6] M. M. Jebba, M. S. B. Nordin, A. J. Wushishi, and A. T. Quadri, "Skills Gap Assessment among Technical and Vocational Education and Training Educators (TVET) on Adopting Digital Technologies in Teaching at Technical Colleges," *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, vol. 13, no. 3, pp. 1489–1502, 2024, doi: 10.6007/IJARPED/v13-i3/21776.
- [7] I. A. Ghashim and M. Arshad, "Internet of Things (IoT)-Based Teaching and Learning: Modern Trends and Open Challenges," *Sustainability*, vol. 15, no. 21, Art. no. 15656, 2023, doi: 10.3390/su152115656.
- [8] N. A. Suwastika, M. Masrom, Q. Qonita, and M. Anwar, "IoT Readiness Model for Urban Vocational School: Case Study in Indonesia," *Qubahan Academic Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 674–702, 2025, doi: 10.48161/qaj.v5n1a1534.
- [9] S. Songsri, C. Chumraksa, P. Sirikunpipat, and C. Kasinant, "Current Situation, Problems, and Needs in the Management of Educational Technology and Communication in Vocational Institutions in Thailand," *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 3, pp. 1–11, 2025, doi: 10.14416/j.ft.ee.2025.12.01 (in Thai)
- [10] S. Weskavee, C. Sangsvang, and J. Kitipichetsan, "The Development of Digital Skills of Vocational College Students under the Office of the Vocational Education Commission," *Journal of Association of Professional Development of Educational Administration of Thailand (JAPDEAT)*, vol. 6, no. 3, pp. 438–450, 2024. (in Thai)
- [11] T. Chaimongkhol, "The Development of an Embedded Systems and Internet of Things Training Kit using Raspberry Pi Pico W for Practical Learning for Information Technology Students," *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 1, pp. 18–33, 2026, doi: 10.14416/j.ft.ee.2026.04.02 (in Thai)
- [12] P. Nilkong and A. Manosuttirit, "A Development of Online Activities Package with Embedded System Board to Enhance Coding Skill for Elementary Student," *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 3, pp. 25–36, 2025, doi: 10.14416/j.ft.ee.2025.12.03 (in Thai)
- [13] P. Taree, "Developing a Strategy for Blended Learning with Active Learning to Promote Competency in Electronic Control Engine Practice for Higher Vocational Certificate Students," *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 16, no. 1, pp. 14–29, 2025, doi: 10.14416/j.ft.ee.2025.04.02 (in Thai)
- [14] C. Tanaphatsiri, B. Tongpet, P. Prasongchan, and W. Boonsong, "The Necessary Need Assessment to Develop Knowledge and Skill in Innovative Electronics for Laborers According to The Development Strategy in The Southern Region," *Journal of Technical Education Development*, vol. 35, no. 124, pp. 42–52, 2022, doi: 10.14416/j.ted.2022.08.004 (in Thai)
- [15] A. Pattanawin and D. Seewungkum, "Needs Assessment for ICT Skills Development in High Vocational Certificate Student in Business Computer Program under Office of East Vocational Education Commission," *Journal of Educational Technology and Communications*, vol. 5, no. 13, pp. 77–89, 2022. (in Thai)
- [16] Office of the Vocational Education Commission, *Higher Vocational Certificate Curriculum B.E. 2567: Digital Industry and Information Technology, Software and Applications, Information Technology Program*, Bangkok, Thailand: Office of the Vocational Education Commission, 2024. (in Thai)

- [17] Thailand Professional Qualification Institute (Public Organization), *Occupational Standard and Professional Qualifications: Software Developer for Internet of Things, Level 4*, Bangkok, Thailand: Thailand Professional Qualification Institute (Public Organization), 2021. (in Thai)
- [18] Cedefop, ETF, European Commission, ILO, OECD, UNESCO, and World Bank, *Work-Based Learning: A Leaflet of the Interagency Group on Technical and Vocational Education and Training*. Publications Office of the European Union, 2024, doi: 10.2816/8011301.
- [19] S. T. Jwan, "Competency-Based Education and Training (CBET) in Kenya: Policies, Opportunities and Challenges," *Alternation*, Special Edition 39, pp. 281–300, 2022, doi: 10.29086/2519-5476/2022/sp39a13.
- [20] S. D. Boateng, "Competence-Based Education: Reflections on the Context of Teaching and Learning in the Global South," *Cogent Education*, vol. 10, no. 1, Art. no. 2207793, 2023, doi: 10.1080/2331186X.2023.2207793.
- [21] V. Sukackè, A. O. P. d. C. Guerra, D. Ellinger, V. Carlos, S. Petronienè, L. Gaiziūnienè, S. Blanch, A. Marbà-Tallada, and A. Brose, "Towards Active Evidence-Based Learning in Engineering Education: A Systematic Literature Review of PBL, PjBL, and CBL," *Sustainability*, vol. 14, no. 21, Art. no. 13955, 2022, doi: 10.3390/su142113955.
- [22] A.-J. Pan, Y.-C. Huang, and C.-F. Lai, "Constructing Hands-on Distance Labs: The Development and Implementation of an Intelligent Learning Management System (ILMS-d) in Undergraduate IoT Courses," *Interactive Learning Environments*, vol. 32, no. 10, pp. 6413–6429, 2024, doi: 10.1080/10494820.2023.2263061.
- [23] E. Cano-Cruz, "Development of a Smart Lamp Device Using Project-Based Learning and the ADDIE Model for Teaching IoT to Software Engineering Students," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 34, no. 1, Art. no. e70143, 2026, doi: 10.1002/cae.70143.

การอ้างอิงบทความนี้

- APA Chaimongkhon, T., (2026). Needs Analysis for Developing Learning Management Guidelines in Embedded Systems and IoT Technology for Higher Vocational Certificate Students in the Information Technology Program. *Journal of Technical and Engineering Education*, 17(2), 15-34 Thaijo. <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.02>
- MLA Chaimongkhon, Tharit. "Needs Analysis for Developing Learning Management Guidelines in Embedded Systems and IoT Technology for Higher Vocational Certificate Students in the Information Technology Program" *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 2, Aug. 2026, pp. 15-34, <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.02>. Thaijo.
- ISO690 T. Chaimongkhon, "Needs Analysis for Developing Learning Management Guidelines in Embedded Systems and IoT Technology for Higher Vocational Certificate Students in the Information Technology Program" *Journal of Technical and Engineering Education*, vol. 17, no. 2, pp. 15-34, Aug. 2026, doi: <https://doi.org/10.14416/j.ftce.2026.08.02>