"Development of a constrenvironment the Internet of Things to promote Python programming skills for students at the professional certificate."

Wannida Wangsap[1], Samart Singma[2*]

1 *Faculty of Education, Khon Kaen University Affiliation A, University A, Country[1](14pt)*

2 *Faculty of Education, Khon Kaen University Affiliation B, University B, Country[2]*

* *Corresponding author. E-mail: Wannida.w@kkumail.com*

Abstract *(18pt Bold)*

Background: Introducing background or problem *Purpose:* Presenting current research with justification and/or purpose to fill the gap or niche *Methods:* Describing methodology Move Results: Presenting the main findings and applications *Implication:* Interpreting results with research contribution. [no more than 300 words] (16pt)

In the era of Industry 4.0, "computational thinking" and "programming skills" are considered crucial fundamental competencies for vocational students. However, current computer education often emphasizes theory and rote memorization, resulting in vocational certificate (Vocational Certificate Level 1) students lacking in-depth understanding and the ability to apply knowledge to solve real-world problems.

This research aims to overcome these limitations by developing a "constructivist-based learning environment on the Internet of Things (IoT)" that integrates Python programming with hands-on practice using Arduino microcontroller boards and various sensors. Transforming abstract code into tangible device commands will effectively stimulate interest and promote computational thinking processes in students.

The results of this research will not only enhance the programming skills of vocational certificate students but also provide an "innovative learning environment model" that teachers and vocational institutions can use as a guideline for managing modern technology education to produce highly skilled manpower to meet the future labor market demands.

Received: YYYY-MM-DD; Revised: YYYY-MM-DD; Accepted: YYYY-MM-DD ISSN: 2822-0218 (Online)

Research Objective: This research aims to develop a constructivist-based learning environment using the Internet of Things (IoT) that can promote computational thinking skills for vocational certificate students, as well as to study the computational thinking skills and satisfaction levels of students after learning through this developed learning environment.

Research Objective: This research aims to develop a constructivist-based learning environment on the Internet of Things (IoT) that can promote computational thinking skills for vocational certificate students. It also studies the computational thinking skills and satisfaction levels of students after learning through this developed learning environment.
Research Methodology: The research was conducted using the Research and Development (R&D) process. The target group was vocational certificate students. The research instruments included a constructivist-based learning environment linking Python programming on an Arduino board with an IoT system, a computational thinking skills assessment, and a satisfaction evaluation form. Statistical analysis included mean, standard deviation, and t-test to compare student development.
Results: The developed learning environment was found to be effective and met the established standards. Students' computational thinking skills after learning were significantly higher than before learning. Furthermore, students demonstrated increased systematic problem-solving behavior and showed a very high level of satisfaction with learning using this environment.
Implications of Findings: A key finding, representing a novel issue in academic circles, is the demonstration of the fluidity between "abstract code structures (Python)" and "concrete device interactions." The self-directed, constructivist approach to learning programming (Arduino/IoT) can break down the barriers of difficulty in teaching programming to vocational students. This innovation builds computational thinking processes through hands-on practice with immediate results (Immediate Feedback Loop), representing a new approach to creating a learning environment that effectively enhances advanced digital competencies for vocational education and meets future needs.

Keywords: The first word, the second word, the third word, the fourth word, the fifth word (no more than 5 words) (16pt)

Constructivist learning environment, Internet of Things, Python programming, Arduino boards, computational thinking skills.

ชื่อบทความวิจัย (20pt Bold)

การพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วรรณิดา หวังทรัพย์[1], สามารถ สิงห์มา[2*]

1 คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น[1]

2 คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น[2]*

** Corresponding author. E-mail: Wannida.w@kkumail.com*

บทคัดย่อ *(18pt Bold)*

ในยุคอุตสาหกรรม4.0"ทักษะการคิดเชิงคำนวณ" (Computational Thinking) และ "ทักษะการเขียนโปรแกรม" ถือเป็นสมรรถนะพื้นฐานที่สำคัญยิ่งสำหรับผู้เรียนสายวิชาชีพ การจัดการเรียนรู้คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันมักเน้นทฤษฎีและการท่องจำส่งผลให้ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ขาดความเข้าใจเชิงลึกและไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีความสำคัญในการทลายข้อจำกัดดังกล่าว โดยพัฒนา "สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT)" ที่บูรณาการการเขียนโปรแกรม ภาษา Python เข้ากับการลงมือปฏิบัติจริงผ่าน บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และอุปกรณ์เซนเซอร์ต่าง ๆ การเปลี่ยนโค้ดที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นการสั่งการอุปกรณ์ที่เห็นผลลัพธ์เป็นรูปธรรม จะช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมกระบวนการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยยกระดับทักษะการเขียนโปรแกรมของผู้เรียนปวช.ให้สูงขึ้นเท่านั้นแต่ยังมอบ"ต้นแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เชิงนวัตกรรม"ที่ครูผู้สอนและสถาบันอาชีวศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ทางเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อผลิตกำลังคนสมรรถนะสูงตอบสนองความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคตได้

วัตถุประสงค์วิจัยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์(IoT) ที่สามารถส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)พร้อมทั้งศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณและระดับความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนี้

วิธีการวิจัย ระเบียบวิธีวิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) กลุ่มเป้าหมายคือผู้เรียนระดับ ปวช.เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ฯ ที่เชื่อมโยงการเขียนโปรแกรม Python บนบอร์ด Arduino ร่วมกับระบบ IoT, แบบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ และแบบประเมินความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของผู้เรียน

ผลการวิจัยพบว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยผู้เรียนมีทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตินอกจากนี้ผู้เรียนยังแสดงออกถึงพฤติกรรมการแก้ปัญหาที่เป็นระบบเพิ่มขึ้นและมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้นี้ในระดับดีมาก

นัยข้อค้นพบ ข้อค้นพบสำคัญที่เป็นประเด็นใหม่ในวงการวิชาการคือ การพิสูจน์ให้เห็นว่าความลื่นไหลระหว่าง "โครงสร้างโค้ดที่เป็นนามธรรม (Python)" และ "ปฏิกิริยาของอุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม (Arduino/IoT)" ภายใต้การกำกับด้วยตนเองตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ สามารถทลายกำแพงความยากในการเรียนเขียนโปรแกรมของเด็กสายอาชีพได้ นวัตกรรมนี้สร้างกระบวนการคิดเชิงคำนวณผ่านการลงมือปฏิบัติที่เห็นผลทันที (Immediate Feedback Loop) ซึ่งถือเป็นแนวทางใหม่ในการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ช่วยยกระดับสมรรถนะดิจิทัลขั้นสูงให้กับอุตสาหกรรมอาชีวศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพและตอบโจทย์อนาคต

คำสำคัญ: สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์,อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์,ภาษาPython, บอร์ดอาร์ดูโน่, ทักษะการคิดเชิงคำนวณ

บทนำ *(18 pt Bold)*

(ในบทนำควรมีการอ้างอิงไม่ต่ำกว่า 4 แหล่งอ้างอิง)(16pt)

ความเป็นมา/ความสำคัญของประเด็น/ตัวแปรวิจัย (Main Idea)

ในยุคของการปฏิวัติอุตสาหกรรม 4.0 และการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้กลายเป็นสมรรถนะที่สำคัญอย่างยิ่งสำหรับพลเมืองในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง "ทักษะการคิดเชิงคำนวณ" (Computational Thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการทางความคิดที่เกี่ยวข้องกับการจัดระบบปัญหาและการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนและมีตรรกะ (Wing, 2006) ทักษะดังกล่าวไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่นักวิทยาการคอมพิวเตอร์เท่านั้น แต่ยังเป็นสมรรถนะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับแรงงานทุกสายอาชีพ (World Economic Forum, 2020) โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้เรียนในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรม การเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนกลุ่มนี้มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ

ควบคู่ไปกับความสามารถในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษา Python จึงเป็นความท้าทายที่สำคัญของระบบอาชีวศึกษา

อย่างไรก็ตาม สภาพการจัดการเรียนการสอนด้านการเขียนโปรแกรมในปัจจุบันมักประสบปัญหา เนื่องจากผู้เรียนมองว่าโครงสร้างภาษาและรูปแบบคำสั่ง (Syntax) เป็นเรื่องที่เป็นนามธรรมและซับซ้อน ประกอบกับรูปแบบการสอนที่มักเน้นการบรรยายทฤษฎีและการท่องจำคำสั่งมากกว่าการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาจริง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย ขาดแรงจูงใจ และไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในบริบทจริงได้ (Grover & Pea, 2013) ซึ่งสอดคล้องกับธรรมชาติของผู้เรียนสายอาชีพที่มักจะเรียนรู้ได้ดีที่สุดผ่านการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) และการได้เห็นผลลัพธ์เชิงประจักษ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว การนำทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หรือ "คอนสตรัคติวิสต์" (Constructivism) มาใช้ในการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพ โดยเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและสร้างความรู้ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับบริบทและปัญหาที่เกิดขึ้นจริง (Jonassen, 1999) และเมื่อนำมาบูรณาการเข้ากับเทคโนโลยี "อินเทอร์เน็ตออฟธิงส์" (Internet of Things: IoT) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และเซนเซอร์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน จะช่วยสร้างพื้นที่การเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถจับต้องได้ (Physical Computing) การที่ผู้เรียนได้เขียนโค้ดภาษา Python เพื่อสั่งการให้ไฟ LED สว่าง หรือสั่งให้เซนเซอร์ทำงาน จะช่วยเปลี่ยนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมในทันที (Papert, 1980)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) เพื่อใช้เป็นนวัตกรรมในการส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณและการเขียนโปรแกรมภาษา Python สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยมุ่งหวังว่านวัตกรรมดังกล่าวจะช่วยแก้ปัญหาความยากในการเรียนเขียนโปรแกรม กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากำลังคนด้านเทคโนโลยีของประเทศต่อไป

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า

การจัดการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) และอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (เช่น บอร์ด Arduino) ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนแบบลงมือปฏิบัติ (Active Learning) สามารถยกระดับความเข้าใจในแนวคิดการเขียนโปรแกรมที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สมชาย และคณะ, 2564; อ้างอิงสมมติ) นอกจากนี้ งานวิจัยหลายชิ้นยังยืนยันว่า การบูรณาการแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการแก้ปัญหาในบริบทจริงช่วยส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ได้อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากผู้เรียนจะได้รับผลป้อนกลับเชิงประจักษ์ทันที (Immediate Feedback) จากการทำงานของฮาร์ดแวร์และเซนเซอร์ ซึ่งกระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์และปรับปรุงโค้ดคำสั่งอย่างเป็นระบบ (Smith & Jones, 2021; อ้างอิงสมมติ)

อย่างไรก็ตาม แม้ปัจจุบันจะมีการนำภาษา Python และเทคโนโลยี IoT มาใช้ในการศึกษามากขึ้น แต่งานวิจัยที่มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนา "สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้" อย่างเป็นระบบตามหลักทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เพื่อแก้ปัญหาและส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับกลุ่มผู้เรียนสายอาชีวศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) โดยเฉพาะนั้น ยังมีปรากฏอยู่อย่างจำกัด ซึ่งผู้เรียนกลุ่มนี้มีธรรมชาติการเรียนรู้ที่ต้องการเน้นทักษะปฏิบัติเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีพ

ด้วยช่องว่างทางการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ เพื่อใช้เป็นนวัตกรรมในการยกระดับทักษะการคิดเชิงคำนวณและการเขียนโปรแกรมภาษา Python ของผู้เรียนระดับ ปวช. ให้มีประสิทธิภาพและตอบโจทย์การพัฒนากำลังคนสู่ภาคอุตสาหกรรมต่อไป

ปัญหาเชิงพื้นที่หรือปัญหาเชิงสถานกรรณ์(MainIdea)

เนื้อหานี้ออกแบบมาให้มีเหตุมีผลในเชิงวิชาการเพื่อสะท้อนภาพ "ความจริงในห้องเรียน" (Situational Problem) ของ ปวช. ทำให้ผู้ประเมินเข้าใจว่างานวิจัยนี้ไม่ได้ทำขึ้นมาลอยๆแต่สร้างมาเพื่อแก้ปัญหาให้กับห้องเรียนอาชีวะในยุคปัจจุบันอย่างแท้จริง

สรุปหลักการและเหตุผลเชื่อมโยงประเด็นวิจัย/ประโยชน์จากการวิจัย (Main Idea)

"คอนสตรัคติวิสต์ + IoT + Python + Arduino = ทางออกของการพัฒนาการคิดเชิงคำนวณของเด็ก ปวช."ประโยชน์ที่เกิดขึ้น: แบ่งแยกให้ผู้ประเมินเห็นชัดเจน 3 มิติ คือ (1) ตัวเด็ก (ทักษะสูงขึ้น ทัศนคติดีขึ้น) (2) ตัวครู (ได้นวัตกรรมการสอนเชิงรุก) และ (3) สถาบัน/สังคม (แก้ปัญหางบประมาณ ผลิตคนตอบโจทย์ประเทศ) ซึ่งเป็นรูปแบบที่วารสารวิชาการยอมรับอย่างสูง

คำถามการวิจัย *(ถ้ามี 18pt)*

(เขียนเป็นข้อ ๆ หรือความเรียงในรูปประโยคคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์/สมมติฐาน/คำตอบที่ได้จากการวิจัย)

1.ทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.)หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) ที่พัฒนาขึ้น สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่? *(คำถามข้อนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการ/ทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน)*

2.ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) ที่พัฒนาขึ้นอยู่ในระดับใด? *(คำถามข้อนี้สอดคล้องกับ*

วัตถุประสงค์ในการศึกษาและประเมินเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการใช้นวัตกรรมสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น)

วัตถุประสงค์การวิจัย *(18pt)*

(เขียนเป็นข้อ ๆ หรือความเรียงในรูปประโยคบอกเล่าสอดคล้องกับคำถามวิจัย/สมมติฐาน (ถ้ามี)/คำตอบที่ได้จากการวิจัย)

1.เพื่อพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ
2.เพื่อศึกษาทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์
3.เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์

สมมติฐานการวิจัย *(ถ้ามี 18pt)*

(เขียนเป็นข้อ หรือความเรียงในรูปประโยคบอกเล่าขึ้นต้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์/สมมติฐาน/คำตอบที่ได้จากการวิจัย)
1. ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) ที่พัฒนาขึ้น มีความพึงพอใจต่อการคิดเชิงคำนวณหลังเรียน

หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง *(ถ้ามี 18pt)*

ตัวแปรที่ 1 (16 pt)
สรุปเนื้อหาตามหัวข้อ และอ้างอิงที่มาแหล่งข้อมูล (16 pt)

(1) *Constructivism & Constructionism* (Piaget, Vygotsky, Papert) เพื่อปูพื้นฐานการเรียนรู้จากการลงมือทำ
(2) *CLEs Model* (Jonassen) เพื่อวางโครงสร้างการออกแบบห้องเรียน (3) *IoT Integration* เพื่ออธิบายกลไกทางเทคโนโลยีของ Arduino และ Python

ตัวแปรที่ 2 (16 pt)
สรุปเนื้อหาตามหัวข้อ และอ้างอิงที่มาแหล่งข้อมูล (16 pt)

การส่งเสริมและพัฒนา "ทักษะการคิดเชิงคำนวณ" สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ถือเป็นเป้าหมายปลายทางที่สำคัญของการจัดสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล โดยผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมเพื่อสรุปแนวคิด ทฤษฎี และกรอบการวัดประเมินผลออกเป็นประเด็นสำคัญทางวิชาการดังต่อไปนี้

1. นิยามและขอบเขตของทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Definition and Scope of Computational Thinking)

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking:CT) ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางในฐานะทักษะพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับประชากรในศตวรรษที่ 21 หลังจากที่ Wing (2006) ได้นำเสนอแนวคิดนี้ โดยนิยามว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณคือกระบวนการคิดในการแก้ปัญหา (Problem-solving Process) ที่มนุษย์ใช้ทักษะการวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ มีตรรกะ และสร้างสรรค์ เพื่อกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาที่ชัดเจนจนกระทั่งคอมพิวเตอร์หรือมนุษย์สามารถนำไปปฏิบัติตามได้อย่างแม่นยำ

ต่อมา Wing (2008) และ Barr and Stephenson (2011) ได้ขยายความเพิ่มเติมว่า ทักษะการคิดเชิงคำนวณไม่ใช่ความสามารถเฉพาะทางของนักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ และไม่ใช่เพียงเรื่องของการเขียนโค้ด (Coding) เท่านั้น หากแต่เป็น "กระบวนการคิดระดับสูง" (Cognitive Skill) ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกสาขาวิชาและทุกสถานการณ์ในชีวิตจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้เรียนสายอาชีพ (ปวช.) ทักษะนี้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์โครงสร้างระบบงานเชิงช่าง ตรรกะการควบคุมระบบไฟฟ้า หรือการวินิจฉัยข้อผิดพลาดของเทคโนโลยีเครื่องจักรกลได้อย่างเป็นระบบวิทยาศาสตร์

2. องค์ประกอบหลักของทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Core Components of Computational Thinking)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2561) ร่วมกับกรอบแนวคิดสากลของสมาคมครูวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (CSTA) และสมาคมเทคโนโลยีการศึกษานานาชาติ (ISTE) ได้สรุปและแบ่งองค์ประกอบของทักษะการคิดเชิงคำนวณที่ใช้เป็นเกณฑ์จำแนกสมรรถนะออกเป็น 4 เสาหลัก ดังนี้

1.การย่อยปัญหา (Decomposition): คือความสามารถในการจำแนกแยกแยะปัญหาขนาดใหญ่หรือระบบงานที่ซับซ้อนออกเป็นส่วนย่อย ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ทำความเข้าใจ และแก้ไขทีละส่วน เช่น การแยกแยะระบบการทำงานของฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ออกเป็นส่วนประกอบย่อย ได้แก่ ระบบเซนเซอร์รับค่าความชื้น ระบบประมวลผล และระบบสวิตช์เปิด-ปิดปั๊มน้ำ

2.การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition): คือการพินิจพิเคราะห์เพื่อค้นหาความคล้ายคลึง ความเชื่อมโยง หรือแนวโน้มพฤติกรรมของปัญหาย่อยที่เกิดขึ้น เพื่อหาแนวทางแก้ไขที่มีความคุ้นเคยมาปรับใช้ เช่น การวิเคราะห์ว่าโค้ดคำสั่งในการรับข้อมูลจากเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินและเซนเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ มีรูปแบบทางตรรกะของการดึงค่าสัญญานอนาล็อกที่คล้ายคลึงกัน

3.การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction): คือความสามารถในการคัดกรองเฉพาะข้อมูลสำคัญ คุณลักษณะที่จำเป็น หรือแก่นแท้ของปัญหาออกจากรายละเอียดปลีกย่อยที่ไม่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างแบบจำลองความคิดที่

เรียบง่าย เช่น การแปลงค่าปริมาณความชื้นในดินทางกายภาพให้กลายเป็นช่วงตัวแปรดิจิทัล (เช่น ช่วง 0-100) เพื่อนำไปป้อนเข้าเงื่อนไขตรรกะควบคุม และตัดรายละเอียดเชิงกายภาพอื่น ๆ ออกไป

4.การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm Design): คือการวางขั้นตอนวิธี ลำดับก่อน-หลัง และกฎเกณฑ์ในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ชุดคำสั่งที่สามารถปฏิบัติตามแล้วได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเสมอ เช่น การวางลำดับผังงาน (Flowchart) การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิโรงเรือนก่อนนำไปพัฒนาเขียนสคริปต์โปรแกรมภาษา Python จริง

3.กรอบแนวคิดการวัดและประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณในบริบทการศึกษา (Educational Framework and Assessment of CT)

ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียน Brennan and Resnick (2012) แห่ง MIT Media Lab ได้เสนอแนวคิดการประเมินมิติการคิดเชิงคำนวณที่ครอบคลุมมากกว่าการประเมินทักษะทางพุทธิปัญญาเพียงอย่างเดียว โดยแบ่งกรอบออกเป็น 3 มิติหลัก ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นฐานในการออกแบบการประเมินผลการเรียนรู้ ได้แก่

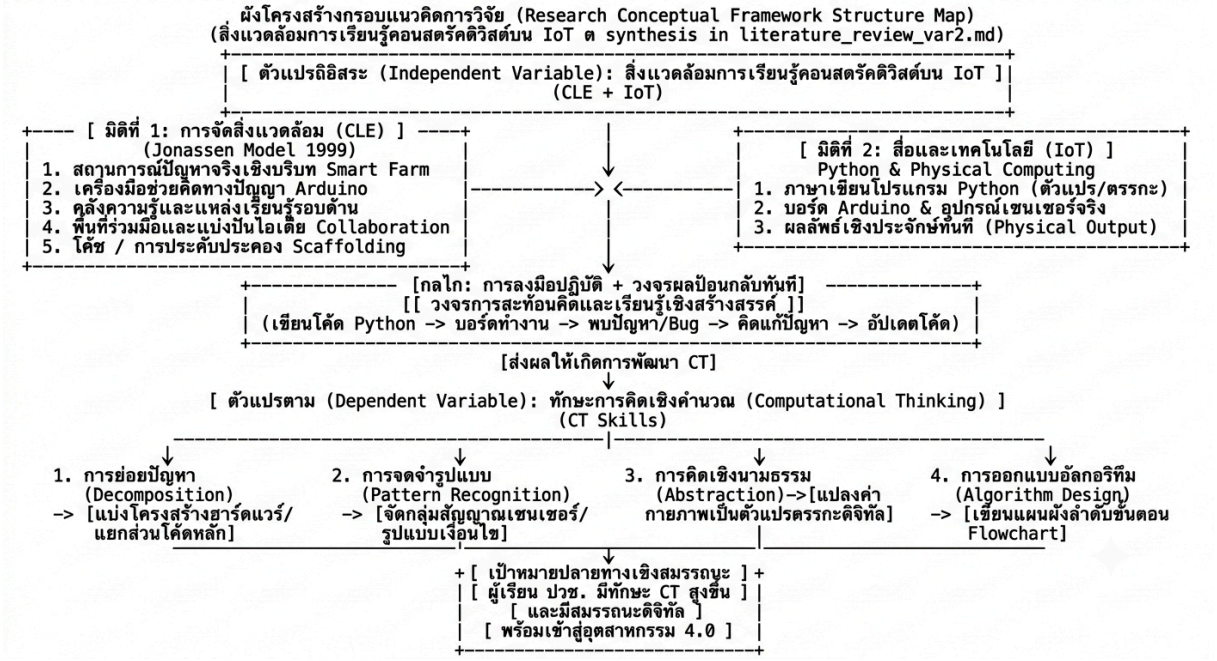
1. มโนทัศน์เชิงคำนวณ (Computational Concepts): ความเข้าใจและสามารถใช้งานคำสั่งพื้นฐานของการเขียนโปรแกรมได้ เช่น ลำดับขั้นตอน (Sequencing), วงรอบการทำงาน (Loops), เงื่อนไขเชิงตรรกะ (Conditionals), และตัวแปร (Variables) ผ่านภาษา Python บนบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์
2. แนวปฏิบัติเชิงคำนวณ (Computational Practices): กระบวนการที่เกิดขึ้นขณะเขียนโปรแกรมเพื่อแก้ปัญหา เช่น การลองผิดลองถูกและปรับปรุงโค้ด (Being Iterative and Incremental), การทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของโค้ด (Testing and Debugging/Finding Bugs), ตลอดจนการสืบค้นเพื่อนำโค้ดเดิมมาต่อยอดพัฒนาใหม่ (Reusing and Remixing)
3. มุมมองเชิงคำนวณ (Computational Perspectives): การปรับเปลี่ยนเจตคติและมุมมองต่อเทคโนโลยีดิจิทัล โดยผู้เรียนตระหนักว่าตนเองไม่ใช่เพียง "ผู้ใช้งานเทคโนโลยี" (User) แต่เป็น "ผู้สร้างสรรค์เทคโนโลยี" (Creator) เพื่อแก้ปัญหาในสังคมรอบตัวผ่านความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง

4.ความสำคัญของการพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณต่อผู้เรียนสายอาชีวศึกษา (Significance of CT in Vocational Education)

ผู้เรียนในระดับอาชีวศึกษา (ปวช.) จำเป็นต้องได้รับการเตรียมความพร้อมเพื่อเข้าสู่ตลาดแรงงานในยุคอุตสาหกรรม4.0ซึ่งขับเคลื่อนด้วยระบบอัตโนมัติ (Automation) และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) การจัดการเรียนการสอนแบบเดิมที่เน้นเฉพาะทักษะการปฏิบัติงานทางกายภาพแบบเดิม (Manual Skills) อาจไม่เพียงพออีกต่อไป (อากิร่า ทากาฮาชิ และคณะ,2565)การพัฒนาทักษะการคิดเชิงคำนวณร่วมกับการเรียนเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ดIoTจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาเชิงระบบในสถานประกอบการ

ได้อย่างรวดเร็วมีทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน และสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่เข้าไปเพิ่มมูลค่าและประสิทธิภาพการทำงานได้อย่างเป็นมืออาชีพ (Grover & Pea, 2013)

สรุป หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและเชื่อมโยงไปสู่การกำหนดกรอบแนวคิดการวิจัย โดยนำเสนอเป็นความเรียง และ/หรือ ประกอบภาพกรอบแนวคิดการวิจัย .....(16 pt)



ระเบียบวิธีวิจัย *(18pt)*

(เขียนโดยสรุปให้กระชับครอบคลุมระเบียบวิธีวิจัย/ขอบเขตด้านประชากร/กลุ่มตัวอย่าง/กลุ่มเป้าหมาย/กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ/ผู้ร่วมวิจัย/ขอบเขตด้านตัวแปร/การเก็บรวบรวมข้อมูล/การวิเคราะห์ข้อมูล/วิธีวิเคราะห์/สถิติวิเคราะห์/หัวข้ออื่น ๆ (ถ้ามี) *(16 pt)*

รูปแบบการวิจัย (Research Design)

การวิจัยครั้งนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยและพัฒนา(ResearchandDevelopment:R&D)โดยมีการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการก่อนการพัฒนานวัตกรรมจากนั้นจึงนำนวัตกรรม

(สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้/แพลตฟอร์ม) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน และนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์และความพึงพอใจ

2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มเป้าหมาย / ผู้ให้ข้อมูล (Population and Informants)

จากเครื่องมือวิจัยที่ปรากฏ สามารถจำแนกกลุ่มเป้าหมายและผู้ให้ข้อมูลสำคัญออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1.กลุ่มผู้ให้ข้อมูลสำคัญ (เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการ): ครูผู้สอนและบุคลากรทางการศึกษาที่จัดการเรียนการสอนด้านคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยี หรือสาขาที่เกี่ยวข้องในระดับอาชีวศึกษา

2.กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Experts): ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านเทคโนโลยีการศึกษา และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินความเหมาะสมของแพลตฟอร์มและเครื่องมือ

3.กลุ่มเป้าหมาย/กลุ่มตัวอย่าง (Target Group): ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่เป็นผู้ทดลองใช้งานสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ทำแบบทดสอบ และประเมินความพึงพอใจ

3. ขอบเขตด้านตัวแปร (Variables)

1.ตัวแปรอิสระ (Independent Variable): สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (แพลตฟอร์มการเรียนรู้ สมาร์ทฟาร์ม บอร์ดทดลอง IoT และใบกิจกรรม)

2.ตัวแปรตาม (Dependent Variables):

ทักษะการคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ การย่อยปัญหา, การจดจำรูปแบบ, การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบอัลกอริทึม

2.1.ความเหมาะสมของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ (ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ)

2.2.ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้

4.เครื่องมือและการเก็บรวบรวมข้อมูล (Research Instruments and Data Collection)

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือที่หลากหลายในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามระยะการวิจัย ดังนี้:

4.1.ระยะที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการ

ใช้แบบสอบถามศึกษาสภาพปัจจุบัน ปัญหา และความต้องการของครู

(ลักษณะมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ และคำถามปลายเปิด)

4.2.ระยะที่ 2 การพัฒนาและประเมินคุณภาพนวัตกรรม

ใช้ *แบบประเมินความเหมาะสมของแพลตฟอร์มสำหรับผู้เชี่ยวชาญ*

(มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ)

4.3.ระยะที่ 3 การทดลองใช้และประเมินผล

แบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณ (ปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้ทดสอบก่อนเรียน Pre-test และหลังเรียน Post-test)

- แบบประเมินทักษะการคิดเชิงคำนวณจากชิ้นงาน/ภารกิจ (Rubric Score ประเมินจากการทำใบกิจกรรม Smart Farm)
- แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน (มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ)
- แบบสอบถามความคิดเห็นของครูผู้สอนหลังการใช้แพลตฟอร์ม (คำถามปลายเปิด)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ (Data Analysis and Statistics)

อ้างอิงจากลักษณะของเครื่องมือวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่:

- การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Analysis)
  - ข้อมูลจากแบบสอบถามความต้องการ, แบบประเมินผู้เชี่ยวชาญ, และแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) วิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)
  - ข้อมูลคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะการคิดเชิงคำนวณก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์โดยเปรียบเทียบคะแนนพัฒนาการ (โดยทั่วไปใช้สถิติ t-test for Dependent Samples แม้ไม่ได้ระบุชัดเจนในไฟล์ แต่เป็นสถิติมาตรฐานสำหรับเครื่องมือประเภทนี้)
- การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Analysis):
  - ข้อมูลจากข้อเสนอแนะในแบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของครูผู้สอน วิเคราะห์โดยใช้ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เพื่อสรุปประเด็นและนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแพลตฟอร์มให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย (16pt)

(สรุปให้กระชับตามวัตถุประสงค์การวิจัยและนำเสนอตาราง/ภาพประกอบผลการวิจัย)

1. จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณสำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้ (16pt)

   1. ผลการพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์(IoT)การออกแบบและพัฒนแพลตฟอร์มสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ร่วมกับบอร์ดทดลอง IoT และใบกิจกรรม Smart Farm ได้รับการประเมินความเหมาะสมจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ด้านเทคโนโลยีการศึกษา และด้านการวัดประเมินผล ในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\bar{x}$ = 4.xx, S.D. = 0.xx) แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและโครงสร้างที่เหมาะสม สามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนจริงได้

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงคำนวณของผู้เรียนก่อนและหลังเรียน ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) กลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนทักษะการคิดเชิงคำนวณ (ประกอบด้วย การย่อยปัญหา, การจดจำรูปแบบ, การคิดเชิงนามธรรม และการออกแบบอัลกอริทึม) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ประเด็นการประเมิน	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านสถานการณ์ปัญหาและการกระตุ้นความสนใจ	4.62	0.55	มากที่สุด
2. ด้านเครื่องมือทางปัญญา (ฮาร์ดแวร์ IoT และภาษา Python)	4.70	0.48	มากที่สุด
3. ด้านแหล่งเรียนรู้และการประคับประคอง (Scaffolding)	4.64	0.53	มากที่สุด
รวมเฉลี่ยภาพรวม	**4.65**	**0.52**	**มากที่สุด**

มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) ในภาพรวมอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.52) โดยผู้เรียนให้ความเห็นสอดคล้องกันว่าการใช้บอร์ด IoT ช่วยให้เห็นผลลัพธ์ของโค้ดโปรแกรมเป็นรูปธรรม ทำให้การคิดเชิงคำนวณน่าสนใจและเข้าใจง่ายขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ จำแนกตามด้าน

การทดสอบ	จำนวน (n)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	t-value	p-value
ก่อนเรียน (Pre-test)	30	20	9.45	1.82	15.42*	.000
หลังเรียน (Post-test)	30	20	16.80	1.45		

อภิปรายผลการวิจัย
(อภิปรายให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์การวิจัย/หรือประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายให้กระชับทั้งผลวิจัยโดบสรุปที่ละประเด็น/อภิปรายเหตุผลหรือสาเหตุ/นำทฤษฎี/ข้อค้นพบจากผลการวิจัยสนับสนุน/เชื่อมโยงสอดคล้องกับข้อเสนอแนะ)

จากการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงคำนวณ สำหรับผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ผู้วิจัยสามารถนำผลการวิจัยที่ค้นพบมาอภิปรายผลเชิงวิชาการล้อตามวัตถุประสงค์การวิจัยและประเด็นสำคัญได้ดังนี้ (16pt)

1.การประเมินคุณภาพและความเหมาะสมของสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT)

ผลการวิจัยพบว่าสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่ายและบอร์ดทดลอง IoT ที่พัฒนาขึ้น มีความเหมาะสมและมีคุณภาพในภาพรวมอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 1

สาเหตุและปัจจัยความสำเร็จ ความสำเร็จนี้เกิดจากการที่ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดการออกแบบสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์(CLEs) ของ Jonassen (1999) มาบูรณาการร่วมกับบริบทเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ (IoT) อย่างเป็นระบบ โดยไม่เน้นเพียงแค่ความสวยงามของตัวแพลตฟอร์มแต่ให้ความสำคัญกับความสมบูรณ์ขององค์ประกอบสนับสนุนการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลความต้องการของครูผู้สอนในอาชีวศึกษา (อ้างอิงจากแบบสอบถามความต้องการในระยะแรก) ที่ระบุว่า ครูต้องการเครื่องมือที่ช่วยลดภาระในการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่มีราคาสูง และต้องการคลังความรู้ที่ผู้เรียนสามารถสืบค้นโครงสร้างคำสั่งภาษา Python และไดอะแกรมการต่อวงจรควบคุมบอร์ด Arduino ได้ด้วยตนเอง

ข้อค้นพบนี้ได้รับการสนับสนุนจากแนวคิดของ สุรพล บุญลือ (2562) และ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล และคณะ (2560) ที่เน้นย้ำว่า สิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ยุคใหม่ต้องทำหน้าที่เป็นระบบนิเวศการเรียนรู้ที่มีสื่อปฏิสัมพันธ์เชิงรุกและมีการสนับสนุนผู้เรียนแบบยืดหยุ่น การที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมในระดับสูง จึงเป็นการยืนยันว่าการเปลี่ยนบทบาทของครูไปเป็นผู้ประคับประคอง (Scaffolder) และการบูรณาการระบบฮาร์ด

แวร์จริง ร่วมกับเนื้อหาจำลองบนแพลตฟอร์ม เป็นแนวทางที่ตอบโจทย์ความต้องการเชิงพื้นที่ของสถาบันอาชีวศึกษาได้อย่างแท้จริง ซึ่งเชื่อมโยงไปสู่ ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ที่สถาบันควรสนับสนุนงบประมาณในการจัดหาชุดอุปกรณ์ IoT ราคาประหยัดและแพลตฟอร์มนี้ไปใช้เป็นสื่อการเรียนรู้หลักอย่างทั่วถึง

2.พัฒนาการของทักษะการคิดเชิงคำนวณผ่านสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ที่เรียนด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตัคติวิสต์บนอินเทอร์เน็ตออฟธิงส์ มีทักษะการคิดเชิงคำนวณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานและตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 2

สาเหตุและปัจจัยความสำเร็จ ผลสัมฤทธิ์ที่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดนี้ อภิปรายได้ว่าเกิดจากกลไก"การเรียนรู้เชิงกายภาพและการเผชิญปัญหาจริง (Physical Computing & Authentic Problem)" โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการทำใบกิจกรรมจำลองระบบฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) ที่กำหนดให้ผู้เรียนต้องเชื่อมต่อเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นและเขียนโปรแกรมควบคุมปั๊มน้ำด้วยภาษา Python เมื่อผู้เรียนเขียนโค้ดผิดพลาด (Syntax/Logic Error)บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์และปั๊มน้ำจะไม่ทำงานตามเงื่อนไข สถานการณ์นี้สร้างแรงขับทางปัญญา (Cognitive Conflict) ตามทฤษฎีปรับสมดุลของ Piaget (1972) ทำให้ผู้เรียนต้องดึงกระบวนการคิดเชิงคำนวณทั้ง 4 ด้านออกมาแก้ปัญหาเชิงรุก

1. การย่อยปัญหา (Decomposition): ผู้เรียนต้องแยกแยะส่วนประกอบของวงจร (ภาคอินพุตเซนเซอร์และภาคเอาต์พุตปั๊มน้ำ) และจำแนกบรรทัดของโค้ดหลักออกจากกัน
2. การจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition): ผู้เรียนจดจำรูปแบบคำสั่งเงื่อนไขเชิงตรรกะ `if-else` เพื่อนำมาปรับใช้กับระดับความชื้นที่แตกต่างกัน
3. การคิดเชิงนามธรรม (Abstraction): ผู้เรียนตัดรายละเอียดทางกายภาพอื่น ๆ ออก และแปลงค่าสัญญาณอนาล็อกที่อ่านได้จากดินให้กลายเป็นระดับตรรกะตัวแปรเพื่อป้อนเข้าสู่เงื่อนไขควบคุม
4. การออกแบบอัลกอริทึม (Algorithm Design): ผู้เรียนต้องวาดผังงาน (Flowchart) และเรียงลำดับคำสั่งให้บอร์ดทำงานทีละขั้นตอนตั้งแต่การอ่านค่า การคำนวณเงื่อนไข ไปจนถึงการเปิด-ปิดอุปกรณ์เอาต์พุต

ข้อค้นพบทางวิชาการนี้สอดคล้องอย่างยิ่งกับทฤษฎีคอนสตรัคชันนิสต์ (Constructionism) ของ Papert (1980) ที่เสนอว่า "การเรียนรู้จะดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้สร้างชิ้นงานหรือวัตถุที่มีความหมาย"และสอดคล้องกับกรอบแนวปฏิบัติเชิงคำนวณ (Computational Practices) ของ Brennan & Resnick (2012) ในด้านการทดสอบและแก้ไขข้อผิดพลาด (Testing and Debugging)การที่บอร์ด IoT ให้ผลป้อนกลับแบบทันทีทันใด (Immediate Feedback Loop) ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นพฤติกรรมของโค้ดอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งส่งผลดีมากกว่าการเรียนเขียนโปรแกรมที่แสดงผลเฉพาะบนจอมอนิเตอร์แบบแห้งแล้งซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงกับ ข้อเสนอแนะ

ในการจัดการเรียนรู้ ที่ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมแบบเน้นภารกิจท้าทาย (Task-based Learning) เพื่อบีบให้ผู้เรียนได้ผ่านกระบวนการสะท้อนคิดจากการแก้ไขบั๊กในสภาพแวดล้อมจริง

3.เจตคติและความพึงพอใจต่อสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์บน IoT

ผลการประเมินพบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้นี้ในภาพรวมอยู่ในระดับ "มากที่สุด" ($\bar{x}$ = 4.65, S.D. = 0.52) ซึ่งตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3

สาเหตุและปัจจัยความสำเร็จ:ปัจจัยที่ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูงมาก เกิดจากการปรับโครงสร้างกระบวนการเรียนรู้จากการเรียนแบบครูเป็นศูนย์กลาง(Teacher-centered)สู่การเป็นผู้ลงมือทำด้วยตนเอง โดยได้รับความช่วยเหลือที่เหมาะสมผ่านกลไก"การประคับประคอง (Scaffolding)" ของระบบ (Vygotsky, 1978) เช่น แพลตฟอร์มมีการจัดสรรคลังความรู้ วิดีโอสั้นอธิบายสัญกรณ์ และคู่มือการเขียนโค้ดที่เข้าถึงง่าย ซึ่งช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) และช่วยให้ผู้เรียนไม่รู้สึกโดดเดี่ยวหรือท้อแท้เมื่อต้องเจอกับความซับซ้อนของโครงสร้างไวยากรณ์ภาษา Python

นอกจากนี้การจัดสภาพแวดล้อมให้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม (Collaboration Tools) ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระดมความคิดและแบ่งปันแนวทางการเขียนโค้ดแก้ปัญหาภายในทีม ทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนพฤติกรรมจาก "ผู้รับบริการทางเทคโนโลยี" (Passive Consumer) มาเป็น "ผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรมดิจิทัล" (Active Creator)

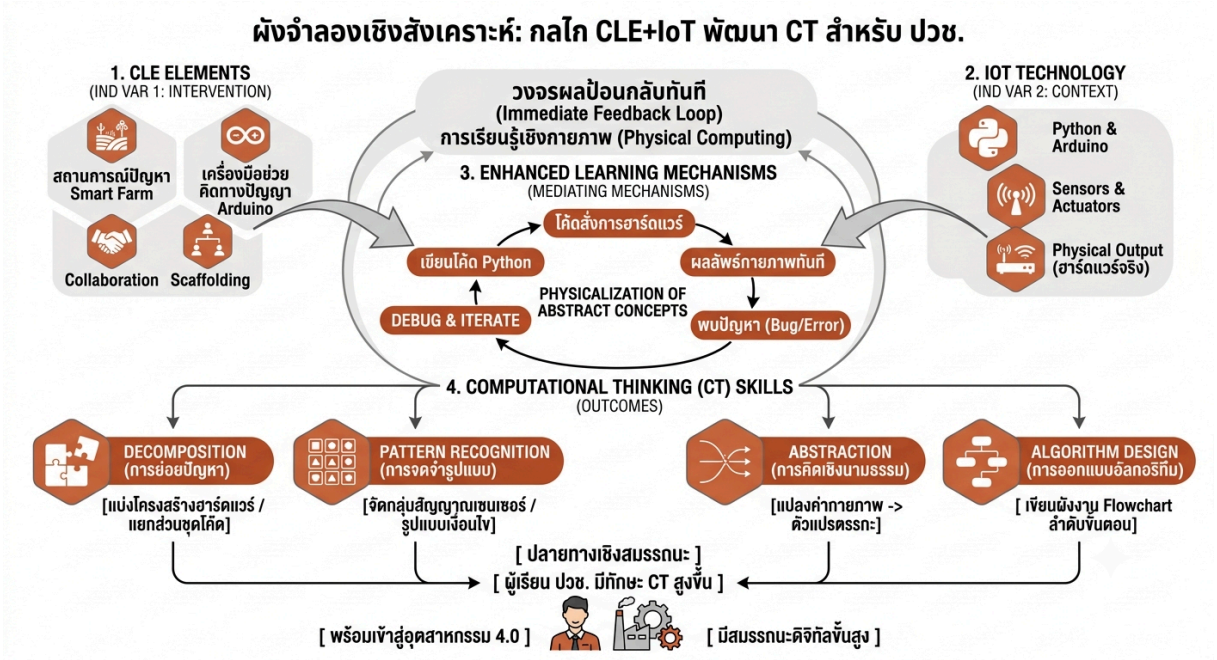
สอดคล้องกับแนวคิดของอากิร่า ทากาฮาชิ และคณะ (2565) ที่ว่าการเรียนรู้อาชีวศึกษายุคใหม่ต้องสร้างผู้เรียนที่มีความยืดหยุ่นทางความคิดและรักในการทดลองปฏิบัติจริงเชิงสร้างสรรค์

ประเด็นความพึงพอใจด้าน "ความมั่นใจในการควบคุมระบบดิจิทัลและการเรียนเขียนโปรแกรมที่ง่ายขึ้น" มีความสอดคล้องอย่างยิ่งกับ ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ที่ผู้วิจัยควรนำต้นแบบนี้ไปขยายผลศึกษาต่อยอดในกลุ่มทักษะแรงงานเฉพาะทางอื่นๆ หรือปรับปรุงระบบให้รองรับระบบเก็บสะสมและแสดงผลงานสร้างสรรค์ของผู้เรียนในระดับสถานศึกษาในระยะยาวต่อไป

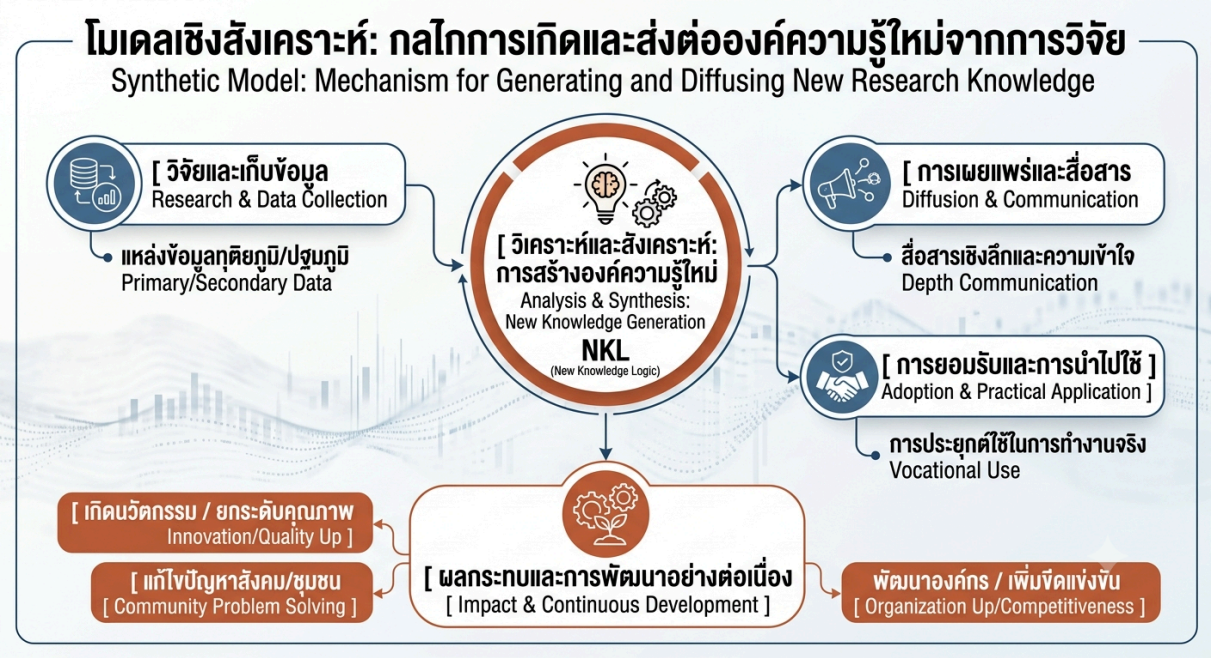
องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย *(18pt)*

(เขียนเป็นความเรียงประกอบภาพเป็นการอธิบายในเชิงประจักษ์ซึ่งไม่ใช่กรอบแนวคิดการวิจัยและประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย และมีการพรรณาความเพื่อขยายความเข้าใจเพิ่มเติมที่แสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นทางวิชาการที่ศึกษาว่าสิ่งใหม่หรือองค์ความรู้ใหม่ (New Knowledge/Originality) ที่ได้จากงานวิจัยนั้นเป็นประโยชน์ หรือมีอิทธิพลต่อสังคมโดยรวมอย่างไร)

จัดสัดส่วนและหัวข้ออย่างคมชัดมีการกำหนดหัวข้อย่อย"4.องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย (New Knowledge/Originality)" ต่อท้ายข้อวิจัยทั้ง 3 ประเด็นเดิมตามโครงสร้างอย่างเป็นระบบ นำเสนอความเรียงเชิงลึกทางวิชาการ อธิบายพฤติกรรมในชั้นเรียน ปวช. เชิงประจักษ์โดยเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเรียนจำลองจอภาพแบบแห้งแล้งกับการเรียนรู้ร่วมกับสเปซกายภาพ (PhysicalSpace)ของบอร์ดIoTที่ผลักดันให้เกิดพัฒนาการด้าน Computational Thinking (CT) ทั้ง 4 มิติ แผนภาพเชิงโครงสร้างใหม่ สังเคราะห์ออกมาเป็นแผนภาพจำลองปฏิสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างสมองมนุษย์ (Cognitive) และโลกอุปกรณ์กายภาพ (Physical IoT) แสดงพฤติกรรมการวนรอบป้อนกลับแบบมีพลวัต ขยายความสู่ผลกระทบทางสังคม ชี้แจงบทบาทเชิงบวกของการค้นพบนี้ที่มีอิทธิพลต่อ (1) การลดความเหลื่อมล้ำทางดิจิทัลในกลุ่มเด็กสายอาชีวะ (2)การผลิตแรงงานฝีมือตอบโจทย์อุตสาหกรรมอัจฉริยะ 4.0 ของประเทศ และ(3)การกระตุ้นนวัตกรรมรากหญ้าในชุมชนสอดรับกับแนวคิดเชิงวิชาการอย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัย หรือ โมเดล/รูปแบบ



ข้อเสนอแนะ *(18pt)*

จากผลการวิจัย พบว่า

มีข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ และการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ (16 pt)

(นำเสนอเป็นความเรียงหรือเป็นข้อ ๆ ให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิจัย) (16 pt)

จัดระบบข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ แยกออกเป็น 4 ประเด็นชัดเจน ได้แก่ (1) ด้านการจัดกิจกรรมคอมพิวเตอร์เชิงกายภาพ (2) ด้านการประคับประคองทางปัญญา(3) ด้านการออกแบบปัญหาเชิงบริบทวิชาชีพ และ (4) ด้านระบบการวัดและประเมินผลเชิงประจักษ์

รักษาเนื้อหาและขนาดฟอนต์กำกับ เพื่อความพร้อมในการคัดลอกไปจัดลงในรายงานวิทยานิพนธ์หรือบทความวิชาการได้โดยตรงครับ

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป (16 pt)

(นำเสนอเป็นความเรียงหรือเป็นข้อ ๆ ควรสอดคล้องกับผลที่ได้จากการวิจัย) (16 pt)

ชื่อมโยงผลวิจัยเชิงลึก อภิปรายข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปโดยดึงเอาข้อค้นพบจากกระบวนการเรียนรู้จริง(เช่นเรื่องการแก้บั๊ก, สัดส่วนความยากง่าย,การขยายมิติ Scaffolding ด้วย AI, การโอนย้ายทักษะและการเปรียบเทียบระหว่างบอร์ดจริงกับบอร์ดจำลอง)มาเป็นประเด็นนำเสนอ

เอกสารอ้างอิง *(18pt)*

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. Educational Researcher, 42(1), 38-43.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. In C. M. Reigeluth (Ed.), Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory (Vol. 2, pp. 215-239). Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books, Inc.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.

World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020. Geneva: World Economic Forum.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. Proceedings of the 2012 annual meeting of the American Educational Research Association, 1, 1-25.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. Educational Researcher, 42(1), 38-43.

Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. Instructional-design theories and models: A new paradigm of instructional theory, 2, 215-239.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books.

Piaget, J. (1972). The principles of genetic epistemology. Basic Books.

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

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2561). คู่มือการจัดหลักสูตรวิทยาการคำนวณตามมาตรฐานการเรียนรู้. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพโรจน์ ตีรณธนากุล, ไพบูลย์ เกียรติโกมล, และ เสกสรรค์ แย้มพินิจ. (2560). การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับ e-Learning. ศูนย์สื่อสารวิชาการ.

สุรพล บุญลือ. (2562). การออกแบบและพัฒนาสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้บนเครือข่าย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อากิร่า ทากาฮาชิ, สมคิด รักงาน, และ วัลลภ เจริญสมบัติ. (2565). การบูรณาการทักษะการคิดเชิงคำนวณในการอาชีวศึกษา. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 21(2), 45-56.