

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ ในบริบทการศึกษาสะเต็ม

นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2569

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ ในบริบทการศึกษาสะเต็ม

นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
พ.ศ. 2569

สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อเรื่อง : การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ผู้วิจัย : นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

ปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ

ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม การวิจัยดำเนินการตามกระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ประกอบด้วย 3 ระยะ ได้แก่ (1) การสังเคราะห์กรอบแนวคิดจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) การออกแบบและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ พร้อมทั้งตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ และ (3) การทดลองใช้รูปแบบกับกลุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ผลเชิงประจักษ์

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม TEM ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเมคคาทรอนิกส์ และกลุ่ม ENS ซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ กลุ่มละ 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย (1) รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อต่อกิจกรรม และ (3) แบบประเมินสมรรถนะเชิงกระบวนการ (Rubric) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (Paired Samples t-test) การทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent Samples t-test) และการคำนวณขนาดอิทธิพล (Hedges' g)

ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีองค์ประกอบเชิงระบบที่สอดคล้องกันในด้านปัจจัยนำเข้า กระบวนการ และผลลัพธ์ และได้รับการประเมินว่ามีความเหมาะสมในระดับสูง (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสองกลุ่ม พร้อมทั้งมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับเล็กถึงปานกลาง และ (3) ผลการประเมินด้วย Rubric สะท้อนให้เห็นพัฒนาการด้านความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างต่อเนื่อง ผลการสังเคราะห์เชิงโครงสร้างและเชิงประจักษ์ยืนยันว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำ

หน้าที่เป็นกลไกเชิงระบบในการส่งเสริมทักษะการคิดระดับสูงในบริบทการศึกษาสะเต็มได้อย่างมีเหตุผลและต่อเนื่อง

คำสำคัญ: การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน, ทักษะการแก้ปัญหา, ทักษะการคิดเชิงระบบ, การศึกษาสะเต็ม

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Title : DEVELOPMENT OF A ROBOTIC SIMULATION-BASED LEARNING MODEL TO ENHANCE PROBLEM-SOLVING AND SYSTEMS THINKING ABILITIES IN STEM EDUCATION

Author : Ms. Ampawan Yindeemak

Degree : Doctor of Philosophy (Information and Communication Technology for Education)

Advisors : Assistant Professor Dr.Thada Jantakoon

Year : 2026

ABSTRACT

This study aimed to develop and validate a robotic simulation-based learning model to enhance problem-solving and systems thinking abilities in STEM education. The research employed a Research and Development (R&D) approach consisting of three phases: (1) conceptual framework synthesis from relevant literature, (2) model design and development with expert review, and (3) implementation and empirical testing.

The participants were 60 undergraduate students from Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, divided into two groups: the TEN group (Industrial Education in Electronics and Mechatronics) and the ENS group (Intelligent Electronics Engineering), with 30 students in each group. The research instruments included: (1) the robotic simulation-based learning model, (2) a 20-item multiple-choice achievement test per activity administered before and after instruction, and (3) a performance-based rubric assessment. Data were analyzed using mean, standard deviation, paired samples t-test, independent samples t-test, and Hedges' g effect size.

The results revealed that: (1) the developed model demonstrated structural coherence across input, process, and output components and was evaluated as highly appropriate; (2) post-test achievement scores were significantly higher than pre-test scores at the .05 level in both groups, with small to moderate effect sizes; and (3) rubric assessments indicated progressive development in problem-solving and systems thinking competencies. The synthesis of structural and empirical findings

confirms that the proposed model functions as a systematic learning mechanism capable of fostering higher-order thinking skills in STEM contexts.

Keywords: Robotic Simulation-Based Learning, Problem-Solving Skills, Systems Thinking Skills, STEM Education

_____ Major Advisor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณา และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักถิ่น เหลาหา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือและแนะนำให้คำปรึกษาต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติ จันตะคุณ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สมสุข ไตรศุภกิตติ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พจน์ศิรินทร์ ลิมปินันทน์ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดจนประเมินผลงานวิจัย

ขอขอบพระคุณและสำนึกในพระคุณบิดา มารดา อาจารย์ผู้ประสาทวิชาทุกท่าน กัลยาณมิตรทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

สารบัญ

หัวเรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย 2
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย 4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 การทบทวนวรรรกรรม 7
2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม 7
2.2 แนวคิดและหลักการสำคัญของการเรียนรู้การจำลองเชิงฐานร่วมกับสะเต็มศึกษา 9
2.3 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหา 10
2.4 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงระบบ 13
2.5 สรุปและแนวทางที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย 16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 21
3.1 ระยะที่ 1 21
3.2 ระยะที่ 2 25
3.3 ระยะที่ 1 36

หัวเรื่อง **หน้า**

บทที่ 4 ผลการวิจัย 41
ตอนที่ 1 ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม 41
ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม 46
ตอนที่ 3 ผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม 61
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 72
5.1 สรุป 72
5.2 อภิปราย 73
5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 76
5.4 ข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 84
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ 85
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 89
ภาคผนวก ค ภาพประกอบการทดลอง 119
ภาคผนวก จ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ 123
การเผยแพร่วิจัย 125
ประวัติผู้วิจัย 126

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 สังเคราะห์องค์ประกอบหลักรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม..... 43

4.2 ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม..... 45

4.3 การสังเคราะห์องค์ประกอบหลักของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบการศึกษาสะเต็ม..... 46

4.4 สังเคราะห์ขั้นตอนและกิจกรรม..... 47

4.5 กิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม..... 53

4.6 สังเคราะห์ตัวแปรตามและการวัดผลทักษะการแก้ปัญหา..... 57

4.7 สังเคราะห์ตัวแปรตามและการวัดผลด้านทักษะการคิดเชิงระบบ..... 58

4.8 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม..... 60

4.9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 1 TEN..... 62

4.10 ขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 1 TEN..... 62

4.11 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 2 ENS..... 63

4.12 ขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 2 ENS..... 65

4.13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียน จำแนกตามกลุ่ม..... 66

4.14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่ม..... 67

4.15 การเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่ม (Hedges' g)..... 67

ตารางที่ **หน้า**

4.16 ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ (n = 60)..... 70
4.17 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการประเมินจำแนก
ตามกลุ่มเป้าหมาย..... 70

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 กรอบแนวคิดการวิจัยของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน..... 4

4.1 กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม..... 41

4.2 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม 49

ค-1 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 119

ค-2 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 119

ค-3 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 120

ค-4 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 120

ค-5 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 121

ค-6 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 121

ค-7 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้..... 122

ง-1 ผลการสืบค้นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์จากฐานข้อมูล ERIC..... 124

ง-2 ผลการสืบค้นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์จากฐานข้อมูล ERIC..... 124

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในบริบทของโลกยุคปัจจุบันที่เทคโนโลยีและนวัตกรรมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีสมรรถนะที่สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมจึงเป็นประเด็นสำคัญของทุกประเทศ สำหรับประเทศไทย ยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ได้กำหนดเป้าหมายให้คนไทยมีความพร้อมทั้งด้านความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคใหม่อย่างรอบด้าน ทั้งในมิติทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี ทิศทางดังกล่าวมีความสอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 (พ.ศ. 2566–2570) ซึ่งมุ่งเน้นการปรับโครงสร้างภาคการผลิตและบริการไปสู่เศรษฐกิจฐานนวัตกรรม และการพัฒนากำลังคนสำหรับโลกยุคใหม่ โดยให้ความสำคัญกับทักษะที่จำเป็นในอนาคต (Future Skills) รวมถึงทักษะด้านดิจิทัล เทคโนโลยีอัตโนมัติ และการทำงานกับระบบที่มีความซับซ้อน อันเป็นฐานสำคัญของการยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ภายใต้นโยบายประเทศไทย 4.0 ประเทศไทยได้กำหนดอุตสาหกรรมเป้าหมายเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรม New S-curve ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมหุ่นยนต์เพื่อการอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ และอุตสาหกรรมดิจิทัล ทั้งนี้ หมุดหมายที่ 6 ของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 ยังมุ่งผลักดันให้ประเทศไทยก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางด้านอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะและอุตสาหกรรมดิจิทัลของภูมิภาคอาเซียน โดยเน้นการพัฒนาศักยภาพกำลังคนที่สามารถทำงานร่วมกับเทคโนโลยีอัตโนมัติและระบบดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แผนแม่บทการส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล ระยะที่ 2 (พ.ศ. 2566–2570) ได้ให้ความสำคัญกับการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันด้านดิจิทัล (Digital Competitive Advantage) ผ่านการขับเคลื่อนเทคโนโลยี Digital Automation ซึ่งมีความเชื่อมโยงโดยตรงกับการพัฒนาทักษะด้านหุ่นยนต์อุตสาหกรรมและระบบอัตโนมัติ ขณะที่กรอบนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (พ.ศ. 2566–2570) โดยเฉพาะยุทธศาสตร์ที่มุ่งพัฒนากำลังคนและสถาบันอุดมศึกษา ได้กำหนดบทบาทของสถาบันการศึกษาให้เป็นฐานสำคัญในการผลิตกำลังคนที่มีสมรรถนะสูงและตอบสนองต่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน ในระดับสากล เป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable

Development Goals: SDGs) โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 4 ได้เน้นการสร้างหลักประกันด้านการศึกษาที่มีคุณภาพ ครอบคลุม และเท่าเทียม พร้อมส่งเสริมโอกาสการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยมุ่งเพิ่มทักษะที่จำเป็นสำหรับการจ้างงานและการประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 ขณะเดียวกัน เป้าหมายที่ 9 ยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนและการส่งเสริมนวัตกรรม ซึ่งล้วนต้องอาศัยกำลังคนที่มีทักษะการคิดขั้นสูงและสามารถทำงานกับระบบเทคโนโลยีที่ซับซ้อนได้

จากการสำรวจข้อมูลตำแหน่งงานและสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับ 12 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายของสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ พบว่าทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ เป็นสมรรถนะสำคัญที่ตลาดแรงงานต้องการอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี นวัตกรรม และระบบอัตโนมัติ อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่ยังคงเน้นการถ่ายทอดความรู้เชิงเนื้อหาเป็นหลัก ซึ่งไม่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรมและยั่งยืน แม้ว่าการจัดการเรียนรู้ในบริบทการศึกษาสะเต็ม (STEM Education) จะมีบทบาทสำคัญในการบูรณาการองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่ในทางปฏิบัติยังพบข้อจำกัดในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในระดับที่สอดคล้องกับบริบทการทำงานจริง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ซึ่งเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการคิดเชิงองค์รวม

การเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน (Robotic Simulation-Based Learning) จึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการเชื่อมโยงการเรียนรู้เชิงทฤษฎีกับการปฏิบัติในบริบทเสมือนจริง ผู้เรียนสามารถฝึกวิเคราะห์ปัญหา มองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในระบบ ออกแบบแนวทางแก้ปัญหา ทดสอบ และปรับปรุงการทำงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุกและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ดังนั้น การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในฐานะกลไกในการพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะตรงตามความต้องการของตลาดแรงงาน และในฐานะเครื่องมือสนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศ สู่เศรษฐกิจดิจิทัลและอุตสาหกรรม 4.0 อย่างยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 3 ประการ ได้แก่

1.2.1 เพื่อสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

1.2.2 เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

1.2.3 เพื่อศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ด้านเนื้อหา

การวิจัยครั้งนี้มีขอบเขตด้านเนื้อหามุ่งศึกษาการบูรณาการแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Science, Technology, Engineering, and Mathematics: STEM) ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน (Robotic Simulation-Based Learning) เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทวิทยาการหุ่นยนต์

เนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครอบคลุมสาระและประเด็นที่เอื้อต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ โดยมุ่งเน้นการทำความเข้าใจและวิเคราะห์การทำงานของระบบหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติในบริบทใกล้เคียงกับการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม เช่น ระบบอัตโนมัติในกระบวนการทำงานของหุ่นยนต์ และการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมในสภาพแวดล้อมการผลิต ทั้งนี้ เนื้อหาดังกล่าวได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการแก้ปัญหาเชิงระบบตามกรอบแนวคิดของการวิจัย

1.3.2 ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่มีบริบทการเรียนรู้ด้านวิทยาการหุ่นยนต์ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวนทั้งสิ้น 60 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นการศึกษาจากประชากรทั้งหมด (total population study) โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง เนื่องจากจำนวนประชากรมีความเหมาะสมต่อการศึกษา และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สะท้อนผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ได้อย่างครบถ้วนและรอบด้าน กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามหลักสูตรที่ศึกษา ได้แก่

1.3.2.1 นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และเมคคาทรอนิกส์ (หลักสูตรเทียบโอน) จำนวน 30 คน

1.3.2.2 นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง) จำนวน 30 คน

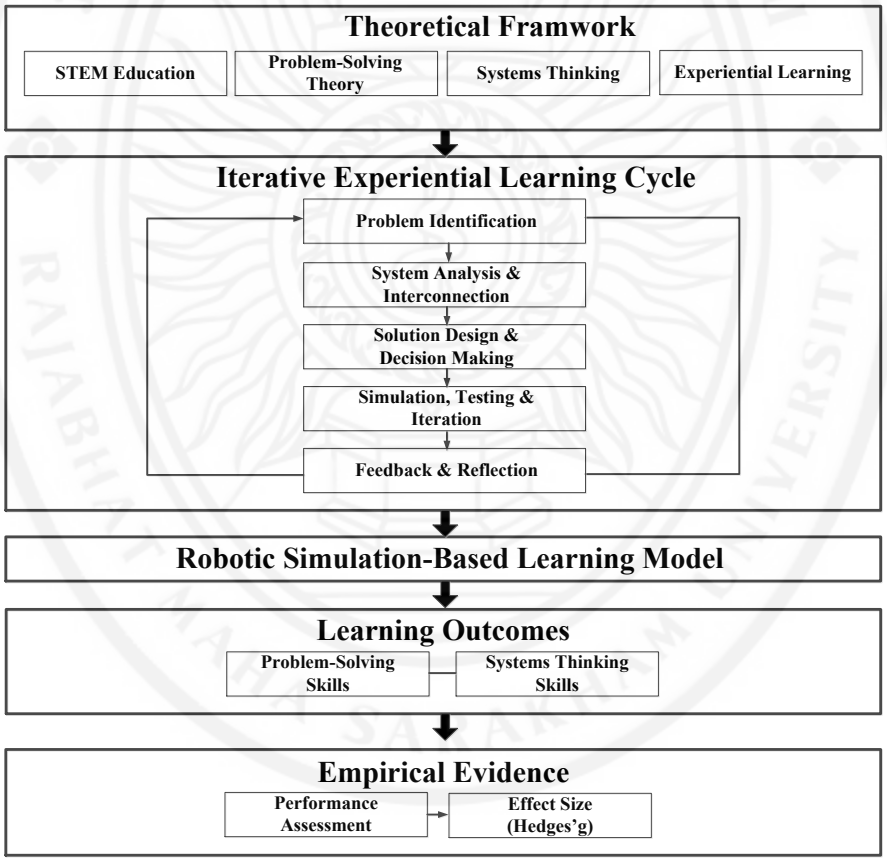
แม้ว่าผู้เรียนทั้งสองกลุ่มจะสังกัดหลักสูตรและรายวิชาที่แตกต่างกัน แต่มีบริบทการเรียนรู้ด้านวิทยาการหุ่นยนต์ที่สอดคล้องกัน ทั้งในด้านขอบเขตเนื้อหา ลักษณะกิจกรรมการเรียนรู้ และวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เครื่องมือ และวิธีการประเมินผลให้เหมือนกันทุกประการ เพื่อให้การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้สะท้อนถึงประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น มากกว่าความแตกต่างของหลักสูตรหรือรายวิชา

1.3.3 ด้านตัวแปรในการวิจัย

1.3.3.1 ตัวแปรต้น (Independent Variable): รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานในบริบทการศึกษาสะเต็ม

1.3.3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable): (1) ทักษะการแก้ปัญหา (2) ทักษะการคิดเชิงระบบ

1.4 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัยของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน

ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัยที่พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิดทางทฤษฎี ได้แก่ การจัดการศึกษาแบบ STEM แนวคิดการแก้ปัญหา การคิดเชิงระบบ และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ซึ่งนำไปสู่การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ในลักษณะ วงจรการเรียนรู้เชิงประสบการณ์แบบวนซ้ำ (Iterative Experiential Learning Cycle) ประกอบด้วยการระบุปัญหา การวิเคราะห์ระบบและความเชื่อมโยง การออกแบบแนวทางแก้ปัญหาและการตัดสินใจ การจำลองและการทดสอบร่วมกับการปรับปรุงซ้ำ และการสะท้อนผลการเรียนรู้ กระบวนการดังกล่าวถูกสังเคราะห์เป็น รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน (Robotic Simulation-Based Learning Model) ซึ่งมุ่งส่งเสริมผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ โดยผลลัพธ์ดังกล่าวได้รับการประเมินและยืนยันด้วย หลักฐานเชิงประจักษ์ จากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การประเมินผลการปฏิบัติ และการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลของผลการจัดการเรียนรู้ (Hedges’ g)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานในบริบทการศึกษาสะเต็ม หมายถึง การฝึกจำลอง แก้ไขความท้าทาย (Mensah et al., 2024) หุ่นยนต์โอเพนซอร์สส่งเสริมโอกาสในการเรียนรู้ STEM ที่เข้าถึงได้ การจำลองหุ่นยนต์ช่วยผสานแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (Souflas et al., 2024)

1. การจำลองหุ่นยนต์เชิงฐาน (Robotic Simulation-Base) หมายถึง สร้างแบบจำลองกระบวนการผลิตโดยใช้ซอฟต์แวร์จำลองและการประเมินระบบอัตโนมัติของหุ่นยนต์ (Baek et al., 2024) ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพในการผลิต (Azizpour, Ashourpour & Johansen, 2024)

2. ทักษะแก้ปัญหาในการวิจัยนี้ หมายถึงทักษะการแก้ปัญหาต่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ (Yi, 2024) การแก้ปัญหารวมถึงการระบุปัญหาและเสนอวิธีแก้ไข (Nguyen & Le, 2024)

3. ทักษะการคิดเชิงระบบในการวิจัยนี้ หมายถึง เป็นทักษะการคิดระดับสูงในการศึกษา STEM (Lavi & Bertel, 2024) แสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาแบบองค์รวม (Wahono et al., 2023) เพิ่มความเข้าใจและการทำนายพฤติกรรมของระบบ (Salcedo, Carrejo & Luna, 2024)

4. นักศึกษาระดับปริญญาตรี หมายถึง นักศึกษาที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษาชั้นปริญญาตรี ในที่นี้คือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้รูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบสำหรับการศึกษาสะเต็ม ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถาบันการศึกษาต่างๆ

1.6.2 เกิดองค์ความรู้ใหม่ เกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบและการแก้ปัญหาผ่านการจำลองระบบหุ่นยนต์ในบริบทการศึกษาสะเต็ม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาหลักสูตรและวิธีการสอน

1.6.3 ได้แนวทางการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ ด้านการจำลองระบบหุ่นยนต์ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในระดับต่างๆ ซึ่งจะช่วยลดข้อจำกัดด้านทรัพยากรและงบประมาณในการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์และเทคโนโลยี

1.6.4 เกิดเครื่องมือการประเมินทักษะ การคิดเชิงระบบและความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการติดตามพัฒนาการของผู้เรียนและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน

1.6.5 สร้างแนวทางการบูรณาการเทคโนโลยี การจำลองระบบหุ่นยนต์เข้ากับการศึกษาสะเต็ม ซึ่งจะช่วยยกระดับการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และความต้องการของตลาดแรงงานในยุคดิจิทัล

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์เกี่ยวระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงรายละเอียดดังนี้

1. แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม
2. แนวคิดและหลักการสำคัญของการเรียนรู้การจำลองเชิงฐานร่วมกับสะเต็มศึกษา
3. แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหา
4. แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงระบบ
5. สรุปและแนวทางที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมเป็นเครื่องจักรอัตโนมัติที่มีความซับซ้อน ซึ่งได้รับการออกแบบให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างหลากหลายในสภาพแวดล้อมการผลิต โดยมีคุณลักษณะสำคัญ ได้แก่ ความสามารถในการทำงานแบบกึ่งอิสระ การตั้งโปรแกรมซ้ำได้ และการปรับตัวให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่แตกต่างกัน หุ่นยนต์อุตสาหกรรมจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของกระบวนการอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรม และมีบทบาทต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน ลดต้นทุน และยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Lázár, 2024; Smith et al., 2024)

ในบริบทของการจัดการเรียนรู้ หุ่นยนต์อุตสาหกรรมมิได้ถูกนำมาใช้เพื่อมุ่งเน้นผลลัพธ์เชิงการผลิตโดยตรง แต่ถูกใช้เป็น บริบทการเรียนรู้ที่มีลักษณะเป็นระบบซับซ้อน ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องพิจารณาเงื่อนไขหลายด้านพร้อมกัน เช่น ลำดับการทำงาน ข้อจำกัดของระบบ และผลกระทบของการตัดสินใจต่อการทำงานโดยรวม การเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบผ่านการทดลอง ปรับเปลี่ยน และสะท้อนผลจากการปฏิบัติจริงในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย

2.1.1 ด้านความเป็นอิสระและความยืดหยุ่นของการทำงาน

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสามารถตั้งโปรแกรมและปรับเปลี่ยนลำดับการทำงานให้สอดคล้องกับลักษณะงานที่แตกต่างกันได้ ซึ่งแสดงถึงความยืดหยุ่นในการใช้งานเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักร

อัตโนมัติแบบดั้งเดิม (Lázár, 2024) ลักษณะดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจเงื่อนไขของสถานการณ์ วางแผนลำดับการดำเนินงาน และตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับข้อจำกัดของระบบ การเปลี่ยนแปลงลำดับหรือเงื่อนไขการทำงานในแต่ละครั้งทำให้ผู้เรียนเห็นผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเอื้อต่อการเรียนรู้จากการเปรียบเทียบและการปรับกลยุทธ์ (Shinde et al., 2024)

2.1.2 ด้านการรับรู้สภาพแวดล้อมและข้อมูลย้อนกลับของระบบ

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมสมัยใหม่อาศัยข้อมูลจากเซ็นเซอร์และระบบตรวจสอบเพื่อรับรู้สถานะการทำงานและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน (provided, 2023; Smith et al., 2024) ในบริบทของการเรียนรู้ข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบผลของการตั้งค่าหรือการดำเนินการที่ได้กระทำไปแล้วและใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการปรับปรุงแนวทางการทำงานในรอบถัดไป กระบวนการนี้ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้จากผลลัพธ์จริงมากกว่าการอาศัยการคาดเดาเพียงอย่างเดียว

2.1.3 ด้านความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในระบบ

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบหลายส่วนที่ทำงานเชื่อมโยงกัน เช่น โครงสร้างทางกล ระบบควบคุม เซ็นเซอร์ และซอฟต์แวร์ การเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งย่อมส่งผลต่อการทำงานของระบบโดยรวม (Weber, 2023) ลักษณะการทำงานเชิงระบบดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ และมองเห็นผลกระทบของการตัดสินใจในภาพรวม มากกว่าการพิจารณาองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งแบบแยกส่วน

2.1.4 ด้านความแม่นยำและการคาดการณ์ผลลัพธ์ของระบบ

การทำงานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมมีลักษณะเด่นด้านความแม่นยำและความสม่ำเสมอ ซึ่งช่วยให้ผลลัพธ์ของการทำงานสามารถคาดการณ์ได้ในระดับหนึ่ง (Smith et al., 2024) คุณลักษณะดังกล่าวเอื้อต่อการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบผลที่คาดหวังกับผลที่เกิดขึ้นจริงจากการจำลองหรือการตั้งค่าระบบ และอธิบายสาเหตุของความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้อย่างมีเหตุผล กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาความสามารถในการใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์ประกอบการอธิบายผลการเรียนรู้

2.1.5 ด้านการประยุกต์ใช้และผลกระทบในบริบทอุตสาหกรรม

หุ่นยนต์อุตสาหกรรมถูกนำไปใช้ในหลากหลายภาคอุตสาหกรรม เช่น การประกอบ การเชื่อม และการบรรจุภัณฑ์ ซึ่งสะท้อนถึงความคล่องตัวในการประยุกต์ใช้งาน (Lázár, 2024; Weber, 2023) การเปลี่ยนผ่านสู่ระบบอัตโนมัติยังส่งผลต่อโครงสร้างการทำงานและทักษะแรงงาน โดยเน้นความสำคัญของการทำงานร่วมกับระบบที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการตัดสินใจอย่างรอบคอบ การเรียนรู้ในบริบทดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเทคโนโลยี การตัดสินใจ และผลกระทบในระดับระบบ

2.2 แนวคิดและหลักการของการเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

การเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐาน (Simulation-Based Learning: SBL) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สภาพแวดล้อมจำลองเพื่อแทนหรือขยายประสบการณ์จากสถานการณ์จริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ ทดลอง และตัดสินใจผ่านประสบการณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริง งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่า การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง และสนับสนุนการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงอย่างมีความหมาย (Farrukh, 2022; Miller, 2023; Bryant, 2024)

การจัดการเรียนรู้ด้วยการจำลองเชิงฐานมีจุดเด่นที่การสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและควบคุมได้ ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์จริง โดยเฉพาะในบริบทที่มีความซับซ้อนหรือมีผลกระทบสูง งานวิจัยในหลายสาขา เช่น การแพทย์ การศึกษา และวิศวกรรม รายงานว่าการใช้การจำลองช่วยเพิ่มความพร้อมของผู้เรียน ลดความผิดพลาดจากการทดลอง และเสริมสร้างความมั่นใจในการนำความรู้ไปใช้ในบริบทวิชาชีพ (Pisco et al., 2019; Watts et al., 2020; Neriz et al., 2020; Yamada et al., 2023) ในเชิงกระบวนการเรียนรู้ การจำลองเชิงฐานช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นลำดับขั้น ตั้งแต่การทำความเข้าใจสถานการณ์ การวิเคราะห์เงื่อนไขและข้อจำกัดของระบบ การทดลองแนวทางการดำเนินงานที่แตกต่างกันไปจนถึงการสะท้อนผลลัพธ์จากการตัดสินใจของตนเอง งานวิจัยหลายฉบับชี้ให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวเอื้อต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล โดยเฉพาะเมื่อผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบผลที่คาดหวังกับผลที่เกิดขึ้นจริงจากการจำลอง (Kozyar et al., 2022; Lee et al., 2024; Angelini, 2024)

นอกจากนี้ การเรียนรู้ผ่านการจำลองยังช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ และตระหนักถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบหนึ่งต่อการทำงานโดยรวมของระบบ งานวิจัยด้านการฝึกอบรมและการเรียนรู้เชิงประสบการณ์รายงานว่าการจำลองช่วยสนับสนุนการคิดเชิงระบบ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลอง ปรับเปลี่ยน และประเมินผลการทำงานของระบบในภาพรวม มากกว่าการพิจารณาองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่งแบบแยกส่วน (Zhang, 2022; Sivanjali, 2024; Negahban, 2024)

การบูรณาการการเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐานเข้ากับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ช่วยเสริมสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการบูรณาการความรู้จากหลายสาขา โดยผู้เรียนสามารถนำองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และ

คณิตศาสตร์มาใช้ร่วมกันในการออกแบบ ทดลอง และปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน งานวิจัยหลายฉบับรายงานว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก การคิดวิเคราะห์ และการประยุกต์ใช้ความรู้ในบริบทจริงอย่างเป็นระบบ (Chen et al., 2024; Lonsky et al., 2023) การเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐานร่วมกับสะเต็มศึกษายังสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Constructivism) ซึ่งมองว่าความรู้เกิดจากการที่ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมและการสะท้อนผลจากประสบการณ์ การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้การจำลองเป็นแกนกลางจึงช่วยให้ผู้เรียนมีบทบาทเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ผู้ตัดสินใจ และผู้สะท้อนผลการเรียนรู้ของตนเอง ขณะที่ผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้ออกแบบและสนับสนุนกระบวนการเรียนรู้ (Role of Simulation-Based Learning, 2024; The Possibilities of Simulation-Based Trainin, 2023)

โดยสรุป การเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐานร่วมกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางที่ช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิด การแก้ปัญหา และการมองระบบอย่างเป็นองค์รวม ผ่านการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติและการสะท้อนผลจากประสบการณ์ตรง แนวคิดและหลักการดังกล่าวจึงเป็นฐานสำคัญสำหรับการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้และการวิเคราะห์ผลการวิจัยในบทถัดไปอย่างเป็นระบบ

2.3 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหา

2.3.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะการแก้ปัญหา (Problem-solving skills) หมายถึงชุดของความสามารถทางปัญญาที่ช่วยให้บุคคลสามารถระบุ วิเคราะห์ และจัดการกับปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพในบริบทที่หลากหลาย ทั้งด้านการศึกษา การทำงาน และชีวิตประจำวัน กระบวนการแก้ปัญหาไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการหาคำตอบที่ถูกต้องเท่านั้น แต่ครอบคลุมถึงการทำความเข้าใจสถานการณ์ การกำหนดเป้าหมาย การวางแผน การตัดสินใจเลือกแนวทาง และการประเมินผลลัพธ์ของการดำเนินการ ซึ่งล้วนเป็นกระบวนการทางปัญญาที่สามารถพัฒนาได้ผ่านการเรียนรู้และประสบการณ์ (Pena, 2023; Azizah & Nasrudin, 2022)

ในบริบททางการศึกษา งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าทักษะการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จทางวิชาการ โดยเฉพาะในรายวิชาที่มีลักษณะซับซ้อน เช่น คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และอภิปัญญา ทำให้นักเรียนสามารถจัดการกับสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคยและใช้เหตุผลในการหาทางออกอย่างเป็นระบบ (Understanding the

concept of a case using problem-solving approach for undergraduate students, 2023; Azizah & Nasrudin, 2022)

ในสภาพแวดล้อมการทำงานและการศึกษาข้ามศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหาถือเป็นสมรรถนะสำคัญที่เอื้อต่อการทำงานร่วมกัน การสร้างนวัตกรรม และการตัดสินใจในสถานการณ์จริง บุคคลที่มีทักษะการแก้ปัญหาสูงสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ซับซ้อน จัดลำดับความสำคัญของทางเลือก และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Karla et al., 2022)

นอกจากมิติด้านการเรียนรู้และการทำงานแล้ว ทักษะการแก้ปัญหายังส่งผลต่อความเป็นอยู่ที่ดีในระดับบุคคล โดยช่วยลดพฤติกรรมเชิงลบ เช่น ความก้าวร้าวหรือภาวะซึมเศร้า และส่งเสริมความสัมพันธ์ทางสังคมในเชิงบวก งานวิจัยด้านจิตวิทยาการศึกษาและพฤติกรรมมนุษย์รายงานว่าการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับการปรับตัวและการจัดการกับความท้าทายในชีวิตประจำวันอย่างเหมาะสม (Enciso et al., 2024; Mawarani & Wulandari, 2024)

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เช่น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning: PBL) และการเรียนรู้แบบสืบเสาะสอบถาม ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา เนื่องจากกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมกับปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกผ่านกระบวนการคิด วิเคราะห์ และสะท้อนผลการเรียนรู้ (Hidayati et al., 2022; Enciso et al., 2024)

โดยภาพรวม ทักษะการแก้ปัญหาครอบคลุมความสามารถทางปัญญาหลายด้าน เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการปรับตัว ซึ่งเป็นทักษะสำคัญสำหรับการเผชิญกับความท้าทายในบริบทที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (Arora, 2023; Understanding the concept of a case using problem-solving approach for undergraduate students, 2023)

2.3.2 องค์ประกอบสำคัญของทักษะการแก้ปัญหา

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าทักษะการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางปัญญาหลายประการ ซึ่งทำงานร่วมกันตั้งแต่การรับรู้ปัญหาไปจนถึงการประเมินผลลัพธ์ของการแก้ไขปัญหา องค์ประกอบเหล่านี้สะท้อนถึงลักษณะของการแก้ปัญหาในฐานะกระบวนการเชิงระบบมากกว่าความสามารถเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง

2.3.2.1 กระบวนการทางปัญญาและการแก้ปัญหา

กระบวนการทางปัญญา เช่น การรับรู้ ความสนใจ ความจำ และการคิด มีบทบาทพื้นฐานในการแก้ปัญหา โดยช่วยให้บุคคลสามารถทำความเข้าใจสถานการณ์ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง สร้างทางเลือกในการแก้ไขปัญหา และประเมินผลลัพธ์ของการตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล (Li et al., 2024)

นอกจากนี้ ทักษะด้านการบริหารจัดการทางปัญญา (Executive functions) เช่น หน่วยความจำในการทำงาน ความยืดหยุ่นทางความคิด และการยับยั้งการตอบสนอง ยังมีบทบาทสำคัญต่อประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา บุคคลที่มีทักษะด้านการบริหารจัดการทางปัญญาสูงมักสามารถวางแผน เลือกกลยุทธ์ และปรับแนวทางการดำเนินงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงได้ (Liu, 2024)

2.3.2.2 อิทธิพลทางสังคมและการศึกษา

ทักษะการแก้ปัญหาไม่ได้พัฒนาในลักษณะโดดเดี่ยว แต่ได้รับอิทธิพลจากบริบททางสังคมและการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในยุคดิจิทัลที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับแหล่งข้อมูลและผู้อื่นอย่างหลากหลาย งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าอิทธิพลทางสังคมสามารถเสริมสร้างกระบวนการคิดขั้นสูงและเพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา เมื่อมีการผสานสิ่งเร้าทางสังคมเข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้ (Tran et al., 2024)

ในระดับการศึกษา กลยุทธ์การเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้ผ่านเกมและการฝึกทักษะการคิดเชิงคำนวณ มีส่วนช่วยส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีนัยสำคัญ โดยช่วยกระตุ้นการคิดเชิงวิพากษ์ ความคิดสร้างสรรค์ และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดยเฉพาะในกลุ่มผู้เรียนที่มีรูปแบบการรับรู้แบบอิสระจากบริบท (Ningtyas et al., 2024)

2.3.2.3 การคิดเชิงวิพากษ์และอภิปัญญา

การคิดเชิงวิพากษ์มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความสามารถในการแก้ปัญหา ผู้เรียนที่มีทักษะการคิดเชิงวิพากษ์สูงสามารถวิเคราะห์ ประเมิน และตัดสินใจแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ (Warli & Sulistyaningrum, 2024)

ขณะเดียวกัน อภิปัญญา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการรับรู้และการควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง มีบทบาทสำคัญในการติดตามและประเมินความก้าวหน้าของการแก้ปัญหา งานวิจัยรายงานว่าการส่งเสริมการตระหนักรู้เชิงอภิปัญญาช่วยเพิ่มความสามารถของผู้เรียนในการจัดการกับภารกิจการแก้ปัญหา โดยเฉพาะในบริบทการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Utami et al., 2023)

2.3.2.4 ศักยภาพทางปัญญาและกระบวนการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์

ศักยภาพทางปัญญาเป็นพื้นฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา โดยมีความเชื่อมโยงกับการคิดเชิงวิพากษ์และความสามารถในการวิเคราะห์สถานการณ์เชิงซับซ้อน การจัดการเรียนรู้ผ่านกรณีศึกษาและสถานการณ์จำลองช่วยเสริมสร้างศักยภาพดังกล่าว โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงข้อมูล การวิเคราะห์เหตุและผล และการตัดสินใจในบริบทที่ใกล้เคียงความเป็นจริง (Siswati & Suratno, 2023)

นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาในสาขาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากช่วยกระตุ้นการมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นและส่งเสริมการใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์และการรับรู้เชิงลึกในการจัดการกับปัญหา (Triani et al., 2024)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรมดังกล่าว สามารถเห็นได้ว่าทักษะการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยหลายองค์ประกอบที่เชื่อมโยงกัน ตั้งแต่การทำความเข้าใจปัญหา การสร้างและเลือกแนวทางการแก้ไข ไปจนถึงการติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน แนวคิดเหล่านี้จึงถูกนำมาใช้เป็นฐานในการกำหนดกรอบการประเมินทักษะการแก้ปัญหาในงานวิจัยนี้ ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดในบทถัดไป

2.4 แนวคิดเกี่ยวกับทักษะการคิดเชิงระบบ

2.4.1 ความหมายและความสำคัญของทักษะการคิดเชิงระบบ

ทักษะการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking Skills) เป็นความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาและสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน โดยมองระบบในฐานะองค์รวมที่ประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยซึ่งมีความสัมพันธ์และปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การคิดเชิงระบบไม่มุ่งเน้นเพียงการวิเคราะห์องค์ประกอบแต่ละส่วนแยกจากกัน หากแต่ให้ความสำคัญกับการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ โครงสร้าง และพลวัตของระบบ เพื่อใช้ในการตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผลและรอบด้าน ทักษะดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในหลายบริบท ตั้งแต่การศึกษา วิศวกรรมศาสตร์ ไปจนถึงการกำหนดนโยบายสาธารณะ (McCool, 2022; Iacovidou et al., 2021; Norris et al., 2022)

การคิดเชิงระบบช่วยให้บุคคลตระหนักว่าการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบหนึ่งของระบบอาจส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบอื่น ๆ และต่อระบบโดยรวมในลักษณะที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างตรงไปตรงมา มุมมองแบบองค์รวมนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา (interdisciplinary problems) เนื่องจากช่วยให้สามารถบูรณาการความรู้จากหลายโดเมนและนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้อย่างเหมาะสม (Iacovidou et al., 2021; Norris et al., 2022)

ในบริบททางการศึกษา การคิดเชิงระบบมีความสัมพันธ์กับความเชื่อทางญาณวิทยาและพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนที่มีทักษะการคิดเชิงระบบในระดับสูงมักมีความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับธรรมชาติของความรู้ และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเชิงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริงได้ดีขึ้น โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษาและสาขาวิศวกรรมศาสตร์ การส่งเสริมการคิด

เชิงระบบช่วยพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการจัดการกับปัญหาทั้งทางเทคนิคและสังคมอย่างมีความรับผิดชอบ (A., 2022; Vasconcelos & Souza, 2022)

นอกจากนี้ การประเมินการเรียนรู้ตามสถานการณ์ยังชี้ให้เห็นว่าการคิดเชิงระบบเป็นทักษะที่จำเป็นต่อการจัดการกับปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างชัดเจนหรือมีความซับซ้อนสูง (ill-structured problems) ซึ่งต้องอาศัยการมองความสัมพันธ์เชิงระบบและการพิจารณาผลกระทบในหลายมิติ การพัฒนาหลักสูตรที่เอื้อต่อการฝึกฝนทักษะการคิดเชิงระบบอย่างต่อเนื่องจึงมีความสำคัญต่อการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมรับมือกับความท้าทายในโลกแห่งความเป็นจริง (Norris et al., 2022)

การคิดเชิงระบบยังมีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เนื่องจากช่วยให้สามารถวิเคราะห์ความเชื่อมโยงและผลกระทบเชิงระบบจากการตัดสินใจในด้านต่าง ๆ ได้อย่างรอบด้าน แนวทางนี้สนับสนุนการวางแผนและการกำหนดนโยบายที่อิงหลักฐาน และช่วยลดผลกระทบที่ไม่ได้คาดคิดจากการดำเนินการในระบบที่มีความซับซ้อน (Barquet et al., 2021)

2.4.2 องค์ประกอบสำคัญของการคิดเชิงระบบ

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าการคิดเชิงระบบประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญหลายประการที่ทำงานเชื่อมโยงกันอย่างเป็นพลวัต ตั้งแต่การมองระบบในภาพรวม การใช้เครื่องมือช่วยคิดไปจนถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงลึกภายในระบบ

2.4.2.1 วิสัยทัศน์แบบองค์รวม

วิสัยทัศน์แบบองค์รวมเป็นรากฐานสำคัญของการคิดเชิงระบบ โดยเน้นการมองระบบในฐานะโครงสร้างที่มีความเชื่อมโยงระหว่างส่วนต่าง ๆ มากกว่าการพิจารณาองค์ประกอบแต่ละส่วนแยกจากกัน แนวคิดนี้ช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับระบบที่ซับซ้อน และสนับสนุนการตัดสินใจและการแก้ปัญหาในบริบทที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง การประยุกต์ใช้วิสัยทัศน์แบบองค์รวมในด้านการศึกษาและการพัฒนาหลักสูตรมีส่วนช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกับโลกจริงและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างมีความหมาย (A., 2022; London et al., 2023; Sheridan & Satterwhite, 2024)

2.4.2.2 การใช้เครื่องมือทางการรับรู้เพื่อสนับสนุนการคิดเชิงระบบ

การใช้เครื่องมือทางการรับรู้ เช่น แผนผังความคิด แผนผังกระบวนการ และการทำแผนที่ความรู้ความเข้าใจ เป็นกลยุทธ์ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นองค์ประกอบ และความสัมพันธ์ภายในระบบที่ซับซ้อนได้อย่างชัดเจน เครื่องมือเหล่านี้ช่วยทำให้แนวคิดเชิงนามธรรมกลายเป็นภาพที่เป็นรูปธรรม และเอื้อต่อการวิเคราะห์มุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในระบบ อย่างไรก็ตาม การบูรณาการเครื่องมือดังกล่าวเข้ากับหลักสูตรจำเป็นต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของบริบท

การศึกษาและความต้องการที่หลากหลายของผู้เรียน (London et al., 2023; Zbrishchak, 2023; Druzhinina & Garashkina, 2023)

2.4.2.3 การระบุจุดเลเวอเรจ ลูปฟีดแบค และความสัมพันธ์ที่ไม่เชิงเส้น

การคิดเชิงระบบให้ความสำคัญกับการทำความเข้าใจรูปแบบและความสัมพันธ์ภายในระบบ โดยเฉพาะการระบุจุดเลเวอเรจ ซึ่งเป็นจุดที่การแทรกแซงเพียงเล็กน้อยสามารถสร้างผลกระทบเชิงระบบอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การตระหนักถึงลูปฟีดแบค ทั้งแบบเสริมแรงและแบบรักษาสมดุล รวมถึงความสัมพันธ์ที่ไม่เชิงเส้น ช่วยให้สามารถอธิบายและคาดการณ์พฤติกรรมของระบบที่ซับซ้อนได้อย่างรอบด้าน แนวคิดเหล่านี้มีบทบาทสำคัญต่อการจัดการกับปัญหาที่มีพลวัตสูงในบริบทการศึกษาและสังคม (Sheridan & Satterwhite, 2024; An Introduction to Systems Thinking, 2022)

2.4.2.4 บทเรียนจากการพัฒนาเครื่องมือประเมินการคิดเชิงระบบในระดับการศึกษา

งานวิจัยด้านการพัฒนาเครื่องมือประเมินการคิดเชิงระบบ โดยเฉพาะในระดับการศึกษา K–12 สะท้อนให้เห็นแนวทางและหลักการสำคัญที่สามารถนำมาปรับใช้ในบริบทการศึกษาที่สูงขึ้นได้ เครื่องมือเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงความเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ และฝึกการวิเคราะห์เชิงระบบผ่านสถานการณ์จริง บทเรียนจากงานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบการประเมินที่สอดคล้องกับกระบวนการคิด มากกว่าการวัดผลเชิงผลลัพธ์เพียงอย่างเดียว (Schilling & Grohs, 2023)

2.4.2.5 ความเชื่อทางญาณวิทยาและพื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเชื่อทางญาณวิทยาและพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการรับรู้ว่าความรู้เกิดจากการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่ง ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการทำความเข้าใจระบบที่ซับซ้อน ผู้เรียนที่มีความเชื่อทางญาณวิทยาในระดับสูงมักสามารถใช้เหตุผลเชิงระบบและตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณได้ดีขึ้น (A., 2022)

จากการสังเคราะห์วรรณกรรม การคิดเชิงระบบในงานวิจัยนี้ถูกพิจารณาในฐานะความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ประกอบ วิเคราะห์ผลกระทบ และประเมินการตัดสินใจภายใต้บริบทที่ซับซ้อน ซึ่งแนวคิดดังกล่าวถูกนำไปใช้เป็นฐานในการประเมินผู้เรียน และจะนำเสนอรายละเอียดในบทถัดไป

2.5 สรุปและแนวทางที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.5.1 การสังเคราะห์แนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง สามารถสังเคราะห์ให้เห็นการเชื่อมโยงแนวคิดสำคัญระหว่างวิทยาการหุ่นยนต์ การเรียนรู้โดยใช้การจำลองเชิงฐาน และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียน

วรรณกรรมด้านหุ่นยนต์อุตสาหกรรมชี้ให้เห็นว่าหุ่นยนต์เป็นระบบที่มีความซับซ้อน สามารถทำงานได้อย่างอิสระ ปรับตัวให้เหมาะสมกับภารกิจที่หลากหลาย และมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการอัตโนมัติในภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะในบริบทของอุตสาหกรรม 4.0 การนำเทคโนโลยีการจำลองหุ่นยนต์เชิงฐานมาใช้ช่วยสนับสนุนการเรียนรู้วิทยาการหุ่นยนต์ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถคาดการณ์พฤติกรรมทางกายภาพของหุ่นยนต์ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของส่วนประกอบ และใช้การจำลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงาน ซึ่งช่วยลดต้นทุนและเวลาในรอบการผลิต (Toedtheide et al., 2024; Vaisi et al., 2024)

ในด้านการจัดการเรียนรู้ การเรียนรู้ด้วยการจำลองเชิงฐานมุ่งเน้นการสร้างสภาพแวดล้อมจำลองที่เลียนแบบสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนและพัฒนาทักษะผ่านการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ แนวทางดังกล่าวช่วยเพิ่มความพร้อมของผู้เรียนทั้งในด้านการปฏิบัติและการสื่อสารเชิงวิชาชีพ การเรียนรู้ผ่านการจำลองยังส่งผลเชิงบวกต่อกระบวนการแก้ปัญหา การเพิ่มพูนความรู้ ความมั่นใจ และการตัดสินใจในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและมีการควบคุม (Farrukh, 2022; Bryant, 2024; Kozyar et al., 2022)

นอกจากนี้ งานวิจัยยังรายงานว่าการเรียนรู้แบบจำลองเชิงฐานสามารถส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ทางสังคม ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจปัญหาทั้งในมิติเทคนิคและมิติทางสังคม อันนำไปสู่การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหาอย่างมีเหตุผล การใช้การจำลองยังช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและการจดจำเนื้อหา ส่งผลให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกต่อสาระการเรียนรู้ (Lee et al., 2024; Sivanjali, 2024; Role of Simulation-Based Learning in Skill Development of Student, 2024)

เมื่อบูรณาการการเรียนรู้โดยใช้การจำลองเชิงฐานเข้ากับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าแพลตฟอร์มดิจิทัลและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น ผ่านแนวทางการเรียนรู้ตามปัญหา ตามโครงการ และการเรียนรู้เชิงสืบเสาะ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษา STEM แนวทางดังกล่าวช่วยให้ผู้เรียนสามารถสำรวจ

วิเคราะห์ และทำความเข้าใจระบบที่ซับซ้อนได้อย่างเป็นระบบ ส่งเสริมความเข้าใจเชิงลึกของเนื้อหาหลักสูตร และพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การคิดเชิงระบบ และการทำงานร่วมกัน (Shuguli & Tamayo, 2024; Lonsky et al., 2023; Wang & Oh, 2024)

จากการสังเคราะห์แนวคิดข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการบูรณาการวิทยาการหุ่นยนต์ การจำลองเชิงฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ใหม่ที่มุ่งส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษาสะเต็ม ซึ่งตอบสนองต่อความต้องการด้านความยืดหยุ่น ความน่าสนใจ การเข้าถึง และการพัฒนาทักษะแห่งอนาคตไปพร้อมกัน

2.5.2 การกำหนดกรอบแนวคิดของงานวิจัยจากการสังเคราะห์วรรณกรรม

จากการสังเคราะห์แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถกำหนดกรอบแนวคิดของงานวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็มโดยมีองค์ประกอบสำคัญดังต่อไปนี้

2.5.2.1 การออกแบบเนื้อหาการเรียนรู้ตามคุณลักษณะของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

การออกแบบเนื้อหาการเรียนรู้มุ่งเน้นบริบทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม โดยครอบคลุมการวิเคราะห์สถานการณ์ โครงสร้างทางกล ระบบควบคุมขั้นสูงที่รองรับเครือข่ายสื่อสารอุตสาหกรรม การใช้เซ็นเซอร์ขั้นสูง การเขียนโปรแกรมควบคุม และอัลกอริทึมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ รวมถึงการประเมินคุณภาพและความสามารถในการปรับตัวของแบบจำลองในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน (Weber, 2023; Liu & Zhu, 2024; Chen et al., 2024; Smith et al., 2024; Peng et al., 2023; Sander, 2024; Azizpour et al., 2024; Špirková et al., 2024; Baek et al., 2024)

2.5.2.2 การประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์และแพลตฟอร์มแบบเปิด

การเลือกใช้ซอฟต์แวร์และเครื่องมือจำลองแบบโอเพนซอร์สช่วยให้สามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ผ่านการจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพในต้นทุนที่เหมาะสม เครื่องมือเหล่านี้สนับสนุนการควบคุมหุ่นยนต์แบบไม่เชิงเส้นและเอื้อต่อการพัฒนาห้องปฏิบัติการจำลองในบริบทการศึกษา (Torres et al., 2023)

2.5.2.3 การบูรณาการแพลตฟอร์มดิจิทัลกับการจัดการเรียนรู้แบบ STEM

การบูรณาการแพลตฟอร์มดิจิทัลในการศึกษา STEM ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก ผ่านแนวทางการเรียนรู้ตามปัญหา ตามโครงการ และการทำงานร่วมกัน ซึ่งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง (Shuguli & Tamayo, 2024; Wang & Oh, 2024)

2.5.2.4 การออกแบบหลักสูตรที่ยืดหยุ่นและสอดคล้องกับบริบทอุตสาหกรรม

การเรียนรู้โดยใช้การจำลองเป็นกรอบสำคัญในการออกแบบหลักสูตรด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามบริบทและความต้องการของอุตสาหกรรม ช่วยให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความรู้และทักษะที่สอดคล้องกับสภาพการทำงานจริง (Kumar & Milanovic, 2022; Simulation-Supported Engineering Curriculum, 2022)

2.5.2.5 การออกแบบกลไกการวัดและประเมินผลผ่านสถานการณ์จำลอง

การใช้สถานการณ์จำลองที่มีความสมจริงช่วยให้สามารถประเมินการแก้ปัญหาและการตัดสินใจของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกฝนและประยุกต์ใช้ความรู้ในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ซึ่งเหมาะสมกับบริบทการศึกษาด้านวิศวกรรมและการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ (Role of Simulation-Based Learning in Skill Development of Student, 2024)

2.5.2.6 การจัดการเรียนรู้แบบ STEM เชิงบูรณาการ

การจัดการเรียนรู้แบบ STEM เชิงบูรณาการช่วยหลอมรวมองค์ความรู้จากหลายสาขาผ่านเนื้อหาการสอนและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงกัน โดยอาศัยการจำลองและการเรียนรู้เชิงระบบเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมการคิดเชิงวิเคราะห์และการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง (Cheng & So, 2020)

โดยสรุป แนวคิดและแนวทางดังกล่าวเป็นฐานสำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ผ่านการจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน ซึ่งมุ่งเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษา STEM ผ่านกระบวนการวิจัยและการทดลองอย่างเป็นระบบ อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่และการยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทโลกที่เปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง

2.5.3 การเชื่อมโยงทฤษฎีสู่การสังเคราะห์กรอบแนวคิดและการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ของงานวิจัย

จากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทนี้ พบว่าแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองเชิงฐาน (Simulation-Based Learning: SBL) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ มีความเชื่อมโยงกันในลักษณะของ กลไกการเรียนรู้ ที่เสริมแรงซึ่งกันและกัน และสามารถนำมาบูรณาการเพื่อรองรับการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้เชิงนวัตกรรมในบริบทระบบหุ่นยนต์ได้อย่างมีเหตุผลทางทฤษฎีและเชิงประจักษ์ (Farrukh, 2022; Bryant, 2024; Fan & Xu, 2024; Chen et al., 2024)

ในมิติของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ (Experiential Learning และ Constructivism) วรรณกรรมชี้ว่า การเรียนรู้ที่มีความหมายเกิดจาก

การที่ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลองผ่านการลงมือปฏิบัติ การทดลอง การสะท้อนผล และการปรับเปลี่ยนแนวคิดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจด้วยตนเองและพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง (Zhang et al., 2020; Kozyar et al., 2022; Negahban, 2024) ดังนั้น การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานจึงทำหน้าที่เป็นสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการสร้างองค์ความรู้ในบริบทที่มีความซับซ้อน โดยผู้เรียนสามารถทดลองและปรับกลยุทธ์การทำงานได้อย่างเป็นระบบ (Ching & Hsu, 2023; Darmawansah et al., 2023)

เมื่อพิจารณาในกรอบของ Simulation-Based Learning (SBL) งานวิจัยจำนวนมากสะท้อนว่าการจำลอง ทำหน้าที่เชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงความจริง โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย เปรียบเทียบผลลัพธ์จากการตัดสินใจ และเรียนรู้จากความคลาดเคลื่อนของระบบในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย ซึ่งสนับสนุนการคิดวิเคราะห์และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล (Pisco et al., 2019; Watts et al., 2020; Lee et al., 2024; Angelini, 2024) นัยสำคัญดังกล่าวทำให้ SBL เหมาะต่อการเรียนรู้ระบบหุ่นยนต์ที่ต้องอาศัยทั้งความเข้าใจเชิงกลไกและความแม่นยำเชิงปฏิบัติ (Lee et al., 2024; Chen et al., 2024)

ภายใต้กรอบการจัดการเรียนรู้แบบ STEM เชิงบูรณาการ วรรณกรรมชี้ว่าการเรียนรู้ในบริบทของระบบหุ่นยนต์ช่วยให้ผู้เรียนบูรณาการองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ ทดลอง และปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งเอื้อต่อการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การทำงานร่วมกัน และการคิดเชิงระบบในลักษณะองค์รวม (Lonsky et al., 2023; Shuguli & Tamayo, 2024; Wang & Oh, 2024)

ในด้านทักษะการแก้ปัญหา วรรณกรรมสะท้อนว่าทักษะดังกล่าวมีลักษณะเป็นกระบวนการเชิงระบบที่ประกอบด้วย (1) การทำความเข้าใจปัญหา (2) การสร้างและคัดเลือกแนวทางการแก้ไข (3) การนำไปปฏิบัติ และ (4) การประเมินผล โดยมักเกิดขึ้นในลักษณะวนซ้ำ (iterative process) มากกว่าการดำเนินการเชิงเส้นตรง (Azizah & Nasrudin, 2022; Wu et al., 2024; Çelik et al., 2024) ดังนั้น การออกแบบกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลอง ปรับเปลี่ยน และสะท้อนผลจากการตัดสินใจของตนผ่านสถานการณ์จำลอง จึงเป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ (Wu et al., 2024; Angelini, 2024)

ขณะเดียวกัน แนวคิด การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ให้กรอบในการมองปัญหาในฐานะระบบที่มีองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ และพลวัตที่เชื่อมโยงกัน โดยการเรียนรู้ผ่านการจำลองระบบหุ่นยนต์ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบหนึ่ง

ต่อระบบโดยรวม วิเคราะห์ลูปป้อนกลับ และประเมินผลการตัดสินใจในระดับระบบ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการคิดเชิงระบบในบริบทวิศวกรรมและ STEM (Iacovidou et al., 2021; Dugan et al., 2021; Norris et al., 2022; Dugan et al., 2024)

จากการบูรณาการแนวคิดและหลักฐานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงนำผลการทบทวนวรรณกรรมมาใช้เป็นฐานในการสังเคราะห์ “กรอบแนวคิดเชิงโครงสร้าง (conceptual framework)” และต่อยอดสู่การออกแบบ “รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน” ที่มีองค์ประกอบชัดเจนในมิติของอินพุต กระบวนการ และผลลัพธ์ โดยมุ่งให้กระบวนการเรียนรู้ทำหน้าที่เป็น “ระบบการเรียนรู้ (learning system)” ที่ขับเคลื่อนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างเป็นกลไกเดียวกันบนฐานเหตุผลเชิงทฤษฎีและเชิงประจักษ์ (Fan & Xu, 2024; Chen et al., 2025; Kurbanbekov et al., 2025)

ดังนั้น บทที่ 2 นี้จึงมิได้เป็นเพียงการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเท่านั้น แต่ทำหน้าที่เป็นฐานเชิงทฤษฎีและเชิงแนวคิดที่นำไปสู่การออกแบบกรอบแนวคิดและรูปแบบการเรียนรู้ของงานวิจัย ซึ่งจะถูกนำเสนอในเชิงโครงสร้างและเชิงปฏิบัติอย่างเป็นระบบในบทถัดไป (Fan & Xu, 2024; Chen et al., 2025)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 สังเคราะห์กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ระยะที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ระยะที่ 3 ศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

การนำเสนอวิธีดำเนินการวิจัยในแต่ละระยะ ประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ระยะที่ 1 สังเคราะห์กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ระยะที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน โดยอาศัยการศึกษา วิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ควบคู่กับการตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อให้ได้กรอบแนวคิดที่มีความชัดเจน สอดคล้องกับทฤษฎี และเหมาะสมต่อบริบทการจัดการเรียนรู้ด้าน STEM ในระดับอุดมศึกษา

การดำเนินงานในระยะที่ 1 ผู้ศึกษาแบ่งการทำงานออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรในระยะที่ 1 ได้แก่ เอกสาร ตำรา บทความวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation-based Learning) การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์ในการจัดการเรียนรู้ ทักษะการแก้ปัญหา (Problem-Solving Skills) การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) การจัดการเรียนรู้ในบริบท STEM Education
เอกสารดังกล่าวครอบคลุมทั้งบทความวิชาการในฐานข้อมูลมาตรฐาน วารสารวิชาการระดับนานาชาติ และงานวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.2.1 กลุ่มเอกสารและงานวิจัยที่คัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) ตามเกณฑ์ความสอดคล้องกับตัวแปรและบริบทงานวิจัย

1.2.2 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน ซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ STEM การสอนวิศวกรรม/หุ่นยนต์ เทคโนโลยีการศึกษา หรือการวัดและประเมินผลในระดับอุดมศึกษา

การคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยพิจารณาจากประสบการณ์วิชาการและผลงานที่เกี่ยวข้อง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือในระยะที่ 1 ประกอบด้วย

2.1 แบบบันทึกการวิเคราะห์และสังเคราะห์เอกสาร ใช้สำหรับสกัดองค์ประกอบสำคัญจากเอกสาร เช่น แนวคิดหลัก องค์ประกอบของรูปแบบการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรม กลไกการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา กลไกการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ

2.2 ต้นแบบกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ เป็นกรอบแนวคิดที่พัฒนาจากผลการสังเคราะห์ ประกอบด้วย หลักการพื้นฐานของรูปแบบ โครงสร้างองค์ประกอบ กระบวนการจัดกิจกรรม กลไกการเรียนรู้และความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมกับผลลัพธ์ด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ

2.3 แบบประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด

แบบประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิดเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคะแนนตั้งแต่ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด ถึง 1 หมายถึง ควรปรับปรุง มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรวจสอบความสมบูรณ์เชิงโครงสร้าง ความสอดคล้องเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมเชิงบริบทของกรอบแนวคิดก่อนนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ในระยะที่ 2 การกำหนดองค์ประกอบของแบบประเมินตั้งอยู่บนพื้นฐานของงานวิจัยด้านการเรียนรู้โดยใช้การจำลองและการบูรณาการการศึกษาสะเต็ม ซึ่งเน้นความเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างรูปแบบ กระบวนการเรียนรู้

และผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ของผู้เรียน (Petrosino et al., 2020; Wang & Oh, 2024; Orsega-Smith et al., 2023)

มิติที่ 1 ความเหมาะสมของโครงสร้างกรอบแนวคิด มุ่งประเมินความครบถ้วน ความชัดเจน และความสัมพันธ์เชิงระบบขององค์ประกอบภายในกรอบแนวคิด โดยพิจารณาว่าโครงสร้างสามารถสะท้อนการบูรณาการองค์ความรู้และกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างเป็นลำดับขั้นและมีเหตุผลรองรับ การกำหนดมิตินี้สอดคล้องกับแนวคิดการบูรณาการ STEM ที่เน้นการจัดโครงสร้างการเรียนรู้ให้เชื่อมโยงองค์ประกอบต่างศาสตร์อย่างมีระบบและมีความสอดคล้องภายใน (Petrosino et al., 2020; Zadorozhna et al., 2024; Wang & Oh, 2024)

มิติที่ 2 ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายด้านการแก้ปัญหา มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่ากิจกรรมที่กำหนดไว้ในกรอบแนวคิดสามารถสนับสนุนกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่การวิเคราะห์สถานการณ์ การสร้างแนวทางแก้ไข การทดลอง และการสะท้อนผลงานวิจัยด้านการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองและการแก้ปัญหาร่วมกันชี้ให้เห็นว่ากระบวนการดังกล่าวมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์และการตัดสินใจของผู้เรียน (Chen et al., 2024; Li et al., 2024; Lutfauziah et al., 2023)

มิติที่ 3 ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายด้านการคิดเชิงระบบ มุ่งประเมินว่ากิจกรรมในกรอบแนวคิดสามารถส่งเสริมการมององค์รวม การเชื่อมโยงองค์ประกอบของระบบและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลได้อย่างเหมาะสม โดยสอดคล้องกับงานวิจัยที่เสนอกรอบการประเมินการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษา ซึ่งเน้นการวิเคราะห์ระบบเชิงซับซ้อนและการพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรหลายมิติ (Norris et al., 2022; Iacovidou et al., 2021; Vasconcelos & Souza, 2022)

มิติที่ 4 ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในสถานศึกษา พิจารณาความเหมาะสมเชิงปฏิบัติของกรอบแนวคิด ได้แก่ ความชัดเจนของขั้นตอน ความสอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ และความสามารถของผู้สอนในการนำไปใช้ในบริบทจริง งานวิจัยด้านการเรียนรู้โดยใช้การจำลองชี้ให้เห็นว่าการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรสามารถประยุกต์ใช้ได้จริง และสนับสนุนการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง (Orsega-Smith et al., 2023; Miller, 2023; Kumar & Milanovic, 2022)

มิติที่ 5 ความเหมาะสมกับบริบทสะเต็มศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่ากรอบแนวคิดสะท้อนคุณลักษณะสำคัญของการศึกษาสะเต็ม ได้แก่ การบูรณาการศาสตร์ การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการส่งเสริมการเรียนรู้แบบแก้ปัญหาในบริบทจริง งานวิจัยด้าน STEM education ระบุว่าการออกแบบการเรียนรู้ที่มีคุณภาพควรเชื่อมโยงองค์ความรู้หลาย

สาขาและพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 อย่างเป็นระบบ (Petrosino et al., 2020; Nova et al., 2024; Wang & Oh, 2024)

โดยสรุป การกำหนด 5 มิติของแบบประเมินความเหมาะสมในระยะที่ 1 มีพื้นฐานจากหลักฐานเชิงวิชาการด้าน STEM integration, simulation-based learning, problem-solving skills และ systems thinking ที่ปรากฏอยู่ในบรรณานุกรมของงานวิจัยฉบับนี้แล้ว จึงช่วยยืนยันว่าการพัฒนาเครื่องมือมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่ตรวจสอบได้ และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประเมินกรอบแนวคิดก่อนเข้าสู่การพัฒนารูปแบบในระยะต่อไป

ก่อนนำแบบประเมินไปใช้ ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อยืนยันความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมิติการประเมิน

3. วิธีการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Developmental Research) โดยมุ่งเน้นการสังเคราะห์กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้จากหลักฐานเชิงทฤษฎีและการตรวจสอบความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิ กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

3.1 ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ และสังเคราะห์เอกสาร ตำรา บทความวิชาการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์ การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาการคิดเชิงระบบ และการจัดการเรียนรู้ในบริบท STEM Education เพื่อสกัดองค์ประกอบ หลักการและกลไกการเรียนรู้ที่สำคัญ

3.2 นำผลการสังเคราะห์มาพัฒนาต้นแบบกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน โครงสร้างองค์ประกอบ กระบวนการจัดกิจกรรม และความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมกับผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ

3.3 จัดส่งต้นแบบกรอบแนวคิดพร้อมแบบประเมินความเหมาะสมให้แก่ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 7 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมเชิงโครงสร้าง ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ และความเหมาะสมเชิงบริบทของการศึกษาสะเต็ม โดยผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเป็นรายบุคคล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความเหมาะสม ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณจากมาตราส่วนประมาณค่า และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงและยืนยันความสมบูรณ์ของกรอบแนวคิดก่อนเข้าสู่การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ในระยะที่ 2

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความเหมาะสมของกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้จากความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ รายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

4.1 ข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบประเมินความเหมาะสมของกรอบแนวคิด วิเคราะห์โดยการคำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) เพื่อสะท้อนระดับความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละมิติ

4.2 การแปลผลระดับความเหมาะสมอ้างอิงเกณฑ์การแปลผลมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยกำหนดความหมายของค่าเฉลี่ยตามระดับความเหมาะสม ได้แก่ เหมาะสมมากที่สุด เหมาะสมมาก ปานกลาง น้อย และควรปรับปรุง

4.3 ข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพจากผู้ทรงคุณวุฒิถูกนำมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เพื่อใช้ประกอบการปรับปรุงรายละเอียดของกรอบแนวคิดให้มีความชัดเจน สอดคล้องกับทฤษฎี และเหมาะสมต่อการนำไปใช้จริงในบริบทการจัดการเรียนรู้ด้าน STEM Education

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 1 ถูกนำมาใช้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในการยืนยันความเหมาะสมของกรอบแนวคิด และใช้เป็นฐานในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานในระยะที่ 2 ต่อไป

ระยะที่ 2 การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษา

ระยะที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้จากกรอบแนวคิดในระยะที่ 1 ให้เป็นรูปแบบเชิงปฏิบัติที่สามารถนำไปใช้จริง พร้อมทั้งพัฒนาเครื่องมือประกอบการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบความเหมาะสมก่อนนำไปทดลองใช้ในระยะที่ 3 โดยมีกระบวนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ในระยะนี้ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาสะเต็ม เทคโนโลยีการศึกษา วิศวกรรมหุ่นยนต์ และการวัดและประเมินผลในระดับอุดมศึกษา

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

1.2.1 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน สำหรับประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษา

1.2.2 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน สำหรับตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือ ได้แก่ ใบประลอง แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน และแบบประเมิน Rubric

การเลือกผู้เชี่ยวชาญใช้วิธีแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดคุณสมบัติ คือ มีประสบการณ์เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือประสบการณ์สอนในระดับอุดมศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้อง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน

ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้กรอบแนวคิดจากระยะที่ 1 เป็นฐานในการออกแบบเชิงระบบ โดยดำเนินการสังเคราะห์องค์ประกอบหลัก ได้แก่ เป้าหมายการเรียนรู้ กระบวนการจัดกิจกรรม กลไกการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา และกลไกการส่งเสริมการคิดเชิงระบบ จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีความซ้ำซ้อน ปรับลดประเด็นที่มีความหมายใกล้เคียงกัน และจัดกลุ่มองค์ประกอบใหม่ให้มีความชัดเจนเชิงโครงสร้าง การพัฒนารูปแบบดำเนินการเป็นลำดับขั้น ได้แก่

2.1.1 การกำหนดโครงสร้างหลักของรูปแบบ

2.1.2 การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิด STEM

2.1.3 การเชื่อมโยงกิจกรรมกับทักษะการแก้ปัญหา

2.1.4 การเชื่อมโยงกิจกรรมกับทักษะการคิดเชิงระบบ

2.1.5 การกำหนดกลไกการประเมินผลและการสะท้อนผลการเรียนรู้

2.1.6 การตรวจสอบความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

ผลจากกระบวนการดังกล่าว ได้รูปแบบการเรียนรู้ฉบับร่างที่มีโครงสร้างเชิงระบบ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ปัจจัยนำเข้า กระบวนการเรียนรู้ และผลลัพธ์การเรียนรู้ โดยกระบวนการเรียนรู้ถูกออกแบบในลักษณะ Simulation-Based STEM Learning ที่บูรณาการสถานการณ์จำลองระบบหุ่นยนต์เข้ากับบริบทจริงของอุตสาหกรรม

รูปแบบฉบับร่างดังกล่าวได้รับการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน โดยใช้แบบประเมินที่ประกอบด้วย 6 หมวดหลัก ได้แก่ หมวดที่ 1 ความเหมาะสมด้านโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ หมวดที่ 2 ความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้ หมวดที่ 3 ความเหมาะสมกับบริบท STEM Education หมวดที่ 4 ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา หมวดที่ 5 ความสอดคล้องของกิจกรรมกับการคิดเชิงระบบและหมวดที่ 6 ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) อย่างเป็นระบบ โดยจำแนกประเด็นข้อเสนอแนะออกเป็นหมวดหมู่ตามองค์ประกอบของรูปแบบ จากนั้นพิจารณาปรับปรุงในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความชัดเจนของลำดับขั้นตอนการดำเนินกิจกรรม ความสอดคล้องและความเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมกับตัวแปร

วิจัย ความเหมาะสมของการประยุกต์ใช้ในบริบทสถานศึกษา ตลอดจนความยืดหยุ่นของรูปแบบต่อข้อจำกัดด้านเวลาและทรัพยากร กระบวนการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้ได้รูปแบบการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ที่มีความชัดเจนเชิงโครงสร้าง มีความสอดคล้องเชิงเนื้อหา และมีความพร้อมสำหรับนำไปทดลองใช้ในระยะที่ 3 ของการวิจัย

2.2 กิจกรรมการเรียนรู้และการสะท้อนพฤติกรรมเป้าหมาย

กิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรม ได้รับการออกแบบภายใต้แนวคิด Simulation-Based STEM Learning โดยใช้สถานการณ์จำลองระบบหุ่นยนต์เป็นบริบทของปัญหาเชิงระบบ กิจกรรมแต่ละกิจกรรมมิได้มุ่งเพียงการปฏิบัติภารกิจตามขั้นตอน หากแต่ถูกออกแบบให้เป็นกลไกในการสะท้อนและประเมินพฤติกรรมเป้าหมาย ของผู้เรียนในด้านความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างเป็นรูปธรรม

การออกแบบกิจกรรมจึงมิได้เน้นผลลัพธ์เชิงคำตอบเท่านั้น แต่เน้นกระบวนการคิด (Cognitive Process) การตัดสินใจ และการเชื่อมโยงองค์ประกอบของระบบที่ผู้เรียนแสดงออกผ่านการปฏิบัติในใบประลองแต่ละฉบับ

กิจกรรมที่ 1 การวิเคราะห์ระบบและกำหนดขอบเขตปัญหา (ใบประลองที่ 1)

กิจกรรมนี้สะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายด้านการนิยามและวิเคราะห์ปัญหาโดยผู้เรียนต้องแยกองค์ประกอบของระบบ ระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และกำหนดขอบเขตของระบบอย่างมีเหตุผล พฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่ การอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ การจำแนกตัวแปรสำคัญ และการระบุสาเหตุของปัญหาเชิงโครงสร้าง การสะท้อนพฤติกรรมดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking) และการมองระบบในลักษณะองค์รวมเบื้องต้น ซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดเชิงระบบ

กิจกรรมที่ 2 การออกแบบแนวทางแก้ปัญหา (ใบประลองที่ 2)

กิจกรรมนี้สะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายด้านการสร้างทางเลือกและการให้เหตุผลเชิงระบบ ผู้เรียนต้องเสนอแนวทางแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรม และอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนการเลือกแนวทางดังกล่าว พฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่ การเปรียบเทียบทางเลือก การวิเคราะห์ข้อดี–ข้อจำกัด และการเชื่อมโยงแนวทางแก้ไขกับโครงสร้างของระบบ การแสดงเหตุผลอย่างเป็นระบบสะท้อนถึงความสามารถในการตัดสินใจเชิงวิเคราะห์และการประเมินค่า (Evaluative Reasoning)

กิจกรรมที่ 3 การทดสอบและปรับปรุงระบบ (ใบประลองที่ 3)

กิจกรรมนี้สะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายด้านการตรวจสอบและประเมินผลกระบวนการแก้ปัญหา ผู้เรียนต้องทดลองสถานการณ์จำลอง วิเคราะห์ข้อผิดพลาด และเสนอแนวทางปรับปรุง พฤติกรรมที่สะท้อนออกมา ได้แก่ การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ การอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและ

ผล และการประเมินประสิทธิภาพของระบบ การแสดงพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนถึงการคิดเชิงวิพากษ์และความสามารถในการเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของระบบ

กิจกรรมที่ 4 การบูรณาการองค์ประกอบของระบบ (ใบประลองที่ 4)

กิจกรรมนี้สะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายด้านการเชื่อมโยงองค์ประกอบหลายมิติ ผู้เรียนต้องพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบต่อภาพรวมทั้งหมด พฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่ การอธิบายความสัมพันธ์เชิงพลวัต การวิเคราะห์ผลกระทบข้ามองค์ประกอบ และการตัดสินใจโดยคำนึงถึงความสมดุลของระบบ การแสดงพฤติกรรมดังกล่าวเป็นตัวบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบระดับสูง

กิจกรรมที่ 5 การออกแบบระบบใหม่เชิงสร้างสรรค์ (ใบประลองที่ 5)

กิจกรรมสุดท้ายสะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายระดับสูงสุด คือการสร้างสรรค์เชิงระบบ ผู้เรียนต้องออกแบบระบบใหม่หรือปรับปรุงระบบเดิมโดยบูรณาการความรู้ทั้งหมดที่ได้รับ พฤติกรรมที่คาดหวัง ได้แก่ การสังเคราะห์องค์ประกอบ การออกแบบโครงสร้างใหม่อย่างมีเหตุผล และการสะท้อนผลการตัดสินใจของตนเองในบริบทของระบบทั้งหมด พฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนถึงระดับ Creating ตาม Bloom’s Taxonomy และการพัฒนาการคิดเชิงระบบอย่างสมบูรณ์

กิจกรรมทั้ง 5 ถูกออกแบบให้สะท้อนพัฒนาการของพฤติกรรมจากระดับการวิเคราะห์ปัญหา ไปสู่การประเมิน และการสร้างสรรค์เชิงระบบในลำดับขั้นที่ต่อเนื่อง การจัดลำดับดังกล่าวช่วยให้สามารถสังเกตและประเมินความก้าวหน้าของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ ทั้งในมิติของการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ

ดังนั้น ใบประลองแต่ละฉบับจึงทำหน้าที่ไม่เพียงเป็นภารกิจการเรียนรู้ แต่เป็นเครื่องมือสะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายที่สามารถตรวจสอบและประเมินได้อย่างเป็นรูปธรรม

2.3 ใบประลอง

ได้รับการพัฒนาให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรม โดยทำหน้าที่เป็นเครื่องมือหลักในการสะท้อนและประเมินพฤติกรรมเป้าหมายด้านความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม ใบประลองแต่ละฉบับถูกออกแบบให้สอดคล้องกับระดับพฤติกรรมทางปัญญาตามกรอบ Bloom’s Taxonomy โดยมุ่งเน้นระดับวิเคราะห์ (Analyzing) ประเมินค่า (Evaluating) และสร้างสรรค์ (Creating) ซึ่งเป็นระดับที่สะท้อนความสามารถเชิงกระบวนการและเชิงระบบ

การพัฒนาใบประลองยึดหลักการออกแบบภาระงานเชิงสมรรถนะ (Performance-Based Assessment) โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ผู้เรียนต้องวิเคราะห์ ออกแบบ ตัดสินใจ และสะท้อนผลการดำเนินการของตนเองในบริบทของระบบหุ่นยนต์เชิงจำลอง ทั้งนี้ ใบประลองทั้ง 5 ฉบับ

ถูกจัดลำดับให้มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับของกิจกรรม เพื่อสะท้อนพัฒนาการของพฤติกรรมเป้าหมายจากการวิเคราะห์เชิงองค์ประกอบ ไปสู่การบูรณาการและสร้างสรรค์เชิงระบบ

ในเชิงพฤติกรรม ใบประลองสะท้อนมิติการแก้ปัญหา (Problem-Solving Dimension) ผ่านการกำหนดภารกิจที่ผู้เรียนต้องแยกแยะองค์ประกอบของปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางแก้ไข และประเมินประสิทธิผลของแนวทางดังกล่าว ขณะเดียวกัน ใบประลองสะท้อนมิติการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking Dimension) ผ่านการกำหนดภารกิจที่ผู้เรียนต้องกำหนดขอบเขตของระบบ (System Boundaries) อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ วิเคราะห์ผลกระทบเชิงเหตุและผล และสะท้อนผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภาพรวมของระบบ

ตัวอย่างเช่น ใบประลองที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมการวิเคราะห์ระบบ ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมในประเด็นการวิเคราะห์กรณีศึกษา การระบุองค์ประกอบของระบบ และการกำหนดขอบเขตของปัญหาอย่างมีเหตุผล แสดงให้เห็นถึงการบูรณาการทั้งการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ (Problem-Solving: Decomposition and Analysis) และการคิดเชิงระบบในระดับพื้นฐาน (Systems Thinking: System Identification and Boundary Setting)

นอกจากนี้ ใบประลองในกิจกรรมลำดับที่สูงขึ้นยังสะท้อนพฤติกรรมระดับประเมินค่าและสร้างสรรค์ โดยผู้เรียนต้องวิเคราะห์ผลกระทบของการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของระบบ ตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด และเสนอการออกแบบระบบใหม่อย่างมีเหตุผล การแสดงพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนความสามารถในการสังเคราะห์องค์ความรู้และการคิดเชิงระบบระดับสูง

การประเมินใบประลองใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric Scoring) ซึ่งกำหนดระดับคะแนน 5 ระดับ โดยอธิบายลักษณะพฤติกรรมที่ปรากฏในแต่ละระดับอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถจำแนกคุณภาพของการแสดงออกทางพฤติกรรมได้อย่างเป็นระบบ การกำหนดระดับคะแนนดังกล่าวช่วยให้สามารถสะท้อนความก้าวหน้าของผู้เรียนทั้งในด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบได้อย่างแม่นยำ และสนับสนุนความเที่ยงตรงของการประเมินเชิงสมรรถนะ

โดยสรุป ใบประลองทั้ง 5 ฉบับมิได้ทำหน้าที่เป็นเพียงเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ หากแต่เป็นกลไกสำคัญในการสะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายตามกรอบแนวคิดของการวิจัย และเป็นส่วนเชื่อมโยงระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้กับตัวแปรวิจัยอย่างชัดเจนและเป็นระบบ

2.4 แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน

แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน ได้รับการพัฒนาเพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของความสามารถตามตัวแปรวิจัย ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการคิดเชิงระบบภายหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรมในระยะที่ 2

แบบทดสอบมีลักษณะเป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) โดยครอบคลุมเนื้อหาตามโครงสร้างกิจกรรมทั้ง 5 กิจกรรม ได้แก่ ความปลอดภัยและพื้นฐานของหุ่นยนต์

การควบคุมการเคลื่อนที่ ระบบพิกัดและการกำหนดตำแหน่ง การเขียนโปรแกรม และการประยุกต์ใช้งานในกระบวนการหยิบ–วาง

ข้อสอบแต่ละข้อได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ของแต่ละกิจกรรม และเชื่อมโยงกับพฤติกรรมเป้าหมายที่กำหนดไว้ในใบประลอง โดยสะท้อนระดับพฤติกรรมทางปัญญาตั้งแต่ระดับความเข้าใจ (Understanding) ไปจนถึงระดับวิเคราะห์ (Analyzing) และประเมินค่า (Evaluating) ตามกรอบ Bloom's Taxonomy

แม้แบบทดสอบจะอยู่ในรูปแบบปรนัย แต่การออกแบบข้อคำถามมิได้มุ่งวัดเพียงการจดจำข้อเท็จจริง หากแต่กำหนดสถานการณ์คำถามในลักษณะเชิงปัญหา (Problem-Based Stem) ที่ผู้เรียนต้องวิเคราะห์เงื่อนไข เปรียบเทียบทางเลือก และพิจารณาผลกระทบเชิงระบบก่อนตัดสินใจเลือกคำตอบ ตัวเลือกคำตอบ (Distractors) ถูกออกแบบให้สะท้อนความเข้าใจคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจริง เพื่อจำแนกระดับความเข้าใจเชิงแนวคิดของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

ในมิติการแก้ปัญหา ข้อสอบมุ่งวัดความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบของปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุของความคลาดเคลื่อน และการเลือกแนวทางที่เหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดของระบบ ตัวอย่างเช่น ข้อคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างคำสั่ง MOVJ และ MOVL หรือผลกระทบของการตั้งค่า TCP สะท้อนความสามารถในการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่และผลกระทบต่อความแม่นยำของระบบ และในมิติการคิดเชิงระบบ ข้อสอบมุ่งวัดความสามารถในการกำหนดขอบเขตของระบบ การอธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล และการพิจารณาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบหนึ่งต่อภาพรวมของระบบ เช่น การใช้ Jump ร่วมกับ Loop หรือการตั้งค่า Digital Input ในบริบทอุตสาหกรรม

การใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันก่อนและหลังเรียนช่วยให้สามารถเปรียบเทียบระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ โดยคะแนนที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และคำนวณขนาดอิทธิพล (Effect Size: Hedges' g) เพื่อสะท้อนระดับการพัฒนาความสามารถเชิงปฏิบัติอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติและเชิงปฏิบัติ

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

เพื่อประเมินความสอดคล้องภายในของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha) จากข้อมูลการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างในระยะที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวสะท้อนระดับความสอดคล้องของข้อคำถามภายในชุดเดียวกันในการวัดโครงสร้างเชิงแนวคิดเดียวกัน

เกณฑ์การแปลผลมีดังนี้

$\alpha \geq 0.90$ หมายถึง ความเชื่อมั่นสูงมาก

$0.80 \leq \alpha < 0.90$ หมายถึง ความเชื่อมั่นสูง

$0.70 \leq \alpha < 0.80$ หมายถึง ความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

$\alpha < 0.70$ ควรพิจารณาปรับปรุงข้อคำถาม

การวิเคราะห์ผลการพัฒนา

ผลคะแนนก่อนและหลังเรียนถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา และคำนวณขนาดอิทธิพลด้วยค่า Hedges' g เพื่อสะท้อนระดับการเปลี่ยนแปลงของผู้เรียนในเชิงปฏิบัติ โดยค่า Hedges' g ช่วยแสดงความแรงของผล (Magnitude of Effect) ที่เกิดจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้ มิใช่เพียงความแตกต่างเชิงสถิติเท่านั้น

โดยสรุป แบบทดสอบก่อน–หลังเรียนทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีความสอดคล้องกับกิจกรรม ใบประลอง และตัวแปรวิจัยอย่างเป็นระบบ และได้รับการตรวจสอบคุณภาพด้านความเชื่อมั่นเชิงประจักษ์รองรับ ผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยเฉพาะการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นและการวิเคราะห์ทางสถิติที่เกี่ยวข้อง จะรายงานและอภิปรายผลอย่างเป็นระบบในบทที่ 4 อันเป็นส่วนของการนำเสนอผลการวิจัย

2.5 การตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือ

การตรวจสอบความเหมาะสมของเครื่องมือวิจัยในระยะที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่าเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ ใบประลองทั้ง 5 กิจกรรม แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน และเกณฑ์การประเมินแบบรูบริก มีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ STEM Education, Robotics Simulation และ Teaching Strategy ตลอดจนสามารถสะท้อนตัวแปรวิจัย คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ ได้อย่างเป็นรูปธรรม

การตรวจสอบดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีคุณสมบัติ คือ มีประสบการณ์เกี่ยวข้องไม่น้อยกว่า 5 ปี หรือประสบการณ์สอนในระดับอุดมศึกษาในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถประเมินเครื่องมือได้ทั้งในเชิงเนื้อหา เชิงกระบวนการ และเชิงการวัดผล

ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารประกอบการพิจารณาให้ผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วย (1) แผนภาพรูปแบบการเรียนรู้ (2) ตารางกิจกรรมทั้ง 5 กิจกรรม (3) ใบประลองแต่ละฉบับ (4) แบบทดสอบปรนัย และ (5) รูบริกประเมินพฤติกรรม เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่างวัตถุประสงค์–กิจกรรม–เครื่องมือ–ตัวแปรวิจัย ได้อย่างครบถ้วน

การให้ข้อเสนอแนะเป็นลักษณะเชิงคุณภาพ (Qualitative Feedback) โดยมุ่งพิจารณาใน 4 ประเด็นหลัก ดังนี้

ประเด็นที่ 1 ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าใบประลองและแบบทดสอบสามารถสะท้อนวัตถุประสงค์ของแต่ละกิจกรรมได้ชัดเจนหรือไม่ เช่น กิจกรรมด้านความปลอดภัยสะท้อน System Boundaries และ Context Awareness หรือไม่ กิจกรรมด้านการควบคุมการเคลื่อนที่สะท้อน Algorithmic Thinking และ Interconnections อย่างเหมาะสมหรือไม่

ประเด็นที่ 2 ความชัดเจนของเนื้อหา ภาษา และเงื่อนไขสถานการณ์ พิจารณาความชัดเจนของคำสั่งในใบประลอง ความเหมาะสมของโจทย์สถานการณ์ในแบบทดสอบ และความชัดเจนของคำอธิบายระดับคะแนนในรูบริก เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการตีความ และเพิ่มความเป็นมาตรฐานของการใช้เครื่องมือจริง

ประเด็นที่ 3 ความเหมาะสมของระดับพฤติกรรมตาม Bloom's Taxonomy ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าภาระงานในใบประลองและเกณฑ์การประเมินในรูบริกสะท้อนระดับพฤติกรรมที่ตั้งเป้าไว้ (Analyzing, Evaluating, Creating) อย่างเหมาะสมหรือไม่ รวมถึงพิจารณาความสมดุลระหว่างความยากของภารกิจและระดับความสามารถของผู้เรียนกลุ่มเป้าหมาย

ประเด็นที่ 4 ความสอดคล้องกับตัวแปรวิจัย พิจารณาว่าเครื่องมือสามารถวัดองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา (เช่น Decomposition, Algorithmic Thinking, Implementation, Evaluation & Reflection) และทักษะการคิดเชิงระบบ (เช่น System Boundaries, Interconnections, Modeling, Impact Analysis, Context Awareness) ได้ครบถ้วนและชัดเจนตามที่กำหนดไว้ในตารางกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้

เมื่อได้รับข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยจัดหมวดหมู่ข้อเสนอแนะตามประเภทของเครื่องมือ และดำเนินการปรับปรุงในระดับรายการ (item-level revision) เช่น

1. ปรับถ้อยคำคำสั่งให้ชัดเจนและสอดคล้องกับบริบทการจำลอง
2. ปรับเงื่อนไขสถานการณ์ในแบบทดสอบให้สะท้อนการตัดสินใจเชิงระบบมากขึ้น
3. ปรับคำอธิบายระดับคะแนนในรูบริกให้จำแนกพฤติกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น
4. เพิ่มความเชื่อมโยงระหว่างภาระงานกับตัวแปรวิจัยในเชิงโครงสร้าง

หลังจากดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงในระยะที่ 3 ของการวิจัย

ทั้งนี้ การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในเชิงสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และการวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงประจักษ์ จะนำเสนอโดยละเอียดในบทที่ 4

3. วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน และพัฒนาเครื่องมือประกอบรูปแบบให้มีความเหมาะสมก่อนนำไปทดลองใช้จริงในระยะที่ 3 โดยมีขั้นตอนการดำเนินการอย่างเป็นระบบ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สังเคราะห์กรอบแนวคิดจากระยะที่ 1

ผู้วิจัยนำผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดจากระยะที่ 1 ซึ่งผ่านการประเมินความเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญ มาใช้เป็นฐานในการออกแบบรูปแบบการเรียนรู้ โดยพิจารณาองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การบูรณาการ STEM การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์ และกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้ ตลอดจนองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฉบับร่าง

ผู้วิจัยพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ฉบับร่าง โดยปรับลดองค์ประกอบที่ซ้ำซ้อน เพิ่มความชัดเจนของลำดับขั้นตอน และจัดโครงสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับบริบทการศึกษาสะเต็มในระดับอุดมศึกษา รูปแบบที่พัฒนาขึ้นครอบคลุม 6 มิติ ได้แก่ โครงสร้างรูปแบบ กระบวนการเรียนรู้ การบูรณาการ STEM ความสอดคล้องกับการแก้ปัญหา ความสอดคล้องกับการคิดเชิงระบบ และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ 5 กิจกรรม

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรม โดยใช้สถานการณ์จำลองระบบหุ่นยนต์เป็นบริบทการเรียนรู้ กิจกรรมถูกจัดลำดับจากพื้นฐานไปสู่การประยุกต์ใช้จริง และออกแบบให้สะท้อนพฤติกรรมเป้าหมายด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างเป็นขั้นตอน

แต่ละกิจกรรมกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ พฤติกรรมเป้าหมาย และผลลัพธ์ที่คาดหวังไว้อย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับเครื่องมือวัดผลได้อย่างเป็นระบบ

ขั้นตอนที่ 4 พัฒนาใบประลอง แบบทดสอบ และ Rubric

ผู้วิจัยพัฒนาเครื่องมือประกอบกิจกรรม ได้แก่ ใบประลอ (Performance Tasks) จำนวน 5 ฉบับ แบบทดสอบก่อน–หลังเรียนแบบปรนัย เกณฑ์การประเมินแบบรูบริก (Rubric) ระดับ 5 ระดับ

ใบประลองถูกออกแบบให้สอดคล้องกับระดับพฤติกรรมตาม Bloom’s Taxonomy ในระดับวิเคราะห์ ประเมินค่า และสร้างสรรค์ และสะท้อนองค์ประกอบของการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างชัดเจน

แบบทดสอบได้รับการออกแบบในลักษณะเชิงสถานการณ์ เพื่อวัดความสามารถเชิงวิเคราะห์และการตัดสินใจเชิงระบบ ขณะที่รูบริกกำหนดเกณฑ์ประเมินพฤติกรรมอย่างเป็นระบบเพื่อจำแนกระดับคุณภาพของผลงานผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 5 เสนอรูปแบบและเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน

ผู้วิจัยนำรูปแบบการเรียนรู้ฉบับร่าง พร้อมกิจกรรม ใบประลอง แบบทดสอบ และรูบริก เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพในประเด็นสำคัญ ได้แก่ ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และตัวแปรวิจัย ความชัดเจนของเนื้อหาและภาษา ความเหมาะสมของระดับพฤติกรรม ความสอดคล้องของเครื่องมือกับโครงสร้างรูปแบบ ในส่วนของรูปแบบการเรียนรู้ ผู้เชี่ยวชาญประเมินความเหมาะสมตาม 6 มิติที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 6 ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) และดำเนินการปรับปรุงในระดับองค์ประกอบและระดับรายการ เช่น การปรับถ้อยคำ การเพิ่มความชัดเจนของขั้นตอนกิจกรรม การปรับระดับความยากของภารกิจ และการปรับคำอธิบายในรูบริกให้จำแนกพฤติกรรมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น หลังจากดำเนินการปรับปรุงครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยได้จัดทำรูปแบบการเรียนรู้และเครื่องมือฉบับสมบูรณ์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทดลองใช้จริงในระยะที่ 3

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้และเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ก่อนนำไปทดลองใช้จริงในระยะที่ 3 โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบประเมินความเหมาะสม และข้อมูลเชิงคุณภาพจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ข้อมูลเชิงปริมาณได้มาจากแบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) ครอบคลุมการประเมินตาม 6 มิติ ได้แก่ ความเหมาะสมของโครงสร้างรูปแบบ ความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้ ความสอดคล้องกับการบูรณาการ STEM ความสอดคล้องกับเป้าหมายการแก้ปัญหา ความสอดคล้องกับเป้าหมายการคิดเชิงระบบและความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

คะแนนที่ได้รับจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อสะท้อนระดับความเหมาะสมของรูปแบบในแต่ละมิติและภาพรวม

การแปลผลระดับความเหมาะสมกำหนดเกณฑ์ตามช่วงคะแนน ดังนี้

4.51–5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51–4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

2.51–3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

1.51–2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1.00–1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณดังกล่าวใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงรูปแบบและเครื่องมือก่อนนำไปใช้จริง

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

ข้อมูลเชิงคุณภาพได้มาจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ กิจกรรม ใบประลอง แบบทดสอบ และรูบริก ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) กระบวนการวิเคราะห์ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

4.2.1 อ่านและทบทวนข้อเสนอแนะทั้งหมดอย่างละเอียด

4.2.2 จำแนกประเด็นตามหมวดหมู่ เช่น โครงสร้างรูปแบบ ความชัดเจนของภาษา ความเหมาะสมของระดับพฤติกรรม และความสอดคล้องกับตัวแปรวิจัย

4.2.3 สังเคราะห์สาระสำคัญของข้อเสนอแนะ

4.2.4 กำหนดแนวทางการปรับปรุงในระดับองค์ประกอบและระดับรายการ

ผลจากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหาถูกนำไปใช้ปรับปรุงรูปแบบและเครื่องมือให้มีความชัดเจน เหมาะสม และสอดคล้องกับกรอบแนวคิดมากยิ่งขึ้น

4.3 การบูรณาการผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 2 ใช้แนวทางการบูรณาการข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ (Mixed Interpretation) โดยใช้คะแนนเฉลี่ยเป็นตัวบ่งชี้ระดับความเหมาะสมเชิงภาพรวม และใช้ข้อเสนอแนะเชิงคุณภาพเป็นแนวทางในการปรับปรุงเชิงลึก

แนวทางการวิเคราะห์ดังกล่าวเอื้อให้กระบวนการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้มิได้พิจารณาเพียงผลการประเมินเชิงปริมาณจากค่าทางสถิติเท่านั้น หากแต่ได้รับการสนับสนุนด้วยข้อเสนอแนะเชิงวิชาการจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผ่านการพิจารณาอย่างรอบด้านในเชิงเนื้อหา โครงสร้าง และความสอดคล้องกับตัวแปรวิจัย ส่งผลให้รูปแบบการเรียนรู้และเครื่องมือประกอบมีความสมบูรณ์ทั้งในเชิงแนวคิด (Conceptual Coherence) เชิงโครงสร้าง (Structural Validity) และเชิงการวัดผล (Measurement Appropriateness) อย่างเป็นระบบ

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ระยะที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานที่ได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจนมีความสมบูรณ์ในระยะที่ 2 โดยมุ่งประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษาสะเต็มในระดับอุดมศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับระบบหุ่นยนต์และการควบคุมอัตโนมัติ ภาคการศึกษาที่ดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 เป็นนักศึกษาสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเมคคาทรอนิกส์ (หลักสูตรเทียบโอน) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า TEM (Technical Education Program in Electronics and Mechatronics) จำนวน 30 คน โดยมีพื้นฐานด้านเทคนิคและการจัดการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ

กลุ่มที่ 2 เป็นนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (หลักสูตรต่อเนื่อง) ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า ENS (Engineering Program in Smart Electronics Engineering) จำนวน 30 คน โดยมีพื้นฐานด้านการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมและระบบอัจฉริยะ

ซึ่งมีพื้นฐานด้านการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมและระบบอัจฉริยะการแบ่งกลุ่มดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทั้งผลการพัฒนาภายในกลุ่ม (within-group change) และความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีพื้นฐานทางวิชาการแตกต่างกัน (between-group comparison)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในระยะที่ 3 ประกอบด้วย

2.1 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน ซึ่งผ่านการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพจากระยะที่ 2 แล้ว ประกอบด้วยกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรม ครอบคลุมตั้งแต่ความปลอดภัย การควบคุมการเคลื่อนที่ ระบบพิกัด การเขียนโปรแกรมไปจนถึงการประยุกต์ใช้งานแบบ Pick & Place

2.2 แบบทดสอบก่อน–หลังเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัยที่ออกแบบให้สอดคล้องกับตัวแปรวิจัย ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ โดยครอบคลุมระดับพฤติกรรมทางปัญญาตั้งแต่การวิเคราะห์ การประเมินค่า ไปจนถึงการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมในบริบทของระบบหุ่นยนต์

2.3 Rubric แบบระดับประมาณค่า (Rating Scale Rubric) ใช้ประเมินสมรรถนะเชิงปฏิบัติของผู้เรียนในระหว่างการทำกิจกรรม โดยครอบคลุมพฤติกรรมการวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบแนวทางแก้ไข การทดลองและปรับปรุงการทำงานของระบบ รวมถึงการสะท้อนผลการเรียนรู้

เครื่องมือดังกล่าวได้รับการตรวจสอบคุณภาพในด้านความเชื่อมั่นของความสอดคล้องภายใน (internal consistency reliability) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) เพื่อประเมินความสอดคล้องของรายการประเมินภายในโครงสร้างเดียวกัน ทั้งนี้ รายละเอียดผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของเครื่องมือจะนำเสนอในบทที่ 4

3. วิธีดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการวิจัยในระยะที่ 3 เป็นการศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานกับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ กระบวนการดำเนินการวิจัยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การชี้แจงและเตรียมความพร้อม

ผู้วิจัยดำเนินการชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และบทบาทของผู้เรียนในระหว่างการเข้าร่วมกิจกรรม พร้อมทั้งอธิบายแนวปฏิบัติด้านจริยธรรมการวิจัย เพื่อให้ผู้เรียนรับทราบและยินยอมเข้าร่วมการวิจัยโดยสมัครใจ

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อวัดระดับพื้นฐานของความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนก่อนเข้าร่วมกิจกรรม ทั้งนี้ การทดสอบก่อนเรียนมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลฐาน (baseline data) สำหรับการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 5 กิจกรรม ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้การจำลองสถานการณ์ระบบหุ่นยนต์เป็นฐานในการออกแบบกิจกรรม กิจกรรมดังกล่าวครอบคลุมตั้งแต่การทำความเข้าใจระบบและความปลอดภัย การวิเคราะห์และควบคุม

การเคลื่อนที่ การกำหนดตำแหน่งและเขียนโปรแกรม ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จำลองเชิงอุตสาหกรรม

กระบวนการจัดกิจกรรมเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบแนวทางแก้ไข การทดลองและปรับปรุงผลลัพธ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างเป็นลำดับขั้น

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินระหว่างดำเนินกิจกรรม (Formative Assessment)

ในระหว่างการดำเนินกิจกรรม ผู้วิจัยใช้ Rubric แบบระดับประมาณค่าเพื่อประเมินสมรรถนะเชิงปฏิบัติของผู้เรียน โดยมุ่งประเมินพฤติกรรมเชิงกระบวนการ เช่น การวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบขั้นตอนการแก้ไข การทดลองและปรับปรุงการทำงานของระบบ ตลอดจนการสะท้อนผลการเรียนรู้ การประเมินในขั้นตอนนี้มีลักษณะเป็นการประเมินเพื่อพัฒนา (formative assessment) และใช้สะท้อนคุณภาพของกระบวนการคิดของผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 5 การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

ภายหลังเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 5 กิจกรรม ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบฉบับเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงของคะแนน และประเมินผลสัมฤทธิ์ของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 6 การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลทั้งหมดและจัดเตรียมในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมประกอบด้วย

1. คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
2. คะแนนประเมินสมรรถนะเชิงปฏิบัติจาก Rubric
3. ข้อมูลจำแนกตามกลุ่มผู้เรียน ได้แก่ กลุ่ม TEM และ กลุ่ม ENS ข้อมูลดังกล่าวถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยสถิติที่เหมาะสม เพื่อประเมินทั้งการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มและความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้เรียน
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การวิเคราะห์ข้อมูลในระยะที่ 3 มุ่งประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ทั้งในมิติของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะเชิงกระบวนการ โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ภายในกลุ่มเดียวกัน

การวิเคราะห์ในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนภายในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 TEM และกลุ่มที่ 2 ENS

ใช้สถิติ Paired Samples t-test ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนและหลังเรียน เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกันในสองช่วงเวลา (dependent samples) สถิติดังกล่าวช่วยตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงของคะแนนภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้มีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ การกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติใช้ค่า α = .05

4.2 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม

เพื่อศึกษาความแตกต่างของผลการเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนที่มีบริบททางการศึกษาแตกต่างกัน ผู้วิจัยใช้สถิติ Independent Samples t-test เปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่ม TEM และ ENS

การเลือกใช้สถิตินี้เหมาะสมกับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (independent groups) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบการเรียนรู้มีผลแตกต่างกันตามพื้นฐานทางวิชาการของผู้เรียนหรือไม่

ก่อนการวิเคราะห์ได้ตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการใช้สถิติ (assumptions) ได้แก่การกระจายตัวแบบปกติของข้อมูลและความเท่าเทียมของความแปรปรวน (homogeneity of variance)

4.3 การวิเคราะห์ผลการประเมินสมรรถนะด้วย Rubric

การวิเคราะห์ผลการประเมินสมรรถนะเชิงปฏิบัติจาก Rubric แบบระดับประมาณค่าดำเนินการดังนี้

4.3.1 สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D) เพื่ออธิบายระดับสมรรถนะของผู้เรียนในแต่ละกิจกรรม และพิจารณาการกระจายตัวของคะแนน

4.3.2 การวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (Effect Size Analysis)

เพื่อสะท้อนความแรงของผลการเปลี่ยนแปลงของคะแนนภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้คำนวณค่าขนาดอิทธิพล (effect size) ด้วยสถิติ Hedges' g ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้ประเมินขนาดของความแตกต่าง ระหว่างค่าเฉลี่ยในลักษณะมาตรฐาน (standardized mean difference) โดยมีข้อเด่นคือมีการปรับแก้ความเอนเอียงของการประมาณค่า (bias correction) เหมาะสมสำหรับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กถึงปานกลาง และช่วยให้สามารถเปรียบเทียบความแรงของผลได้อย่างเป็นมาตรฐาน แม้ว่าหน่วยการวัดหรือการกระจายของคะแนนในแต่ละกิจกรรมจะมีความแตกต่างกัน

การใช้ Hedges' g ในการวิจัยครั้งนี้มีความเหมาะสมกับลักษณะข้อมูลเชิงทดลองที่ผู้วิจัยต้องการอธิบายผลของรูปแบบการเรียนรู้ทั้งในมิติการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มและ ความแตกต่างระหว่างกลุ่ม กล่าวได้ว่าในกรณีการเปรียบเทียบ คะแนนก่อน–หลังเรียนภายในกลุ่มเดียวกัน ค่า Hedges' g ช่วยสะท้อนระดับการพัฒนาความสามารถของผู้เรียนภายหลังการจัดกิจกรรมอย่าง

เป็นรูปธรรม ขณะที่ในกรณีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างอิสระ (TEM และ ENS) ค่า Hedges' g สามารถใช้สะท้อนความแรงของความแตกต่างของผลลัพธ์ที่อาจเกิดจากพื้นฐานทางวิชาการและประสบการณ์เดิมของผู้เรียนได้อย่างมีนัยเชิงปฏิบัติ

การรายงานขนาดอิทธิพลจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเสริมการตีความผลการวิจัยให้ครอบคลุมมากกว่าการพิจารณานัยสำคัญทางสถิติ (statistical significance) เพียงอย่างเดียว เนื่องจากนัยสำคัญทางสถิติมีความไวต่อขนาดตัวอย่างและความแปรปรวนของข้อมูล ขณะที่ขนาดอิทธิพลสะท้อนความหมายของผล ในเชิงปริมาณที่อธิบายได้ว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีความมากน้อยเพียงใด และมีนัยสำคัญเชิงปฏิบัติ (practical significance) ต่อการจัดการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะของผู้เรียนเพียงใด โดยเฉพาะในงานวิจัยด้านการศึกษาที่มุ่งเน้นผลลัพธ์ด้านสมรรถนะและการพัฒนาทักษะเชิงกระบวนการ

การแปลผลขนาดอิทธิพลในการวิจัยครั้งนี้พิจารณาตามแนวทางการรายงาน effect size ในงานวิจัยเชิงทดลองทางการศึกษา โดยกำหนดเกณฑ์โดยประมาณว่า ค่าใกล้เคียง 0.20 แสดงถึงขนาดอิทธิพลระดับเล็ก (small effect) ค่าใกล้เคียง 0.50 แสดงถึงระดับปานกลาง (medium effect) และค่าใกล้เคียง 0.80 ขึ้นไปแสดงถึงระดับสูง (large effect) ทั้งนี้ แนวทางดังกล่าวใช้เพื่อเป็นกรอบในการตีความผลให้สื่อความหมายได้ชัดเจนและเปรียบเทียบได้ในเชิงวิชาการ (Lakens, 2013) และการตีความค่าขนาดอิทธิพลจากค่า Hedges' g ในการวิจัยครั้งนี้มิได้ยึดติดอยู่กับการจัดระดับตามเกณฑ์มาตรฐานเพียงอย่างเดียว หากแต่พิจารณาร่วมกับบริบทของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ระบบหุ่นยนต์เป็นฐาน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะคือเน้นการพัฒนาทักษะเชิงกระบวนการและการตัดสินใจในระบบที่มีความซับซ้อน โดยการเปลี่ยนแปลงของคะแนนจึงควรได้รับการตีความควบคู่กับลักษณะของตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ รวมถึงความแตกต่างของพื้นฐานทางวิชาการของผู้เรียนในแต่ละกลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม TEM และกลุ่ม ENS เพื่อให้การอธิบายผลสะท้อนความหมายเชิงปฏิบัติอย่างรอบด้านและสอดคล้องกับสภาพจริงของการจัดการเรียนรู้ในบริบทการศึกษาสะเต็มระดับอุดมศึกษา

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอผลการศึกษาออกเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

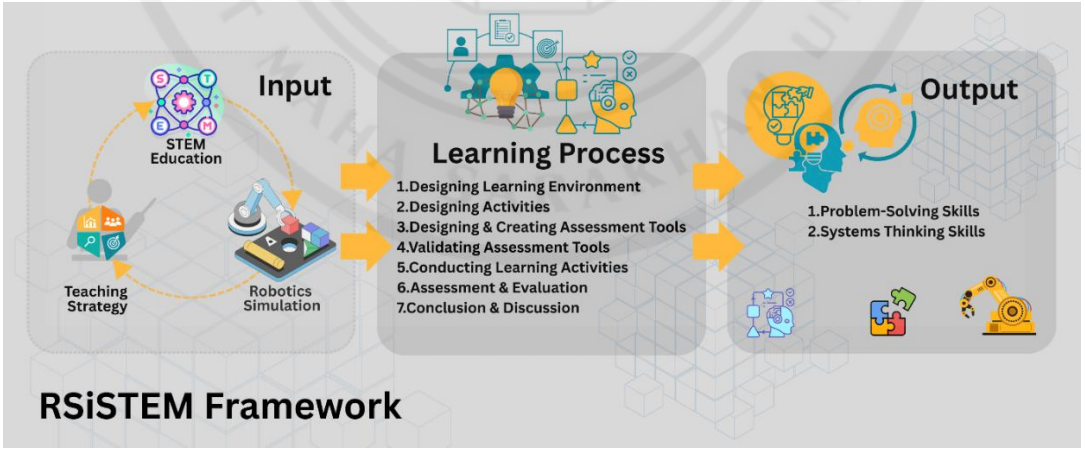
ตอนที่ 1 ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ตอนที่ 3 ผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ตอนที่ 1 ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ตอนนี้นำเสนอผลการการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม



ภาพที่ 4.1 กรอบแนวคิดการจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นถูกออกแบบในลักษณะของระบบการเรียนรู้เชิงองค์รวม (holistic learning system) โดยมีการจัดโครงสร้างองค์ประกอบอย่างเป็นระบบและเชื่อมโยงกันอย่างมีเหตุและผล องค์ประกอบด้านอินพุต (Input) ทำหน้าที่เป็นปัจจัยตั้งต้นในการกำหนดกรอบแนวคิดและบริบทของการเรียนรู้ ขณะที่องค์ประกอบด้านกระบวนการเรียนรู้ (Process) ทำหน้าที่เป็นกลไกเชิงปฏิบัติที่ถ่ายทอดแนวคิดเชิงทฤษฎีไปสู่การลงมือปฏิบัติจริงผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม ส่วนองค์ประกอบด้านผลลัพธ์ของการเรียนรู้ (Output) สะท้อนผลลัพธ์เชิงสมรรถนะของผู้เรียนซึ่งเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตั้งต้นและกระบวนการเรียนรู้

โครงสร้างเชิงเหตุผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนมิได้เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้ใดกิจกรรมหนึ่งโดยลำพัง แต่เป็นผลสะสมจากการออกแบบระบบการเรียนรู้ที่บูรณาการองค์ประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างมีลำดับขั้นและสอดคล้องเชิงตรรกะ กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวได้มาจากการสังเคราะห์เอกสาร แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม และทฤษฎีด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ โดยผู้วิจัยนำผลการสังเคราะห์มาจัดโครงสร้างรูปแบบการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนและสามารถนำไปใช้เป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ องค์ประกอบของกรอบแนวคิดจึงถูกนำเสนอออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ อินพุต (Input) กระบวนการเรียนรู้ (Process) และผลลัพธ์ของการเรียนรู้ (Output) ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 สังเคราะห์องค์ประกอบหลักรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

องค์ประกอบ	อ้างอิง
1.อินพุต	
การศึกษาสะเต็ม	Fan & Xu, 2024; Chen et al., 2025; Arafat et al., 2024;Rusminati & Juniarso, 2023; Kurbanbekov et al., 2025
การจำลองหุ่นยนต์	Fan & Xu, 2024; Ching & Hsu, 2023; Darmawansah et al., 2023; Mwangi et al., 2022; Alonso-García et al., 2024
ยุทธศาสตร์การสอน	Ching & Hsu, 2023; Darmawansah et al., 2023; Arifin & Mahmud, 2021; Anita et al., 2021; Tariq et al., 2025
กระบวนการ	
1. ออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้	(Chung et al., 2020; Reinius et al., 2021; Arce et al., 2022)
2. ออกแบบกิจกรรม	(Chung et al., 2020; Arce et al., 2022; Zhang et al., 2020; Precharattana et al., 2023)
3. ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัด	(Chung et al., 2020; Cifrian et al., 2020; Chen et al., 2020)
4. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัด	(Cifrian et al., 2020; Chen et al., 2020)
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้	(Chung et al., 2020; Arce et al., 2022; Precharattana et al., 2023)
6. วัดและประเมินผล	(Chung et al., 2020; Cifrian et al., 2020; Precharattana et al., 2023)
7. สรุปและอภิปราย	(Chung et al., 2020; Zhang et al., 2020; Precharattana et al., 2023)
เอาท์พุต	
ทักษะการแก้ปัญหา	Wu et al., 2024; Adeoye & Jimoh, 2023; Sugianto & Diniya, 2020; Palts & Pedaste, 2020; Xu et al., 2023; Saputra et al., 2023; Alias et al., 2022
การคิดเชิงระบบ	Dugan et al., 2021; Dugan et al., 2022

เมื่อได้กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยได้นำกรอบแนวคิดไปจัดทำเป็นแบบประเมินคุณภาพ และนำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้เทคโนโลยีการศึกษา ระบบหุ่นยนต์ และการศึกษาสะเต็ม ทำการประเมิน เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความสอดคล้อง ความเป็นไปได้ และความครบถ้วนขององค์ประกอบในกรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้น แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4-2

จากการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยมิได้เพียงรวบรวมองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มหรือการใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์ที่มีอยู่เดิม แต่ได้ดำเนินการวิเคราะห์เชิงสังเคราะห์ (analytic synthesis) เพื่อจัดโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงระบบระหว่างปัจจัยตั้งต้น กระบวนการเรียนรู้ และผลลัพธ์ของการเรียนรู้ให้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล กรอบแนวคิดที่พัฒนาขึ้นนี้มีลักษณะเด่นแตกต่างจากแบบจำลองการเรียนรู้ STEM หรือการเรียนรู้ด้วยหุ่นยนต์ในงานวิจัยก่อนหน้า โดยเฉพาะการกำหนดให้ การคิดเชิงระบบมิใช่เพียงทักษะที่สอนแยกต่างหากหรือกิจกรรมเสริม แต่เป็น ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแก้ปัญหาผ่านการจำลองสถานการณ์ของระบบหุ่นยนต์อย่างต่อเนื่องและเป็นวงจร ซึ่งผู้เรียนต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในระบบ ทดลอง ปรับปรุง และสะท้อนผลการเรียนรู้ซ้ำ ๆ

ในมุมมองเชิงโครงสร้าง กรอบแนวคิดดังกล่าวจึงมิได้เป็นเพียงลำดับขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ (instructional sequence) แต่เป็น สถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ (learning system architecture) ที่บูรณาการแนวคิดการศึกษาสะเต็ม การจำลองระบบหุ่นยนต์ และกระบวนการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนอย่างเป็นองค์รวม

ดังนั้น กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้ที่สังเคราะห์ขึ้นนี้จึงนับเป็นการต่อยอดองค์ความรู้จากโมเดลการเรียนรู้เดิม โดยเพิ่มมิติของการคิดเชิงระบบในฐานะผลลัพธ์เชิงกลไกของกระบวนการเรียนรู้ผ่านการจำลองสถานการณ์ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นกรอบในการพัฒนา ออกแบบ และประเมินรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทการศึกษาสะเต็มได้อย่างมีความชัดเจนและเป็นระบบ

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	S.D	ระดับความเหมาะสม
1.ความเหมาะสมของโครงสร้างกรอบแนวคิด	4.66	0.47	มากที่สุด
2.ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา	4.66	0.44	มากที่สุด
3.ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายด้านการคิดเชิงระบบ	4.69	0.45	มากที่สุด
4.ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในสถานศึกษา	4.71	0.42	มากที่สุด
5.ความเหมาะสมกับบริบทสะเต็มศึกษา (STEM Education)	4.66	0.48	มากที่สุด

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม พบว่าโดยภาพรวมรูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากที่สุด ทุกหัวข้อการประเมิน โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) รวมอยู่ระหว่าง 4.66–4.71 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ (S.D = 0.42–0.48) แสดงให้เห็นว่าผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในระดับสูง ทั้งนี้ หัวข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในสถานศึกษา ($\bar{X}$= 4.71, S.D = 0.42) รองลงมา คือ ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายด้านการคิดเชิงระบบ ($\bar{X}$ = 4.69, S.D = 0.45) สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้าง กิจกรรม และแนวคิดที่เหมาะสม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในบริบทการศึกษาสะเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียน

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

จากการสังเคราะห์กรอบแนวคิดและการดำเนินการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามขั้นตอนการวิจัยที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้พัฒนาการจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า รูปแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีมาจัดโครงสร้างเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม โดยสามารถนำไปใช้เป็นกรอบในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดการเรียนการสอน และการประเมินผลเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษาสะเต็มได้อย่างเหมาะสม

เพื่อแสดงให้เห็นฐานเชิงแนวคิดที่นำไปสู่การออกแบบโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้นำผลการสังเคราะห์เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาจัดหมวดหมู่องค์ประกอบหลักของรูปแบบการเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การสังเคราะห์องค์ประกอบหลักของการจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

งานวิจัยอ้างอิง	STEM Education	Robotics Simulation	Teaching Strategy
Alonso-García et al. (2024)	-	✓	-
Anita et al. (2021)	-	-	✓
Arafat et al. (2024)	✓	-	-
Arifin & Mahmud. (2021)	-	-	✓
Chen et al. (2025)	✓	-	-
Ching & Hsu. (2023)	-	✓	✓
Darmawansah et al. (2023)	-	✓	✓
Fan & Xu. (2024)	✓	✓	-
Kurbanbekov et al. (2025)	✓	-	-
Mwangi et al. (2022)	-	✓	-
Rusminati & Juniarso. (2023)	✓	-	-
Tariq et al. (2025)	-	-	✓

1. โครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ องค์ประกอบด้านอินพุต (Input) องค์ประกอบด้านกระบวนการเรียนรู้ (Process) และองค์ประกอบด้านผลลัพธ์ของการเรียนรู้ (Output) โครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นระบบการเรียนรู้เชิงบูรณาการ ซึ่งองค์ประกอบแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์และเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ตั้งแต่การกำหนดปัจจัยตั้งต้นที่เอื้อต่อการเรียนรู้ การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนผ่านสถานการณ์จำลองระบบหุ่นยนต์ ไปจนถึงการกำหนดผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่สะท้อนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการสังเคราะห์ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นกรอบในการกำหนดลำดับกระบวนการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ตารางที่ 4.4 สังเคราะห์ขั้นตอนและกิจกรรม

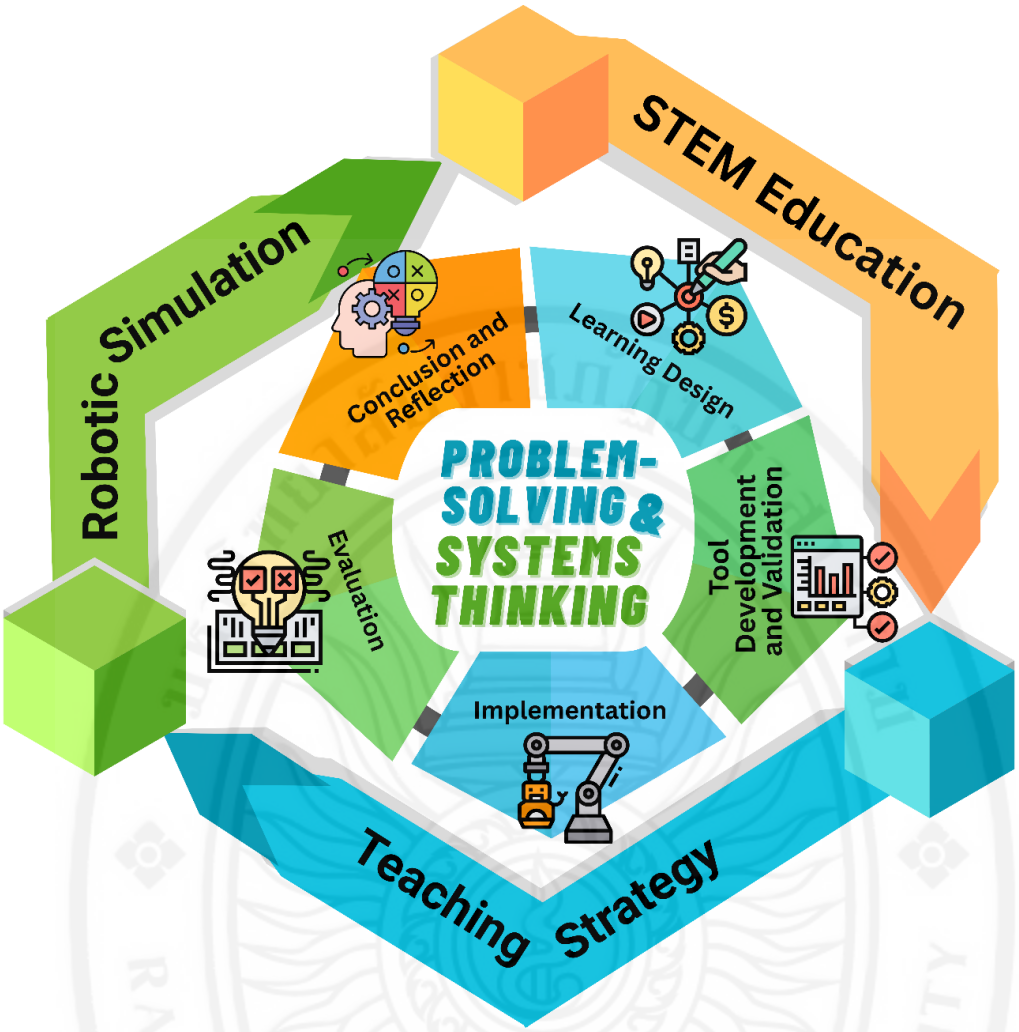
งานวิจัยอ้างอิง	Learning Design	Tool Development	Implementation	Evaluation	Reflection
Arce et al., (2022)	✓	-	-	-	-
Cifrian et al., (2020	-	✓	-	✓	-
Chevalier et al., (2020)	✓	-	-	-	✓
Chung et al., (2020)	✓	✓	✓	✓	-
Zhang et al., (2020)	-	-	-	-	✓
Garcés et al., 2021)	✓	-	✓	-	-
Reinius et al., (2021)	✓	-	-	-	-
Coufal, (2022)	✓	-	✓	-	-
Hsieh et al., (2022)	✓	-	✓	-	-
Hsu & Tsai, (2022)	-	✓	-	✓	✓
Chen & Chung, (2023)	-	✓	-	-	-
Chichekian et al., (2023)	-	-	-	✓	✓
Hu et al., (2023)	-	-	✓	-	-

(ต่อ)

ตารางที่ 4.4 สังเคราะห์ขั้นตอนและกิจกรรม

งานวิจัยอ้างอิง	Learning Design	Tool Development	Implementation	Evaluation	Reflection
Precharattana et al., 2023)	-	-	✓	✓	✓
Wang, (2023)	-	✓	✓	✓	-
Barradas et al., (2024)	✓	✓	✓	✓	-
Martín et al., (2024)	-	-	✓	-	-
Songkram et al., 2024)	-	-	-	-	✓

จากตารางพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่สนับสนุนองค์ประกอบด้าน Learning Design และ Implementation อย่างเด่นชัด ขณะที่มิติ Reflection ปรากฏในบางงานเท่านั้น สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีการบูรณาการองค์ประกอบครบถ้วนมากกว่างานวิจัยเดิม



ภาพที่ 4.2 รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

2. องค์ประกอบด้านอินพุตของรูปแบบการเรียนรู้

องค์ประกอบด้านอินพุตของรูปแบบการเรียนรู้ประกอบด้วยปัจจัยพื้นฐานที่ใช้เป็นกรอบในการออกแบบและดำเนินการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การศึกษาสะเต็ม (STEM Education) การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน (Robotic Simulation) และยุทธศาสตร์การสอน (Instructional Strategies)

การศึกษาสะเต็มถูกนำมาใช้เป็นแนวคิดหลักในการบูรณาการองค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เชิงทฤษฎีกับการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง ขณะที่การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือน

จริง ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถทดลอง ออกแบบ และปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาได้โดยไม่เกิดความเสี่ยงจากการใช้งานระบบจริงในระยะเริ่มต้น

ส่วนยุทธศาสตร์การสอนที่ใช้ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ มุ่งเน้นการเรียนรู้เชิงรุกและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ การเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหา ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และสนับสนุนการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงอย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 4-5 แสดงกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้ที่ได้จากการสังเคราะห์แนวคิดเชิงทฤษฎี ซึ่งผู้วิจัยนำมาใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติในบริบทจริง

3. องค์ประกอบการสังเคราะห์ขั้นตอนและกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน

ผลการสังเคราะห์เอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีที่สนับสนุนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม นำไปสู่การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน ซึ่งมีลักษณะเป็นกระบวนการเชิงระบบ (Systemic and Iterative Process) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่เชื่อมโยงกันอย่างเป็นลำดับ และมีวงจรป้อนกลับเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบการเรียนรู้ (Learning Design)

ผลการสังเคราะห์พบว่า ขั้นตอนการออกแบบการเรียนรู้เป็นฐานรากสำคัญของรูปแบบ โดยมุ่งเน้นการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนและกระตุ้นกระบวนการคิดระดับสูง กิจกรรมถูกออกแบบภายใต้แนวคิด Problem-Based Learning (PBL) และ Project-Based Learning (PjBL) เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเผชิญสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อนเชิงระบบ และสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ

นอกจากนี้ การกำหนดเส้นทางการเรียนรู้ (Learning Path) ถูกออกแบบให้สอดคล้องกับระดับความสามารถของผู้เรียน โดยใช้แพลตฟอร์มการจำลองสามมิติ (3D Simulation) และระบบหุ่นยนต์จำลองเป็นเครื่องมือหลักในการสร้างประสบการณ์เสมือนจริง ผลการสังเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบในลักษณะดังกล่าวช่วยส่งเสริมการคิดเชิงคำนวณ การมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ และการวิเคราะห์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน

ในมิติของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ พบว่าการจัดบรรยากาศที่เอื้อต่อการทำงานร่วมกัน การอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และการสื่อสารเชิงสร้างสรรค์ มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ร่วมกัน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้พื้นที่ปฏิบัติการและเครื่องมือดิจิทัลควบคู่กัน

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ (Tool Development and Validation)

ผลการสังเคราะห์สะท้อนว่า การพัฒนาเครื่องมือประเมินผลเป็นองค์ประกอบสำคัญในการวัดสมรรถนะที่แท้จริงของผู้เรียน โดยเฉพาะทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ รูบริกประเมินโครงงาน แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบประเมินตนเอง

กระบวนการพัฒนาเครื่องมือดำเนินการตามหลักการตรวจสอบคุณภาพทางจิตวิทยาการวัด ได้แก่ เครื่องมือได้รับการพิจารณาความเหมาะสมโดยผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้ และตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach’s alpha

นอกจากนี้ ผลการสังเคราะห์ชี้ว่า การใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย ทั้งแบบทดสอบ (Test-Based Assessment) และการประเมินเชิงปฏิบัติ (Performance-Based Assessment) เช่น โครงงานหรือกิจกรรมปฏิบัติการ ช่วยสะท้อนสมรรถนะเชิงกระบวนการได้ดีกว่าการประเมินความรู้เชิงทฤษฎีเพียงอย่างเดียว

ขั้นตอนที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (Implementation)

ผลการสังเคราะห์ระบุว่า การนำรูปแบบไปใช้จริงต้องคงหลักการผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมการลงมือปฏิบัติ การทดลอง และการอภิปรายกลุ่ม กิจกรรมสำคัญประกอบด้วยการทดลองในห้องปฏิบัติการ การใช้ระบบจำลองหุ่นยนต์ การแก้ปัญหาร่วมกัน และการนำเสนอผลงาน

บทบาทของผู้สอนปรับเปลี่ยนจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่ผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) ที่คอยกระตุ้นคำถาม ชี้แนะกระบวนการคิด และส่งเสริมการสะท้อนคิดของผู้เรียน ขณะที่ผู้เรียนทำหน้าที่เป็นผู้สร้างองค์ความรู้ผ่านการปฏิบัติจริง

ผลการสังเคราะห์ยังชี้ว่า การใช้ห้องปฏิบัติการเสมือน (Virtual Laboratory) และเครื่องมือดิจิทัลช่วยเพิ่มความยืดหยุ่น ลดข้อจำกัดด้านทรัพยากร และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนทดลองซ้ำได้หลายครั้งโดยไม่เกิดความเสี่ยงต่ออุปกรณ์จริง

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินผล (Evaluation)

การประเมินผลถูกดำเนินการทั้งในระหว่างกระบวนการเรียนรู้ (Formative Evaluation) และเมื่อสิ้นสุดกิจกรรม (Summative Evaluation) เพื่อวัดผลลัพธ์ด้านความรู้ ทักษะ และสมรรถนะเชิงระบบ

ผลการสังเคราะห์แสดงให้เห็นว่า การให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) อย่างเป็นระบบช่วยให้ผู้เรียนตระหนักถึงจุดแข็งและข้อจำกัดของตนเอง และสามารถปรับปรุงกระบวนการคิดและการทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน ข้อมูลจากการประเมินยังถูกนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในรอบถัดไป

ขั้นตอนที่ 5 การสรุปและสะท้อนผลการเรียนรู้ (Conclusion and Reflection)

ขั้นตอนสุดท้ายของรูปแบบเน้นกระบวนการสะท้อนคิด (Reflective Process) เพื่อส่งเสริมการพัฒนาการคิดระดับเมตาคอกนิชัน (Metacognition) ผู้เรียนวิเคราะห์ผลลัพธ์ของโครงงาน ตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนา พร้อมทั้งทบทวนกระบวนการแก้ปัญหาในภาพรวม

การสะท้อนคิดเชิงระบบมุ่งให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และบริบทแวดล้อม ตลอดจนผลกระทบซึ่งกันและกันภายในระบบ STEM แบบบูรณาการ ทั้งนี้ ผู้เรียนจัดทำรายงานสะท้อนคิดเพื่อบันทึกบทเรียนที่ได้รับ ความท้าทาย และแนวทางพัฒนาตนเองในอนาคต

จากการสังเคราะห์ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานมีลักษณะเป็นวงจรการเรียนรู้เชิงระบบที่บูรณาการการออกแบบ การพัฒนาเครื่องมือ การจัดกิจกรรมการประเมินผล และการสะท้อนคิดเข้าไว้ด้วยกันอย่างเป็นเอกภาพ โครงสร้างดังกล่าวสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่มีการป้อนกลับอย่างต่อเนื่อง และเชื่อมโยงบริบทการศึกษาเข้ากับการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิจกรรมการเรียนรู้ถูกออกแบบให้มีลำดับขั้นที่ชัดเจน เชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์จำลอง การแก้ปัญหา และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ซึ่งสนับสนุนการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอย่างเป็นระบบ เพื่อกำหนดกรอบการวัดผลทักษะการแก้ปัญหาอย่างมีระบบ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์ตัวแปรตามและตัวชี้วัดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในทำนองเดียวกัน การกำหนดกรอบทักษะการคิดเชิงระบบในงานวิจัยนี้ได้อาศัยการสังเคราะห์มิติและตัวชี้วัดจากงานวิจัยด้าน systems thinking ดังแสดงในตารางที่ 4.5 ตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 กิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	เครื่องมือ	การวัดและประเมินผล	ทักษะที่พัฒนา
กิจกรรมที่ 1 ความปลอดภัยและพื้นฐานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการความปลอดภัยและมาตรการป้องกันในการใช้หุ่นยนต์	1) Explain หลักการความปลอดภัยในการทำงานกับหุ่นยนต์ 2) Analyze กรณีศึกษาอุบัติเหตุจากการใช้งานหุ่นยนต์ 3) Demonstrate ขั้นตอนความปลอดภัย 4) Implement การใช้ checklist ตรวจสอบก่อนใช้งาน	1) Explain และสาธิตมาตรการความปลอดภัย 2) Design สถานการณ์จำลอง	1) Analyze กรณีศึกษา 2) Implement การตรวจสอบความปลอดภัย 3) Discuss แลกเปลี่ยนความคิดเห็น	1) Worksheet: 2) Safety 3) Checklist 4) Robotic Simulation Software 5) Industrial Robot Arm	1) แบบทดสอบ (MCQ) 2) Checklist 3) Peer / Self 4)Assessment	Problem-Solving: •Decomposition •Collaboration Systems Thinking: • System Boundaries •Context Awareness

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์การเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	เครื่องมือ	การวัดและประเมินผล	ทักษะที่พัฒนา
กิจกรรมที่ 2 การควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยชุดควบคุม	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการควบคุมการเคลื่อนที่และลำดับการทำงาน	1) Explain หลักการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 2) Design ลำดับการเคลื่อนที่ 3) Implement การควบคุมผ่านระบบจำลอง	1) Explain อุปกรณ์และหลักการควบคุม 2) Guide การทดลอง	1) Analyze ลำดับการทำงาน 2) Implement การทดลองควบคุมการเคลื่อนที่	1) Worksheet: Motion Control 2) Robotic Simulation Software 3) Industrial Robot Arm	1) แบบทดสอบ 2) Rubric การอธิบาย	Problem-Solving: Algorithmic Thinking Systems Thinking: Cause–Effect
กิจกรรมที่ 3 ระบบพิกัดและการกำหนดตำแหน่ง	เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจระบบพิกัด Cartesian และ Joint Space	1) Explain ระบบพิกัด Cartesian และ Joint 2) Analyze แบบฝึกคำนวณพิกัด	1) Explain แนวคิดและโจทย์กรณีศึกษา	1) Analyze และคำนวณพิกัด	1) Worksheet: Coordinate System	1) แบบทดสอบคำนวณ 2) Rubric การอธิบาย	Problem-Solving: 1) Abstraction 2) Pattern Recognition

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	เครื่องมือ	การวัดและประเมินผล	ทักษะที่พัฒนา
		3) Implement การกำหนดตำแหน่งในระบบจำลอง	2) Guide การใช้โปรแกรมจำลอง	2) Implement การกำหนดตำแหน่ง3) Explain ผลลัพธ์	2) Robotic Simulation Software 3) Industrial Robot Arm	3) Case Study Analysis	Systems Thinking: 1) Holistic Thinking 2) Impact Analysis
กิจกรรมที่ 4 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งพื้นฐาน	เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ได้	1) Explain คำสั่งพื้นฐาน 2) Design Flowchart / Pseudocode 3) Implement โปรแกรมในระบบจำลอง	1) Explain โครงสร้างโปรแกรม 2) Review และให้ข้อเสนอแนะ	1) Design โปรแกรมควบคุม 2) Implement และทดสอบ 3) Explain หลักการทำงาน	1) Worksheet: Basic Programming 2) Robotic Simulation Software 3) Industrial Robot Arm	1) Rubric โปรแกรม 2) Practical Test 3) Reflection Journal	Problem-Solving: 1) Algorithmic Thinking 2) Creative Solutions Systems Thinking: 1) System Modeling 2) Evaluation

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

หัวข้อการเรียนรู้	วัตถุประสงค์	กิจกรรม	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน	เครื่องมือ	การวัดและประเมินผล	ทักษะที่พัฒนา
กิจกรรมที่ 5 การประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นในกระบวนการหยิบและวาง	เพื่อให้ผู้เรียนออกแบบและควบคุมหุ่นยนต์ในงาน Pick & Place	1) Explain หลักการ Pick & Place 2) Design โครงงานกลุ่ม 3) Implement การทดลองในระบบจำลองและหุ่นยนต์จริง 4) Present ผลงาน	1) Explain แนวคิดโครงงาน 2) Facilitate และประเมิน	1) Design และดำเนินโครงงาน 2) Implement การควบคุม 3) Reflect ผลการเรียนรู้	1) Worksheet: Pick & Place Project 2) Robotic Simulation Software 3) Industrial Robot Arm	1) Rubric ประเมิน 2) โครงงาน • Project-Based 3)Assessment 4) Peer Feedback & Reflection	Problem-Solving: 1) Implementation Evaluation & Reflection Systems Thinking: 1) Interconnections 2) Context Awareness

ตารางที่ 4.6 สังเคราะห์ตัวแปรตามและการวัดผลทักษะการแก้ปัญหา

งานวิจัยอ้างอิง	การวิเคราะห์และแยกแยะปัญหา	การสังเกตและจดจำรูปแบบ	การคิดเชิงนามธรรม	การออกแบบขั้นตอนแก้ปัญหา	การสร้างแนวทางแก้ไขที่สร้างสรรค์	การนำแนวทางไปปฏิบัติ	การประเมินผลและปรับปรุง	การทำงานร่วมกันและการสื่อสาร
Sugianto & Diniya. (2020)	-	✓	-	-	-	✓	-	-
Palts & Pedaste. (2020)	✓	-	-	-	-	-	-	-
Simanjuntak et al. (2021)	✓	-	-	-	✓	-	-	-
Putri & Dwikoranto. (2022)	✓	✓	-	-	-	-	✓	-
Adeoye & Jimoh. (2023)	-	-	✓	-	-	-	-	-
English. (2023)	-	-	✓	-	-	-	✓	-
Xu et al. (2023)	-	-	-	-	-	-	-	✓
Chen et al. (2024)	-	-	-	✓	-	✓	-	✓
Wu et al. (2024)	✓	-	-	-	-	-	✓	-
Çelik et al. (2024)	-	-	-	-	✓	-	-	-

ตารางที่ 4.7 สังเคราะห์ตัวแปรตามและการวัดผลด้านทักษะการคิดเชิงระบบ

งานวิจัยอ้างอิง	การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ	การวิเคราะห์ขอบเขตและองค์ประกอบของระบบ	การคิดแบบองค์รวม	การพิจารณาทั้งด้านเทคนิคและบริบท	การสร้างภาพหรือแบบจำลองระบบ	การประเมินผลกระทบและการเปลี่ยนแปลง	การใช้เครื่องมือประเมินทักษะคิดเชิงระบบ
Mambrey et al. (2020)	✓	-	-	✓	-	-	-
Dugan et al. (2021)	✓	-	✓	-	✓	-	-
Rachmatullah & Wiebe. (2021)	-	-	✓	-	-	-	-
Jaiswal & Karabiyik. (2022)	-	✓	-	-	-	-	✓
Khajeloo & Siegel. (2022)	-	✓	-	-	✓	✓	-
Davis et al. 2023)	-	-	✓	-	✓	✓	-
Peretz et al. (2023)	-	-	-	-	✓	-	✓
Semiz & Teksöz. (2023)	✓	-	-	-	-	-	-
Dugan et al. (2024)	✓	✓	-	✓	-	-	✓

4. องค์ประกอบด้านผลลัพธ์ของการเรียนรู้

องค์ประกอบด้านผลลัพธ์ของรูปแบบการเรียนรู้มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะสำคัญของผู้เรียน 2 ด้าน ได้แก่ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการคิดเชิงระบบ ทักษะการแก้ปัญหาครอบคลุมความสามารถในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัญหา การออกแบบแนวทางหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหา การนำแนวทางไปปฏิบัติผ่านกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลพร้อมทั้งปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ส่วนทักษะการคิดเชิงระบบมุ่งเน้นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ การพิจารณาขอบเขตและโครงสร้างของระบบ การคิดแบบองค์รวม และการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบ

ผลลัพธ์ของการเรียนรู้ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงเป้าหมายหลักของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งมุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจและจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีระบบและมีเหตุผล

4.1 ผลการประเมินคุณภาพรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ (Expert Evaluation)

การประเมินคุณภาพรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิในงานวิจัยนี้จะใช้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 คน (n = 6) ซึ่งเป็นจำนวนที่เหมาะสมสำหรับการวิจัยเชิงพัฒนาและการประเมินรูปแบบการเรียนรู้ แต่ผู้วิจัยมิได้มุ่งเน้นเพียงจำนวนของผู้ประเมินเท่านั้น หากยังให้ความสำคัญกับคุณสมบัติและความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของผู้ทรงคุณวุฒิเป็นหลัก โดยดำเนินการคัดเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) จากผู้ที่มีประสบการณ์ตรงด้านการจัดการเรียนรู้ เทคโนโลยีการศึกษา ระบบหุ่นยนต์ และการศึกษาสะเต็ม การคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิในลักษณะดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้การตัดสินเชิงคุณภาพที่มีความลึกซึ้ง ครอบคลุมมุมมองทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ และสามารถสะท้อนความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ได้อย่างรอบด้าน ทั้งในมิติของโครงสร้าง กระบวนการ และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในบริบทการศึกษา นอกจากนี้ ผลการประเมินที่ได้มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับต่ำ แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องของความคิดเห็นระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิในระดับสูง ซึ่งช่วยยืนยันความน่าเชื่อถือและความเข้มงวดเชิงระเบียบวิธีของการประเมินคุณภาพรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

ผลการประเมินคุณภาพรูปแบบการเรียนรู้โดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า โดยภาพรวมรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.33–5.00 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.00–0.51 แสดงให้เห็นว่าผู้ทรงคุณวุฒิมีความคิดเห็นสอดคล้องกันในระดับสูง

เมื่อพิจารณาผลการประเมินเป็นรายด้าน พบว่า ความเหมาะสมกับบริบทการศึกษาสะเต็มและความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด ($\bar{X}$ = 5.00, S.D = 0.00) สะท้อนให้เห็นว่าผู้ทรงคุณวุฒิทุกคนมีความคิดเห็นตรงกันในระดับสูงสุด ซึ่งเป็นลักษณะปกติของการประเมินเชิงผู้เชี่ยวชาญในกรณีที่รูปแบบการเรียนรู้มีโครงสร้างชัดเจนและสอดคล้องกับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีอย่างเด่นชัด ลำดับถัดไปคือ ความสอดคล้องของกิจกรรมกับการคิดเชิงระบบ ($\bar{X}$ = 4.73, S.D = 0.45) และความเหมาะสมด้านโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้ ($\bar{X}$ = 4.93, S.D = 0.25) ซึ่งอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด ขณะที่ความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในสถานศึกษามีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับความเหมาะสมมาก

ผลการประเมินดังกล่าวยืนยันให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในเชิงโครงสร้าง กระบวนการ และการนำไปใช้จริง อีกทั้งมีศักยภาพในการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษาสะเต็มได้อย่างเป็นรูปธรรม

ตารางที่ 4.8 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	$S.D$	ระดับความเหมาะสม
1. ความเหมาะสมด้านโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้	4.93	0.25	มากที่สุด
2. ความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้	4.33	0.48	มาก
3. ความเหมาะสมกับบริบท STEM Education	5.00	0.00	มาก
4. ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา	5.00	0.00	มากที่สุด
5. ความสอดคล้องของกิจกรรมกับการคิดเชิงระบบ	4.73	0.45	มากที่สุด
6. ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง	4.47	0.51	มาก

ภายหลังจากการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานตามกรอบแนวคิดที่สังเคราะห์และผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิแล้ว ขั้นตอนถัดไปของการวิจัยคือการนำรูปแบบดังกล่าวไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง เพื่อทดสอบกลไกการทำงานของรูปแบบในเชิงประจักษ์และตรวจสอบว่ากระบวนการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้นั้นสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้ตามที่ตั้งสมมติฐานไว้หรือไม่

การวิเคราะห์ในส่วนนี้จึงมิได้มุ่งเน้นเพียงการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนในเชิงปริมาณเท่านั้น หากแต่เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้กับผลลัพธ์เชิงสมรรถนะที่เกิดขึ้นจริง โดยพิจารณาทั้งการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มผู้เรียน ประสิทธิผลของรูปแบบในแต่ละกิจกรรม และความแตกต่างระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่มีบริบทพื้นฐานแตกต่างกัน

ดังนั้น ตอนที่ 3 ของบทนี้จึงนำเสนอผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้ในเชิงสถิติและเชิงกระบวนการ เพื่อยืนยันความเหมาะสมและประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในบริบทการศึกษาสะเต็มอย่างเป็นระบบ

ตอนที่ 3 ผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ผลการวิเคราะห์ในตอนที่ 3 นี้ มิได้มุ่งนำเสนอเพียงการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเชิงปริมาณเท่านั้น แต่เน้นการตีความผลการเรียนรู้ในเชิงกระบวนการและเชิงทฤษฎี เพื่ออธิบายว่ารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเป็นฐาน ส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้อย่างไร

นำเสนอผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเป็นฐานกับกลุ่มเป้าหมายจริง เพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัยข้อที่ 3 โดยมุ่งวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา และการคิดเชิงระบบของผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม หลังเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 5 กิจกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่

1. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ภายในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้ สถิติ Paired Samples t-test

2. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มเป้าหมายสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test

3. การวิเคราะห์ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบด้วย Rubric แบบระดับประมาณค่า โดยใช้ สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมถึงการตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha)

ผลการวิเคราะห์เชิงสถิติดังกล่าวช่วยสะท้อนให้เห็นทั้งการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่มผู้เรียน ประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ และความแตกต่างของผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่มีบริบททางการศึกษาแตกต่างกัน โดยรายละเอียดผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปของตารางเชิงสถิติตามลำดับในส่วนถัดไป

การตีความผลการวิจัยจึงเชื่อมโยงกับแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ การคิดเชิงระบบ และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านการจำลองเชิงฐาน โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเป็นหลักฐานสนับสนุนกลไกการเรียนรู้ มากกว่าการรายงานค่าทางสถิติเพียงอย่างเดียว

1. การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ภายในกลุ่มเดียวกัน โดยใช้ สถิติ Paired Samples t-test

การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ในส่วนนี้เป็นการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ภายในกลุ่มเดียวกัน โดยแยกพิจารณาตามกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มที่ 1 TEM จำนวน 30 คนและกลุ่มที่ 2 ENS จำนวน 30 คน เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภายหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 5 กิจกรรม โดยใช้สถิติ Paired Samples t-test ในการวิเคราะห์ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ในรูปของตาราง ได้แก่ ตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10 ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของแต่ละกลุ่มอย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 4.9 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 1 TEM

กิจกรรม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	df	p (Two-Sided)
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D			
กิจกรรมที่ 1	3.47	0.819	7.13	0.434	-33.114	29	<.001
กิจกรรมที่ 2	3.43	0.817	5.57	1.165	-18.582	29	< .001
กิจกรรมที่ 3	4.50	1.456	7.33	0.758	-15.747	29	< .001
กิจกรรมที่ 4	4.37	1.299	7.57	0.971	-18.232	29	< .001
กิจกรรมที่ 5	4.00	1.017	6.33	0.802	-13.857	29	< .001

ตารางที่ 4.10 ขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 1 TEM

กิจกรรม	Hedges' g (within)	ระดับขนาดอิทธิพล
กิจกรรมที่ 1	0.95	สูง
กิจกรรมที่ 2	0.62	ปานกลางถึงสูง
กิจกรรมที่ 3	0.65	ปานกลางถึงสูง
กิจกรรมที่ 4	1.01	สูงมาก
กิจกรรมที่ 5	0.99	สูง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษากลุ่มที่ 1 TEM แสดงให้เห็นแนวโน้มการพัฒนาการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม โดยคะแนนหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลดังกล่าวทำหน้าที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

การตีความผลการวิจัยในส่วนนี้มิได้มุ่งเน้นเพียงการยืนยันความแตกต่างเชิงสถิติ แต่ให้ความสำคัญกับการอธิบายกลไกการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการจัดกิจกรรม โดยพบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการจากการทำความเข้าใจปัญหาและระบบในระดับพื้นฐาน ไปสู่การวิเคราะห์ ออกแบบทดลอง และปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการที่มองว่าการเรียนรู้เกิดจากการวนซ้ำของการคิดและการลงมือปฏิบัติ

การเพิ่มขึ้นของขนาดอิทธิพลในกิจกรรมที่เน้นการประยุกต์ใช้และการควบคุมระบบผ่านการจำลองสถานการณ์ สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองแนวทางแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัย สามารถตรวจสอบผลลัพธ์และปรับเปลี่ยนการตัดสินใจของตนเองได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

นอกจากนี้ พัฒนาการของผู้เรียนในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบและการควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ ยังสะท้อนการเปลี่ยนแปลงในมิติของการคิดเชิงระบบ โดยผู้เรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชิงเหตุผลขององค์ประกอบภายในระบบ และบูรณาการองค์ความรู้จากกิจกรรมก่อนหน้าเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในภาพรวมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมิได้เพียงส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเชิงปริมาณเท่านั้น แต่ยังสนับสนุนการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนอย่างเป็นลำดับขั้นและเป็นองค์รวม ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการจำลองสถานการณ์และการเรียนรู้จากประสบการณ์

ตารางที่ 4.11 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 2 ENS

กิจกรรม	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	df	p (Two-Sided)
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D			
กิจกรรมที่ 1	4.83	(0.379	6.33	0.711	-11.238	29	< .001
กิจกรรมที่ 2	4.00	1.390	7.33	0.479	-18.363	29	< .001
กิจกรรมที่ 3	4.27	1.741	6.13	1.634	-29.571	29	< .001
กิจกรรมที่ 4	5.53	(0.819	7.57	0.817	-61.000	29	< .001
กิจกรรมที่ 5	5.03	1.426	8.13	0.346	-13.380	29	< .001

ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Paired Samples t-test ในบางกิจกรรม โดยเฉพาะกิจกรรมที่ 4 ของกลุ่ม ENS พบว่าค่า t อยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของคะแนนก่อน–หลังเรียนที่เกิดขึ้นอย่างเด่นชัดภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ค่า t ที่มีขนาดสูงอาจเกิดขึ้นได้เมื่อ (1) คะแนนความแตกต่างก่อน–หลังของผู้เรียนส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ และ (2) ความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่าง (difference scores) มีค่าต่ำ ส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างมีขนาดเล็กและทำให้ค่า t สูงขึ้น

ทั้งนี้ ผู้วิจัยพิจารณาร่วมกับขนาดอิทธิพล (Hedges' g) ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับเล็ก (g = 0.19) แสดงว่าความแตกต่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลในเชิงปฏิบัติ (practical significance) อยู่ในระดับจำกัด

เพื่อให้การตีความผลมีความรอบคอบ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและเงื่อนไขเบื้องต้นของการทดสอบ ได้แก่ การตรวจสอบความครบถ้วนและความถูกต้องของการบันทึกข้อมูลก่อน–หลังเรียน การตรวจสอบค่าผิดปกติ (outliers) ของคะแนนความแตกต่าง และการพิจารณาการแจกแจงของคะแนนความแตกต่างให้สอดคล้องกับสมมติฐานของการทดสอบแบบพาราเมตริก ผลการตรวจสอบโดยภาพรวมไม่พบความผิดปกติที่กระทบต่อทิศทางของผลการวิเคราะห์จึงตีความได้ว่าค่า t ที่สูงดังกล่าวเป็นผลสะท้อนกลไกการเรียนรู้ของกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลอง–ปรับปรุง–ตรวจสอบผลลัพธ์อย่างต่อเนื่องผ่านการจำลองสถานการณ์ ทำให้ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนส่วนใหญ่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันและมีความสม่ำเสมอสูง

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการประยุกต์ใช้ความรู้เชิงปฏิบัติผ่านการจำลองสถานการณ์ โดยผู้เรียนมีโอกาสทดลอง ปรับปรุง และตรวจสอบผลลัพธ์ของการควบคุมระบบอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนมีทิศทางสอดคล้องกันและมีความแปรปรวนต่ำ ดังนั้น ค่า t ที่ปรากฏในระดับสูงจึงมิได้สะท้อนความผิดปกติของการวิเคราะห์ข้อมูล แต่เป็นผลสะท้อนเชิงกลไกของกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนส่วนใหญ่เกิดพัฒนาการในทิศทางเดียวกันอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้ผ่านการจำลองสถานการณ์และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์

ในมุมมองของการคิดเชิงระบบ ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบหุ่นยนต์ และปรับการตัดสินใจของตนเองโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อระบบโดยรวม มากกว่าการแก้ปัญหาแบบแยกส่วน

ตารางที่ 4.12 ขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคะแนนก่อนและหลังเรียนของกลุ่มที่ 2 ENS

กิจกรรม	Hedges' g (within)	ระดับขนาดอิทธิพล
กิจกรรมที่ 1	0.75	ปานกลางถึงสูง
กิจกรรมที่ 2	1.02	สูงมาก
กิจกรรมที่ 3	0.36	ปานกลาง
กิจกรรมที่ 4	0.19	เล็ก
กิจกรรมที่ 5	1.30	สูงมาก

ผลการวิเคราะห์คะแนนก่อนและหลังเรียนของนักศึกษากลุ่มที่ 2 ENS แสดงให้เห็นแนวโน้มการพัฒนาการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเป็นฐาน โดยคะแนนหลังเรียนของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลดังกล่าวทำหน้าที่เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์สนับสนุนประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น

อย่างไรก็ตาม การตีความผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในกลุ่มนี้มิได้สะท้อนเพียงการเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์เชิงปริมาณ แต่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงกระบวนการเรียนรู้ โดยผู้เรียนสามารถพัฒนาไปจากการทำความเข้าใจสถานการณ์และปัญหาในระดับพื้นฐาน ไปสู่การวิเคราะห์ ออกแบบ และบูรณาการองค์ความรู้เชิงวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหาในบริบทของระบบหุ่นยนต์ได้อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ

เมื่อพิจารณาขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงคะแนน พบว่ากิจกรรมที่เน้นการออกแบบการวิเคราะห์ และการบูรณาการความรู้เชิงวิศวกรรมมีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูงมาก สะท้อนให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองและตัดสินใจผ่านสถานการณ์จำลองช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกและการประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันกิจกรรมที่มีขนาดอิทธิพลต่ำกว่าสามารถอธิบายได้จากลักษณะของกิจกรรมที่สอดคล้องกับพื้นฐานเดิมของผู้เรียนในกลุ่มที่ 2 ENS ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์ด้านการควบคุมและการวิเคราะห์ระบบอยู่แล้ว ส่งผลให้ระดับการเปลี่ยนแปลงของคะแนนไม่เด่นชัดเท่ากิจกรรมที่ท้าทายกรอบความรู้เดิม

ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนกลุ่มที่ 2 ENS แสดงให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมผ่านการจำลองเชิงฐานช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเชิงออกแบบและการควบคุมระบบในลักษณะที่ผู้เรียนต้องพิจารณาผลลัพธ์ของการกระทำแต่ละขั้นต่อการทำงานของระบบโดยรวมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นลักษณะของการเรียนรู้ที่เน้นการประเมินผลกระทบและการปรับกลยุทธ์การทำงานมากกว่าการดำเนินการตามขั้นตอนที่ตายตัว

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทำหน้าที่เป็นกลไกสนับสนุนการเรียนรู้เชิงลึก โดยช่วยให้ผู้เรียนสามารถบูรณาการความรู้เชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน ส่งผลให้เกิดพัฒนาการทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและคุณภาพของกระบวนการคิดในบริบทของงานระบบหุ่นยนต์

2. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มเป้าหมายสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน โดยใช้สถิติ Independent Samples t-test

ภายหลังจากการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้ภายในกลุ่มเดียวกันแล้ว ในส่วนนี้ผู้วิจัยมุ่งศึกษาความแตกต่างของผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มเป้าหมายสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนที่มีบริบททางการศึกษาแตกต่างกันมีผลการเรียนรู้หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แตกต่างกันหรือไม่

กลุ่มเป้าหมายที่นำมาเปรียบเทียบประกอบด้วย กลุ่มที่ 1TEM นักศึกษาสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเมคคาทรอนิกส์(เทียบโอน) และกลุ่มที่ 2 ENS นักศึกษาสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ(ต่อเนื่อง) โดยผู้วิจัยใช้สถิติ Independent Samples t-test ในการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนระหว่างสองกลุ่ม ซึ่งเป็นสถิติที่เหมาะสมสำหรับการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปของตารางเพื่อสะท้อนให้เห็นความแตกต่างของผลการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มอย่างเป็นระบบ

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนหลังเรียน จากแบบทดสอบ จำแนกตามกลุ่ม

กิจกรรม	กลุ่มที่ 1 TEM		กลุ่มที่ 2 ENS	
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D
กิจกรรมที่ 1	18.17	3.592	19.17	1.895
กิจกรรมที่ 2	15.67	3.144	17.83	2.520
กิจกรรมที่ 3	15.67	2.171	17.50	2.543
กิจกรรมที่ 4	18.17	2.780	17.00	2.491
กิจกรรมที่ 5	19.67	2.604	19.83	3.343

ข้อมูลเชิงพรรณนาในตารางที่ 4.13 ทำหน้าที่สะท้อนระดับผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้ ขณะที่การตีความนัยสำคัญทางการศึกษาและความแตกต่างของกระบวนการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มผู้เรียนจะพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพลในลำดับถัดไป

สำหรับผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่ม พบว่ากิจกรรมที่ 2 และกิจกรรมที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกลุ่มนักศึกษาสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ENS) มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่า ทั้งนี้ ความแตกต่างดังกล่าวอาจอธิบายได้จากบริบททางการศึกษาของผู้เรียน โดยนักศึกษา ENS มีพื้นฐานด้านการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมและการแก้ปัญหาเชิงระบบมาก่อน ส่งผลให้สามารถรับมือกับกิจกรรมที่เน้นการออกแบบและการคิดเชิงนามธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

อย่างไรก็ตาม ในกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดช่องว่างด้านพื้นฐานระหว่างผู้เรียนต่างสาขา และส่งเสริมผลการเรียนรู้ได้อย่างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างกลุ่ม

กิจกรรม	t	df	p (Two-tailed)	ผลการทดสอบ
กิจกรรมที่ 1	-1.349	58	.183	ไม่แตกต่าง
กิจกรรมที่ 2	-2.945	58	.005	แตกต่าง*
กิจกรรมที่ 3	-3.003	58	.004	แตกต่าง*
กิจกรรมที่ 4	1.712	58	.092	ไม่แตกต่าง
กิจกรรมที่ 5	-0.215	58	.830	ไม่แตกต่าง

ผลการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มสะท้อนให้เห็นว่า ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญต่อการแสดงศักยภาพของผู้เรียนที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน โดยกิจกรรมที่เน้นการวิเคราะห์และการออกแบบเชิงนามธรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนที่มีพื้นฐานเชิงวิศวกรรมสามารถแสดงความสามารถได้เด่นชัด ขณะที่กิจกรรมอื่นสามารถลดช่องว่างด้านพื้นฐานและส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มได้อย่างใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบขนาดอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภายในกลุ่ม (Hedges' g)

กิจกรรม	Hedges' g (TEM)	Hedges' g (ENS)
กิจกรรมที่ 1	0.95	0.75
กิจกรรมที่ 2	0.62	1.02
กิจกรรมที่ 3	0.65	0.36
กิจกรรมที่ 4	1.01	0.19
กิจกรรมที่ 5	0.99	1.30

ความแตกต่างของขนาดอิทธิพลในแต่ละกิจกรรมสะท้อนให้เห็นว่าประสิทธิผลของการเรียนรู้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับระดับคะแนนเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ ทดลอง และประเมินผลการตัดสินใจของตนเอง ซึ่งเป็นหัวใจของการเรียนรู้เชิงลึกและการพัฒนาการคิดเชิงระบบ

ผลการทดสอบทางสถิติที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนในทุกกิจกรรม มิได้สะท้อนเพียงการเพิ่มขึ้นของคะแนนเชิงปริมาณเท่านั้น แต่ยังสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพของการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยเฉพาะในกิจกรรมที่เน้นการวิเคราะห์ การออกแบบ และการควบคุมระบบผ่านสถานการณ์จำลอง ผู้เรียนต้องเชื่อมโยงองค์ความรู้จากหลายมิติและปรับแนวคิดของตนเองอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning)

3. การวิเคราะห์ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบด้วย Rubric

การประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในงานวิจัยนี้ใช้ Rubric แบบระดับประมาณค่า (Rating Scale Rubric) ซึ่งออกแบบเพื่อวัดสมรรถนะเชิงปฏิบัติ (Performance-Based CompeTEMce) โดยเน้นการประเมินจากพฤติกรรมและกระบวนการคิดที่ปรากฏระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมจริง เช่น ความสามารถในการวิเคราะห์ปัญหา การออกแบบแนวทางแก้ไข การควบคุมและปรับปรุงการทำงานของระบบ ตลอดจนการอธิบายเหตุผลและการสะท้อนผลการเรียนรู้
ดังนั้น การประเมินในส่วนนี้จึงมุ่งวัด “คุณภาพของกระบวนการคิด” มากกว่าการวัดผลสัมฤทธิ์เชิงความรู้เพียงอย่างเดียว

3.1 ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ผลการวิเคราะห์คะแนนประเมินทักษะด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) พบว่า ผู้เรียนมีระดับคะแนนโดยรวมอยู่ในระดับค่อนข้างสูงทุกกิจกรรม โดยค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 16.58–19.75 คะแนน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า

1. ผู้เรียนส่วนใหญ่แสดงสมรรถนะด้านการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในระดับใกล้เคียงกัน

2. ไม่ปรากฏการกระจายตัวของคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างผู้เรียนลักษณะดังกล่าวสนับสนุนข้อค้นพบเชิงสถิติในส่วนก่อนหน้า ที่ชี้ให้เห็นถึงการพัฒนาทักษะเชิงกระบวนการอย่างเป็นระบบภายหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้

3.2 การตรวจสอบความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Analysis)

การตรวจสอบความเชื่อมั่นของ Rubric ด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha) พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.815 ซึ่งอยู่ในระดับดี แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือมีความสอดคล้องภายใน (Internal ConsisTEMcy) ที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาค่า item–rest correlation ของแต่ละกิจกรรม พบว่าอยู่ในช่วง 0.486–0.751 สะท้อนถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างรายการประเมินแต่ละข้อกับคะแนนรวม

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่า Cronbach's alpha หากตัดกิจกรรมออกทีละข้อ พบว่าไม่มีกรณีใดที่ทำให้ค่าความเชื่อมั่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมทั้ง 5 กิจกรรมมีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างของเครื่องมือ และควรคงไว้ทั้งหมด

3.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม (Inter-Item Correlation)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทั้ง 5 โดยใช้ Pearson correlation พบว่าค่าสหสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

ผลดังกล่าวสะท้อนว่า

3.3.1 กิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกันในฐานะองค์ประกอบของโครงสร้างทักษะเดียวกัน

3.3.2 แต่ไม่เกิดความซ้ำซ้อนของตัวชี้วัดมากเกินไปซึ่งสนับสนุนความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของเครื่องมือประเมิน

สรุปผลการวิเคราะห์ Rubric

โดยสรุป การประเมินด้วย Rubric แบบระดับประมาณค่าแสดงให้เห็นว่า

1. ผู้เรียนมีระดับทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับค่อนข้างสูง
2. เครื่องมือมีความเชื่อมั่นอยู่ในระดับดี (Cronbach's α = .815)
3. ตัวชี้วัดทั้ง 5 กิจกรรมมีความสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม และสะท้อนโครงสร้างทักษะเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลดังกล่าวยืนยันว่า Rubric ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพเพียงพอสำหรับการใช้วัดสมรรถนะเชิงกระบวนการ และสามารถใช้เป็นหลักฐานสนับสนุนประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นได้อย่างมีความน่าเชื่อถือ

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ (n = 60)

ตัวชี้วัด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนสูงสุด	$\bar{X}$	S.D
กิจกรรมที่ 1	10	20	18.67	2.892
กิจกรรมที่ 2	10	20	16.75	3.029
กิจกรรมที่ 3	15	25	16.58	2.520
กิจกรรมที่ 4	15	25	17.58	2.683
กิจกรรมที่ 5	15	25	19.75	2.972

ผลการประเมินด้วย Rubric สะท้อนให้เห็นถึงสมรรถนะเชิงกระบวนการของผู้เรียน โดยเน้นพฤติกรรมการคิด การอธิบายเหตุผล และการสะท้อนผลจากการปฏิบัติงานจริง ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ มากกว่าการวัดผลในเชิงความรู้หรือการจดจำเนื้อหาเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลการประเมิน rubric score จำแนกตามกลุ่มเป้าตัวอย่าง

ตัวชี้วัด	TEM		ENS	
	$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D
กิจกรรมที่ 1	18.17	3.592	19.17	1.895
กิจกรรมที่ 2	15.67	3.144	17.83	2.520
กิจกรรมที่ 3	15.67	2.171	17.50	2.543
กิจกรรมที่ 4	18.17	2.780	17.00	2.491
กิจกรรมที่ 5	19.67	2.604	19.83	3.343

จากตารางที่ 4.17 พบว่า ค่าเฉลี่ยผลการประเมินทักษะของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันในหลายตัวชี้วัด โดยบางตัวชี้วัดกลุ่มวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย

จากผลการวิเคราะห์ทั้งหมดในตอนที่ 4.3 สามารถสรุปได้ว่า รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเป็นฐานมิได้ส่งผลเพียงต่อการเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเชิงปริมาณเท่านั้น แต่ทำหน้าที่เป็นกลไกการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ ผลการเปลี่ยนแปลงที่ปรากฏทั้งในระดับคะแนน ขนาดอิทธิพล และผลการประเมิน

เชิงสมรรถนะ สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์ การออกแบบแนวทางแก้ไข การทดลองและปรับปรุงการตัดสินใจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ ขณะเดียวกัน การที่ผู้เรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชิงเหตุผลขององค์ประกอบภายในระบบหุ่นยนต์ และคำนึงถึงผลกระทบของการกระทำต่อระบบโดยรวม แสดงให้เห็นพัฒนาการด้านการคิดเชิงระบบในเชิงองค์รวมอย่างชัดเจน นอกจากนี้ ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลอง ตรวจสอบผลลัพธ์ และสะท้อนผลการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง ยังสะท้อนคุณลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการเรียนรู้ผ่านการจำลองสถานการณ์ ดังนั้น ผลเชิงสถิติที่ได้จึงทำหน้าที่เป็นหลักฐานสนับสนุนกลไกการเรียนรู้ดังกล่าว มากกว่าการเป็นเป้าหมายของการวิจัยในตัวเอง และยืนยันให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการส่งเสริมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คุณภาพของกระบวนการแก้ปัญหา และการคิดเชิงระบบของผู้เรียนในบริบทการศึกษาสะเต็มอย่างเป็นองค์รวม

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. สังเคราะห์กรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้
2. พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่ได้
3. ศึกษาผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายจริง

บทนี้นำเสนอการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลเชื่อมโยงกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

5.1 สรุป

ผลการวิจัยสามารถสรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ผลการสังเคราะห์กรอบแนวคิดรูปแบบการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีลักษณะเป็นระบบการเรียนรู้เชิงองค์รวม โดยประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่ อินพุต (Input) กระบวนการเรียนรู้ (Process) และผลลัพธ์ของการเรียนรู้ (Output) ซึ่งเชื่อมโยงกันอย่างเป็นเหตุเป็นผล กรอบแนวคิดดังกล่าวบูรณาการการศึกษาสะเต็ม การจำลองระบบหุ่นยนต์ และกระบวนการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน โดยกำหนดให้การคิดเชิงระบบเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ผ่านการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง

5.1.2 วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ พบว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมีโครงสร้างชัดเจน ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน และสามารถถ่ายทอดกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎีไปสู่กิจกรรมการเรียนรู้เชิงปฏิบัติในรูปแบบใบงานจำนวน 5 กิจกรรมได้อย่างเป็นรูปธรรม ผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุดในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านความส อดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้และความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

5.1.3 วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ผลการใช้งานรูปแบบการเรียนรู้กับกลุ่มเป้าหมายจริง พบว่า ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการแก้ปัญหา และการคิดเชิงระบบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 5 กิจกรรม นอกจากนี้ ผลการประเมิน

ด้วย Rubric ยังสะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านสมรรถนะเชิงปฏิบัติในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง โดยเฉพาะกิจกรรมที่เน้นการบูรณาการและการประยุกต์ใช้ระบบหุ่นยนต์

โดยรวมแล้ว ผลการวิจัยทั้งหมดสะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นทำงานในลักษณะของระบบการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งองค์ประกอบด้านการจำลองสถานการณ์ การแก้ปัญหา และการสะท้อนผลการเรียนรู้ทำงานร่วมกันอย่างเป็นพลวัต การแก้ปัญหาโดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์ทำหน้าที่เป็นกลไกขับเคลื่อนสำคัญที่ก่อให้เกิดการเรียนรู้เชิงลึก และนำไปสู่การพัฒนาการคิดเชิงระบบของผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรมภายใต้บริบทการศึกษา STEM

ผลการวิจัยดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมิได้เป็นเพียงแนวทางการจัดกิจกรรม แต่เป็นสถาปัตยกรรมการเรียนรู้ (learning architecture) ที่มีโครงสร้างเชิงระบบชัดเจน

5.2 อภิปรายผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานสามารถส่งเสริมการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในเชิงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมรรถนะเชิงปฏิบัติ และคุณภาพของกระบวนการคิด การอภิปรายผลในส่วนนี้จึงมุ่งอธิบายผลการค้นพบในเชิงกลไกของการเรียนรู้ (learning mechanisms) โดยเชื่อมโยงผลการวิจัยกับกรอบแนวคิดทางทฤษฎีที่ใช้เป็นฐาน ได้แก่ แนวคิดการแก้ปัญหาเชิงกระบวนการ การคิดเชิงระบบ และการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ผ่านการจำลองสถานการณ์

5.2.1 การอภิปรายผลในมุมมองของการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การคิดเชิงระบบของผู้เรียนมิได้เกิดจากการถ่ายทอดแนวคิดเชิงนามธรรมโดยตรง แต่เกิดจากกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องเผชิญกับปัญหาในบริบทของระบบหุ่นยนต์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบภายในระบบ ทดลองและปรับเปลี่ยนแนวทางการแก้ปัญหาและสะท้อนผลจากการตัดสินใจของตนเองอย่างต่อเนื่องผ่านสถานการณ์จำลอง กลไกดังกล่าวส่งผลให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดเชิงระบบในเชิงโครงสร้าง (structural systems thinking) มากกว่าการรับรู้เชิงแนวคิดเพียงผิวเผิน

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่า งานวิจัยจำนวนมากมักมองการคิดเชิงระบบในฐานะทักษะทางปัญญาที่สามารถพัฒนาได้ผ่านการสอนแนวคิดเชิงนามธรรมหรือการฝึกวิเคราะห์เชิงแนวคิดเป็นรายองค์ประกอบ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในครั้งนี้นำเสนอกรอบมุมมองที่แตกต่างออกไป โดยมองว่าการคิดเชิงระบบมิใช่ทักษะที่แยกออกจากกระบวนการเรียนรู้ แต่เป็น

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแก้ปัญหาแบบวนซ้ำ (iterative problem-solving) ภายในบริบทของระบบหุ่นยนต์จำลอง กล่าวคือ การที่ผู้เรียนต้องออกแบบ ทดลอง ปรับเปลี่ยน และประเมินผลการทำงานของระบบอย่างต่อเนื่อง ทำให้การคิดเชิงระบบค่อย ๆ ก่อตัวขึ้นจากประสบการณ์การตัดสินใจและการมองเห็นผลกระทบของการกระทำในระดับระบบ ซึ่งแตกต่างจากแนวคิดเดิมที่มุ่งพัฒนาการคิดเชิงระบบเป็นเป้าหมายการสอนโดยตรง

พัฒนาการดังกล่าวสะท้อนให้เห็นอย่างชัดเจนจากผลการประเมินด้วย Rubric และการตีความขนาดอิทธิพลของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเฉพาะกิจกรรมที่ผู้เรียนต้องออกแบบ ควบคุม และประเมินผลการทำงานของระบบหุ่นยนต์ในภาพรวม ผู้เรียนสามารถพิจารณาขอบเขตของระบบ ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลขององค์ประกอบต่าง ๆ และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นต่อระบบโดยรวมได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับแก่นของแนวคิดการคิดเชิงระบบที่มุ่งเน้นการมองระบบแบบองค์รวมมากกว่าการแก้ปัญหาแบบแยกส่วน

5.2.2 การอภิปรายผลในมุมมองของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ (Experiential Learning)

ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสามารถอธิบายได้ภายใต้กรอบแนวคิดการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ ซึ่งเน้นกระบวนการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง การสะท้อนผล และการนำประสบการณ์ไปปรับใช้ รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านวงจรของการทดลอง วิเคราะห์ และปรับปรุงแนวทางการแก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประสบการณ์เชิงปฏิบัติถูกแปลงเป็นความเข้าใจเชิงแนวคิดอย่างเป็นระบบ

การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวไม่ได้สะท้อนเพียงการเพิ่มขึ้นของคะแนนหลังเรียนเท่านั้น แต่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงคุณภาพของกระบวนการคิด ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการตัดสินใจ ปรับกลยุทธ์การทำงาน และบูรณาการองค์ความรู้จากกิจกรรมก่อนหน้าไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ที่มีประสิทธิภาพ

5.2.3 การอภิปรายผลในมุมมองของการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation-based Learning)

การใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐานของกิจกรรมการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและเอื้อต่อการทดลอง ผู้เรียนสามารถทดลองแนวทางการแก้ปัญหา แก้ไขข้อผิดพลาดและประเมินผลลัพธ์ของการตัดสินใจได้ซ้ำ ๆ โดยไม่เกิดความเสี่ยงจากการใช้งานระบบจริงในระยะเริ่มต้น กลไกดังกล่าวช่วยลดความซับซ้อนของการเรียนรู้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพของกระบวนการคิดมากกว่าความกังวลด้านความปลอดภัยหรือข้อจำกัดทางเทคนิค

กลไกการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองดังกล่าวจึงสนับสนุนไม่เพียงแค่การพัฒนาทักษะด้านการปฏิบัติหรือการแก้ปัญหาเชิงเทคนิคเท่านั้น แต่ยังส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนในการตัดสินใจภายใต้ข้อจำกัดในระดับระบบ (system-level constraints) เช่น ข้อจำกัดด้านโครงสร้างการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบโดยรวม ซึ่งเป็นสมรรถนะสำคัญในบริบทการทำงานด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรมจริง

แม้ว่าความแตกต่างของขนาดอิทธิพลในบางกิจกรรมระหว่างกลุ่มผู้เรียนจะสะท้อนถึงพื้นฐานเดิมที่แตกต่างกัน แต่ในภาพรวม รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถลดช่องว่างดังกล่าวและส่งเสริมผลการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มได้อย่างใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลองในการสนับสนุนการเรียนรู้เชิงลึกและการถ่ายโอนทักษะไปสู่การปฏิบัติจริง

5.2.4 สรุปเชิงอภิปรายและคุณูปการของงานวิจัย

ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานมิได้เป็นเพียงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แต่เป็นสถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้เชิงองค์รวมที่เอื้อต่อการพัฒนาการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบผ่านกลไกของการเรียนรู้เชิงประสบการณ์ งานวิจัยนี้จึงมีคุณูปการในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยเสนอกรอบแนวคิดที่มองการคิดเชิงระบบเป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการแก้ปัญหาผ่านการจำลองสถานการณ์อย่างต่อเนื่อง พร้อมทั้งนำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ที่อธิบายกลไกการเรียนรู้ดังกล่าวอย่างเป็นระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ในทางทฤษฎี งานวิจัยชิ้นนี้ได้ปรับกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ โดยเสนอว่าการคิดเชิงระบบควรถูกมองในฐานะผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแก้ปัญหาโดยใช้การจำลอง เชิงฐานอย่างต่อเนื่อง มากกว่าการกำหนดให้เป็นเป้าหมายการเรียนการสอนที่แยกออกจากกระบวนการเรียนรู้ แนวคิดดังกล่าวช่วยอธิบายกลไกการเกิดการคิดเชิงระบบในเชิงกระบวนการได้อย่างเป็นรูปธรรม และเติมเต็มช่องว่างของงานวิจัยด้านการเรียนรู้เชิงระบบในบริบทการศึกษา STEM จากมุมมองด้านการออกแบบการเรียนรู้ รูปแบบที่นำเสนอมิได้เป็นเพียงลำดับขั้นของกิจกรรมการสอน แต่เป็นสถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ (learning system architecture) ที่บูรณาการการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) การจำลองระบบหุ่นยนต์ และหลักการเรียนรู้จากประสบการณ์เข้าไว้ด้วยกันอย่างมีโครงสร้าง ซึ่งสามารถใช้เป็นกรอบอ้างอิงในการออกแบบสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เชิงระบบในบริบทอื่นได้

จากผลการวิเคราะห์เชิงประจักษ์ร่วมกับการสังเคราะห์เชิงโครงสร้าง งานวิจัยนี้มิได้เพียงยืนยันประสิทธิผลของกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ได้เสนอกรอบกลไกการเรียนรู้เชิงระบบที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการจำลองสถานการณ์ การแก้ปัญหาเชิงวนซ้ำ และการพัฒนาการคิดเชิงระบบอย่างเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งแตกต่างจากแนวทางเดิมที่มุ่งพัฒนาทักษะแต่ละมิติแบบแยกส่วน

5.2.5 คุณูปการเชิงทฤษฎีของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีคุณูปการเชิงทฤษฎีใน 3 ประการ ได้แก่

5.2.5.1 การบูรณาการ Simulation-Based Learning กับ Problem-Solving และ Systems Thinking ในลักษณะกลไกเดียว

5.2.5.2 การเสนอกรอบการพัฒนาการคิดเชิงระบบผ่านกระบวนการแก้ปัญหาเชิงวนซ้ำ

5.2.5.3 การยืนยันความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างองค์ประกอบ Input–Process–Output ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่ควรพิจารณาเพื่อการตีความผลการวิจัยและการนำไปใช้ในบริบทอื่น ดังนี้

5.3.1 กลุ่มตัวอย่างจำกัดอยู่ในสถาบันเดียวและสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังบริบทการศึกษาหรือสาขาวิชาอื่นที่มีลักษณะของผู้เรียนและสภาพแวดล้อมการเรียนรู้แตกต่างกัน

5.3.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเป็นหลัก อาจยังไม่สะท้อนสภาพการทำงานของระบบอุตสาหกรรมจริงทั้งหมด อย่างไรก็ตาม การใช้การจำลองระบบมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและเอื้อต่อการทดลอง ซึ่งผลการวิจัยจึงควรพิจารณาภายใต้ขอบเขตของการเรียนรู้ผ่านสถานการณ์จำลอง

5.3.3 ระยะเวลาการทดลองมีขอบเขตจำกัด จึงอาจยังไม่สะท้อนผลในระยะยาวของการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ โดยเฉพาะการถ่ายโอนทักษะไปสู่การปฏิบัติงานในบริบทจริงหรือการคงอยู่ของทักษะในระยะยาว

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

5.4.1.1 ควรนำรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาอื่น ๆ ภายใต้บริบทการศึกษาสะเต็มหรือการศึกษาสายอาชีพ เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานและลักษณะการเรียนรู้แตกต่างกัน

5.4.1.2 ควรผสานการใช้การจำลองระบบร่วมกับการใช้งานหุ่นยนต์จริงในสัดส่วนที่เหมาะสม โดยใช้การจำลองระบบเป็นเครื่องมือเตรียมความพร้อมและลดความเสี่ยงในระยะเริ่มต้น

ก่อนถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การปฏิบัติงานจริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความต่อเนื่องของกระบวนการเรียนรู้

5.4.1.3 ควรใช้การประเมินผลด้วย Rubric เชิงสมรรถนะควบคู่กับการวัดผลเชิงความรู้ เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างรอบด้าน ทั้งในมิติของความเข้าใจเชิงแนวคิด คุณภาพของกระบวนการคิด และความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง

5.4.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต

5.4.2.1 ควรขยายกลุ่มตัวอย่างไปยังสถาบันและบริบททางการศึกษาที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัย และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ในบริบทที่แตกต่างกัน

5.4.2.2 ควรศึกษาผลของรูปแบบการเรียนรู้ในระยะยาว โดยเฉพาะการคงอยู่ของทักษะการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบ รวมถึงการถ่ายโอนทักษะดังกล่าวไปสู่การปฏิบัติงานจริงในบริบทวิชาชีพหรืออุตสาหกรรม

5.4.2.3 ควรต่อยอดรูปแบบการเรียนรู้โดยบูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น ระบบอัจฉริยะหรือปัญญาประดิษฐ์ เพื่อเพิ่มระดับความซับซ้อนของสถานการณ์จำลอง และศึกษาบทบาทของเทคโนโลยีดังกล่าวต่อกระบวนการเรียนรู้และการตัดสินใจเชิงระบบของผู้เรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรอบนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2566-2570. (2566*). สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ.*

บุญชม ศรีสะอาด. (2560). *การวิจัยเบื้องต้น* (พิมพ์ครั้งที่ 10). สุวีริยาสาส์น.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2559). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 6). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แผนด้านการอุดมศึกษาเพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนของประเทศ พ.ศ. 2564-2570. (2564). *สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ.*

แผนแม่บทการส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล ระยะที่ 2 พ.ศ. 2566-2570. (2566). *กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.*

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 13 พ.ศ. 2566-2570. (2566). *สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.*

ยุทธศาสตร์ชาติ ระยะ 20 ปี พ.ศ. 2561-2580. (2561). ราชกิจจานุเบกษา, 135(82ก), 1-71.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ. (2563). *การสำรวจข้อมูลตำแหน่งงานและสมรรถนะที่จำเป็นสำหรับ 12 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย พ.ศ. 2563-2567.*

Adak, S., & Chatterjee, K. (2021). Learning design based on 7E model of constructivist approach on acid base and indicators in physical science discipline. *European Journal of Education, 2*(3), 38–41.

Angelini, M. L. (2024). Simulation-based training for enhancing professional competencies in teacher education: A study on the role of dissonant profiles in fostering critical thinking and problem-solving skills. *Prima Educatione,* 8, 87–100.

Arslan, H. Ö., & Genç, M. (2024). The STEM education approach for conceptual learning. In *Advances in Higher Education and Professional Development Book Series* (pp. 43–73). IGI Global.

Ayvaz-Tuncel, Z., & Demır, Ö. (2024). The mediating role of cognitive load in the relationship between metacognitive skills perceptions and problem-solving skills in pre-service teachers. *International Journal on Social and Education Sciences,* 6(4), 577–599.

Azizpour, G., Ashourpour, M., & Johansen, K. (2024). Enhancing manufacturing flexibility through automation packaged solution (APS): A case study approach. *Studies in Systems, Decision and Control,* 551, 132–141.

Baek, S., Lee, S. H., & Oh, S. E. (2024). Conceptual design of simulation-based approach for robotic automation systems: A case study of tray transporting. *Processes,* 12(12), Article 2791.

Baek, S., Oh, S. E., Lee, S. H., & Kwon, K. H. (2024). A simulation-based approach for evaluating the effectiveness of robotic automation systems in HMR product loading. *Foods,* 13(19), Article 3121.

Barquet, K., Järnberg, L., Alva, I. L., & Weitz, N. (2021). Exploring mechanisms for systemic thinking in decision-making through three country applications of SDG synergies. *Sustainability Science,* 17(4), 1557–1572.

Bersamin, A., & Euskirchen, E. (2024). Programming methods for industrial robotics and expanding applications. *Journal of Robotics Spectrum,* 1(1), 1–12.

Braicov, A., & Corlat, S. (2023). Un model de activitate educațională STEM implementată prin metoda instruirii în bază de problemă. In *Conferința Științifică Internațională STEAM-2023* (pp. 228–235).

Bryant, J. (2024). Is simulation a useful tool to prepare physiotherapy students for practice placement. *Physiotherapy,* 123, e143.

Cai, J., Zeng, B., Bao, Y., Dong, X., Xu, D., & Ye, J. (2020). Automatic control system of industrial robot. In *2020 International Conference on Computer Engineering and Application* (pp. 652–655). IEEE.

Campos, N., Corlu, C. G., Nogal, M., Juan, A. A., & Cáliz, C. (2024). Simulation-based mathematical learning for higher education students from heterogeneous backgrounds. *Journal of Simulation*. Advance online publication.

Chen, M.-J., She, H.-C., & Tsai, P.-Y. (2024). The effects of online simulation-based collaborative problem-solving on students' problem-solving, communication and collaboration attitudes. *Education and Information Technologies*. Advance online publication.

Chen, Y., Gu, X., Wang, Y., & Ling, L. (2024). Industrial robot control system integration design and application. In *2024 3rd Asia Conference on Sensors, Automation and Technology* (pp. 1–4). IEEE.

Cheng, Y. C., & So, W. W. M. (2020). Managing STEM learning: A typology and four models of integration. *International Journal of Educational Management,* 34(6), 1063–1078.

Coello Pisco, S. M., Gonzalez Cañizalez, Y. A., Hidalgo Crespo, J. A., Barzola Monteses, J. J., & Alonso Aguila, L. M. (2019). Desarrollo de habilidades STEM en estudiantes universitarios de física mediante proyectos I+D+i. *Revista Mexicana de Física E,* 65(1), 44–51.

Diehl, G., & Adams, J. A. (2025). The viability of domain constrained coalition formation for robotic collectives. *Swarm Intelligence,* 19(1), 55–96.

Ering, M., Tok, B. R., & Ering, O. (2024). Impact of the constructivist approach on academic achievement in science among secondary school students. *International Journal of Scientific Research in Modern Science and Technology,* 3(11), 43–49.

Farrukh, K. (2022). Simulation-based inter-professional education. *Journal of Bahria University Medical and Dental College,* 12(4), 236–237.

Gerald, M. (2022). Simulation: A historical and pedagogical perspective. In M. Gerard (Ed.), *Comprehensive healthcare simulation: Nursing* (pp. 3–16). Springer.

Gharbi, A. (2024). A dynamic reward-enhanced Q-learning approach for efficient path planning and obstacle avoidance in mobile robotics. *Applied Computing and Informatics*. Advance online publication.

Harris, J. (2023). *Industry oriented automation robot* [Preprint]. TechRxiv.

Hossain, Md. A., Deehan, J., & Gibbs, L. (2024). Unveiling the pedagogical approaches in STEM classroom: A scoping review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research,* 23(12), 1–22.

Hruby, G. (2025). Cognitive constructivism. In C. A. Chapelle (Ed.), *The encyclopedia of applied linguistics* (pp. 1–6). Wiley-Blackwell.

Iacovidou, E., Hahladakis, J. N., & Purnell, P. (2021). A systems thinking approach to understanding the challenges of achieving the circular economy. *Environmental Science and Pollution Research,* 28(19), 24785–24806.

Kozyar, M. M., Pasichnyk, S. M., Kopchak, M. M., Burmakina, N. S., & Suran, T. (2022). Simulation-based learning as an effective method of practical training of future translators. *Journal of Curriculum and Teaching,* 11(1), 298–305.

Kumar, S., & Milanovic, I. (2022). Simulation-supported engineering curriculum. In *2022 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)* (pp. 1–6). IEEE.

Lázár, K. (2024). Industrial robots in the textile and clothing industry. *International Journal of Industrial and Manufacturing Systems Engineering,* 9(1), 1–9.

Lee, E. H., Cho, J., & Lee, H. J. (2024). Effects of problem-based learning based on clinical practice-based nursing simulation education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction,* 24(23), 764–776.

Li, Z., Zhang, C., Zhang, C., Zhang, L., & Yang, J. (2024). The role of cognitive processes in problem solving. *Recent Contributions to Human Activity,* 2(2), 19–27.

Liu, G., & Zhu, B. (2024). Design and implementation of intelligent robot control system integrating computer vision and mechanical engineering. *International Journal of Computer Science and Information Technology,* 3(1), 219–226.

Lutfauziah, A., Handriyan, A., & Fitriyah, F. (2023). Assessment of problem-solving skills in the topic of environment. *Jurnal Pena Sains,* 10(1), 20–27.

McCool, S. F. (2022). Thinking like a system in the turbulent world of outdoor recreation management. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism,* 38, Article 100473.

Miller, A. N. (2023). The use of simulation-based learning as an educational tool in nursing. *Nursing in Critical Care,* 28(4), 571–578.

Norris, M., Grohs, J. R., & Knight, D. B. (2022). Investigating student approaches to scenario-based assessments of systems thinking. *Frontiers in Education, 7*, Article 1055403.

Nova, B., Suwarma, I. R., Winarno, N., & Simanjuntak, M. P. (2024). STEM-PjBL model on development of technology engineering literacy and student learning motivation. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia,* 20(2), 214–231.

Orsega-Smith, E., Leonard, T., Ruggiero, L., Amato, N., & O'Hara, J. (2023). Impact of a simulation-based education approach for health sciences. *BMC Medical Education,* 23(1), Article 657.

Petrosino, A. J., Sherard, M. K., & Tharayil, S. (2020). The education philosophy, theories and models that enable STEM policy integration. In A. Sahin & M. Mohr-Schroeder (Eds.), *STEM education 2.0: Myths and truths—What has K-12 STEM education research taught us?* (pp. 29–43). Brill.

Shinde, V., Pawar, P. J., & Gaikwad, V. (2024). Research progress on industrial robots: A review. *Recent Patents on Mechanical Engineering,* 18(1), 3–20.

Špirková, S., Straka, M., & Saniuk, A. (2024). VR simulation and implementation of robotics. *Applied Sciences,* 14(11), Article 4434.

Toedtheide, A., Fortunić, E. P., Kühn, J., Jensen, E., & Haddadin, S. (2024). A transhumeral prosthesis with an artificial neuromuscular system. *International Journal of Robotics Research,* 43(7), 942–980.

Vasconcelos, P., & Souza, A. C. Z. de. (2022). A problem-based introduction to technical, social, and systemic thinking in engineering courses. *IEEE Access,* 10, 74675–74692.

Wang, J., & Oh, E. (2024). Transcending disciplinary boundaries of STEM education. *Academic Journal of Science and Technology,* 13(1), 72–77.

Zadorozhna, O., Mordous, I., & Revin, F. (2024). STEM as an integral part of the science education curriculum. *Aktualnì Pitannâ u Sučasnij Naucì,* 8(26), 748–758.

Zin, Z., Abdullah, A. S., Ahmad, H., & Sahib, F. H. (2024). The constructivist learning theory. *International Journal of Modern Education,* 6(23), 585–597.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

โดย อัมพวรรณ ยินดีมาก นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ตารางที่ ก-1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้

ลำดับ	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สังกัด
1	ผศ.ดร.กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
2	อาจารย์ ดร.นวลศรี สงสม	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี
3	อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ จันทร์งาม	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
4	อาจารย์ ผศ.ดร.กฤตย์ษุพัช สารนอก	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
5	อาจารย์ ดร.วิษณุ นิตยธรรมกุล	คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ
6	อาจารย์ ดร.ต่วนนูรีซันน์ สุกิจจานันท์	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
7	อาจารย์ ดร.ศิวพร ลินทะลึก	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

โดย อัมพวรรณ ยินดีมาก นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินรูปแบบการเรียนรู้

ลำดับ	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สังกัด
1	ผศ.ดร.กนกรัตน์ จิรสัจจานุกูล	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
2	อาจารย์ ดร.นวลศรี สงสม	มหาวิทยาลัยสวนดุสิต วิทยาเขตสุพรรณบุรี
3	อาจารย์ ดร.สุรเชษฐ์ จันทร์งาม	คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม
4	อาจารย์ ผศ.ดร.กฤตย์ษุพัช สารนอก	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล
5	อาจารย์ ดร.วิษณุ นิตยธรรมกุล	คณะครุศาตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชมงคลสุวรรณภูมิ
6	อาจารย์ ดร.ต่วนนูรีซันน์ สุกิจจานันท์	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

โดย อัมพวรรณ ยินดีมาก นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ตารางที่ ก.1 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

ลำดับ	รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	สังกัด
1	อาจารย์ ดร.สุภาพร ปานิคม	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ (ต่อเนื่อง) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณะวัติ เนื่องวงษา	หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
4	อาจารย์ ดร.ธวัช ธรรมบุตร	หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาอิเล็กทรนอิกส์และเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น
5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกศศักดิ์ดา ศรีโคตร	หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาอิเล็กทรนอิกส์และเมคคาทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



แบบประเมินกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ชื่องานวิจัย การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

Development of a Robotic Simulation-Based Learning Model to Enhance Problem-Solving and Systems Thinking Abilities in STEM Education

อาจารยที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ

ผู้วิจัย นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

นักศึกษาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อผู้ประเมิน :

.....

ตำแหน่ง :

.....

สถานที่ทำงาน :

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินกรอบแนวคิดของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับคะแนน	ความหมาย
5	เหมาะสมมากที่สุด (Most Appropriate)
4	เหมาะสมมาก (Very Appropriate)
3	เหมาะสมปานกลาง (Moderately Appropriate)
2	เหมาะสมน้อย (Slightly Appropriate)
1	ไม่เหมาะสม (Not Appropriate)

โปรดตอบคำถามตามความเป็นจริง

หมวดที่ 1: ความเหมาะสมด้านโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1.1 รูปแบบการเรียนรู้มีองค์ประกอบหลักครบถ้วน					
1.2 โครงสร้างเชื่อมโยงองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ					
1.3 กรอบแนวคิดสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการเรียนรู้ในชั้นเรียนจริง					
1.4 กรอบแนวคิดแสดงลำดับกระบวนการเรียนรู้อย่างเป็นเหตุเป็นผล					
1.5 กรอบแนวคิดมีความยืดหยุ่นต่อการประยุกต์ใช้ในบริบทต่าง ๆ					

หมวดที่ 2: ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
2.1 กิจกรรมจำลองสถานการณ์ช่วยส่งเสริมการนิยามและวิเคราะห์ปัญหา					
2.2 ผู้เรียนสามารถสร้างแนวทางแก้ปัญหาและนำไปปฏิบัติจริงได้					
2.3 กิจกรรมเปิดโอกาสให้มีการสะท้อนผลการแก้ปัญหา					
2.4 มีการใช้ข้อมูลและหลักฐานเชิงเหตุผลในการตัดสินใจ					
2.5 กิจกรรมสนับสนุนการเรียนรู้จากความผิดพลาดและการปรับปรุงแนวทาง					

หมวดที่ 3: ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายด้านการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
3.1 กิจกรรมเน้นการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบหุ่นยนต์					
3.2 ผู้เรียนสามารถใช้แบบจำลองแทนในการวิเคราะห์ระบบ					
3.3 ผู้เรียนมีโอกาสวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในระบบ					
3.4 กิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนวางแผนปรับปรุงระบบในอนาคต					
3.5 ผู้เรียนสามารถอธิบายระบบที่ซับซ้อนด้วยแนวคิดแบบองค์รวม					

หมวดที่ 4: ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริงในสถานศึกษา

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
4.1 กิจกรรมบูรณาการองค์ความรู้จากศาสตร์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม					
4.2 ส่งเสริมการเรียนรู้แบบลงมือปฏิบัติ (hands-on/minds-on)					
4.3 มีกิจกรรมที่กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นทีม					
4.4 เนื้อหาและโจทย์กิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับบริบทจริงหรืออาชีพในอนาคต					
4.5 ผู้เรียนได้พัฒนาแนวคิดและกระบวนการทางวิศวกรรมอย่างเป็นขั้นตอน					

หมวดที่ 5: ความเหมาะสมกับบริบทสะเต็มศึกษา (STEM Education)

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
5.1 ขั้นตอนของกิจกรรมมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และสามารถดำเนินการได้จริง					
5.2 ใช้ทรัพยากรที่สามารถหาได้ในสถานศึกษาทั่วไป					
5.3 ผู้สอนสามารถประเมินผลและติดตามพัฒนาการของผู้เรียนได้					
5.4 กิจกรรมสามารถปรับใช้ได้กับผู้เรียนต่างระดับและความสามารถ					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....



แบบประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ชื่องานวิจัย การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม
Development of a Robotic Simulation-Based Learning Model to Enhance Problem-Solving and Systems Thinking Abilities in STEM Education

อาจารยที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ
ผู้วิจัย นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก
นักศึกษาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อผู้ประเมิน :

.....

ตำแหน่ง :

.....

สถานที่ทำงาน :

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับคะแนน	**ความหมาย**
5	เหมาะสมมากที่สุด (Most Appropriate)
4	เหมาะสมมาก (Very Appropriate)
3	เหมาะสมปานกลาง (Moderately Appropriate)
2	เหมาะสมน้อย (Slightly Appropriate)
1	ไม่เหมาะสม (Not Appropriate)

โปรดตอบคำถามตามความเป็นจริง

หมวดที่ 1: ความเหมาะสมด้านโครงสร้างของรูปแบบการเรียนรู้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1.1 รูปแบบการเรียนรู้มีองค์ประกอบหลักครบถ้วน					
1.2 โครงสร้างเชื่อมโยงองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ					
1.3 คำอธิบายของรูปแบบการเรียนรู้ชัดเจนและไม่กำกวม					
1.4 แผนภาพช่วยให้เข้าใจโครงสร้างง่าย					
1.5 รูปแบบการเรียนรู้มีความยืดหยุ่นต่อการประยุกต์ใช้					

หมวดที่ 2: ความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
2.1 โครงสร้างกระบวนการของรูปแบบการเรียนรู้กำหนดไว้อย่างครบถ้วนและมีความชัดเจน					
2.2 ขั้นตอนของกระบวนการมีความเชื่อมโยงเป็นระบบและมีเหตุผล					
2.3 กระบวนการสามารถนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียน					
2.4 กระบวนการสนับสนุนการพัฒนาทักษะแก้ปัญหาและคิดเชิงระบบ					
2.5 กระบวนการโดยรวมมีความเพียงพอและเหมาะสมต่อการบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้					

หมวดที่ 3: ความเหมาะสมกับบริบท STEM Education

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
3.1 รูปแบบการเรียนรู้แสดงการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์อย่างเหมาะสมและชัดเจน					
3.2 กิจกรรมสอดคล้องกับหลักการของ STEM Education					
3.3 กิจกรรมส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน					
3.4 รูปแบบการเรียนรู้สนับสนุนการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21					
3.5 รูปแบบการเรียนรู้สอดคล้องกับความต้องการด้านอาชีพและอุตสาหกรรม					

หมวดที่ 4: ความสอดคล้องของกิจกรรมกับเป้าหมายการเรียนรู้ด้านการแก้ปัญหา

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
4.1 รูปแบบการเรียนรู้ครอบคลุมทักษะการแก้ปัญหาที่สำคัญ					
4.2 กิจกรรมสอดคล้องกับทักษะการแก้ปัญหาที่กำหนด					
4.3 กิจกรรมส่งเสริมการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และหลากหลาย					
4.4 กิจกรรมสนับสนุนการประเมินและการปรับปรุงแนวทางแก้ปัญหา					
4.5 กิจกรรมสามารถผลักดันเป้าหมายด้านการแก้ปัญหาได้จริง					

หมวดที่ 5: ความสอดคล้องของกิจกรรมกับการคิดเชิงระบบ

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
5.1 รูปแบบการเรียนรู้ครอบคลุมทักษะการคิดเชิงระบบที่สำคัญ					
5.2 กิจกรรมสอดคล้องกับทักษะการคิดเชิงระบบที่กำหนด					
5.3 กิจกรรมส่งเสริมการพิจารณาความสัมพันธ์และพลวัตของระบบ					
5.4 กิจกรรมสนับสนุนการเชื่อมโยงความรู้ทางเทคนิคกับบริบทจริง					
5.5 กิจกรรมสามารถผลักดันเป้าหมายด้านการคิดเชิงระบบได้จริง					

หมวดที่ 6: ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้จริง

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
6.1 กิจกรรมดำเนินได้จริงในชั้นเรียน					
6.2 การใช้สื่อและเทคโนโลยีเหมาะสม					
6.3 รูปแบบการรียนรู้ยืดหยุ่นต่อข้อจำกัดทรัพยากร					
6.4 กิจกรรมไม่ซับซ้อนเกินไปสำหรับครู					
6.5 รูปแบบการเรียนรู้ขยายใช้ในรายวิชาอื่นได้					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



แบบประเมินคุณภาพใบงาน ข้อสอบ และเครื่องมือวัดผลสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองสถานการณ์เกี่ยวกับระบบหุ่นยนต์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ชื่องานวิจัย การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

Development of a Robotic Simulation-Based Learning Model to Enhance Problem-Solving and Systems Thinking Abilities in STEM Education

อาจารยที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธาดา จันตะคุณ

ผู้วิจัย นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

นักศึกษาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ชื่อผู้ประเมิน :

.....

ตำแหน่ง :

.....

สถานที่ทำงาน :

.....

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจน และความสอดคล้องของใบงาน ข้อสอบ และเครื่องมือวัดผลแบบ Rubric สำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็มตามรายการประเมินต่อไปนี้ โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในระดับคะแนนที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด พร้อมให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี) มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับคะแนน	**ความหมาย**
5	เหมาะสมมากที่สุด (Most Appropriate)
4	เหมาะสมมาก (Very Appropriate)
3	เหมาะสมปานกลาง (Moderately Appropriate)
2	เหมาะสมน้อย (Slightly Appropriate)
1	ไม่เหมาะสม (Not Appropriate)

โปรดตอบคำถามตามความเป็นจริง

หมวดที่ 1: ด้านความเหมาะสมของใบงานสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
1.1 ใบงานมีวัตถุประสงค์ชัดเจนและสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้					
1.2 ขั้นตอนและลำดับกิจกรรมในใบงานเอื้อต่อการลงมือปฏิบัติของผู้เรียน					
1.3 ใบงานส่งเสริมกระบวนการคิดและการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน					
1.4 ระดับความยากและภาระงานของใบงานเหมาะสมกับผู้เรียนเป้าหมาย					
1.5 ใบงานสามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้จริงได้					

หมวดที่ 2: ด้านความเหมาะสมของข้อสอบสำหรับการวัดผลการเรียนรู้

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
2.1 ข้อสอบวัดผลได้ตรงตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด					
2.2 ข้อคำถามมีความชัดเจน ไม่กำกวม และไม่ทำให้ผู้เรียนสับสน					
2.3 ระดับความยากของข้อสอบเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
2.4 ข้อสอบครอบคลุมเนื้อหาและทักษะสำคัญที่ต้องการวัด					
2.5 จำนวนข้อสอบและเวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบมีความเหมาะสม					

หมวดที่ 3: ด้านความเหมาะสมของการออกแบบเครื่องมือวัดผลแบบ Rubric สำหรับกิจกรรม

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
3.1 ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินของ Rubric สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การประเมิน					
3.2 คำอธิบายระดับคะแนนของ Rubric มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย					
3.3 Rubric สามารถแยกความแตกต่างของระดับผลการปฏิบัติงานของผู้เรียนได้					
3.4 เกณฑ์การให้คะแนนมีความเป็นธรรมและลดความคลาดเคลื่อนของผู้ประเมิน					
3.5 Rubric สามารถนำไปใช้ประเมินผลการเรียนรู้จากกิจกรรมจริงได้					

หมวดที่ 4: ด้านความชัดเจนและความสอดคล้องของเครื่องมือวัดโดยภาพรวม

รายการประเมิน	5	4	3	2	1
4.1 เครื่องมือวัดทั้งหมดมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้และการประเมินผล					
4.2 ความสอดคล้องระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้ ใบงาน ข้อสอบ และ Rubric					
4.3 ความชัดเจนและความเป็นเอกภาพของภาษาและรูปแบบเครื่องมือวัดทั้งชุด					
4.4 เกณฑ์การประเมินและการให้คะแนนมีความสอดคล้องกันทั้งชุดเครื่องมือ					
4.5 ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการนำชุดเครื่องมือวัดไปใช้จริง					

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ใบประลองสำหรับกิจกรรมของรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

แบ่งออกเป็น 5 ใบประลองและเกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน มีรายละเอียดดังนี้

รายการ	QR code	รายการ	QR code
ใบประลองกิจกรรมที่ 1 ความปลอดภัยและพื้นฐานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม		เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองกิจกรรมที่ 1	
ใบประลอง กิจกรรมที่ 2 การควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยชุดควบคุม		เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองกิจกรรมที่ 2	
ใบประลอง กิจกรรมที่ 3 ระบบพิกัดและการกำหนดตำแหน่ง		เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองกิจกรรมที่ 3	
ใบประลอง กิจกรรมที่ 4 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งพื้นฐาน		เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองกิจกรรมที่ 4	
ใบประลอง กิจกรรมที่ 5 การประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นใกระบวนการหยิบและวาง		เกณฑ์การประเมินการปฏิบัติงานของผู้เรียนสำหรับใบประลองกิจกรรมที่ 5	

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....กลุ่มเรียน.....

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

กิจกรรมที่ 1 ความปลอดภัยและพื้นฐานของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

1. หุ่นยนต์อุตสาหกรรมที่มีโครงสร้างคล้ายแขนมนุษย์ เรียกว่าอะไร

ก. Cartesian Robot ข. Delta Robot

ค. Articulated Robot ง. SCARA Robot

2. หุ่นยนต์เดลต้า (Delta Robot) มีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่นในด้านใด

ก. รองรับน้ำหนักมาก ข. เคลื่อนที่ช้าแต่แม่นยำ

ค. ทำงานร่วมกับมนุษย์ ง. เคลื่อนที่เร็วมาก

3. คำว่า SCARA ย่อมาจากข้อใด

ก. Standard Control Arm Robot

ข. Selective Compliant Articulated Robot Arm

ค. Simple Cartesian Arm Robot

ง. Smart Collaborative Arm Robot

4. หุ่นยนต์ร่วมปฏิบัติงาน (Collaborative Robot) มีชื่อเรียกอีกอย่างว่าอะไร

ก. Gantry Robot ข. Delta Robot

ค. Cobot ง. Mobile Robot

5. DOBOT Magician จัดเป็นหุ่นยนต์ประเภทใด

ก. หุ่นยนต์แขนกลเชิงการศึกษา ข. หุ่นยนต์อุตสาหกรรมหนัก

ค. หุ่นยนต์เคลื่อนที่อัตโนมัติ ง. หุ่นยนต์เดลต้า

6. ระบบพิกัดแบบ Joint ใช้การควบคุมจากสิ่งใด

ก. พิกัด X Y Z ข. มุมของข้อต่อ

ค. ความเร็วของมอเตอร์ ง. เส้นทางการเคลื่อนที่

7. แกน J1 (Base) ของ DOBOT Magician ทำหน้าที่ใด

ก. ยก–ลด แขน ข. หมุนฐานซ้าย–ขวา

ค. หมุนปลายหัวจับ ง. ควบคุมความเร็ว

8. ระบบพิกัด Cartesian ใช้แกนใดในการอธิบายตำแหน่ง

ก. J1–J4 ข. Axis A–D

ค. Pitch, Roll, Yaw ง. X, Y, Z, R

9. ปุ่ม Emergency Stop มีหน้าที่ใด

ก. หยุดการทำงานทันที ข. รีเซ็ตระบบ

ค. ลดความเร็ว ง. เปลี่ยนโหมด

10. เมื่อ DOBOT Magician มีสถานะของ LED สีแดง หมายถึงอะไร

ก. ระบบพร้อมใช้งาน ข. โหมด Simulation

ค. เกิดข้อผิดพลาด ง. กำลังเชื่อมต่อ

11. การควบคุมตำแหน่งปลายแขนให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ควรใช้โหมดใด

ก. Joint ข. Cartesian

ค. Angle ง. Manual

12. จงอธิบายเหตุผลที่ระบบพิกัดแบบข้อต่อ (Joint) จึงเหมาะสำหรับการเรียนรู้โครงสร้างหุ่นยนต์

ก. ควบคุมตำแหน่งได้ง่าย ข. ใช้กับงานจริงเท่านั้น

ค. เห็นการทำงานของข้อต่อแต่ละแกน ง. เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงเสมอ

13. การตั้งค่า TCP มีความสำคัญอย่างไร

ก. ช่วยเพิ่มความเร็ว ข. ทำให้ระบบหยุดอัตโนมัติ

ค. ทำให้ตำแหน่งปลายเครื่องมือถูกต้อง ง. ลดการใช้พลังงาน

14. ระบบ Software Safety Limit มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของหุ่นยนต์ในข้อใด

ก. ป้องกันไม่ให้แขนกลเคลื่อนที่เกินขอบเขตที่กำหนด

ข. เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของแขนกล

ค. ตรวจจับความผิดปกติของกระแสไฟฟ้าในวงจร

ง. แสดงสถานะการทำงานของระบบผ่านไฟ LED

15. เมื่อแขนกลชนสิ่งกีดขวาง ระบบใดจะทำงานเป็นหลัก

ก. LED Indicator ข. Collision Detection

ค. Homing ง. Set TCP

16. เหตุใดจึงไม่ควรใช้มือเป็นสิ่งกีดขวางระหว่างการทดลอง

ก. ทำให้โปรแกรมผิดพลาด ข. ทำให้ไฟ LED เปลี่ยนสี

ค. ทำให้หุ่นยนต์รีเซ็ต ง. เสี่ยงต่อการบาดเจ็บ

17. การตั้งค่า Home มีผลต่อการทำงานของหุ่นยนต์อย่างไร

ก. เพิ่มความเร็วสูงสุด ข. กำหนดตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น

ค. เปลี่ยนระบบพิกัด ง. ปิดระบบความปลอดภัย

18. เหตุใดควรทดสอบโปรแกรมในโหมด Simulation ก่อนใช้งานจริง

ก. เพื่อประหยัดเวลา ข. เพื่อความสวยงามของโปรแกรม

ค. เพื่อลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ ง. เพื่อเพิ่มความเร็วการทำงาน

19. มาตรฐาน ISO/TS 15066 มีความสำคัญต่อการใช้งาน DOBOT Magician อย่างไร

ก. กำหนดรูปแบบการเขียนโปรแกรม

ข. ควบคุมเครือข่าย

ค. ควบคุมระบบไฟฟ้า

ง. กำหนดความปลอดภัยในการทำงานร่วมกับมนุษย์

20. เมื่อเกิด Alarm ระหว่างการทดลอง สิ่งที่ควรทำเป็นอันดับแรกคืออะไร

ก. กด Emergency Stop ข. รีสตาร์ทโปรแกรม

ค. เพิ่มความเร็วให้จบงาน ง. ปิดคอมพิวเตอร์

เฉลยข้อสอบกิจกรรมที่ 1

1.ค	5.ก	9.ก	13.ค	17.ข
2.ง	6.ข	10.ค	14.ก	18.ค
3.ข	7.ข	11.ข	15.ข	19.ง
4.ค	8.ง	12.ค	16.ง	20.ก

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....กลุ่มเรียน.....

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน
เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

กิจกรรมที่ 2 การควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยชุดควบคุม

1.โหมดการควบคุมการเคลื่อนที่หลักของหุ่นยนต์ DOBOT Magician มีกี่รูปแบบ

ก. 1 รูปแบบ ข. 2 รูปแบบ

ค. 3 รูปแบบ ง. 4 รูปแบบ

2. การควบคุมแบบ Joint Coordinate ใช้ตัวแปรใดเป็นหลัก

ก. พิกัด X, Y, Z ข. มุมของข้อต่อ

ค. ความเร็วของ TCP ง. เส้นทางการเคลื่อนที่

3. แกน J2 ของ DOBOT Magician ทำหน้าที่ใด

ก. หมุนฐาน ข. ยก–ลด แขน

ค. หมุนปลายแขน ง. ควบคุมแกน R

4. การควบคุมแบบ Cartesian Coordinate ใช้แกนใด

ก. J1–J4 ข. X, Y, Z และ R

ค. Pitch, Roll, Yaw ง. Axis A–D

5. คำสั่ง MOVJ ย่อมาจากข้อใด

ก. Move Linear ข. Move Joint

ค. Motion Jog ง. Move Jog

6. คำสั่ง MOVL มีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร

ก. เคลื่อนที่เร็วที่สุด ข. เคลื่อนที่แบบสุ่ม

ค. เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ง. เคลื่อนที่ตามข้อต่อ

7. คำว่า Trajectory หมายถึงอะไร

ก. ความเร็วของมอเตอร์ ข. เส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ค. ตำแหน่งปลายทาง ง. พิกัดเริ่มต้น

8. Position Error หมายถึงข้อใด

ก. เส้นทางโค้ง ข. TCP ไม่ถึงตำแหน่งที่ตั้งไว้

ค. ความเร็วไม่คงที่ ง. การหมุนแกน R ผิดพลาด

9. Repeatability Error คืออะไร

ก. ไปถึงจุดเดิมไม่ซ้ำตำแหน่งเดิม ข. เคลื่อนที่ช้า

ค. เส้นทางไม่ตรง ง. ความเร็วผิดพลาด

10. การตั้งค่า Home มีวัตถุประสงค์หลักใด

ก. เพิ่มความเร็ว ข. กำหนดตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น

ค. ลดความคลาดเคลื่อน ง. เปลี่ยนโหมดการควบคุม

11. การเรียนรู้โครงสร้างและการทำงานของข้อต่อหุ่นยนต์โหมดการทำงานใดเหมาะสมที่สุด

ก. Cartesian ข. Simulation ค. MOVL ง. Joint

12. เหตุใดการควบคุมแบบ Cartesian จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำของตำแหน่ง

ก. ควบคุมตำแหน่งปลายแขนโดยตรง ข. ควบคุมมุมข้อต่อโดยตรง

ค. ใช้เวลาน้อยกว่า ง. ใช้พลังงานต่ำกว่า

13. ลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้งของคำสั่ง MOVJ เกิดจากปัจจัยใดเป็นหลัก

ก. การเปลี่ยนมุมของข้อต่อแต่ละแกนพร้อมกัน

ข. การเพิ่มความเร็วของการเคลื่อนที่

ค. การจำกัดระยะการทำงานของปลายแขน

ง. การกำหนดตำแหน่งแบบ Cartesian

14. ข้อใดเป็นข้อดีของคำสั่ง MOVJ

ก. ได้เส้นทางตรงที่สุด ข. ใช้เวลาน้อยในการเคลื่อนที่

ค. แม่นยำที่สุด ง. ปลอดภัยที่สุด

15. คำสั่ง MOVL เหมาะกับงานลักษณะใดมากที่สุด

ก. งานที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ข. งานเคลื่อนที่ระยะไกล

ค. งานประกอบที่ต้องการเส้นตรง ง. งานที่ต้องการความเร็วสูง

16. เหตุใด MOVL จึงใช้เวลามากกว่า MOVJ

ก. ต้องคำนวณ inverse kinematics ตลอดเส้นทาง

ข. ความเร็วของมอเตอร์ต่ำ

ค. ใช้แกนมากกว่า

ง. จำกัด workspace

17. หากตั้งค่า TCP ของหุ่นยนต์ไม่ถูกต้อง จะส่งผลกระทบต่อการทำงานในลักษณะใดมากที่สุด

ก. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ลดลง

ข. ตำแหน่งปลายแขนหรือจุดทำงานคลาดเคลื่อนจากที่กำหนด

ค. โปรแกรมควบคุมไม่สามารถทำงานได้

ง. หุ่นยนต์หยุดการทำงานทันที

18. การตั้งค่าความเร็วของหุ่นยนต์สูงเกินไปอาจส่งผลให้เกิดปัญหาใดในการเคลื่อนที่

ก. เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง (Position Error)

ข. ข้อต่อของหุ่นยนต์ล็อกไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

ค. เกิดความผิดพลาดของตัวเข้ารหัส (Encoder Error)

ง. เกิดการเคลื่อนที่เกินจุดหมาย (Overshoot) และเส้นทางการเคลื่อนที่เบี่ยงเบน (Path Deviation)

19. สาเหตุใดที่ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามที่สั่งได้

ก. มีการตั้งค่า Home Position เรียบร้อยแล้ว

ข. มีข้อจำกัดของ Joint Limit หรือขอบเขตพื้นที่การทำงาน (Workspace)

ค. ใช้คำสั่ง MOVL

ง. ตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำเกินไป

20. เหตุใดจึงต้องเปรียบเทียบความแตกต่างของคำสั่ง MOVJ และ MOVL

ก. เพื่อทดสอบความเร็วของระบบควบคุม

ข. เพื่อบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งเท่านั้น

ค. เพื่อฝึกใช้งานซอฟต์แวร์ควบคุมหุ่นยนต์

ง. เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่และความคลาดเคลื่อนของตำแหน่ง

เฉลยข้อสอบกิจกรรมที่ 2

1.ค	5.ข	9.ก	13.ก	17.ข
2.ข	6.ค	10.ข	14.ข	18.ง
3.ข	7.ข	11.ง	15.ค	19.ข
4.ข	8.ข	12.ก	16.ก	20.ง

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....กลุ่มเรียน.....

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

กิจกรรมที่ 3 ระบบพิกัดและการกำหนดตำแหน่ง

1. ระบบพิกัดใดที่ผู้ใช้กำหนดตำแหน่งปลายแขนเป็นหลัก

ก. Joint Space ข. Cartesian Space

ค. Tool Space ง. Motor Space

2. ในระบบ Joint Space ผู้ใช้ควบคุมสิ่งใดโดยตรง

ก. ตำแหน่ง X, Y, Z ข. เส้นทางปลายแขน

ค. มุมของข้อต่อแต่ละแกน ง. ความยาวแขนหุ่นยนต์

3. ลักษณะสำคัญของการควบคุมแบบ Cartesian คือข้อใด

ก. ควบคุมมุมข้อต่อ ข. ควบคุมตำแหน่งและเส้นทางของปลายแขน

ค. เคลื่อนที่เร็วที่สุด ง. ลดการคำนวณของระบบ

4. เหตุใดเส้นทางของปลายแขนใน Joint Space จึงมักเป็นเส้นโค้ง

ก. จำกัด Workspace ข. เป็นผลรวมของการหมุนหลายข้อต่อ

ค. ใช้ความเร็วสูง ง. ใช้ Cartesian Control

5. คำสั่งใดทำให้ปลายแขนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงมากที่สุด

ก. MoveJ ข. MoveL

ค. Jump ง. Jog

6. คำสั่ง MoveJ เหมาะกับงานลักษณะใดมากที่สุด

ก. งานที่ต้องการเส้นตรง ข. งานที่ต้องการหยุดฉุกเฉิน

ค. งานที่ต้องการความแม่นยำสูง ง. การเคลื่อนที่ไกลและหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

7. หากใช้ MoveJ ไปยังจุดเดียวกับ MoveL จะพบความแตกต่างใดชัดเจนที่สุด

ก. เส้นทางการเคลื่อนที่ของปลายแขน ข. ความเร็วของมอเตอร์

ค. จำนวนจุดที่บันทึก ง. ค่า Home

8. เหตุใดช่วงการเคลื่อนที่แบบ “ลงหยิบ–ลงวาง” จึงควรใช้คำสั่ง MoveL

ก. เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้รวดเร็วขึ้น

ข. เพื่อควบคุมให้ปลายแขนเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงและมีความแม่นยำสูง

ค. เพื่อประหยัดพลังงานในการทำงาน

ง. เพื่อลดภาระการคำนวณของระบบควบคุม

9. ค่า X, Y, Z ใช้กำหนดสิ่งใดของปลายแขน

ก. ทิศทางการหัน ข. ตำแหน่งในพื้นที่สามมิติ

ค. ความเร็ว ง. มุมข้อต่อ

10. การเปลี่ยนค่า Z ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในลักษณะใด

ก. ซ้าย–ขวา ข. หน้า–หลัง

ค. ขึ้น–ลง ง. การหมุนหัวจับ

11. ในการกำหนดพิกัดตำแหน่งของปลายแขนหุ่นยนต์ หากค่า X, Y, Z คงที่ แต่มีการเปลี่ยนค่า R จะส่งผลใน

ลักษณะใด

ก. ระยะทางการเคลื่อนที่ของปลายแขนเปลี่ยน

ข. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เปลี่ยน

ค. ทิศทางหรือการหันของปลายแขนเปลี่ยน โดยตำแหน่งยังคงเดิม

ง. ความยาวของแขนหุ่นยนต์เปลี่ยน

12. หากค่า R เปลี่ยน แต่ X, Y, Z ใกล้เคียงเดิม จะเกิดผลใด

ก. ปลายแขนย้ายตำแหน่ง ข. ความเร็วเปลี่ยน

ค.โปรแกรมไม่ทำงาน ง. ทิศทางหัวจับเปลี่ยน แต่ตำแหน่งเดิม

13. จุดใดทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิงและปลอดภัยที่สุด

ก. Home / Start ข. Pick

ค. Place ง. Retreat

14. เหตุใดการกำหนดจุด Approach ก่อนจุด Pick หรือ Place จึงมีความสำคัญต่อการทำงานของหุ่นยนต์

ก. เพื่อให้เส้นทางการเคลื่อนที่มีความสวยงาม

ข. เพื่อลดความเสี่ยงการชนและเพิ่มความปลอดภัยในการเคลื่อนที่ของปลายแขน

ค. เพื่อเพิ่มความเร็วในการทำงานของหุ่นยนต์

ง. เพื่อให้สามารถใช้คำสั่ง MoveJ ได้เพียงอย่างเดียว

15. จุด Retreat มีบทบาทสำคัญต่อการทำงานของหุ่นยนต์ในลักษณะใด

ก. เป็นจุดที่ใช้สำหรับหยิบชิ้นงาน

ข. เป็นจุดที่ใช้สำหรับวางชิ้นงาน

ค. เป็นจุดถอยออกหลังการหยิบหรือวาง หลีกเลี่ยงการชนเพิ่มความปลอดภัยของเส้นทาง

ง. เป็นจุดเริ่มต้นของการทำงาน

16. การยกค่า Z ก่อนเคลื่อนที่ในแนวราบช่วยลดปัญหาใด

ก. Position Error ข. การชนสิ่งกีดขวาง

ค. Encoder Error ง. Joint Lock

17. ความแตกต่างระหว่างค่าการคำนวณกับการจำลองเกิดจากปัจจัยใด

ก. ข้อจำกัดและการประมาณของแบบจำลอง

ข. ความผิดพลาดของผู้ใช้

ค. ระบบไม่ทำงาน

ง. การตั้งค่า Home ผิด

18. แหล่งข้อมูลใดสะท้อนสภาพการทำงานจริงของหุ่นยนต์ได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

ก. ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ข. ค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม

ค. ค่าที่ได้จากการทำงานจริงของหุ่นยนต์ ง. ค่าเริ่มต้น

19. สาเหตุใดอาจทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงตามที่สั่งได้

ก. มีการตั้งค่า Home Position เรียบร้อยแล้ว

ข. มีข้อจำกัดของข้อต่อหรือขอบเขตพื้นที่การทำงาน

ค. ใช้คำสั่ง MoveL

ง. ตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ต่ำเกินไป

20. ประโยชน์สำคัญของการเปรียบเทียบคำสั่ง MoveJ และ MoveL คือข้อใด

ก. ทำให้โปรแกรมทำงานเร็วขึ้น

ข. ทำให้ค่าพิกัดคงที่

ค. ลดจำนวนคำสั่งในโปรแกรม

ง. ช่วยให้เลือกใช้คำสั่งได้เหมาะสมกับลักษณะงานและเส้นทางการเคลื่อนที่

เฉลยข้อสอบกิจกรรมที่ 3

1 ข	5 ข	9 ข	13 ก	17 ก
2 ค	6 ง	10 ค	14 ข	18 ค
3 ข	7 ก	11 ค	15 ค	19 ข
4 ค	8 ข	12 ง	16 ข	20 ง

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....กลุ่มเรียน.....

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์สำหรับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน
เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

กิจกรรมที่ 4 การเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่งพื้นฐาน

1. Blockly จัดเป็นการเขียนโปรแกรมแบบใด

ก. Text-based Programming ข. Visual Programming

ค. Machine Code ง. Script Programming

2. ส่วนใดของบล็อกคำสั่งที่ใช้แสดงหน้าที่ของคำสั่ง

ก. Parameter Field ข. Block Connection

ค. Block Name ง. Execution Flow

3. กรณีที่บล็อกคำสั่งไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้ แสดงว่าเกิดจากสาเหตุใด

ก. คอมพิวเตอร์ประมวลผลช้า ข. ลำดับหรือชนิดของคำสั่งไม่เหมาะสม

ค. หุ่นยนต์ยังไม่เปิดระบบ ง. ยังไม่ได้บันทึกโปรแกรม

4. ลำดับการทำงานของ Blockly ดำเนินไปในทิศทางใด

ก. ซ้ายไปขวา ข. ล่างขึ้นบน

ค. บนลงล่าง ง. ตามลำดับตัวอักษร

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิด Block-based Programming

ก. ต้องเข้าใจสมการคณิตศาสตร์ขั้นสูง

ข. หนึ่งบล็อกแทนหนึ่งการกระทำ

ค. ใช้ได้เฉพาะกับหุ่นยนต์เท่านั้น

ง. ต้องเขียนโค้ดร่วมกับบล็อกเสมอ

6. Flowchart ในการควบคุมหุ่นยนต์มีหน้าที่หลักคืออะไร

ก. ควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์

ข. คำนวณตำแหน่งเชิงคณิตศาสตร์

ค. ตรวจสอบระบบไฟฟ้า

ง. แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

7. ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องระหว่าง Flowchart และ Blockly คือข้อใด

ก. 1 Flowchart = 1 โปรแกรม ข. 1 Process = 1 Block

ค. Flowchart ใช้แทน Simulator ง. Blockly ใช้เฉพาะตอนทดสอบ

8. การเขียน Flowchart ก่อนเขียน Blockly มีประโยชน์หลักด้านใด

ก. ลดเวลาเปิดโปรแกรม

ข. เพิ่มความเร็วของหุ่นยนต์

ค. ลดความผิดพลาดในการเรียงลำดับคำสั่ง

ง. ลดการใช้หน่วยความจำ

9. หากต้องการเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงานของหุ่นยนต์ ควรปรับสิ่งใดก่อน

ก. สีของบล็อก ข. ตำแหน่งของบล็อก

ค. ขนาดหน้าจอ ง. ชื่อไฟล์โปรแกรม

10. Flowchart ที่ถูกต้องควรเรียงลำดับขั้นตอนอย่างไร

ก. แบบสุ่ม ข. จากล่างขึ้นบน

ค. จากบนลงล่าง ง. ตามความเร็วของหุ่นยนต์

11. งาน Pick and Place จำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งอย่างน้อยกี่ตำแหน่ง

ก. 3 ข. 4 ค. 5 ง. 6

12. ตำแหน่งใดมีหน้าที่ลดความเสี่ยงในการชนชิ้นงาน

ก. At Pick ข. At Place

ค. Home ง. Above Pick / Above Place

13. บล็อกใดใช้ควบคุมการดูดและปล่อยชิ้นงาน

ก. MoveJ ข. MoveL ค. Jump ง. SuctionCup

14. คำสั่งใดเหมาะกับการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงของชิ้นงาน

ก. MoveJ ข. MoveL ค. Jump ง. Delay

15. เหตุใดจึงควรเริ่มต้นโปรแกรมที่ตำแหน่ง Home

ก. เพื่อความสวยงาม ข. เพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานเร็วขึ้น

ค. เพื่อความปลอดภัยและอ้างอิงตำแหน่งเริ่มต้น ง. เพื่อให้โปรแกรมรันได้

16. การใช้ Simulator มีประโยชน์หลักด้านใด

ก. เพิ่มความเร็วการผลิต ข. ทดสอบโปรแกรมก่อนใช้งานจริง

ค. ลดขนาดหุ่นยนต์ ง. เพิ่มแรงดูด

17. การเพิ่ม Delay Time หลัง Suction ON มีผลอย่างไร

ก. ช่วยให้แรงดูดทำงานสมบูรณ์ ข. ทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ช้าลงเสมอ

ค. ลดความแม่นยำของตำแหน่ง ง. ไม่ส่งผลต่อการทำงาน

18. หากไม่ตั้งค่า Delay Time หลัง Suction ON จะเกิดผลใด

ก. โปรแกรมรันทันที สำเร็จ

ข. หุ่นยนต์หยิบชิ้นงานไม่

ค. ระบบหยุดทำงาน

ง. ไม่เกิดผลใด

19. จากมุมมองผู้ใช้งาน Blockly ช่วยพัฒนาทักษะใดเด่นที่สุด

ก. การคิดเชิงระบบและลำดับขั้น

ข. การคำนวณขั้นสูง

ค. การเขียนโค้ดภาษา C

ง. การออกแบบฮาร์ดแวร์

20. โปรแกรมที่รันได้แตกต่างจากโปรแกรมที่ทำงานได้จริงและปลอดภัยอย่างไร

ก. ใช้บล็อกน้อยกว่า

ข. ใช้คำสั่ง MoveJ เท่านั้น

ค. ต้องคำนึงถึงเส้นทาง ความปลอดภัย และชิ้นงานจริง

ง. ต้องมี Flowchart เท่านั้น

เฉลยข้อสอบกิจกรรมที่ 4

1.ข	6.ง	11.ค	16.ข
2.ค	7.ข	12.ง	17.ก
3.ข	8.ค	13.ง	18.ข
4.ค	9.ข	14.ข	19.ก
5.ข	10.ค	15.ค	20.ค

ชื่อ-สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....กลุ่มเรียน.....

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้การจำลองระบบหุ่นยนต์เชิงฐาน
เพื่อส่งเสริมความสามารถการแก้ปัญหาและการคิดเชิงระบบในบริบทการศึกษาสะเต็ม

กิจกรรมที่ 5 การประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นในกระบวนการหยิบและวาง

1. วัตถุประสงค์หลักของคำสั่ง Jump ในงาน Pick & Place คือข้อใด
    ก. เพิ่มความเร็วของหุ่นยนต์
    ข. ลดการใช้พลังงาน
    ค. ป้องกันการชนระหว่างการเคลื่อนที่
    ง. เพิ่มความแม่นยำของตำแหน่ง
2. การใช้ Jump แตกต่างจากการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง (MoveL) อย่างไร
    ก. Jump เคลื่อนที่เร็วกว่าเสมอ
    ข. Jump ยกปลายแขนขึ้นก่อนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใหม่
    ค. Jump ใช้เฉพาะกับ Loop
    ง. Jump ไม่สามารถใช้ในงานหยิบ–วาง
3. ตำแหน่งใดเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้ Jump
    ก. Pick
    ข. Place
    ค. Above Pick และ Above Place
    ง. Home เท่านั้น
4. หากไม่ใช้ Jump ในงาน Pick & Place อาจเกิดปัญหาใด
    ก. โปรแกรมทำงานช้าลง
    ข. การคำนวณตำแหน่งผิดพลาด
    ค. การชนชิ้นงานหรือสิ่งกีดขวาง
    ง. ไม่สามารถใช้ Loop ได้
5. ข้อใดเป็นลำดับการใช้ Jump ที่ถูกต้อง
    ก. Pick ⟶ Jump ⟶ Place
    ข. Jump ⟶ Pick ⟶ Jump ⟶ Place
    ค. Jump ⟶ Above Pick ⟶ Pick
    ง. Home ⟶ Pick ⟶ Place

6. การปรับความสูงของตำแหน่ง Above ส่งผลต่อสิ่งใดมากที่สุด

ก. สีของชิ้นงาน

ข. ความปลอดภัยของเส้นทาง

ค. จำนวนรอบการทำงาน

ง. การทำงานของ Digital Input

7. ข้อใดแสดงถึงการใช้ Jump ได้เหมาะสม

ก. หุ่นลากปลายแขนผ่านชิ้นงาน

ข. หุ่นเคลื่อนที่ตรงตลอดเวลา

ค. หุ่นยกปลายแขนขึ้นก่อนเปลี่ยนตำแหน่ง

ง. หุ่นหยุดกลางทางทุกครั้ง

8. คำสั่ง Loop ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ใด

ก. ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่

ข. ทำงานซ้ำตามจำนวนที่กำหนด

ค. ป้องกันการชน

ง. ควบคุมสัญญาณอินพุต

9. หากต้องการให้หุ่นยนต์หยิบ–วาง 5 ครั้ง ควรใช้คำสั่งใด

ก. Jump

ข. Digital Input

ค. Repeat 5 times

ง. MoveJ

10. ข้อใดเป็นผลดีของการใช้ Loop ในงาน Pick & Place

ก. ลดความจำเป็นในการกำหนดตำแหน่ง

ข. ลดการใช้ Jump

ค. ทำให้หุ่นยนต์หยุดอัตโนมัติ

ง. เพิ่มความสม่ำเสมอของการทำงาน

11. การวางคำสั่ง Pick & Place ไว้ภายใน Loop หมายความว่าอย่างไร

ก. ทำงานเพียงครั้งเดียว

ข. ทำงานแบบสุ่ม

ค. ทำงานซ้ำตามจำนวนรอบ

ง. ทำงานเฉพาะเมื่อมี DI

12. ข้อใดควรพิจารณาเมื่อตั้งค่า Loop

ก. สีของชิ้นงาน

ข. จำนวนรอบที่เหมาะสม

ค. ประเภทของเซนเซอร์

ง. รูปแบบ End Effector

13. หากตั้งค่า Loop ผิดพลาด อาจเกิดปัญหาใด

ก. หุ่นไม่สามารถเปิดเครื่อง

ข. หุ่นทำงานเกินจำนวนที่ต้องการ

ค. หุ่นไม่สามารถใช้ Jump

ง. หุ่นไม่รับค่า Digital Input

14. การใช้ Jump ร่วมกับ Loop มีผลอย่างไร

ก. ลดจำนวนรอบ

ข. เพิ่มความปลอดภัยและความสม่ำเสมอ

ค. ทำให้ Loop ทำงานไม่ได้

ง. ไม่มีผลต่อการทำงาน

15. Digital Input คืออะไร

ก. สัญญาณควบคุมแบบ 0/1

ข. คำสั่งควบคุมความเร็ว

ค. คำสั่งเคลื่อนที่

ง. คำสั่งทำงานซ้ำ

16. ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็น Digital Input คือข้อใด

ก. มอเตอร์

ข. แกนหุ่นยนต์

ค. ปุ่มกด

ง. End Effector

17. หากกำหนดให้ DI = 1 หุ่นเริ่มทำงาน หมายความว่าอย่างไร

ก. หุ่นหยุดทำงาน

ข. หุ่นอยู่ในโหมดรอ

ค. หุ่นเริ่มกระบวนการ Pick & Place

ง. หุ่นกลับ Home

18. ประโยชน์หลักของการใช้ Digital Input คือข้อใด

ก. เพิ่มความเร็วการเคลื่อนที่

ข. แทนที่ Jump และ Loop

ค. ลดจำนวนคำสั่ง

ง. ควบคุมการเริ่ม–หยุดการทำงานตามเงื่อนไข

19. หาก DI = 0 ระบบควรมีพฤติกรรมใด

ก. ทำงานต่อเนื่อง

ข. หยุดในตำแหน่งปลอดภัยหรือรอคำสั่ง

ค. รีเซตโปรแกรม

ง. เพิ่มจำนวนรอบ Loop

20. การใช้ Digital Input ในงาน Pick & Place สะท้อนลักษณะใดของงานอุตสาหกรรม

ก. การควบคุมแบบอัตโนมัติ

ข. การทำงานแบบสุ่ม

ค. การทำงานด้วยมือ

ง. การเคลื่อนที่แบบอิสระ

เฉลยข้อสอบกิจกรรมที่ 5

1.ค	5.ค	9.ค	13.ข	17.ค
2.ข	6.ข	10.ง	14.ข	18.ง
3.ค	7.ค	11.ค	15.ก	19.ข
4.ค	8.ข	12.ข	16.ค	20.ก

ภาคผนวก ค

ภาพประกอบการทดลอง



ภาพที่ ค.1 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



ภาพที่ ค.2 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



ภาพที่ ค.3 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



ภาพที่ ค.4 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



ภาพที่ ค.5 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



ภาพที่ ค.6 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้



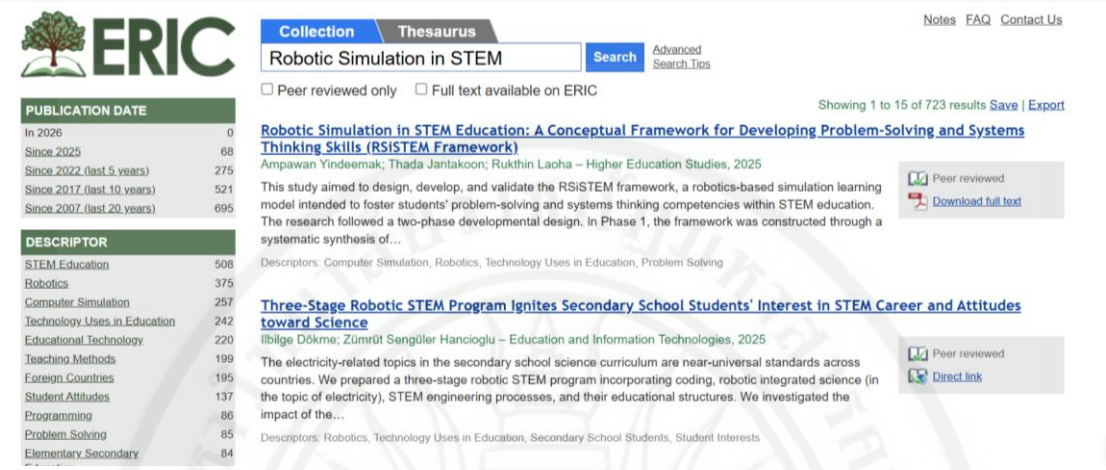
ภาพที่ ค.7 บรรยากาศการทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้

RAJABHAT MAHA SARAKHAM UNIVERSITY

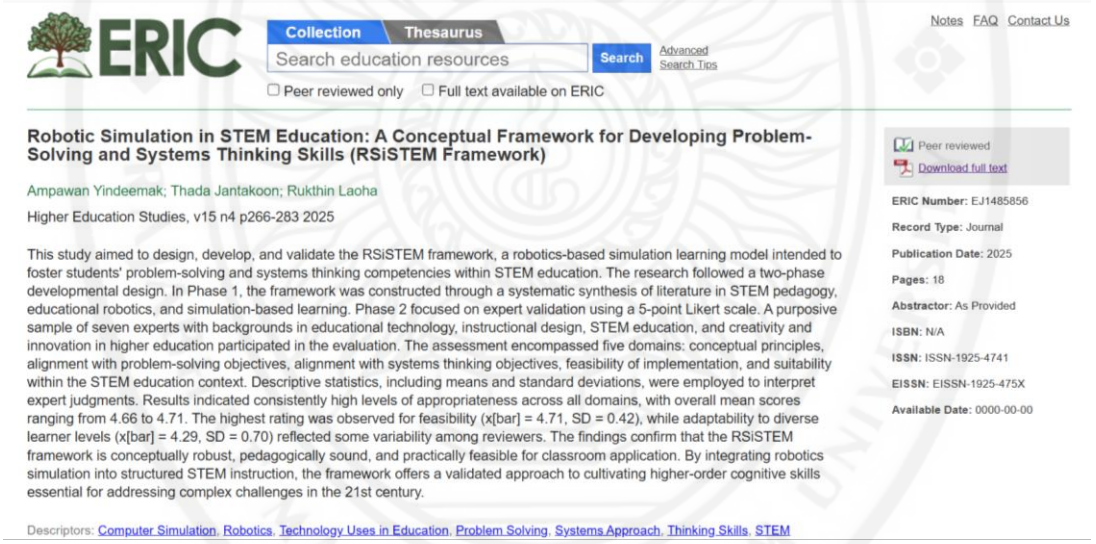
ภาคผนวก ง

ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์

Yindeemak, A., Jantakoon, T., & Laoha, R. (2025). *Robotic simulation in STEM education: A conceptual framework for developing problem-solving and systems thinking skills (RSiSTEM framework).* **Higher Education Studies, 15**(4). https://doi.org/10.5539/hes.v15n4p266



ภาพที่ ง.1 ผลการสืบค้นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์จากฐานข้อมูล ERIC



ภาพที่ ง.2 ผลการสืบค้นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์จากฐานข้อมูล ERIC

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

Yindeemak, A., Jantakoon, T. & Laoha, R. (2025). Robotic simulation in STEM education: A conceptual framework for developing problem-solving and systems thinking skills (RSiSTEM framework). *Higher Education Studies*, 15(4).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวอัมพวรรณ ยินดีมาก

วันเกิด วันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2522

สถานที่เกิด จังหวัดขอนแก่น

ที่อยู่ปัจจุบัน 105 หมู่ 10 ตำบลบ้านเป็ด อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

สถานที่ทำงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2548 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

พ.ศ. 2555 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2569 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม