

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
 ผ่านการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
 DEVELOPING NINTH GRADERS' COMPLEX PROBLEM SOLVING COMPETENCY VIA
 ENGINEERING DESIGN PROBLEM-BASED LEARNING

Received: March 16, 2020

Revised: May 18, 2020

Accepted: May 19, 2020

ณภัทร วอนศิริ¹ เบญจพร ปันทพลังกูร² และจีระวรรณ เกษสิงห์^{3*}
 Napat Wonsiri¹ Benjaporn Pantapalangkoor² and Jeerawan Ketsing^{3*}

^{1,3}คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{1,3}Faculty of Education, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand²Kasetsart University Laboratory School, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: fedujwk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาเป็นสมรรถนะพื้นฐานของการประกอบอาชีพทุกอาชีพในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 38 คน ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนถูกนำมาใช้เพื่อติดตามพัฒนาการของนักเรียน แบบวัดแต่ละฉบับประกอบด้วย สถานการณ์ปัญหาและข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ที่สอดคล้องกับองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในระดับสูง หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวน 3 ครั้ง โดยองค์ประกอบที่นักเรียนมีการพัฒนามากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ 1) ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2) ประเมินความซับซ้อนของปัญหาได้ และ 3) ระบุความเชื่อมโยงของตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบที่นักเรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาอยู่ คือ ประเมินความเหมาะสมของแนวทางหรือข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาได้ ผลการวิจัยนี้ให้ข้อเสนอแนะแก่ครูผู้สอนว่าควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้รู้อย่างไรเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

คำสำคัญ: การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน การออกแบบเชิงวิศวกรรม การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

Abstract

Complex problem solving is a competency necessary for taking any careers in the 21st century world. The goal of this study was to enhance a class of grade 9 students' Complex problem solving competency by using an engineering design problem-based learning. The participants were 38 ninth graders of a laboratory school located in Bangkok. A set of complex problem solving test was used for tracking the students' complex problem solving

development. Each test consisted of one problem scenario and seven open-ended questions in relation to the 7 components of the complex problem solving. Findings from content analysis reveal that the majority of students arrive at the high competency level after experiencing three cycles of teaching through the engineering design problem-based learning. Top three components of complex problem solving with which the students present high development are: 1) identify problem, 2) evaluate the complexity of the problem, and 3) identify the relationship among variables related to the problem, respectively. However, the component by which many students struggle with is to evaluate the appropriateness of the solution. This study provides suggestions for teachers on how to create learning activities that promote children's development of complex problem solving.

Keywords: Complex Problem Solving, Engineering Design, Problem-based Learning

บทนำ

การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex problem solving) นับเป็นสมรรถนะฐานรากที่ทุกอาชีพในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ต้องการ (Fischer & Neubert, 2015, p.1) ดังที่องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) ได้มีการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา (Problem Solving Competency) ของนักเรียนควบคู่กับการประเมินความฉลาดรู้ในด้านอื่นๆ ในโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) เพื่อบ่งชี้ว่าแต่ละประเทศได้เตรียมความพร้อมให้แก่เยาวชนของตนอย่างเพียงพอหรือไม่ อย่างไร ซึ่งการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจำเป็นต้องแก้ไขด้วยทักษะการแก้ปัญหาขั้นสูง ซึ่ง OECD ได้เริ่มประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาลักษณะนี้เมื่อปี ค.ศ. 2012 (OECD, 2013, p. 139) และมีการประเมินต่อเนื่องในปี ค.ศ. 2015 โดยพัฒนามาเป็นการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) ซึ่งผลการประเมินของนักเรียนไทยในปี 2015 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ประมาณ 42% มีความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับที่ 1 จากทั้งหมด 6 ระดับ หมายความว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในระดับความยากไม่มาก หรือปัญหาที่ไม่ซับซ้อนได้ และนักเรียนขาดความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการทำงานแบบร่วมมือภายในกลุ่ม (PISA Thailand, 2018, pp. 7-8) ข้อเท็จจริงข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนไทยยังประสบปัญหาในการเชื่อมโยงประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนไปสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงนอกห้องเรียน สอดคล้องกับ Sangthong (2010) และ Kamtha (2014) ที่พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ขาดความสามารถในการนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนในชั้นเรียนไปใช้อธิบายหรือแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน

ในทำนองเดียวกัน ผู้วิจัยในฐานะนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพศึกษาศาสตร์ พบว่า นักเรียนในห้องเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนประสบปัญหาในการเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนไปใช้ในการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน โดยในภาคเรียนที่ 1 ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบข้าวของเครื่องใช้ที่เหมาะสมกับนักบินอวกาศที่จะนำไปใช้ในสภาพไร้น้ำหนัก และพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถออกแบบข้าวของเครื่องใช้ที่เหมาะสมในสภาพไร้น้ำหนักโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เรียนมาได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาคาสุการณ์สูญเสียมวลหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศป่าดิบชื้นของไทย อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพบว่านักเรียน 1 ใน 3 ของห้อง เสนอแนวทางแก้ไขปัญหายังไม่สะท้อนความเข้าใจความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การใช้เทคโนโลยี สภาพเศรษฐกิจและสังคม ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยหรือตัวแปรที่หลากหลายและมีความสัมพันธ์กัน

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การแก้ปัญหา (Problem Solving) คือความพยายามที่เราต้องการเอาชนะหรือจัดการกับอุปสรรคต่าง ๆ ที่เป็นตัวกั้นขวางระหว่างสถานการณ์ที่เป็นอยู่ ณ ปัจจุบัน และเป้าหมายที่เราต้องการไปถึง ซึ่งใน

การแก้ปัญหาเราต้องใช้ทั้งความรู้ ความคิด สติปัญญา ความฉลาดทางอารมณ์ และปัจจัยแวดล้อมด้านจิตใจไปพร้อมกันด้วย (Funke as cited in OECD, 2013, p. 121) ดังนั้น การแก้ปัญหาจึงถูกมองว่าเป็นสมรรถนะ (OECD, 2013, p. 121) ส่วนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน มีความหมายเช่นเดียวกัน แต่ลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่ต้องการแก้ไขมีความซับซ้อนกว่า กล่าวคือปัญหาที่ต้องการแก้ไขนั้นเกี่ยวข้องกับตัวแปรหรือปัจจัย (Variables) หลายอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน (Connectivity) มีความเป็นพลวัต (Dynamics) คือเกี่ยวข้องกับเวลาและผลที่เกิดก่อนหน้า มีความไม่ชัดเจน (Intransparency) ว่าตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีอะไรบ้าง และปัจจัยเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด รวมทั้งอาจพบว่ามีเป้าหมายหลายอย่าง (Many Goals) ขณะที่เป้าหมายบางอย่างอาจมีความขัดแย้งกันในตัว (Funke, 2012, p. 682) อาทิ ปัญหาไวรัส COVID-19 กับกรณีผู้ใช้แรงงานคนไทยผิดกฎหมายในประเทศเกาหลีใต้ (ผีน้อย) ที่กำลังทยอยเดินทางกลับไทย ซึ่งปัญหานี้มีความซับซ้อนมาก เนื่องจากขณะที่รัฐบาลไทยมีเป้าหมายต้องการให้เกิดความปลอดภัยแก่คนไทยในประเทศไทย ขณะเดียวกันก็มีเป้าหมายที่ต้องการดูแลคนไทยในต่างประเทศ และยังมีตัวแปรที่รัฐต้องพิจารณาเพื่อแก้ไขปัญหานี้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของเวลาในการกักตัว สถานที่กักตัว จำนวนแรงงานผีน้อยที่มีมากถึงแสนกว่าคน มาตรการคัดกรองผู้ป่วย การดูแลรักษาพยาบาล สิทธิมนุษยชน กฎหมายแรงงานระหว่างประเทศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัญหาล้างฝุ่น PM_{2.5} และปัญหาเศรษฐกิจตกต่ำ ซึ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนที่ทุกคนต้องเผชิญอยู่ในโลกยุคปัจจุบัน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่การศึกษาในโรงเรียนต้องเตรียมความพร้อมให้แก่เยาวชนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

จากการตรวจเอกสาร PISA 2012 (OECD, 2013, p. 126) พบว่า กระบวนการในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 4 ข้อหลัก ได้แก่ 1) การสำรวจและทำความเข้าใจปัญหา ข้อนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนสำรวจและสังเกตสถานการณ์ หาความสัมพันธ์ของข้อมูล พยายามค้นหาข้อจำกัดและอุปสรรคของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นทำความเข้าใจกับข้อมูลเพื่อประกอบการหาคำตอบ 2) การสร้างคำอธิบาย นักเรียนจะต้องอธิบายสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์เชื่อมโยงข้อมูลและนำเสนอสิ่งที่สัมพันธ์กับปัญหาในรูปแบบที่เข้าใจได้ 3) การคิดหาวิธีในการจัดการกับปัญหา และดำเนินงานตามยุทธวิธีดังกล่าว นักเรียนจะวางแผนอย่างเป็นระบบและลงมือปฏิบัติตามแผนที่ออกแบบไว้ เพื่อจัดการแก้ไขปัญหา และหาข้อสรุปแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสม และ (4) การติดตามและสะท้อนผลการดำเนินการตามแผน นักเรียนจะต้องติดตามและตรวจสอบผลระหว่างดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และเมื่อดำเนินการเสร็จสิ้นแล้ว นักเรียนจะต้องประเมินความเหมาะสมของวิธีการแก้ไขปัญหาได้ ซึ่งสาเหตุที่เลือกกรอบแนวคิดสมรรถนะการแก้ปัญหา (Problem-Solving Competency) ของ PISA 2012 แทนที่จะใช้กรอบแนวคิดการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving) ของ PISA 2015 เนื่องจากการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เป็นตัวแปรที่พัฒนาต่อยอดมาจากสมรรถนะการแก้ปัญหาใน PISA 2012 แต่เน้นทักษะการทำงานร่วมกันของนักเรียนในกระบวนการแก้ปัญหามากขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้เห็นว่าหากเน้นทั้ง 2 มิติไปพร้อมกัน จะเพิ่มความยากให้ทั้งตัวผู้วิจัยเองในฐานะนิสิตฝึกสอน และตัวนักเรียนที่ไม่คุ้นเคยกับการเรียนในลักษณะนี้ จึงมองว่าควรเน้นเรื่องเดียวก่อน จึงได้เลือกใช้กรอบแนวคิดของสมรรถนะการแก้ปัญหา (Problem-Solving Competency) ของ PISA 2012

จากการทบทวนวรรณกรรมเพื่อค้นหาระบบการสอนที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน พบว่า การจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการสร้างนวัตกรรม (Grubbs & Strimel, 2015, pp. 77-78) นักเรียนได้ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นพื้นฐานในการจัดการกับปัญหาในชีวิตจริง (National STEM Education Center, 2015, p. 3) โดยสาเหตุที่เลือกใช้การจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อแปลงลงสู่กิจกรรมการเรียนรู้ แทนที่จะใช้หลักคิดเชิงทฤษฎีของตัวแปรการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนมาแปลงลงสู่กิจกรรมนั้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิธีนี้มีลำดับขั้นตอนชัดเจน จึงช่วยให้ผู้ปฏิบัติ ในกรณีนี้คือครูและผู้วิจัยเองที่เป็นนิสิตฝึกสอน ในการยึดเป็นหลักปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ เพื่อนำนักเรียนไปสู่การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา โดยเมื่อได้ฝึกปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการสอนนี้อย่างต่อเนื่อง จึงคาดว่าจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ในที่สุด ถึงแม้ว่ายังไม่มีการวิจัย

ก่อนหน้าที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในการพัฒนาการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของผู้เรียน แต่พบว่าด้วยหลักการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นสามารถสอดแทรกการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ ซึ่งได้แสดงตัวอย่างการสอดแทรกไว้ในตาราง 1 จึงนับเป็นช่องว่างขององค์ความรู้ในเรื่องนี้ที่มีความน่าสนใจ

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน อย่างไรก็ตามในระดับห้องเรียน สถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้ในการสอนจะมีความซับซ้อนหรือความยากของสถานการณ์ไม่มากนัก เนื่องจากการเริ่มต้นฝึกฝนสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ดำเนินการวิจัยตามแนวคิดของ Kemmis et al. (2014, pp. 18-19) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนความคิด ประกอบด้วย 3 วงจร แบ่งวงจรตามแผนการจัดการเรียนรู้ 3 แผน ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง ได้แก่ แรงพุง แรงเสียดทาน และโมเมนต์ของแรง ตามลำดับ จากนั้นนำผลการสะท้อนความคิดในวงจรก่อนหน้าไปปรับปรุงการสอนในวงจรต่อไป ดำเนินการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาสอนแผนละ 5 คาบๆ ละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 15 คาบ โดยบทความวิจัยนี้นำเสนอผลเฉพาะในส่วนของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียน ไม่ได้รายงานผลในส่วนของแนวปฏิบัติที่ดีในการสอน

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้อง ที่ได้รับการคัดเลือกอย่างเจาะจง (Purposive Sampling) จากห้องที่ผู้วิจัยคนที่ 1 เป็นผู้รับผิดชอบสอนในฐานะนิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพศึกษาศาสตร์ รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน นักเรียนในห้องเรียนนี้ไม่มีปัญหาพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านอื่นๆ นักเรียนมีพื้นฐานทางการเรียนดี มีทักษะการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างดี และมีความตั้งใจเรียน ซึ่งลักษณะของนักเรียนนับเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่เลือกนักเรียนห้องนี้ เนื่องจากวิธีการสอนที่เลือกใช้ และตัวแปรที่ต้องการพัฒนา คือการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ต้องอาศัยทั้งความรู้สติปัญญา ความฉลาดทางอารมณ์ และปัจจัยแวดล้อมด้านจิตใจเป็นตัวเกื้อหนุนไปพร้อมกัน (Funke as cited in OECD, 2013, p. 121) ห้องเรียนนี้มีนักเรียนจำนวน 38 คน เป็นชาย 18 คน และหญิง 20 คน

แผนการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

งานวิจัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งมีหลักการสำคัญ คือ การนำสถานการณ์ปัญหาในชีวิตจริงหรือสถานการณ์สมมติที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาใช้เป็นบริบทของการจัดการเรียนรู้ เพื่อฝึกการคิดแก้ปัญหาของนักเรียน ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Grubbs & Strimel, 2015, pp. 77-90) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) เป็นการสร้างสถานการณ์หรือบริบทเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และฝึกให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ในขั้นนี้นักเรียนค้นหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง พร้อมกับเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการกับปัญหา 3) ขั้นอธิบายความรู้ (Explain) นักเรียนสรุปและอธิบายองค์ความรู้ที่สร้างขึ้น และครูช่วยจัดการกับความรู้ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน 4) ขั้นออกแบบทางวิศวกรรม (Engineer)

นักเรียนประยุกต์ความรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อวางแผน ออกแบบชิ้นงาน นวัตกรรม หรือวิธีการเพื่อจัดการกับปัญหา และ 5) ขั้นประเมิน (Evaluate) นักเรียนประเมินการทำงานและชิ้นงานของตนเอง

โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ถูกออกแบบภายใต้กรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Grubbs & Strimel, 2015, pp. 83-84) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังกล่าวข้างต้น มีจำนวนทั้งสิ้น 3 แผนๆ ละ 5 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ได้แก่ เรื่องแรงพุง เรื่องแรงเสียดทาน และเรื่องโมเมนต์ของแรง ในแต่ละแผนจะมีสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนพิจารณาและหาทางแก้ไขปัญหโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มาประกอบกัน และในทุกแผนจะใช้สถานการณ์หลักเดียวกัน คือ สถานการณ์น้ำท่วมที่จังหวัดอุบลราชธานี ปี พ.ศ. 2562 โดยแผนที่ 1 เรื่องแรงพุง ปัญหาคือชาวบ้านไม่มีที่อยู่อาศัยที่แข็งแรงและปลอดภัย แผนที่ 2 เรื่องแรงเสียดทาน ปัญหาคือการขนส่งยังชีพเพื่อนำไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยน้ำท่วมมีความล่าช้าและยากลำบาก และแผนที่ 3 เรื่องโมเมนต์ของแรง ปัญหาคือชาวบ้านต้องใช้แรงมากในการใช้ขอหาปลา เนื่องจากอาหารไม่เพียงพอและไม่สามารถออกไปซื้ออาหารได้

แผนการจัดการเรียนรู้ผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งเป็นครูประจำการในโรงเรียนสาธิต มีประสบการณ์การสอน 20 ปี จำนวน 1 คน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นอาจารย์ในคณะครุศาสตร์ และคณะศึกษาศาสตร์ จำนวน 2 คน จากนั้นผู้เชี่ยวชาญทำการหารือกันแบบพบหน้าเพื่อร่วมกันปรับแผนการสอนร่วมกับผู้วิจัยคนที่ 1 เพื่อให้การสอนสามารถส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนได้ พร้อมทั้งร่วมกันเข้าสู่เหตุการณ์สอน และให้การนิเทศการสอนของผู้วิจัยท่านที่ 1 ร่วมกัน และนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับการสอนในแผนต่อไป ตามลำดับ ดังแสดงตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง โมเมนต์ของแรง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	องค์ประกอบของสมรรถนะที่ต้องการพัฒนา
1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (20 นาที)	นักเรียนพิจารณาสถานการณ์ปัญหาจากการฟังเรื่องเล่า สถานการณ์ประกอบการใช้โมเดลของครู ได้แก่ ยอยกปลา กับปลา และให้นักเรียนระบุปัญหาของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ในกรณีนี้สถานการณ์คือ จากเหตุการณ์น้ำท่วมจังหวัดอุบลราชธานี ทำให้ชาวบ้านขาดแคลนอาหาร ไม่สามารถไปซื้ออาหารได้ ชาวบ้านบางส่วนจึงต้องหาอาหารกินเอง โดยใช้ยอยกปลา ในการหาสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำที่ท่วมขังอยู่ ซึ่งตัวยอยกปลามีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ส่งผลให้แต่ละครั้งที่ยกยอยต้องใช้แรงมาก เนื่องจากมีทั้งน้ำหนักยกและตัวปลา ในการจะยกปลาขึ้นมาในแต่ละรอบ ซึ่งอาจไม่คุ้มกับแรงที่เสียไป เพราะไม่ใช่ทุกครั้งที่ยกขึ้นมาแล้วจะได้ปลา และชาวบ้านก็ไม่สามารถเปลี่ยนอุปกรณ์หาปลาได้ เนื่องจากชาวบ้านไม่มีเงิน จึงมอบภารกิจออกแบบยอยกปลาที่ใช้แรงในการยกน้อยลง แต่สามารถยกปลาที่มีน้ำหนักมากได้ สะดวกในการใช้ และราคาไม่แพง	- ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมการเรียนรู้	องค์ประกอบของสมรรถนะที่ต้องการพัฒนา
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (80 นาที)	นักเรียนวิเคราะห์ปัญหา โดยระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานี้ขึ้น และระบุความสัมพันธ์ของปัญหาและตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา พร้อมทั้งสำรวจและสร้างองค์ความรู้ โดยทำการทดลองเรื่อง โมเมนต์ของแรง จากนั้นนำความรู้ไปใช้ในการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหา	- ประเมินความซับซ้อนของปัญหาโดยระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ - ระบุความเชื่อมโยงของแต่ละตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้
3. ขั้นอธิบายความรู้ (20 นาที)	นักเรียนรวบรวมความรู้ที่ได้จากการทดลอง และนำมาจัดกระทำข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้แก้ปัญหา	- รวบรวมข้อมูลและวางแผนการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความสำคัญของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้อย่างเหมาะสม
4. ขั้นออกแบบเชิงวิศวกรรม (115 นาที)	นักเรียนออกแบบ วางแผน และสร้างยอยกปลาที่ใช้แรงในการยกน้อยลง แต่สามารถยกปลาได้เท่าเดิม จากนั้นนำไปทดสอบ และทำการปรับปรุงก่อนทดสอบอีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบผลกับกลุ่มอื่น ๆ และลงข้อสรุปวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม	- เลือกและปฏิบัติตามแผนโดยคำนึงถึงความสำคัญของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้ - ค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ไขปัญหาค
5. ขั้นประเมิน (15 นาที)	นักเรียนประเมินความเหมาะสมของยอยกปลา ในด้านการแก้ปัญหา ด้านความเหมาะสมของวัสดุ และความถูกต้องของเนื้อหาความรู้	- ประเมินความเหมาะสมของแนวทางหรือข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาได้

แบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์นิยามของการแก้ปัญหา ลักษณะหรือธรรมชาติของปัญหาที่มีความซับซ้อน และกระบวนการแก้ปัญหาที่ระบุใน PISA 2012 ดังกล่าวไว้ในบทนำ และนำมาสร้างเป็นพฤติกรรมบ่งชี้ที่นักเรียนพึงแสดงออก หรือที่เรียกว่า องค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) นักเรียนสามารถระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2) นักเรียนสามารถประเมินความซับซ้อนของปัญหาโดยระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ 3) นักเรียนสามารถระบุความเชื่อมโยงของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาได้ 4) นักเรียนสามารถรวบรวมข้อมูลและวางแผนการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความสำคัญของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้อย่างเหมาะสม 5) นักเรียนสามารถเลือกและปฏิบัติตามแผนโดยคำนึงถึงความสำคัญของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้อย่างเหมาะสม 6) นักเรียนสามารถหาแนวทางแก้ปัญหาหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ไขปัญหาค และ 7) นักเรียนสามารถประเมินความเหมาะสมของแนวทางหรือข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาได้ ตามลำดับ

จากนั้นทำการสร้างแบบวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ซึ่งมีจำนวน 3 ฉบับๆ ละ 1 สถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน 3 เรื่อง ได้แก่ แรงพุง แรงเสียดทาน และโมเมนต์ของแรง ซึ่งสถานการณ์ปัญหา มีดังนี้ 1) เรื่องแรงพุง เป็นปัญหาเกี่ยวกับการช่วยเหลือคนจมน้ำ ที่ผู้ช่วยอาจเสียชีวิตเอง เนื่องจากไม่ได้ใส่เสื้อชูชีพ เพราะถ้าใส่จะทำให้ดำลงไปใต้น้ำไม่ได้ดังนั้นจึงให้นักเรียนช่วยแก้ไขปัญหาคโดยออกแบบเสื้อชูชีพที่สามารถดำลงไปใต้น้ำได้ และสามารถทำให้ลอยกลับขึ้นมาสู่ผิวน้ำได้เมื่อต้องการ 2) เรื่องแรงเสียดทาน เป็นปัญหาเกี่ยวกับรองเท้าของเด็กๆ ที่เน้นดึงดูดความสนใจ เช่น มีเสียง มีไฟกระพริบ แต่อาจไม่ปลอดภัยด้วยนิสัยของเด็กที่ชอบวิ่งเล่นซุกซน จึงให้นักเรียนช่วยแก้ไขปัญหาคโดยออกแบบรองเท้าที่สามารถช่วยลดอุบัติเหตุการลื่นล้มของเด็ก

และ 3) เรื่องโมเมนต์ของแรง เป็นปัญหาเกี่ยวกับเรือแจวรับจ้างตามสถานที่ท่องเที่ยวธรรมชาติแบบ Slow life โดยเรือแจวบางครั้งต้องพายทวนกระแสน้ำ จึงทำให้ใช้แรงมากและเกิดความเหนื่อยล้า ดังนั้นจึงให้นักเรียนช่วยแก้ไขปัญหาโดยออกแบบเรือแจวที่สามารถพายผู้โดยสารนั่งชมธรรมชาติได้จำนวนเท่าเดิม แต่ออกแรงพายเรื่อน้อยลง และไม่ใช้เครื่องยนต์ โดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบวัดแต่ละฉบับหลังเสร็จสิ้นการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ให้เวลาทำครั้งละ 30 นาที แบบวัดทั้ง 3 ฉบับมีโครงสร้างเหมือนกัน คือประกอบด้วยสถานการณ์ปัญหา 1 สถานการณ์ ตามด้วยข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ที่ครอบคลุมองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน 7 ประการที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยแบบวัดทั้ง 3 ฉบับผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านเป็นชุดเดียวกับที่ตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขแบบวัด นำแบบวัดไปทดลองใช้กับนักเรียนอีกห้องเรียนหนึ่งเพื่อปรับภาพและภาษา ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการศึกษาการพัฒนสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียน โดยใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยนำคำตอบของนักเรียนมาจัดกลุ่มและให้คะแนนตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้นเบื้องต้น 4 ระดับ ได้แก่ 3 คะแนน 2 คะแนน 1 คะแนน และ 0 คะแนน จากนั้นมีการปรับเกณฑ์ให้สอดคล้องกับคำตอบของนักเรียนมากขึ้น โดยนำคำตอบของนักเรียนทั้งหมดมาเทียบกับเกณฑ์ก่อนหน้า เพื่อหาคำตอบของนักเรียนที่ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ จากนั้นปรับเกณฑ์ให้ครอบคลุมคำตอบที่เป็นไปได้ของนักเรียน ดังแสดงเกณฑ์ที่ปรับใหม่ในภาคผนวก จากนั้นทำการวิเคราะห์ใน 2 รูปแบบ ได้แก่

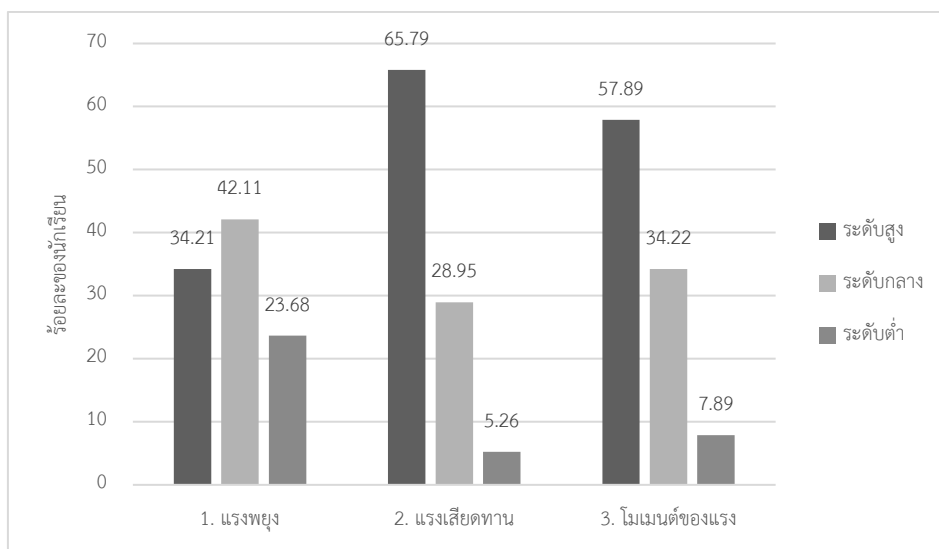
1) แบบที่ 1 วิเคราะห์ภาพรวมของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ในแต่ละวงจรการวิจัย โดยคำนวณคะแนนของนักเรียนรายบุคคลรวมทุกองค์ประกอบ จากนั้นจัดกลุ่มนักเรียนตามช่วงคะแนนที่ได้เป็น 3 ระดับ คือ สูง (15-21 คะแนน) ปานกลาง (8-14 คะแนน) และต่ำ (0-7 คะแนน) เพื่อบ่งชี้ว่าการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนพัฒนสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้มากน้อยเพียงใด ในแต่ละวงจรการวิจัย

2) แบบที่ 2 วิเคราะห์โดยยึดองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนเป็นหลัก โดยคำนวณหาจำนวนนักเรียนที่ได้แต่ละระดับคะแนนแยกรายองค์ประกอบ ในแต่ละวงจรการวิจัย จากนั้นนำจำนวนของนักเรียนที่ได้ระดับคะแนนเต็ม 3 คะแนนมาแสดงในแผนภูมิเรดาร์ ตามวงจรการวิจัย เพื่อบ่งชี้ว่าองค์ประกอบใดที่นักเรียนมีการพัฒนาดีขึ้น และองค์ประกอบใดที่ยังมีปัญหาอยู่

ผู้วิจัยสร้างความน่าเชื่อถือให้กับผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำ Inter-rater reliability กับครูพี่เลี้ยง โดยสุ่มแบบวัดจำนวน 5 ฉบับจากกลุ่มที่ศึกษา มาแยกวิเคราะห์แบบอิสระตามเกณฑ์ที่กำหนด จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาอภิปรายร่วมกันจนได้ข้อตกลงตรงกันทุกประเด็น จากนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์แบบวัดที่เหลือ เสร็จแล้วนำเสนอผลการวิเคราะห์ที่ได้เสนอให้อาจารย์นิเทศก์ตรวจสอบ พร้อมเกณฑ์การประเมินและตัวอย่างคำตอบของนักเรียน และทำการวิเคราะห์ใหม่ในประเด็นที่ไม่ชัดเจน จนเมื่อมีความคิดเห็นตรงกันในทุกประเด็น

ผลการวิจัย

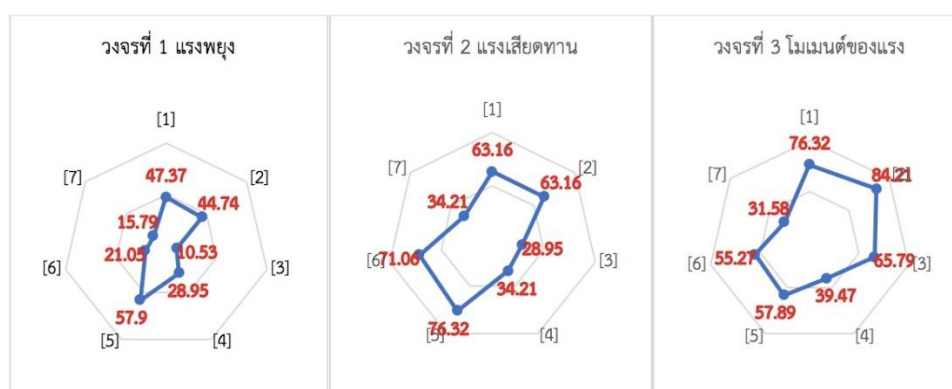
ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนในภาพรวม ผลการวิจัย พบว่า หลังเสร็จสิ้นการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ดังภาพ 1



ภาพ 1 ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนหลังเรียนในแต่ละแผน

จากภาพ 1 จะเห็นว่า ในแผนการวิจัยวงจรที่ 1 เรื่องแรงพุง นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอยู่ในระดับปานกลาง (16 คน ร้อยละ 42.11) รองลงมา คือ ระดับสูง (13 คน ร้อยละ 34.21) อย่างไรก็ตามมีจำนวนนักเรียนที่อยู่ในระดับต่ำ (9 คน ร้อยละ 23.68) ค่อนข้างมาก แต่เมื่อเข้าสู่แผนการวิจัยวงจรที่ 2 เรื่องแรงเสียดทาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอยู่ในระดับสูง (25 คน ร้อยละ 65.79) รองลงมา คือ ระดับปานกลาง (11 คน ร้อยละ 28.95) และมีนักเรียนน้อยคนที่อยู่ในระดับต่ำ (2 คน ร้อยละ 5.26) ในทำนองเดียวกับแผนการวิจัยวงจรที่ 3 เรื่องโมเมนต์ของแรง พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอยู่ในระดับสูง (22 คน ร้อยละ 57.89) รองลงมา คือ ระดับปานกลาง (13 คน ร้อยละ 34.22) และมีนักเรียนสามคนที่อยู่ในระดับต่ำ สรุปได้ว่าเมื่อนักเรียนได้เรียนรู้และฝึกกระบวนการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ผ่านการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า โดยภาพรวมนักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนดีขึ้น

สมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนแยกรายองค์ประกอบ ผลการวิจัย พบว่า หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน จำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มในแต่ละองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน เป็นดังภาพ 2



หมายเหตุ [1] คือ ระดับปัญหาที่เกิดขึ้นได้

[2] คือ ประเมินความซับซ้อนของปัญหาโดยระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

[3] คือ ระบุความเชื่อมโยงของตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้

[4] คือ รวบรวมข้อมูลและวางแผนการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความสำเร็จของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้อย่างเหมาะสม

[5] คือ เลือกและปฏิบัติตามแผนโดยคำนึงถึงความสำเร็จของตัวแปรหรือปัจจัยที่เป็นสาเหตุของปัญหาตามลำดับได้อย่างเหมาะสม

[6] คือ ค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ปัญหาได้

[7] คือ ประเมินความเหมาะสมของแนวทางหรือข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาได้

ภาพ 2 ร้อยละของนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มในองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน

จากภาพ 2 จะเห็นว่าองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่นักเรียนมีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องในทั้งสามวงจร คือ 4 องค์ประกอบแรก ได้แก่ 1) ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ โดยมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มในองค์ประกอบนี้เพิ่มขึ้นในทุกวงจร จากร้อยละ 47.37 (18 คน) เป็นร้อยละ 63.16 (24 คน) และร้อยละ 76.32 (29 คน) ตามลำดับ 2) ประเมินความซับซ้อนของปัญหาโดยระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ พบว่า มีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มในองค์ประกอบนี้เพิ่มขึ้นในทุกวงจรเช่นกัน คือจากร้อยละ 44.74 (17 คน) เป็นร้อยละ 63.16 (24 คน) และร้อยละ 84.21 (32 คน) ตามลำดับ 3) ระบุความเชื่อมโยงของแต่ละตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ โดยมีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มในองค์ประกอบนี้เพิ่มขึ้นในทุกวงจร จากร้อยละ 10.53 (4 คน) เป็นร้อยละ 28.95 (11 คน) และร้อยละ 65.79 (25 คน) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการวิจัยชี้ว่าองค์ประกอบที่ 4 มีจำนวนคนที่ได้คะแนนเต็มเพิ่มขึ้นไม่มากนัก ขณะที่ใน 3 องค์ประกอบหลัง แม้มีจำนวนนักเรียนที่ได้คะแนนเต็มเพิ่มขึ้นในวงจรการวิจัยที่ 2 เรื่องแรงเสียดทาน แต่กลับลดลงในวงจรที่ 3 เรื่องโมเมนต์ของแรง ซึ่งจะได้อภิปรายถึงสาเหตุต่อไป

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่วนใหญ่มีสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนอยู่ในระดับสูงหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งให้ผลคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Hatraw et al. (2017) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่องสิ่งแวดล้อม สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในทำนองเดียวกับ Chimkul et al. (2017) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้วิธีวิทยาศาสตร์ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ ซึ่งวิธีการสอนในบทความวิจัยนี้เป็นการผสมผสานกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ามาในการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหา โดยพบว่า องค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่พัฒนาได้มากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นได้ 2) ประเมินความซับซ้อนของปัญหาได้ และ 3) ระบุความเชื่อมโยงของตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาได้ โดยสาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะในการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ในขั้นตอนกระตุ้นความสนใจ เน้นเรื่องการสร้างสถานการณ์หรือบริบทเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน และฝึกให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยได้พยายามฝึกทักษะการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้หลายเทคนิคร่วมกัน ได้แก่ การใช้แบบจำลองเพื่อประกอบการอธิบายสถานการณ์ปัญหา การให้เวลานักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรม และการอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน เพื่อสกัดปัญหาจากสถานการณ์ ตัวอย่างเช่นเรื่องแรงเสียดทาน ผู้วิจัยใช้แบบจำลองรถบรรทุกถ่วงขี้พ และศูนย์พักพิงผู้ประสบภัยน้ำท่วม ประกอบการเล่าสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพการขนส่งถ่วงขี้พว่าเป็นไปด้วยความล่าช้าและยากลำบากอย่างไร จากนั้นให้เวลานักเรียนอ่านสถานการณ์ในใบกิจกรรม ก่อนที่จะอภิปรายร่วมกันทั้งชั้นเรียน สอดคล้องกับ Cholsin et al. (2018) ที่พบว่า การใช้ชีวิตที่ศรัทธาให้นักเรียนเกิดความสับสนในกิจกรรม แต่แก้ไขได้โดยครูอธิบายสถานการณ์ให้นักเรียนฟังอีกครั้ง สิ่งที่น่าสนใจมีข้อค้นพบต่างจาก จรูญพงษ์ ชลสินธุ์ ตรงที่ผู้วิจัยเปลี่ยนจากการใช้ชีวิตที่ศรัทธาเป็นการสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ให้นักเรียนดูหน้าห้องเรียน จากนั้นจึงให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหา เสร็จแล้วจึงร่วมกันอภิปรายเพื่อระบุปัญหา ซึ่งพบว่าการทำงานเช่นนี้ช่วยให้นักเรียนระบุปัญหาได้ดีขึ้น

สำหรับการประเมินความซับซ้อนของปัญหาโดยระบุตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และการระบุความเชื่อมโยงของตัวแปรหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหา สามารถดำเนินการฝึกได้ในขั้นสำรวจและค้นหา ของการจัดการเรียนรู้การออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งเน้นให้นักเรียนวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา เขียนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับปัญหา และสาเหตุกับสาเหตุ โดยผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อฝึกสองทักษะนี้โดยให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้ 1) คิดว่าสาเหตุหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหามีอะไรบ้าง ให้เขียนออกมา 2) พิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาเหตุหรือปัจจัยที่เขียนมาเหล่านั้นกับปัญหา 3) ระบุความสัมพันธ์ของสาเหตุหรือปัจจัยเหล่านั้นที่มีต่อกัน และ 4) เรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุหรือปัจจัยเหล่านั้นว่าควรจัดการสิ่งใดก่อน โดยเขียนออกมาในรูปแผนผัง ซึ่งผู้วิจัยพบว่า เทคนิคนี้ทำให้นักเรียนสามารถปฏิบัติตามแผนโดยคำนึงตาม

ความสำคัญของสาเหตุหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ สอดคล้องกับ Peerawong (2010, p. 47) ที่พบว่า นักเรียนจะต้องทำงานอย่างเป็นระบบ เป็นขั้นตอน จึงจะสามารถแก้ปัญหาได้

อย่างไรก็ดีงานวิจัยนี้พบว่า องค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่นักเรียนจำนวนมากยังคงพัฒนาได้น้อย ได้แก่ 1) รวบรวมข้อมูลและวางแผนการแก้ปัญหาได้ 2) เลือกและปฏิบัติตามแผนได้อย่างเหมาะสม 3) ค้นหาแนวทางแก้ปัญหาหรือลงข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการในการแก้ปัญหาได้ และ 4) ประเมินความเหมาะสมของแนวทางหรือข้อสรุปของวิธีการแก้ปัญหาได้ โดยเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะนักเรียนยังไม่เข้าใจลึกซึ้งในองค์ความรู้ที่ต้องนำมาใช้เพื่อการแก้ปัญหา หรือการแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้องค์ความรู้หลายเรื่องประกอบกัน ซึ่งเหตุผลนี้พบในงานวิจัยของ Lin and Chiu (2004, p. 109) ที่รายงานว่าเมื่อนักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหา นักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงความรู้เข้ากับวิธีการแก้ปัญหา และแก้ปัญหาได้ในที่สุด ในทางกลับกันหากนักเรียนมีความรู้ไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาไม่ได้ สำหรับในกรณีของงานวิจัยนี้พบว่าเนื้อหาเรื่องโมเมนต์ของแรงเป็นเนื้อหาที่เข้าใจได้ยากกว่าเรื่องแรงเสียดทาน จึงพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ทำคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนในเรื่องแรงเสียดทานได้สูงกว่าเรื่องโมเมนต์ของแรง นอกจากนี้อีกเหตุผลหนึ่งอาจเพราะองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาลำดับนี้มีความยากในการปฏิบัติมากกว่าองค์ประกอบแรก ๆ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งในระหว่างสอนผู้วิจัยสังเกตว่านักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการวางแผนและออกแบบมากนัก แต่จะเร่งรีบลงมือทำชิ้นงาน และนำไปทดสอบ ส่งผลให้วิธีการแก้ปัญหานักเรียนเลือกใช้ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

ข้อเสนอแนะ

1. การนำเข้าสู่สถานการณ์ปัญหา ครูควรใช้สื่อที่สามารถเน้นประเด็นสำคัญในสถานการณ์ปัญหานั้นๆ ได้ดี เช่นแบบจำลอง แต่ถ้าต้องการใช้วิธีที่ควรเลือกวิธีที่ที่มีความชัดเจน กระชับ และสื่อถึงสถานการณ์ปัญหาได้ตรงประเด็น จากนั้นควรให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ประกอบด้วย จะช่วยฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาได้ดีขึ้น
2. จากผลการวิจัยนี้ที่พบว่ายังมีบางองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่นักเรียนยังไม่พัฒนามากนัก ดังนั้น ครูควรสอนให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของการรวบรวมข้อมูล เพราะถ้ารวบรวมข้อมูลไม่ดี ไม่ครบถ้วน จะทำให้การหาแนวทางแก้ปัญหาไม่ประสบความสำเร็จ และเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์
3. งานวิจัยต่อยอดควรศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่งานวิจัยนี้ยังพัฒนาไม่ได้มากนัก โดยอาจพิจารณาระยะเวลาในการสอน ความยากง่ายของเนื้อหาที่ใช้ ความซับซ้อนของสถานการณ์ปัญหาที่ให้นักเรียนแก้ไข หรือวิธีการสอนที่เลือกใช้ เพื่อที่จะได้ทราบถึงแนวทางในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนของนักเรียนที่ลุ่มลึกมากขึ้นต่อไป

References

- Chimkul, A., Kaewdee, S., & Nipada R. D. (2017). Effects of biology learning management based on the stem education approach on problem-solving ability and biology learning achievement of upper secondary school students. *An Online Journal of Education*, 12(1), 324-342. [in Thai].
- Cholsin, J., Kijkuakul, S., & Chaiyasith, W. C. (2018). The action research for developing learning management on stoichiometry based on STEM approach emphasized engineering design process to promote collaborative problem solving competency. *Journal of Education Naresuan University*, 20(2), 32-46. [in Thai]

- Fischer, A., & Neubert, J. C. (2015). The multiple faces of complex problems: A model of problem solving competency and its implications for training and assessment. *Journal of Dynamic Decision Making*, 1(6), 1–14.
- Funke, J. (2012). Complex problem solving. In N. M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 682–685). Heidelberg: Springer. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=2233373>
- Grubbs, M., & Strimel, G. (2015). Engineering design: The great integrator. *Journal of STEM Teacher Education*, 50(1), 77–90.
- Hatraw, K., Thammapratchee, J., & Chawakirtipoon, N. (2017). The effects of problem-based learning in the topic of environment on problem solving skills and analytical thinking skills of Mathayom Suksa VI Students in Phuket Province. *TNI Journal of Business Administration and Languages*, 5(2), 46–51. [in Thai].
- Kamtha, Y. (2014). *The development of seventh grade students' conceptions of atmosphere and applications in everyday daily life through context-based learning* (Master thesis). Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: Doing critical participatory action research*. Singapore: Springer.
- Lin, H. S., & Chiu, H. L. (2004). Student understanding of the nature of science and their problem-solving strategies. *International Journal of Science Education*, 26(1), 101–112.
- National STEM Education Center. (2015). *STEM education network manual*. Bangkok: IPST. [in Thai]
- OECD. (2013). *PISA 2012 Assessment and analytical framework mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD Publishing.
- Peerawong, J. (2010). *Development of learning plans to practice science problem solving process skills of Prathom Suksa 6 students* (Master thesis). Chiangmai: Chiangmai University. [in Thai]
- PISA Thailand. (2018). *PISA 2015 results: Science, reading and mathematics, excellence and equality in education*. Bangkok: Success Publication. [in Thai]
- Sangthong, W. (2010). *Grade 7 students' views on science, technology and society, conceptions of matter and applications in everyday life using science, technology and society approach* (Master thesis). Bangkok: Kasetsart University. [in Thai]