



การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา
สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

Designing of Computational Science Learning Activities by Engineering Design
Processes with Online Simulation to Enhance Problem-solving Abilities
for Pre-cadet Students

ชัชรินทร์ เลิศยศดินทร์¹ ปรัชญา ปารมี² และ ณรงค์ฤทธิ์ นาคเม้า³

Chacharin Lertyosbordin¹ Prachya Paramee² and Narongrit Nakmouth³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนเตรียมทหาร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเตรียมทหาร จำนวน 20 นาย กิจกรรมการเรียนรู้ใช้เวลา 14 วัน วันละ 2 ชั่วโมง รวม 28 ชั่วโมง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมความพร้อมผู้เรียน (18 ชั่วโมง) เป็นการสร้างองค์ความรู้และวิธีการคิดในขั้นเบื้องต้นให้แก่ผู้เรียน และ 2) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา (10 ชั่วโมง) เป็นการให้ผู้เรียนแก้ปัญหาจากภารกิจการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยการประเมินผลการเรียนรู้ซ้ำ 6 รอบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า ผลการประเมินรอบสุดท้ายอยู่ในระดับดีมาก ($M = 15.35$, $SD = 0.59$) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ($M = 4.84$, $SD = 0.27$)

คำสำคัญ: กิจกรรมการเรียนรู้, วิทยาการคำนวณ, กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม, การแก้ปัญหา

Article Info: Received 21 April, 2020; Received in revised form 19 May, 2020; Accepted 25 May, 2020

¹ อาจารย์ประจำกองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร อีเมล: chaigtlert@gmail.com

Science Teacher in Armed Forces Academies Preparatory School Email: chaigtlert@gmail.com

² อาจารย์ประจำกองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร อีเมล: prachyacom@gmail.com

Science Teacher in Armed Forces Academies Preparatory School Email: prachyacom@gmail.com

³ อาจารย์ประจำกองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร อีเมล: khako22@hotmail.com

Science Teacher in Armed Forces Academies Preparatory School Email: khako22@hotmail.com

Abstract

This research aimed to develop and study the effects of using learning activities for computational science learning by using engineering design processes with online simulation to enhance problem-solving abilities for pre-cadet students. Samples were 20 pre-cadet students. Learning activity took 2 hours per day for 14 days, 28 hours in total, divided into two steps which were 1) preparing the learners (18 hours) - to develop basic knowledge and thinking methods among the learners, and 2) developing problem-solving ability (10 hours) - to give the learners solved assigned tasks by using the engineering design process. Six times measure using the problem-solving ability assessment form. Mean and standart deviation were used to analyzed the data. The results of the 6th evaluation were at very good level ($M = 15.35$, $SD = 0.59$). Moreover, the average satisfaction scores were at the highest level ($M = 4.84$, $SD = 0.27$).

Keywords: learning activity, computational science, engineering design process, problem-solving

บทนำ

กองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร มีหน้าที่ให้การศึกษาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามแผนการเรียนรู้สายสามัญของกระทรวงศึกษาธิการ (กองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร, 2562) ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับหลักสูตรตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) ซึ่งได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ในหลักสูตรแกนกลางฉบับปรับปรุง 2560 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะการคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) โดยทักษะการแก้ปัญหาได้ถูกจัดเป็นหนึ่งในทักษะสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2017) นอกจากนี้ ทักษะการแก้ปัญหายังถือเป็นทักษะขั้นพื้นฐานของการพัฒนาทักษะอื่น ๆ เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ และทักษะที่สนับสนุนการสร้างนวัตกรรม (Canter, 2004)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) เป็นหนึ่งในกระบวนการที่ถูกนำมาใช้จัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา

โดยกระบวนการดังกล่าวประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดปัญหา 2) ระดมความคิดรวบรวมข้อมูล 3) ออกแบบ วางแผน ร่างผังการทำงาน 4) ทดสอบการปฏิบัติการ 5) ประเมินผลการปฏิบัติการ (Museum of Science Boston, 2017; National Academy of Sciences, 2013; Smith & Alder, 2011) กระบวนการดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นกระบวนการสำหรับการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และการสร้างสรรค์ทางเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hill, 2006; Lewis, 2004; Wicklein, 2006) สอดคล้องกับ Mangold and Robinson (2013) ที่ได้จัดการเรียนรู้ทางวิศวกรรมให้นักเรียน และได้ผลสรุปว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี อีกทั้งองค์การ National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2015) มีประเพณีการแข่งขันที่ชื่อว่า Engineering Design Challenge ซึ่งเป็นการแข่งขันเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมให้เยาวชนผู้เข้าแข่งขันได้ใช้ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการมีความคิดที่คล้ายคลึงกับสิ่งที่จะเกิดขึ้นจริงในการทำงานทางวิศวกรรม

นอกเหนือจากมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เป็นสิ่งนำทางในการดำเนินการจัดการเรียนรู้แล้วเครื่องมือทางปัญญาที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้นับเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่ง (Vincini, 2003) โดยเครื่องมือทางปัญญาสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนกระบวนการรับรู้และแบ่งปันความรู้ของผู้เรียน ตลอดจนการสร้างและทดสอบสมมุติฐานในบริบทของการแก้ปัญหา (Lajoie, 2000) ซึ่งการจำลองสถานการณ์ (simulation) เป็นเครื่องมือทางปัญญาชนิดหนึ่ง (Iiyoshi et al., 2015) ที่มีลักษณะเป็นการสร้างแบบจำลองของวัตถุหรือระบบจริงด้วยคอมพิวเตอร์ (Maria, 1997) เพื่อศึกษาว่า วัตถุหรือระบบนั้น ๆ ทำงานอย่างไร (Law & Kelton, 1991) โดยผู้ใช้งานสามารถปรับค่าตัวแปรต่าง ๆ ภายในระบบ (Hockney & Eastwood, 1988) เพื่อศึกษาผลกระทบหรือทำนายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ (Majid et al., 2013) ด้วยคุณสมบัติข้างต้น การจำลองสถานการณ์จึงเป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการจัดกิจกรรมเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ (Randy et al., 2010) ในปัจจุบันมีการพัฒนาระบบ Microsoft MakeCode (2018) ซึ่งเป็นระบบจำลองสถานการณ์ (simulation) ที่ถูกใช้ในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณ โดยดำเนินการอยู่บนพื้นฐานของระบบ Microsoft Programming Experience Toolkit

(PXT) สามารถใช้งานออนไลน์ได้ฟรีผ่านเว็บเบราว์เซอร์ เพื่อทำการเขียนโปรแกรม และจำลองการทำงานของบอร์ด Micro: Bit ได้บนเว็บเบราว์เซอร์ ณ ขณะนั้นทันที ตัวบอร์ด Micro: Bit เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษาที่เริ่มโครงการโดยสถานีโทรทัศน์ BBC ลอนดอน ประเทศอังกฤษ (Anderson, 2015) ร่วมกับบริษัทเอกชน สถาบันการศึกษา และองค์กรต่าง ๆ ทั่วโลก (Matt, 2015) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความรู้และประสบการณ์ทางวิทยาการคำนวณแก่เยาวชน นำไปสู่ทักษะที่จำเป็นในอนาคตของผู้เรียน (Sebastian, 2015)

หลักการและเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยในฐานะบุคลากรของกองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร และเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดการศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์โดยตรง ได้เล็งเห็นความสำคัญการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนให้มีความทันสมัย สอดรับกับสภาพสังคมที่เน้นการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลและเน้นปลูกฝังการแก้ปัญหา จึงได้ดำเนินการออกแบบและศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาหลักสูตรของโรงเรียนเตรียมทหารต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนเตรียมทหาร
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเตรียมทหารที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนเตรียมทหารที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น

วิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนเตรียมทหาร ในชมรมเมคคาทรอนิกส์

ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 40 นาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเตรียมทหาร ในชมรมเมคคาทรอนิกส์ ภาคการศึกษาปลาย ปีการศึกษา 2562 จำนวน 20 นาย โดยการสุ่มอย่างง่ายด้วยการจับสลาก

2. การสร้างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ และศึกษาผลการใช้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาตำรา เอกสาร และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหา กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การจำลองสถานการณ์ออนไลน์ ตลอดจน มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ในหลักสูตรแกนกลาง ฉบับปรับปรุง 2560

2.2 ร่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์

2.3 ตรวจสอบความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) ของแผนการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 คน ได้แก่ ผู้ที่สำเร็จการศึกษาปริญญา เอก ด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 2 ท่าน ผู้ที่สำเร็จการศึกษาปริญญาเอก ด้านวิทยาการ คอมพิวเตอร์ จำนวน 2 ท่าน และผู้ที่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ด้านจิตวิทยา จำนวน 1 ท่าน ผลการประเมินความสอดคล้อง พบว่า ด้านวัตถุประสงค์การเรียนรู้ การกำหนดบทบาท ผู้เรียน การกำหนดบทบาทผู้สอน เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ กำหนดและเรียงลำดับ หัวข้อตามหน่วยการเรียนรู้ และการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการ ออกแบบเชิงวิศวกรรมแก้ปัญหาด้วยตนเอง มีค่า IOC เท่ากับ 1.0 ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละ ขั้นตอน และโจทย์ปัญหาที่ใช้ในกิจกรรม มีค่า IOC เท่ากับ 0.8

2.4 ปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการปรับเพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในขั้นเตรียมความพร้อมผู้เรียน ในส่วนของ เนื้อหาที่มีความซับซ้อนให้มากขึ้น และปรับความยากของโจทย์ปัญหาที่ใช้เป็นภารกิจการเรียนรู้ ให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด

2.5 จัดเตรียมแบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้เกณฑ์ การให้คะแนนแบบรูบริกส์ (rubrics scoring) ของ Lertyosbordin et al. (2019) มีค่าความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ IOC เท่ากับ 1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นในระดับมาก

(RAI เท่ากับ 0.94) โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์และกำหนดรายละเอียดของปัญหา 2) การวางแผนงานเพื่อการแก้ปัญหา 3) การดำเนินการแก้ปัญหา และ 4) การตรวจสอบและประเมินผล แต่ละด้านมีคะแนน 4 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 16 คะแนน ผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การตัดสินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ต่ำกว่า 6 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง 6-9 คะแนน หมายถึง พอใช้ 10-13 คะแนน หมายถึง ดี และ ตั้งแต่ 14 คะแนนขึ้นไปหมายถึง ดีมาก

2.6 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน เป็นแบบมาตรประมาณค่า 5 ระดับ

2.7 ประเมินความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) ของข้อคำถามในแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียน โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย ผู้มีประสบการณ์สอนวิชาภาษาไทยอย่างน้อย 10 ปี จำนวน 1 ท่าน ผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านเทคโนโลยีการศึกษา จำนวน 1 ท่าน และผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกด้านจิตวิทยาการเรียนรู้ จำนวน 1 ท่าน รวมทั้งสิ้น 3 ท่าน ผลการประเมิน IOC ของข้อคำถาม ได้แก่ 1) ด้านการจัดการเรียนรู้มีค่า 2) ด้านสื่อการเรียนรู้ และ 3) ด้านขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทุกองค์ประกอบมีค่า IOC เท่ากับ 1.00

2.8 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้ว โดยใช้ระยะเวลา 14 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง รวมเวลาตลอดกิจกรรมทั้งสิ้น 28 ชั่วโมง (เอกสารแนบใน <https://is.gd/jjEgoA>)

2.9 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน เป็นรายสัปดาห์ จำนวนทั้งสิ้น 6 ครั้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1. กิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนเตรียมทหารที่ออกแบบขึ้นใช้เวลาในการดำเนินการจัดกิจกรรม 14 วัน วันละ 2 ชั่วโมง รวม 28 ชั่วโมง มีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ 1) ผู้เรียน (learner) 2) ผู้สอน (instructor)

3) เครื่องมือทางการเรียนรู้ (learning materials) 4) ภารกิจการเรียนรู้ (learning mission) 5) แหล่งเรียนรู้ (learning resource) และขั้นตอนการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมความพร้อมผู้เรียน และ 2) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา มีรายละเอียดดังนี้

1.1 การเตรียมความพร้อมผู้เรียน เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อการสร้างองค์ความรู้ และวิธีการคิดในขั้นเบื้องต้นให้ผู้เรียน ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 18 ชั่วโมง แบ่งเป็น 3 หน่วยการเรียนรู้ แลโจทย์ปัญหาทดสอบ 1 ข้อ ได้แก่ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 การเขียนแผนที่ความคิด (mind mapping) และอัลกอริทึม (algorithm) ใช้เวลา 4 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเขียนผังงาน (flowchart) และการออกแบบผังงานออนไลน์ด้วย Draw.io ใช้เวลา 4 ชั่วโมง หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design process) การเขียนโปรแกรมเบื้องต้นด้วย Microbit Simulation ใช้เวลา 8 ชั่วโมง และก่อนการจบขั้นตอนการเตรียมความพร้อม ผู้เรียนใช้เวลา 2 ชั่วโมง ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหายุ่งยากด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมให้อยู่ในเกณฑ์ขั้นพอใช้ก่อนการเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นต่อไป

1.2 การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนกำหนดภารกิจการเรียนรู้ให้ผู้เรียนปฏิบัติงานตามโจทย์ปัญหาด้วยตนเอง (แบบเดี่ยว) โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดปัญหา 2) ระดมความคิด รวบรวมข้อมูล 3) ออกแบบ วางแผน ร่างผังการทำงาน 4) ทดสอบการปฏิบัติการ 5) ประเมินผลการปฏิบัติการ ผู้เรียนสามารถสืบค้นความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ บนอินเทอร์เน็ต หรือขอคำชี้แนะจากผู้สอนและเพื่อน ซึ่งในขั้นตอนดังกล่าว ผู้สอนกำหนดเวลาในการปฏิบัติ ภารกิจละ 2 ชั่วโมง (ภายในคาบเรียนเท่านั้น) จำนวน 5 ภารกิจ รวม 10 ชั่วโมง

2. ผลการประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนเตรียมทหาร ด้วยการประเมินซ้ำ 6 รอบ (รอบที่ 1 ประเมินเมื่อจบขั้นเตรียมความพร้อม) พบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับดี ($M = 13.06$, $SD = 0.73$) และมีคะแนนค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหารอบสุดท้ายเท่ากับ ($M = 15.35$, $SD = 0.59$) (ตาราง 1)

ตาราง 1

ผลการประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยรวมในการวัดซ้ำ 6 รอบ

รอบที่	จำนวนผู้เรียน (n)	ระดับคะแนนความสามารถ ในการแก้ปัญหาโดยเฉลี่ย (M)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (SD)	แปลผล
1	20	8.85	0.67	พอใช้
2	20	11.30	0.66	ดี
3	20	13.40	0.82	ดี
4	20	14.50	0.83	ดีมาก
5	20	14.95	0.83	ดีมาก
6	20	15.35	0.59	ดีมาก
เฉลี่ยรวม 6 รอบ		13.06	0.73	ดี

2. ผลการประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหารายด้าน พบว่า ด้านการวิเคราะห์ และกำหนดรายละเอียดของปัญหา มีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 3.36 ด้านการวางแผนงานเพื่อการแก้ปัญหา มีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 3.03 ด้านการดำเนินการแก้ไขปัญหามีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 3.05 และด้านการตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ มีค่าเฉลี่ยคะแนน เท่ากับ 3.60 (ตาราง 2)

ตาราง 2

ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาจำแนกรายด้าน

รอบที่	จำนวน ผู้เรียน (n)	ด้านการวิเคราะห์ รายละเอียด ของปัญหา	ด้านการวางแผน เพื่อการแก้ ปัญหา	ด้านการดำเนินการ การแก้ไขปัญห	ด้านการตรวจสอบ ผลลัพธ์
1	20	2.00	2.15	2.30	2.40
2	20	3.00	2.75	2.30	3.25
3	20	3.20	3.20	3.00	4.00
4	20	4.00	3.25	3.25	4.00
5	20	4.00	3.30	3.65	4.00
6	20	4.00	3.55	3.80	4.00
ค่าเฉลี่ย 6 รอบ		3.36	3.03	3.05	3.60

3. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ พบว่า โดยภาพรวม ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($M = 4.84$, $SD = 0.27$) (ตาราง 3)

ตาราง 3

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	M	SD	แปลผล
องค์ประกอบด้านการจัดการเรียนรู้			
1. กิจกรรมครั้งนี้ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดกับคนรอบข้าง	4.95	0.22	มากที่สุด
2. กิจกรรมครั้งนี้สร้างความคล่องแคล่วในการคิด	4.90	0.30	มากที่สุด
3. กิจกรรมครั้งนี้ทำให้กล้าคิดกล้าตอบ	4.60	0.50	มากที่สุด
4. กิจกรรมครั้งนี้ทำให้มีความกระตือรือร้นในการใช้ความรู้และความคิด	5.00	0.00	มากที่สุด
5. กิจกรรมครั้งนี้ทำให้เข้าใจขั้นตอนและวิธีการคิดแก้ปัญหา	4.85	0.36	มากที่สุด
6. การเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำงานเป็นคู่ ทำให้ได้เรียนรู้อย่างคล่องแคล่ว	4.80	0.41	มากที่สุด
7. การให้นักเรียนทำผลงานเป็นรายบุคคล ทำให้นักเรียนเข้าใจจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองในการทำงาน	5.00	0.00	มากที่สุด
8. การที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้แนะนำแต่ไม่บอกทั้งหมดทำให้ได้ฝึกการคิดได้ดีขึ้น	4.50	0.51	มากที่สุด
9. การใช้แผนที่ความคิดทำให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความคิดได้ง่ายขึ้นกว่าการอธิบายเป็นความเรียง	5.00	0.00	มากที่สุด
10. การเขียนผังงานเป็นวิธีการที่นักเรียนสามารถถ่ายทอดลำดับของความคิดได้ง่ายขึ้นการอธิบายเป็นความเรียง	5.00	0.00	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการจัดการเรียนรู้	4.86	0.23	มากที่สุด
องค์ประกอบด้านสื่อการเรียนรู้			
1. การใช้ Microbit Simulation ทำให้นักเรียนสามารถฝึกหัดและเรียนรู้กระบวนการในการเขียนโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว	4.80	0.38	มากที่สุด
2. การใช้ Microbit Simulation ทำให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงานทางคอมพิวเตอร์ได้ดี	4.70	0.50	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านสื่อการเรียนรู้	4.75	0.44	มากที่สุด

ตาราง 3 (ต่อ)

ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	M	SD	แปลผล
องค์ประกอบด้านขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม			
1. กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมช่วยให้วิเคราะห์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ	4.90	0.30	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม	4.90	0.30	มากที่สุด

อภิปรายผล

1. กิจกรรมการเรียนรู้ทางวิทยาการคำนวณโดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ร่วมกับการจำลองสถานการณ์ออนไลน์เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนเตรียมทหาร ประกอบด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ผู้เรียน 2) ผู้สอน 3) เครื่องมือการเรียนรู้ 4) ภารกิจการเรียนรู้ และ 5) แหล่งเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 2 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นเตรียมความพร้อมผู้เรียน อันเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อการสร้างองค์ความรู้และวิธีการคิดในเบื้องต้นให้แก่ผู้เรียน และ 2) ขั้นพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนหลังจากการที่ผู้เรียนผ่านขั้นเตรียมความพร้อมมาแล้ว ผู้สอนจะกำหนดภารกิจการเรียนรู้ให้ผู้เรียนจำนวน 5 ภารกิจ เพื่อให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาจากภารกิจการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งองค์ประกอบและขั้นตอนดังกล่าวเป็นตัวช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับ ชันธุ์ชัย อธิเกียรติ และ ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว (2559) ที่ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งต้องคำนึงถึงปัจจัย สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) ความแตกต่างระหว่างบุคคล (individual different) 2) ความพร้อมของผู้เรียน (readiness) 3) การใช้เวลาเพื่อการศึกษา และ 4) ประสิทธิภาพในการเรียน และ United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2017) ที่ได้สรุปแนวทางของการจัดการเรียนรู้ The Four Pillars of Education หรือ 4 เสาหลักทางการศึกษา ซึ่งใช้เป็นหลัก

ในการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ 1) การเรียนรู้เพื่อรู้ (learning to know) 2) การเรียนรู้เพื่อปฏิบัติได้จริง (learning to do) 3) การเรียนรู้เพื่อที่จะอยู่ร่วมกัน (learning to live together) และ 4) การเรียนรู้เพื่อชีวิต (learning to be)

2. หลังการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น พบว่า ผู้เรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา เท่ากับ 13.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.73 แปลผลได้ว่า ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับดี โดยคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหารอบสุดท้าย เท่ากับ 15.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.59 ที่เป็นเช่นนั้นอาจมีสาเหตุจากองค์ประกอบและขั้นตอนในกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยสามารถชี้แจงได้ ดังนี้

2.1 ขั้นตอนการเตรียมความพร้อมผู้เรียน เป็นขั้นตอนที่ผู้สอนจับคู่ผู้เรียน 2 คน และดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อฝึกฝนการคิดเชิงวิเคราะห์ การถ่ายทอดความคิดของตนให้เป็นระบบ การวิเคราะห์และออกแบบผังงานโดยใช้สัญลักษณ์ที่ถูกต้องตามหลักสากล ผู้เรียนต้องสามารถแก้โจทย์ปัญหาด้วยการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นได้ โดยผู้สอนอาจแนะนำให้ผู้เรียนใช้แบบฝึกการแก้ปัญหาเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหา ดำเนินการแก้ไขปัญหา และตรวจสอบผลลัพธ์ของการดำเนินการได้ เพื่อให้ผู้เรียนมีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับพอใช้ขึ้นไป สอดคล้องกับ ศศิธร ชิดนาค (2559) ที่ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอน PM-CARE model ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า การเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนเห็นถึงกรอบแนวคิด องค์ความรู้ที่จำเป็น และขั้นตอนการดำเนินงาน เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้เองต่อไปโดยอิสระ อีกทั้ง หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (2558) ยังได้เผยแพร่แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่กำหนดให้ขั้นตอนการเตรียมความพร้อมผู้เรียนเป็นขั้นตอนเริ่มแรกในการดำเนินการจัดการเรียนรู้ และถือเป็นปัจจัยส่งเสริมความสำเร็จในการจัดกระบวนการคิด และการปฏิบัติงานของผู้เรียน

2.2 ขั้นตอนการพัฒนาความสามารถของผู้เรียน เป็นขั้นตอนหลังจากที่ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถเพียงพอที่จะแก้โจทย์ภารกิจการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนต้องส่งผลงานเชิงประจักษ์แก่ผู้สอนในแต่ละภารกิจ ผู้เรียนต้องใช้ความรู้และความสามารถที่ได้รับในขั้นเตรียมความพร้อม เพื่อให้สามารถปฏิบัติภารกิจสำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยสามารถอธิบายเพิ่มเติม สรุปได้ดังนี้

2.2.1 ความสามารถในการวิเคราะห์และกำหนดรายละเอียดของปัญหา ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถผ่านผังความคิด ได้แก่ 1) วัตถุประสงค์ของการเขียนโปรแกรมควบคุมบอร์ด Micro Bit 2) อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงาน และ 3) แผนการดำเนินงานให้ภารกิจ ลุล่วง ผู้เรียนต้องใช้ความรู้เรื่อง การเขียนผังความคิดและขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่ได้เรียนรู้มาแล้ว สอดคล้องกับ Fadi et al. (2016) ที่กล่าวว่า แผนผังความคิดเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพที่ซับซ้อนและง่ายต่อการถ่ายทอดความคิดและการสื่อสาร

2.2.2 ความสามารถในการวางแผนงานเพื่อการแก้ปัญหา ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถผ่าน 1) ผังงานระบบ (system flowchart) ซึ่งเป็นผังงานที่แสดงขั้นตอนการปฏิบัติงานเพื่อการแก้ปัญหาดังแต่ต้นเริ่มต้นจนกระทั่งลุล่วงภารกิจ 2) ผังงานโปรแกรม (program flowchart) ซึ่งเป็นผังงานที่แสดงถึงวิธีการทำงานของโปรแกรมที่สามารถแก้ไขโจทย์ปัญหาภารกิจให้ลุล่วงได้ โดยผู้เรียนต้องใช้ความรู้เรื่อง การเขียนผังงาน อัลกอริทึม และการเขียนโปรแกรมเบื้องต้นด้วย Microbit Simulation สอดคล้องกับ Nishadha (2018) ที่กล่าวถึงประโยชน์ของผังงานว่า สามารถใช้ในการแสดงลำดับขั้นตอนของการทำงาน หรือลำดับเหตุการณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนหนึ่งจะนำไปสู่จุดเริ่มต้นของอีกขั้นตอนหนึ่งได้อย่างเข้าใจง่าย และชัดเจนด้วยสัญลักษณ์ที่เป็นสากล

2.2.3 ความสามารถในการดำเนินการเพื่อการปัญหา ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถผ่านรหัสต้นฉบับ (source code) ที่สร้างขึ้นผ่านระบบจำลองเสมือนออนไลน์ (Microbit Simulation) โดยเป็นไปตามผังงานระบบและผังงานโปรแกรมที่ได้วางแผนไว้ ผู้เรียนได้ฝึกฝนการเขียนโปรแกรมเพื่อแก้โจทย์ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจากโจทย์ง่ายไปหายากในขั้นตอนการเตรียมความพร้อม สอดคล้องกับ Dale (2010) ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความสามารถในการเขียนโปรแกรมและทักษะการแก้ปัญหาว่าเป็นเรื่องที่สอดคล้องกันทุกขั้นตอน เริ่มจากการวิเคราะห์ปัจจัยที่จำเป็นและกำหนดค่าต่าง ๆ (define) ตามภาษาโปรแกรมที่ใช้ จากนั้นทำการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการ และดำเนินการสร้างโปรแกรม (concreate) ตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมนั้น ๆ

2.2.4 ความสามารถในการตรวจสอบและประเมินผลลัพธ์ของการดำเนินการแก้ปัญหา ผู้เรียนแสดงออกถึงความสามารถผ่านบันทึกการตรวจและประเมินผลการทำงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในแบบบันทึกการเรียนรู้ (reflection journal) สอดคล้องกับ กิ่งฟ้า สันธวัช (2009) ที่ชี้ให้เห็นว่า การประเมินที่เกี่ยวข้องกับการวัดความสามารถในการคิดขั้นสูง เช่น การคิดแก้ปัญหา การวิเคราะห์สังเคราะห์ การวิพากษ์วิจารณ์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จำเป็นต้องใช้การประเมินตามสภาพจริง ซึ่งเป็นการประเมินโดยใช้คำถามปลายเปิด การสอบภาคปฏิบัติ การแสดงผลงาน การเขียนรายงานการสร้างชิ้นงาน การใช้แบบบันทึกการเรียนรู้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีโอกาสสะท้อนผล ความรู้ความเข้าใจ ความคิดและข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง และผู้สอนสามารถนำผลการบันทึกที่เกิดขึ้นโดยตัวผู้เรียนเองมาใช้ในการประเมินผู้เรียนเพื่อนำผลที่ได้ไปเพิ่มเติมความรู้ความสามารถของผู้เรียนในจุดที่บกพร่องได้

3. ผลการประเมินความพึงพอใจหลังเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เกิดจากการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยออกแบบขึ้นเป็นการดำเนินการที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดระหว่างตัวผู้เรียนกับคนรอบข้าง ส่งเสริมให้เกิดการกล้าคิดกล้าตอบ ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการใช้ความรู้และความคิดผ่านใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนทำให้เข้าใจขั้นตอนและวิธีการคิดแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ตลอดจนการใช้การจำลองสถานการณ์ออนไลน์ด้วย Microbit Simulation เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนกล้าทดลองในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างอิสระ และเรียนรู้ผลการทดลองนั้นด้วยตนเอง สอดคล้องกับ ภาณุพงศ์ แสงฤทธิ์ และคณะ (2559) ที่พบว่า ผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ในการเรียนรู้บทเรียนบนเว็บเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โปรแกรมจำลองเหตุการณ์หุ่นยนต์

ข้อเสนอแนะ

ในปีการศึกษา 2563 กระทรวงศึกษาธิการกำหนดให้ทุกโรงเรียนต้องดำเนินการจัดการเรียนการสอนรายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) ครบทุกระดับชั้นเป็นครั้งแรก ดังนั้นสถานศึกษาสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปกำหนดเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ระยะสั้นได้ ซึ่งเป็นแนวทางที่ไม่ทำให้เบียดบังเวลาเรียนในรายวิชาที่มีอยู่เดิม แต่สามารถจัดการเรียนรู้ได้ตาม

ตัวชี้วัดที่กระทรวงศึกษาธิการกำหนดขึ้นใหม่ อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ บทบาทครู และ บทบาทผู้เรียน ให้เป็นไปตามกระบวนการสอนการคิด โดยเตรียมพร้อมผู้เรียนก่อนการให้ผู้เรียนเผชิญโจทย์ปัญหาด้วยตนเอง และควรเพิ่มชั่วโมงในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 การเขียนผังงานและอัลกอริทึมให้มากขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเขียนผังงานได้ดีขึ้น นอกจากนี้ โจทย์ภารกิจที่นำมาใช้ใน ควรคำนึงถึงการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทัศนคติที่ต่อยอดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมต่อไปได้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กึ่งฟ้า สินธุวงษ์. (2009). การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้. *Journal of Buriram Rajabhat University*, 1(2), 6-19.
- กองวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมทหาร. (2562). *หน้าที่และภารกิจ*. กองวิชาวิทยาศาสตร์. <http://www.afaps.ac.th/~edbsci/website/index.php?p=mission>
- ชันธชัย อธิเกียรติ และ ธนารักษ์ สารเถื่อนแก้ว. (2559). *การสอนแบบสมัยใหม่และเทคนิควิธีการสอนแนวใหม่*. สำนักส่งเสริมวิชาการและงานทะเบียน มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. http://regis.skru.ac.th/RegisWeb/webpage/addnews/data/2017-07-24_078.pdf
- ภานุพงศ์ แสงฤทธิ์, ทรงศักดิ์ สองสนิท, และ สนิท ดีเมืองชัย. (2559). การพัฒนาบทเรียนบนเว็บที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยโปรแกรมจำลองเหตุการณ์หุ่นยนต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 10(2), 95-104.
- ศศิธร ชิดนายิ. (2559). *ความสำคัญของการเตรียมความพร้อมก่อนการเรียนรู้ Pm-Care model*. วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี อุตรดิตถ์. <http://www.unc.ac.th/bcnu/images/doc/บทความการเตรียมความพร้อมก่อนการเรียนรู้%20PM.pdf>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คำอธิบายรายวิชาเทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ). สาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). <http://oho.ipst.ac.th/download/mediaBook/computing-science-course-description.pdf>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). สรุปรวบรวมหลักสูตรและตัวชี้วัด ง.3.1 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร หลักสูตร 2551 กับ ว.4.2 เทคโนโลยี (วิทยาการคำนวณ) หลักสูตรปรับปรุง 2560. สาขาคอมพิวเตอร์ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). <http://oho.ipst.ac.th/download/mediaBook/cs-ict.pdf>

หน่วยศึกษานิเทศก์ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. (2558). แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน. สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.

ภาษาอังกฤษ

Anderson, T. (2015, July 7). *Why the BBC is stuffing free micro: Bit computers into schoolkids' satchels*. The Register. https://www.theregister.co.uk/2015/07/07/bbc_microbit_final_specification_announced_a_million_devices_to_be_flung_at_schools_in_october/

Canter, A. (2004). *A problem-solving model for improving student achievement*. Semantic Scholar. <https://pdfs.semanticscholar.org/72f1/322102abfe42c3c8f40d7139a0c88100415b.pdf>

Dale, N. (2010). *Programming and problem solving with C++: Comprehensive* (5th ed.). Boston, Jones and Bartlett Publishers.

Fadi, K., Lee, S., & Lauren, R. (2016). Exploring mind mapping techniques to analyse complex case study data. *Australian Academy of Business and Economics Review*, 2(3), 1-15.

Hill, R. (2006). New perspectives: Technology teacher education and engineering design. *Journal of Industrial Teacher Education*, 43(3), 45-63.

- Hockney, R. W., & Eastwood, J. W. (1988). *Computer simulation using particles*. Taylor & Francis.
- Iiyoshi, T., Hannafin, M., & Wang, F. (2005). Cognitive tools and student-centred learning: Rethinking tools functions and applications. *Educational Media International*, 42, 281-296. <https://doi.org/10.1080/09523980500161346>
- Lajoie, S. (2000). *Computers as cognitive tools: No more walls, vol. II*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Law, A., & Kelton, D. (1991). *Simulation modeling and analysis* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Lertyosbordin, C., Maneewan, S., Yampinij, S., & Thamwipat, K. (2019). Scoring rubric of problem-solving on computing science learning. *International Education Studies*, 12, 26-32. <https://doi.org/10.5539/ies.v12n8p26>
- Lewis, T. (2004). A turn to engineering: The continuing struggle of technology education for legitimization as a school subject. *Journal of Technology Education*, 16(1), 21-39.
- Majid, M., Aickelin, U., & Siebers, P. (2013). Modelling reactive and proactive behaviour in simulation: A case study in a university organisation. *SSRN Electronic Journal*, 1(1), 1-2.
- Mangold, J., & Robinson, S. (2013, June 23-26). *The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms* [Paper presentation]. ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. <https://peer.asee.org/22581>
- Maria, A. (1997). Introduction to modeling and simulation. In A. Sigrún, J. Kevin, H. David, & L. Barry (Eds.), *Winter simulation conference: Vol. 29* (pp. 7-13). IEEE Computer Society.
- Matt, B. (2015). *How the BBC' s micro:bit came to be*. Engadget. <https://www.engadget.com/2015-07-07-bbc-micro-bit-explained.html>

- Microsoft MakeCode. (2018). *About makecode*. Documentation. <https://makecode.com/about>
- Museum of Science Boston. (2017). *The engineering design process*. EiE. <https://eie.org/overview/engineering-design-process>
- National Academy of Sciences. (2013). *The standards-arranged by disciplinary core ideas and by topics*. The National Academic Press.
- National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (2015). *Engineering design challenge facilitation guide*. https://www.nasa.gov/sites/default/files/files/EDC-02_Let_It_Glide_Facilitation_Guide_FINAL.pdf
- Nishadha, S. (2018). *Using gantt charts and flowcharts in project planning*. Creately. <https://creately.com/blog/diagrams/using-gantt-charts-flowcharts-project-planning/>
- Partnership for 21st Century Skills. (2017). *Assessment: A 21st century skills implementation guide*. Battle for Kids. http://www.p21.org/storage/documents/p21-stateimp_assessment.pdf
- Randy, L., Julie, G., & Julie, L. (2010). *Technology in the secondary science classroom*. NSTA Press.
- Sebastian, A. (2015). *BBC micro:bit-a free single-board PC for every year 7 kid in the UK*. ARSTechnica. <https://arstechnica.com/gadgets/2015/07/bbc-microbit-a-free-single-board-pc-for-every-year-7-kid-in-the-uk/>
- Smith, R., & Alder, S. (2011). *IB design technology standard & higher level*. OSC.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2017). *The four pillars of learning*. UNESCO Institute for Lifelong Learning. <https://uil.unesco.org/fileadmin/keydocuments/LifelongLearning/en/UNESCOTechNotesLLL.pdf>

- Vincini, P. (2003). *The spectrum of cognitive tools. Academic Technology at Tufts*. Tufts. http://sites.tufts.edu/ets/files/2012/12/newsletter_apr_20031.pdf
- Wicklein, C. (2006). Five good reasons for engineering design as the focus for technology education. *Technology Teacher*, 65(7), 25-29.