

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

Learning Management Based on STEM Education with Assessment as Learning to Promote the Competency of Grade 8 Students

ณัฐธยาน์ เลขาวัฒนพงษ์^{1*} พนิดา ศกุนตนา² และ องอาจ นัยพัฒน์³

Natthaya Lekhawattananpong^{1*}, Panida Sakuntanak², and Ong-art Naiyapatana³

(Received: April 8, 2024; Revised: May 10, 2024; Accepted: May 17, 2024)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ 2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ และ 3) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชาสนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ จำนวน 3 แผน 2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน 4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ 5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้แบบแผนกึ่งการทดลอง nonrandomized control group pretest-posttest design การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (one-way MANOVA) โดยใช้สถิติ Wilks's lambda

¹ นักศึกษาปริญญาเอก สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ ศาสตราจารย์ สาขาวิชาการวัด ประเมิน และวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

¹ Doctoral degree student, Educational Measurement, Evaluation and Research Program, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

² Assistant Professor, Educational Measurement, Evaluation and Research Program, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

³ Professor, Educational Measurement, Evaluation and Research Program, Faculty of Education, Srinakharinwirot University

* Corresponding Author E-mail: natthaporncu@gmail.com

ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติมีคะแนนสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนสมรรถนะหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้มีขนาดอิทธิพลต่อตัวแปรตามทุกตัวในระดับสูง

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา การประเมินเป็นการเรียนรู้ สมรรถนะของผู้เรียน

Abstract

The purposes of this research were 1) to compare the pretest and posttest learning competency of a group of eighth-grade students who received STEM education with assessment as learning, as the experimental group, 2) to compare the pretest and posttest learning competency of a group of students who received traditional STEM education, as the control group, and 3) to compare the posttest learning competency of the experimental group and the control group. The research sample consisted of 52 eighth-grade students in the Fun STEM Activities subject in the second semester of the academic year 2023, with 26 students in the experimental group and another 26 in the control group. The research instruments were: 1) 3 lesson plans of STEM education with assessment as learning and 3 traditional STEM education lesson plans, 2) an integrated STEM knowledge test, 3) a learner autonomy test, 4) a student engagement test, and 5) a creative problem-solving ability test. The data were collected by using a nonrandomized control group pretest-posttest design. Data analysis employed Hotelling's T^2 and One-way MANOVA, using Wilks's lambda statistic.

The research results revealed that the experimental group who received the assessment as learning in the STEM education model and the control group who received the traditional STEM education model had higher posttest scores of competency than the pretest scores. The experimental group had higher posttest scores of competency than the control group. Moreover, the assessment as learning in the STEM education model used in the research also showed a high level of effect size on all dependent variables.

Keywords: STEM Education, assessment as learning, learner competency

บทนำ

การประเมินเป็นการเรียนรู้ (assessment as learning) เป็นการวัดประเมินระหว่างเรียน (formative assessment) ที่เน้นกระบวนการคิดและการเรียนรู้เป็นสำคัญ ผู้เรียนจะต้องตัดสินใจและรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเอง รวมทั้งวัดประเมินกระบวนการรู้คิด (metacognition) ของตนเองโดยมีครู

เป็นผู้ส่งเสริม สนับสนุนและให้ข้อมูลย้อนกลับ ทำให้นักเรียนมีบทบาทในการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ วางแผน ติดตาม พัฒนา ปรับปรุง ประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ของตนเอง และเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนแนวความคิดเพื่อให้ตนเองมีพัฒนาการและความก้าวหน้าสู่ความสำเร็จ (Earl, 2003; Khemmani, 2015) โดยผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทสำคัญในการประเมินความรู้ตนเอง และนำไปพัฒนาเพื่อการเรียนรู้สิ่งใหม่ (Earl, 2003; Prasertsin et al., 2021) มุ่งเน้นการวัดประเมินตามสภาพจริง (authentic assessment) จากการปฏิบัติของผู้เรียน และความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานจริง เช่น การประเมินจากการปฏิบัติหรือผลงาน (performance assessment) การประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (portfolio assessment) การประเมินตนเอง (self-assessment) การประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) และการวัดและประเมินผลในรูปแบบ สถานการณ์จำลอง โดยต้องมีการกำหนดเกณฑ์ในการประเมิน ดังนั้น จึงเป็นการประเมินแบบอิงเกณฑ์ (criterion referenced) (Bergsman et al., 2015; Khemmani, 2019; Prasertsin et al., 2021) โดยมุ่งเน้นการประเมินองค์รวมของความรู้ ทักษะ เจตคติและคุณลักษณะ จากพฤติกรรม การกระทำและการปฏิบัติ และจำเป็นต้องมีหลักฐานปรากฏและสามารถตรวจสอบได้

นอกจากนี้ การประเมินเป็นการเรียนรู้ไม่เพียงแต่เป็นการวัดประเมินด้านความรู้ และทักษะที่เกิดจากการปฏิบัติเท่านั้น ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการประเมินเป็นการเรียนรู้ยังส่งผลต่อคุณลักษณะของผู้เรียน เกี่ยวกับความเป็นอิสระของผู้เรียน (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน (Munns & Woodward, 2006) ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญในการเรียนรู้อย่างยั่งยืน หรือการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Benson, 2011 as cited in Jing & Benson, 2013; Smith, 2008) โดยการเรียนรู้อย่างยั่งยืนและการเรียนรู้ตลอดชีวิตก็เป็นหนึ่งในหลักการสำคัญของหลักสูตรฐานสมรรถนะเช่นกัน และจากการแถลงข่าวผลการประเมิน PISA 2022 พบว่า ผลการประเมินนักเรียนไทยทั้งด้านคณิตศาสตร์วิทยาศาสตร์ และการอ่านต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสมาชิก OECD และเมื่อเทียบกับปี 2018 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยทั้งสามด้านลดลง แสดงให้เห็นว่ายังขาดสมรรถนะที่เกี่ยวกับการใช้ความรู้ ทักษะ และการแก้ปัญหา ในชีวิตจริง (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2023)

การพัฒนาผู้เรียนเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายสูงสุดของการประเมินเป็นการเรียนรู้ (assessment as learning) คือ การเกิดกระบวนการรู้คิด (metacognition) ครูต้องเป็นผู้ริเริ่มในการสร้างโอกาสและฝึกให้ผู้เรียนประเมินตนเอง ครูต้องพยายามให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการติดตามคุณภาพของงานตนเอง ในระหว่างทาง และในทางกลับกัน การประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินที่ขึ้นอยู่กับความเชื่อของผู้เรียน ที่สะท้อนให้เห็นความสามารถในการปรับตัว ความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของตนเองและการตัดสินใจด้วยตนเอง (Manitoba Education, 2006) อีกทั้ง ครูและผู้เรียนต้องตัดสินใจร่วมกันเกี่ยวกับการบันทึก ซึ่งเป็นหลักฐานสำคัญในการเรียนรู้ ผู้เรียนต้องมีหน้าที่สะท้อนการเรียนรู้ของตนเองและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการประเมินเป็นการเรียนรู้เป็นการวัดประเมินที่ควรนำไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนจริงเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองและนำไปสู่การเป็นผู้เรียนที่มีทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (lifelong learning) (Earl, 2003; Khemmani, 2015) อีกทั้งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับใช้กลยุทธ์ เทคนิคหรือ

วิธีการของการประเมินเป็นการเรียนรู้นำไปใช้ในห้องเรียนจริง เช่น การประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) การประเมินตนเอง (self-assessment) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (learning logs) ซึ่งวิธีการและกิจกรรมเหล่านี้ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน และสามารถพัฒนาผู้เรียนให้มีกระบวนการรู้คิด (metacognition) ได้ (Shen et al., 2020; Stephens & Winterbottom, 2010) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียน (learner autonomy) ซึ่งเป็นความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ในการควบคุมชีวิตของตนเอง ถ้าผู้เรียนมีความตั้งใจในการกำหนดตนเองประกอบกับมีแรงจูงใจจะทำให้การมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ และจะทำให้ผู้เรียนรับรู้ความสามารถของตนเอง และมีความยึดมั่นผูกพันกับการเรียน (student engagement) (Barkley, 2010) โดยความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การจบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา และการเข้าศึกษาต่อในมหาวิทยาลัย ซึ่งจากงานวิจัยของ Fin & Zimmer (2012) พบว่า ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีความจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ โดยความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์จะส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรมของผู้เรียนซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางวิชาการ รวมทั้งส่งเสริมผลลัพธ์ทางการศึกษาอื่น ๆ เช่น การตั้งใจเรียน การทำการบ้าน การเตรียมตัวก่อนเรียน และการเข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุผลสำเร็จมากกว่าผู้เรียนที่ไม่มีความยึดมั่นผูกพันในการเรียน

นอกจากนี้ การประเมินเป็นการเรียนรู้ (assessment as learning) เป็นการวัดประเมินที่เป็นระบบ แต่แทบจะไม่พบกับการวัดประเมินในชั้นเรียนเลย ซึ่งการประเมินเป็นการเรียนรู้ควรจะเป็นการวัดประเมินที่เกิดขึ้นจริงในชั้นเรียน (Earl, 2003) กอปรกับการเรียนรู้ในปัจจุบันควรส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก คือ การตระหนักหรือเห็นความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้และการวัดประเมิน เพื่อเสริมสร้างให้ผู้เรียนมีกระบวนการรู้คิด (metacognition) ทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) อีกทั้ง ยังส่งผลต่อคุณลักษณะของผู้เรียนด้านความเป็นอิสระของผู้เรียนให้เพิ่มขึ้น เช่น ความสามารถและความมั่นใจในการเรียนรู้ การควบคุมพฤติกรรมตนเอง ทักษะการรับผิดชอบต่อความรับผิดชอบของตนเอง การรับรู้ วิเคราะห์ และสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณ (Shen et al., 2020; Ratminingsih et al., 2018; Loi, 2017; Stephens & Winterbottom, 2010; Ministry of Education, 2010; Manitoba Education, 2006) และยังส่งผลต่อความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถกำหนดตนเองในการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และรับรู้ความสามารถตนเองได้ และนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ในที่สุด (Fuller, 2017; Barkley, 2010; Munns & Woodward, 2006) ดังนั้น จะเห็นได้ว่า การประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะขึ้น ทั้งด้านความรู้ (knowledge) คุณลักษณะ (attribute) และทักษะ (skill) ได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อสมรรถนะของผู้เรียนทั้งในด้านความรู้ คุณลักษณะ และทักษะในวิชาสะเต็มศึกษา โดยการวัดสมรรถนะด้านความรู้เป็นการวัดความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาซึ่งจะวัดความสามารถทางพุทธิพิสัย และความรู้นี้จะนำไปสู่การปฏิบัติเพื่อแสดงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ซึ่งเป็นการวัดทักษะพิสัย ส่วนด้านคุณลักษณะทั้งความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน เป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานของการพัฒนาการเรียนรู้รายบุคคล การเรียนรู้ที่ยั่งยืน และการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Benson,

2011 as cited in Jing & Benson, 2013) และนำไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้ได้ (Barkley, 2010) จากที่กล่าวมาข้างต้น นำไปสู่การวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ที่ส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียน ซึ่งวิชาสะเต็มศึกษาเป็นวิชาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีจุดมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาความรู้ความสามารถ ทักษะ เจตคติ และคุณลักษณะต่าง ๆ ของผู้เรียนจากการปฏิบัติงานหรือการแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของผู้เรียน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนจึงเน้นการปฏิบัติแบบบูรณาการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาสมรรถนะที่จำเป็นหรือต้องการให้เกิดกับผู้เรียน ในขณะเดียวกันได้ฝึกฝนการใช้ความรู้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเชี่ยวชาญในสมรรถนะนั้น ๆ ได้ (Office of the Education Council, 2021) นอกจากนี้ ยังมีงานวิจัยที่เสนอว่า การพัฒนาความเป็นอิสระของผู้เรียนควรพัฒนาในระดับมัธยมศึกษา ไม่ควรพัฒนาในระดับอุดมศึกษาเพราะผู้เรียนจะมีความเชื่อหรือพฤติกรรมที่เคยชินเกี่ยวกับการเรียนรู้มาก่อนหน้า ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาค่อนข้างยาก (Basri, 2020) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกตัวอย่างวิจัยในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผู้เรียนในระดับนี้มีความเหมาะสมในการเริ่มต้นคิดแก้ปัญหาที่ซับซ้อนจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน อีกทั้งผู้เรียนในระดับนี้มีความสามารถเพียงพอในการระบุสาเหตุของปัญหา แยกปัญหาเป็นปัญหาย่อย ๆ สามารถวางแผนและดำเนินการการสำรวจตรวจสอบ เลือกรวบรวมข้อมูลเปรียบเทียบแหล่งข้อมูลและข้อเท็จจริงได้ วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล ลงข้อสรุปได้อย่างถูกต้องตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการโดยใช้ความคิดที่แปลกใหม่ที่ไม่มีใคร หรือพัฒนาต่อยอดความรู้เดิมให้เหมาะสมกับการบูรณาการนำไปใช้จริงได้

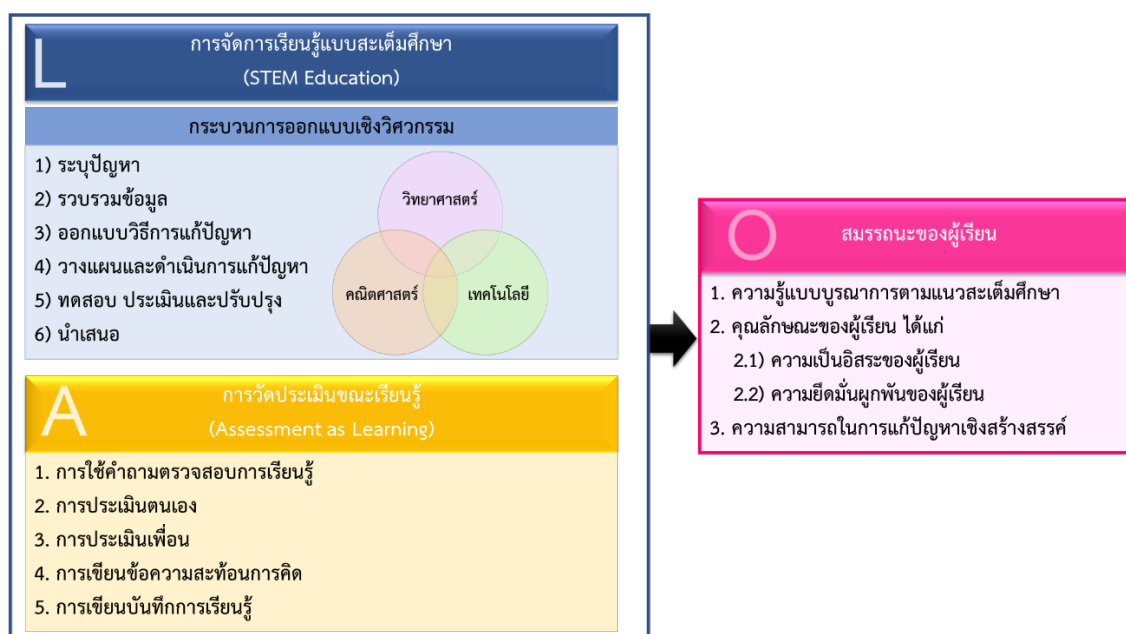
ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้
2. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ
3. เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการบูรณาการเนื้อหาสะเต็มศึกษาทั้ง 3 ศาสตร์ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (STEM Education Thailand, 2014) กับการประเมินเป็นการเรียนรู้ 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัด

ประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (learning logs) (Khemmani, 2015; Ministry of Education, 2010) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ และการประเมินเป็นการเรียนรู้ยังส่งผลต่อกระบวนการรู้คิด (metacognition) (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) คุณลักษณะของผู้เรียนทั้งด้านความเป็นอิสระของผู้เรียน (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010; Loi, 2017; Ratminingsih et al., 2018; Shen et al., 2020; Stephens & Winterbottom, 2010) และความยืดหยุ่นของผู้เรียน (Barkley, 2010; Fuller, 2017; Munns & Woodward, 2006) ดังนั้น รูปแบบการประเมินเป็นการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาน่าจะส่งผลต่อสมรรถนะของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ (knowledge) คุณลักษณะ (attribute) และทักษะ (skill) ดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนสาธิตสังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 11 แห่ง จำนวน 2,752 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 26 คน ขนาดตัวอย่างได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรม G*Power 3.1.9.2

โดยใช้สถิติ MANOVA: Global effects ขนาดอิทธิพล 0.79 (UGRAS, 2018) ความน่าจะเป็นความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error; α) เท่ากับ 0.05 อำนาจการทดสอบเท่ากับ 0.95 จำนวนกลุ่ม 2 กลุ่ม และจำนวนตัวแปรตาม 4 ตัวแปร พบว่า จำนวนตัวอย่างวิจัยที่ควรเก็บรวบรวมข้อมูล เท่ากับ 30 คน โดยนักเรียนสามารถตัดสินใจและมีสิทธิ์ในการไม่เข้าร่วมการวิจัยและไม่ตอบคำถามการวิจัยได้ รวมถึงสามารถถอนตัวระหว่างการวิจัยได้ตลอดเวลา ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวอย่างวิจัยเพิ่มเป็น 52 คน เพื่อสำรองข้อมูลไว้ในกรณีที่นักเรียนมีการถอนตัวระหว่างการวิจัย ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยสุ่มโรงเรียนโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) ซึ่งเป็นโรงเรียนสาธิต สังกัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก คือ 1) โรงเรียนส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 2) โรงเรียนเปิดสอนในรายวิชาที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 3) โรงเรียนมีความพร้อมของแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อสะดวกในการสืบค้นข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และสุ่มนักเรียนที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 5 เครื่องมือ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา 3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน 4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และ 5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้ แบ่งเป็น แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง และแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติสำหรับกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกลุ่มละ 3 แผนการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการเรียนรู้ที่ 1 กิจกรรมอุปกรณ์คัดแยกขนาด แผนการเรียนรู้ที่ 2 กิจกรรมกังหันผลิตไฟฟ้า และแผนการเรียนรู้ที่ 3 กิจกรรมเรือชูชีพ โดยแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง ยึดตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และ 6) นำเสนอวิธีการ ผลงานหรือนวัตกรรมที่ใช้ในการแก้ปัญหา (STEM Education Thailand, 2014) และบูรณาการร่วมกับวิธีการประเมินเป็นการเรียนรู้ 5 วิธี ได้แก่ 1) การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ 2) การวัดประเมินตนเอง 3) การวัดประเมินเพื่อน 4) การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และ 5) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (learning logs) (Khemmani, 2015, Ministry of Education, 2010) ดังตาราง 1 ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับกลุ่มควบคุม ดำเนินการตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน แต่ละแผนการเรียนรู้ใช้เวลา 2 สัปดาห์ และเรียนสัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้นเป็น 12 คาบ โดยแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดมีคุณภาพ ตั้งแต่ 4.80 – 4.93 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้มากที่สุด

ตาราง 1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้สำหรับกลุ่มทดลอง

คาบ ที่	กระบวนการออกแบบเชิง วิศวกรรม	วิธีการประเมินเป็นการเรียนรู้				
		การใช้คำถาม ตรวจสอบ การเรียนรู้	การวัด ประเมิน ตนเอง	การวัด ประเมิน เพื่อน	การเขียน ข้อความ สะท้อนการคิด	การเขียน บันทึกการ เรียนรู้
1	1) ระบุปัญหา	✓				
	2) รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	✓				
	3) ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	✓			✓	
2	4) วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา				✓	
	5) ทดสอบ ประเมินและปรับปรุง แก้ไขวิธีการแก้ปัญหา				✓	
	6) นำเสนอ		✓	✓		
หลังจบกิจกรรมแต่ละคาบ						✓

2) แบบทดสอบความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา เป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ที่มีความเป็นคู่ขนานด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อ และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ สำหรับวัดก่อนเรียน 1 สถานการณ์ และวัดหลังเรียน 1 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์การขาดแคลนพลังงาน มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.96 ค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.50 - 0.77 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.40 - 0.69 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.64 และสถานการณ์ขยะลอยกระทง มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.97 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.40 - 0.69 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.46 - 0.71 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.64

3) แบบวัดความเป็นอิสระของผู้เรียน มีลักษณะข้อคำถามเป็นมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert rating scale) 4 ระดับ คือ ไม่จริงเลย ค่อนข้างไม่จริง ค่อนข้างจริง และจริงมาก จำนวน 26 ข้อ ประกอบด้วย ด้านการรู้คิด (metacognitive) จำนวน 7 ข้อ ด้านความรู้ ความเข้าใจ (cognitive) จำนวน 4 ข้อ ด้านอารมณ์ (affective motivational) จำนวน 5 ข้อ ด้านการปฏิบัติ (action-oriented) จำนวน 6 ข้อ และด้านสังคม (social) จำนวน 4 ข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.24 - .75 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.90

4) แบบวัดความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน มีลักษณะข้อคำถามเป็นมาตรประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert rating scale) 4 ระดับ คือ ไม่จริงเลย ค่อนข้างไม่จริง ค่อนข้างจริง และจริงมาก จำนวน 26 ข้อ ประกอบด้วย ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (behavioral engagement) จำนวน 8 ข้อ ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ (emotional engagement) จำนวน 9 ข้อ และความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา (cognitive engagement) จำนวน 9 ข้อ มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 - 0.70 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.91

5) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งเป็นแบบวัดสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบจำนวน 6 ข้อ ที่มีความเป็นคู่ขนานด้านความยากง่ายและอำนาจจำแนกรายข้อ และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ แบ่งเป็น แบบทดสอบก่อนเรียน 1 สถานการณ์ และแบบทดสอบหลังเรียน 1 สถานการณ์ ได้แก่ สถานการณ์ PM 2.5 มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.98 ค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.48 - 0.71 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.29 - 0.58 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.61 และสถานการณ์ขยะพลาสติก มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.99 ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.38 - 0.75 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.33 - 0.71 และความเชื่อมั่นตามสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ 0.72

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้กับนักเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 และลงทะเบียนเรียนรายวิชา สนุกคิดผ่านกิจกรรม STEM จำนวน 52 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้แบบแผนกึ่งการทดลอง nonrandomized control group pretest-posttest design แบ่งตัวอย่างวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ จำนวน 26 คน

กลุ่มทดลอง	Obs	Tx	Obs
กลุ่มควบคุม	Obs	-	Obs

Obs หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูล

Tx หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้

ภาพ 2 แบบแผนการวิจัยกึ่งทดลอง Nonrandomized control group pretest-posttest design
(Leedy & Ormrod, 2021)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (one-way MANOVA) โดยใช้สถิติ Wilks's lambda ในการทดสอบ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนก่อนเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้การวิเคราะห์ independent samples t-test พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนก่อนเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ($M = 9.192$, $SD = 2.417$) ความเป็นอิสระของผู้เรียน ($M = 51.615$, $SD = 9.876$) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ($M = 54.385$, $SD = 9.432$) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ($M = 9.962$, $SD = 3.842$) แตกต่างจากคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ($M = 8.615$, $SD = 2.913$) ความเป็นอิสระของผู้เรียน ($M = 50.000$, $SD = 10.431$) ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ($M = 49.000$, $SD = 10.767$) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ($M = 11.039$, $SD = 4.123$) ของนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t(50) = .777$, $p = .441$, $t(50) = .573$, $p = .569$, $t(50) = 1.918$, $p = .061$, $t(50) = -.974$, $p = .335$) ดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนระหว่างผู้เรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ตัวแปรตาม	กลุ่ม	N	คะแนนเต็ม	M	SD	t	p
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	กลุ่มทดลอง	26	14	9.192	2.417	.777	.441
	กลุ่มควบคุม	26	14	8.615	2.913	Levene's Test for equality of variance $F = 1.104$, $p = .298$	
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	78	51.615	9.876	.573	.569
	กลุ่มควบคุม	26	78	50.000	10.431	Levene's Test for equality of variance $F = .055$, $p = .816$	
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	78	54.385	9.432	1.918	.061
	กลุ่มควบคุม	26	78	49.000	10.767	Levene's Test for equality of variance $F = .000$, $p = .000$	
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง	26	20	9.962	3.842	-.974	.335
	กลุ่มควบคุม	26	20	11.039	4.123	Levene's Test for equality of variance $F = .261$, $p = .612$	

ผลการวิเคราะห์สถิติพื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.192 และ 8.615 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 12.192 และ 10.000 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 14 คะแนน ค่าเฉลี่ยของคะแนนความเป็นอิสระของผู้เรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เท่ากับ 51.615 และ 50.000 คะแนน ตามลำดับ คะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 55.384 และ 41.269 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 78 คะแนน ค่าเฉลี่ยของคะแนนความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 54.385 และ 49.000 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เท่ากับ 57.231 และ 35.539

คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 78 คะแนน ค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 9.962 และ 11.039 คะแนน ตามลำดับ และคะแนนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เท่ากับ 14.539 และ 11.462 คะแนน ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ดังตาราง 3 จากผลการวิเคราะห์ สรุปได้ว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกแปร ส่วนนักเรียนในกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการ ตามแนวสะเต็มศึกษาและความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่าก่อนเรียน แต่คะแนนหลังเรียน ของความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าก่อนเรียน

ตาราง 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา เชิงสร้างสรรค์

ตัวแปรตาม	กลุ่ม	N	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
			M	SD	M	SD
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	กลุ่มทดลอง	26	9.192	2.417	12.192	1.650
	กลุ่มควบคุม	26	8.615	2.913	10.000	2.135
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	51.615	9.876	55.384	9.135
	กลุ่มควบคุม	26	50.000	10.431	41.269	11.504
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน	กลุ่มทดลอง	26	54.385	9.432	57.231	9.651
	กลุ่มควบคุม	26	49.000	10.767	35.539	9.844
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	กลุ่มทดลอง	26	9.962	3.842	14.539	2.470
	กลุ่มควบคุม	26	11.039	4.123	11.462	4.207

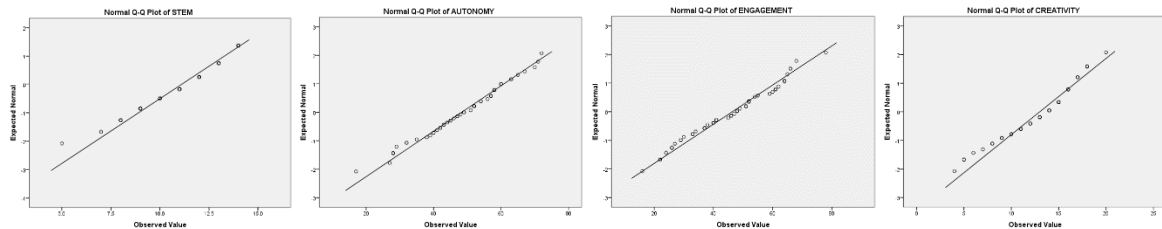
ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA)

2.1 การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร (multivariate normal distribution)

การตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปรตามแต่ละตัวสามารถตรวจสอบด้วยสถิติ Kolmogorov-Smirnov test ผลการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติหลายตัวแปร พบว่า คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์มีการแจกแจงไม่เป็นไปตามโค้งปกติ ส่วนคะแนนความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนมีการแจกแจงตามโค้งปกติ ดังตาราง 4 และเมื่อพิจารณา normal Q-Q plot พบว่า กราฟมีแนวโน้มการกระจายของจุดเป็นเส้นตรง แสดงว่า คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ มีการแจกแจงของคะแนนเบี่ยงเบนไปจากปกติเพียงเล็กน้อย ดังภาพ 3 จึงสรุปได้ว่า ตัวแปรตามน่าจะมีการแจกแจงตามโค้งปกติ และสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (One-way MANOVA) ได้

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติของตัวแปร

ตัวแปรตาม	Kolmogorov-Smirnov	df	p
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	.160	52	.002
ความเป็นอิสระของผู้เรียน	.077	52	.200
ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน	.075	52	.200
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์	.145	52	.008



ภาพ 3 Normal Q-Q plot ของคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา (ซ้ายสุด) ความเป็นอิสระของผู้เรียน (ภาพที่ 2 จากซ้าย) ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน (ภาพที่ 3 จากซ้าย) และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (ขวาสุด)

2.2 การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม (linearity)

การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม (linearity) ได้แก่ คะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ ด้วยสถิติ bartlett's test of sphericity ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ พบว่า เมทริกซ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรตามแต่ละตัวแตกต่างจากเมทริกซ์เอกลักษณ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Chi-Square (4,6) = 89.420, $p < .001$) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่มีค่าอยู่ระหว่าง .345 - .807 จึงสรุปได้ว่า ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กันเพียงพอที่จะวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (one-way MANOVA)

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามแต่ละคู่

ตัวแปรตาม	ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา	ความเป็นอิสระของผู้เรียน	ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน	ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็ม		.345 ($p = .012$)	.521 ($p < .001$)	.468 ($p < .001$)
ความเป็นอิสระของผู้เรียน			.807 ($p < .001$)	.477 ($p < .001$)
ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียน				.550 ($p < .001$)
Chi-Square (2, 6) = 89.420 $p < .001$				

2.3 การตรวจสอบเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วมของประชากร (homogeneity of variance covariance matrices)

การตรวจสอบเมทริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม (homogeneity of variance covariance matrices) ด้วยสถิติทดสอบ Box's M พบว่า ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของตัวแปรตามของตัวอย่างวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F(10,11952.191) = 1.431, p = .159$) ดังตาราง 6 จึงสามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (one-way MANOVA) ได้

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ Box's M ของตัวอย่างวิจัย

Box's M	F	df ₁	df ₂	p
15.672	1.431	10	11952.191	.159

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ ใช้การวิเคราะห์ Hotelling's T^2 ผลการวิเคราะห์ พบว่า กลุ่มทดลองมีค่า Hotelling's T^2 ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 332.623 และ ค่า Hotelling's T^2 จากตาราง เมื่อ $p = 4, df = 47$ พบว่า Hotelling's T^2 เท่ากับ 11.044 ดังนั้น ค่า Hotelling's T^2 จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์ค่า Hotelling's T^2 ของกลุ่มควบคุม พบว่า มีค่า Hotelling's T^2 ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 80.648 และ ค่า Hotelling's T^2 จากตาราง เมื่อ $p = 4, df = 47$ พบว่า Hotelling's T^2 เท่ากับ 11.044 ดังนั้น ค่า Hotelling's T^2 จากการคำนวณมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จึงสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ หลังการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว (one-way MANOVA)

โดยใช้สถิติทดสอบ Wilks's lambda ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ และนักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาแบบปกติ มีความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (Wilks' Lambda = .584, $F(4, 47) = 16.465$, $p < .001$) ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียว

สถิติทดสอบ	ค่าที่คำนวณได้	F	Hypothesis df	Error df	p	η_p^2
Wilks's lambda	.584	16.465	4	47	<.001	0.584

การวัดประเมินการเรียนรู้ที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามแต่ละตัว โดยนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้มีคะแนนความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา ความเป็นอิสระของผู้เรียน ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการวัดประเมินแบบปกติ และมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่นักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการวัดประเมินปกติมีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียน โดยรูปแบบการวัดประเมินมีขนาดอิทธิพลต่อตัวแปรตามทุกตัวในระดับสูง (Richardson, 2011) ดังตาราง 8

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณแบบทางเดียวของแต่ละตัวแปร

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F	p	η_p^2
ความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา						
ระหว่างกลุ่ม	1	62.481	62.481	17.161**	.000	.256
ความคลาดเคลื่อน	50	182.038	3.641			
รวม	51	244.519				
ความเป็นอิสระของผู้เรียน						
ระหว่างกลุ่ม	1	2590.173	2590.173	23.915**	.000	.324
ความคลาดเคลื่อน	50	5415.269	108.305			
รวม	51	8005.442				
ความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน						
ระหว่างกลุ่ม	1	6117.231	6117.231	64.377**	.000	.563
ความคลาดเคลื่อน	50	4751.077	95.022			
รวม	51	10868.308				
ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์						
ระหว่างกลุ่ม	1	123.077	123.077	10.344**	.002	.171
ความคลาดเคลื่อน	50	594.923	11.898			
รวม	51	718.000				

**p < .01

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มควบคุม ซึ่งได้รับการวัดประเมินแบบปกติ มีคะแนน หลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่า ก่อนเรียน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการนำความรู้ที่บูรณาการทั้งวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาชีวิตจริง ดังนั้น นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะ การคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาความคิดสร้างสรรค์ และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ โดยใช้ กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงาน (Bybee, 2010; STEM Education Thailand, 2014) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยจำนวนมากที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการบูรณาการ ทักษะการทำงานอย่างเป็นระบบ และทักษะด้านสะเต็ม (Buachoon, 2020; Chantahansa et al., 2020; Pudcha & Yooyuanyong, 2016; Tongsuksuk & Sartsoongnoen, 2022) นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลยังพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนของความรู้แบบบูรณาการ ตามแนวสะเต็มศึกษา และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม เนื่องจาก นักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการวัด ประเมินที่เน้นกระบวนการคิดและกระบวนการเรียนรู้เป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการรู้คิด (metacognition) นำไปสู่การวางแผนและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ การประเมิน เป็นการเรียนรู้อย่างยิ่งช่วยส่งเสริมความรับผิดชอบ ความสามารถในการประเมินตนเอง ความสามารถในการคิด สะท้อนตนเอง และความสามารถในการนำตนเองในการเรียนรู้ ถ้าผู้เรียนมีทักษะในการรู้คิดและสามารถ ประเมินตนเองได้ ก็จะทำให้ผู้เรียนสามารถปรับเปลี่ยนแผนการเรียนรู้ของตนเองและพัฒนาการเรียนรู้ ของตนเอง เพื่อให้ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ได้ (Khemmani, 2015) ซึ่งกระบวนการดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจกับความรู้ที่ได้รับเชื่อมโยงกับความรู้เดิม มีความเชี่ยวชาญในทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ (Earl, 2003) อีกทั้งยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการใช้การประเมินเป็นการเรียนรู้ ในห้องเรียนเป็นการกระตุ้นการรับรู้และการวิเคราะห์การเรียนรู้ของตนเองอย่างมีวิจารณญาณ เป็นการเปิดโอกาส ให้นักเรียนได้ไตร่ตรองการเรียนรู้ของตนเองและทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้น (Stephens & Winterbottom, 2010)

นอกจากนี้ การประเมินเป็นการเรียนรู้อย่างยิ่งส่งเสริมให้นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนหลังเรียนของ ความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุม เนื่องจาก การประเมินเป็นการเรียนรู้ส่งเสริมความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของผู้เรียนและการตัดสินใจเกี่ยวกับ การเรียนรู้ของตนเองด้วย (Manitoba Education, 2006; Ministry of Education, 2010) สอดคล้องกับ งานวิจัยที่ใช้กลยุทธ์การประเมินเป็นการเรียนรู้ เช่น การประเมินโดยเพื่อน (peer assessment) การประเมิน ตนเอง (self-assessment) การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) และการมอบหมายงานที่มี การกำหนดเกณฑ์การประเมินร่วมกันระหว่างผู้สอนและนักศึกษา และมีการวางแผนการทำงานต่าง ๆ ภายใต

การดูแลของครูต่างก็ส่งผลต่อความเป็นอิสระของผู้เรียน (Loi, 2017; Ratminingsih et al., 2018; Shen et al., 2020; Stephens & Winterbottom, 2010) อีกทั้ง การเขียนบันทึกการเรียนรู้ (Learning Logs) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการประเมินเป็นการเรียนรู้ (Assessment as Learning) จะทำให้ผู้เรียนไตร่ตรองและเขียนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของตนเอง รวมถึงการวินิจฉัยจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเอง เพื่อสร้างแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งส่งเสริมความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียนและช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบกับการเรียนรู้ของตนเองและฝึกฝนทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้อย่างอิสระ อีกทั้งสามารถกำกับตนเองได้ (Barkley, 2010) นอกจากนี้ Munns & Woodward (2006) ยังเสนอว่า ความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียนทำให้ผลลัพธ์ทางการศึกษาของผู้เรียนดีขึ้น จึงสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้ คุณลักษณะ และทักษะที่เพิ่มขึ้น

ในทางตรงข้ามกัน นักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาปกติมีคะแนนหลังเรียนของความเป็นอิสระของผู้เรียน และความยืดหยุ่นผูกพันของผู้เรียนต่ำกว่าก่อนเรียน เนื่องจากนักเรียนไม่ได้รับการฝึกวิธีการประเมินเป็นการเรียนรู้ ได้แก่ การตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเอง การวัดประเมินเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าถึงและควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ไม่ได้ตระหนักหรือไตร่ตรองถึงความสำคัญของการกำกับ ติดตาม การเรียนรู้ของตนเอง และทำให้การแสดงออกทางพฤติกรรมอาจจะไม่ได้กระตือรือร้นเท่ากับกลุ่มทดลอง ซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ จากทฤษฎีการประเมินการรู้คิด (cognitive evaluation theory) ของ Deci & Ryan (2000) พบว่า การประเมินการรู้คิดที่มาจากปัจจัยภายนอก เช่น การวัดประเมินโดยเพื่อน และความเป็นอิสระในการกำหนดตนเองจะช่วยส่งเสริมแรงจูงใจภายในและมีผลต่อพฤติกรรมของผู้เรียน ดังนั้น การที่นักเรียนกลุ่มควบคุมไม่ได้ฝึกวิธีการประเมินเป็นการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิธีที่จะช่วยส่งเสริมการกำกับติดตามการเรียนรู้ของตนเอง จะทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจภายใน ซึ่งพอนักเรียนขาดแรงจูงใจภายในและขาดความเป็นอิสระในการเรียนรู้จะทำให้ไม่เกิดการกำกับตนเองในการเรียนรู้ ไม่เห็นคุณค่า ไม่สนใจ และไม่มีความสามารถในการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง ส่งผลให้ความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียนก็ลดลงด้วย และจากงานวิจัยของ Shen et al. (2020) พบว่า กลุ่มควบคุมไม่ได้รับการประเมินโดยเพื่อนทำให้ขาดการส่งเสริมความเป็นอิสระของผู้เรียนด้วยเช่นกัน เมื่อนักเรียนมีความอิสระมากมักจะประสบความสำเร็จและมีทัศนคติทางบวกต่อการเรียนและการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้โดยผ่านการควบคุมตนเองอย่างมีสติ (Little, 1995) ดังนั้น เมื่อนักเรียนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความเป็นอิสระน้อยจึงทำให้ความยืดหยุ่นผูกพันในการเรียนลดลงด้วยเช่นกัน (Archambault et al., 2020; Barkley, 2010; Chiu, 2021; Fong et al., 2019; Innum, 2018) อีกทั้ง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สหวิทยาการ เน้นความร่วมมือ และการตัดสินใจแก้ปัญหาผ่านการปฏิบัติ หากนักเรียนไม่ได้รับการวัดประเมินที่ถูกต้องเหมาะสม ไม่เป็นระบบ และไม่ส่งเสริมความเป็นอิสระของนักเรียน อาจจะทำให้นักเรียนรู้สึกว่างานที่ได้รับมอบหมายค่อนข้างซับซ้อนและยากเกินกว่าจะทำให้สำเร็จ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความต้องการพื้นฐาน (Basic psychological needs) นั่นคือ ความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่ ความเป็นอิสระในการเรียนรู้จะส่งผลต่อความรู้สึก ถ้านักเรียนรู้สึกว่าเป็นผู้ที่มีความสามารถในการเรียนรู้และสามารถทำงานที่ท้าทายและซับซ้อนได้ด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนรู้สึกถึงความเป็นอิสระในการเรียนรู้ของตนเอง คือ

การเริ่มต้นการปฏิบัติงานด้วยตนเอง ซึ่งเป็นความรู้สึกที่จะส่งเสริมแรงจูงใจภายในและคุณลักษณะที่ดีของผู้เรียนได้ แต่ถ้านักเรียนรู้สึกว่าการที่ได้รับมอบหมายค่อนข้างยาก ซับซ้อน และไม่มีความเป็นอิสระในการเรียนรู้ แรงจูงใจภายในก็จะไม่เกิดขึ้นกับนักเรียน (Deci & Ryan, 1985)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการประเมินเป็นการเรียนรู้ที่มีสมรรถนะทั้งด้านความรู้ คุณลักษณะ และทักษะมากขึ้น ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรพยายามจัดการเรียนรู้โดยแทรกการประเมินเป็นการเรียนรู้ระหว่างเรียน (formative assessment) ให้มากขึ้น เช่น การใช้คำถามตรวจสอบการเรียนรู้ การวัดประเมินตนเองและเพื่อน การเขียนข้อความสะท้อนการคิด และการเขียนบันทึกการเรียนรู้ (learning logs) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถสะท้อนตนเองจากทั้งมุมมองของตนเอง และมุมมองของผู้อื่น เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาตัวเองในรอบด้าน และเป็นการฝึกให้นักเรียนได้กำกับ ติดตาม การเรียนรู้ของตนเอง โดยปราศจากการควบคุมจากบุคคลหรือปัจจัยอื่น ๆ เพื่อนำไปสู่การเป็นผู้เรียนอย่างยั่งยืน และประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนหลังเรียนต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียนในตัวแปรความเป็นอิสระของผู้เรียนและความยึดมั่นผูกพันของผู้เรียน ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้คะแนนหลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียน โดยอาจใช้การวิจัยแบบผสมผสานวิธี (mixed-method research) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่นำมาสู่การอธิบายผลที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งหาแนวทางการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนต่อไป

2.2 การประเมินเป็นการเรียนรู้มีหลากหลายวิธีการ ซึ่งการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้เพียง 5 วิธีการเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจนำวิธีการอื่นมาใช้ในการประเมินเป็นการเรียนรู้ และศึกษาเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นในการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียน

References

- Archambault, I., Pascal, S., Tardif-Grenier, K., Dupéré, V., Janosz, M., Parent, S., & Pagani, L.S. (2020). The contribution of teacher structure, involvement, and autonomy support on student engagement in low-income elementary schools. *Teachers and Teaching*, 26, 428–445. <https://doi.org/10.1080/13540602.2020.1863208>
- Barkley, E. F. (2010). *Student Engagement Techniques: A Handbook for College Faculty*. Jossey-Bass A Wiley Brand.

- Basri, F. (2020). Factors influencing learner autonomy and autonomy support in a faculty of education. *Teaching in Higher Education*, 28(2), 270–285.
<https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1798921>
- Bergsmann, E., Schultes, M., Winter, P., Schober, B., & Spiel, C. (2015). Evaluation of competence-based teaching in higher education: From theory to practice. *Evaluation and Program Planning*, 52, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2015.03.001>
- Benson, P. (2011). *Teaching and Researching Autonomy* (2nd ed.). Pearson.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education?. *Science*, 329(5995), 996-996.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1194998>
- Chiu, T. K. F. (2021). Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education*. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1891998>
- Deci, E. L., & Ryan, R.M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Plenum Press.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “What” and “Why” of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268.
https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
- Earl, L. M. (2003). *Assessment as Learning: Using Classroom Assessment to Maximise Student Learning*. Corwin Press.
- Fin, J. D., & Zimmer, K. S. (2012). Student engagement: What is it? Why does it matter? In S. L. Christenson, A. L. Reschly, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 97–131). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2018-7_5
- Fong, C. J., Dillard, J. B. & Hatcher, M. (2019). Teaching self-efficacy of graduate student instructors: Exploring faculty motivation, perceptions of autonomy support, and undergraduate student engagement. *International Journal of Educational Research*, 98, 91–105.
- Fuller, K. (2017). Beyond Reflection: Using ePortfolios for Formative Assessment to Improve Student Engagement in Non-Majors Introductory Science. *The American Biology Teacher*, 79(6), 442-449. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.6.442>
- Jing, H. & Benson, P. (2013). Autonomy, Agency and Identity in Foreign and Second Language Education. *Chinese Journal of Applied Linguistics (Quarterly)*, 36(1), 7-28.
- Leedy, P.D. & Ormrod, J.E. (2021). *Practical Research: Planning and Design*. Pearson Education Limited.

- Little, D. (1995). Learning as dialogue: the dependence of learner autonomy on teacher autonomy. *Elsevier Science Ltd*, 23(2), 175-181. [https://doi.org/10.1016/0346-251X\(95\)00006-6](https://doi.org/10.1016/0346-251X(95)00006-6)
- Loi, N. V. (2017). Promoting learner autonomy: Lesson from using project work as a supplement in English skills courses. *Can Tho University Journal of Science*, 7, 118-225. <https://doi.org/10.22144/ctu.jen.2017.057>
- Manitoba Education. (2006). *Rethinking Classroom Assessment with Purpose in Mind: assessment for learning, assessment as learning, assessment of learning*. Manitoba Education, Citizenship and Youth.
- Ministry of Education. (2010). *Growing Success: Assessment, Evaluation and Reporting in Ontario's Schools*. Ministry of Education.
- Munns, G., & Woodward, H. (2006). Student engagement and student self-assessment: The REAL framework. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 13(2), 193-213. <https://doi.org/10.1080/09695940600703969>
- Ratminingsih, N. M., Marhaeni, A. A. I. N., & Vigayanti, L. P. D. (2018). Self-Assessment: The Effect on Students' Independence and Writing Competence. *International Journal of Instruction*, 11(3), 277-290. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11320a>
- Richardson, J. T. E. (2011). Eta squared and partial eta squared as measures of effect size in educational research, *Educational Research Review*, 6(2), 135-147. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.12.001>
- Shen, B., Bai, B., & Xue, W. (2020). The effects of peer assessment on learner autonomy: An empirical study in a Chinese college English writing class. *Studies in Educational Evaluation*, 64, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.100821>
- Smith, R. (2008). Learner autonomy. *ELT Journal*, 26(4), 395-397. <https://doi.org/10.1093/elt/ccn038>
- STEM Education Thailand. (2014). *Knowing STEM*. http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- Stephens, K., & Winterbottom, M. (2010). Using a learning log to support students' learning in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 44(2), 72-80. <https://doi.org/10.1080/00219266.2010.9656197>
- UGRAS, M. (2018). The Effects of STEM Activities on STEM Attitudes, Scientific Creativity and Motivation Beliefs of the Students and Their Views on STEM Education. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(5), 165-182.

Translate Thai References

- Buachoon, N. (2020). Effects of Stem Education Approach on Chemistry Achievement, Problem Solving Ability of Grade 10 Students. *Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University*, 14(3), 52-64. (in Thai)
- Chantahansa, P., Junlek, P., & Pounsuk, P. (2020). Developing Argicuitral Learning Achievement by Intergrating Stem Education and Project-Based Learning for High School Students. *Journal of Industrial Education*, 19(3), 32-41. (in Thai)
- Innum, W. (2018). *Enhancing Undergraduate Student Engagement Using Autonomy Support Program* [Master's thesis]. Chulalongkorn University. (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2023). News update on educational developments. *PISA Thailand*. <https://pisathailand.ipst.ac.th/news-21/> (in Thai)
- Khemmani, T. (2015). Assessment as Learning. *The Journal of The Royal Society of Thailand*, 40(3), 155-173. (in Thai)
- Khemmani, T. (2019). *Teaching methods: Knowledge for effective learning process* (23th ed.). Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Prasertsin, U., Srihasat, K., & Laonoi, A. (2021). Guidelines for Competency-Based Assessment in 21st Century. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University*, 27(2), 16-31. (in Thai)
- Pudcha, W., & Yooyuanyong, S. (2016). Learning Achievement on Trigonometry Ratios by using STEM Education. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 9(3), 830-839. (in Thai)
- Tongsuknok, D., & Sartsoongnoen, N. (2022). The Development of Learning Achievement, Integrated Science Process Skills and Attitude Toward Science of Mathayomsuksa 3 Students using Stem Education on the Topic of Rice Yogure. *Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University*, 19(84), 128-138. (in Thai)