



การพัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะ
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
Development of Science Board Game Based on Scaffolding Approach to Promote
Collaborative Problem Solving Competency of Upper Secondary Students

ปณิตตา บุปผาพรหม¹ และ พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์^{2*}
Pantita Bubphaprom¹ and Pornthep Chantraukrit^{2*}

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 2) เปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายก่อนและหลังใช้บอร์ดเกม การวิจัยเป็นการวิจัยและพัฒนา แบ่งเป็น 3 ระยะ ได้แก่ 1) การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของครูผู้สอนและนักเรียนในการนำบอร์ดเกมมาใช้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามสภาพปัญหาและความต้องการของครูผู้สอนชีววิทยาและนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ และวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับแบบสอบถามแบบปลายเปิด 2) การสร้างและพัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ 3) การทดลองใช้บอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 คน จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนเป็นกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า 1) บอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่า IOC ในด้านการออกแบบบอร์ดเกมเท่ากับ 0.33–1.00 และในด้านเนื้อหาเท่ากับ 1.00 โดยครูและนักเรียนมีความต้องการสื่อที่ช่วยพัฒนาการทำงานร่วมกันและการคิดแก้ปัญหาในรูปแบบที่สนุกและเข้าใจง่าย นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ผ่านบอร์ดเกมในภาพรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด และ 2) คะแนนเฉลี่ยของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนหลังจากใช้บอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ ในภาพรวมอยู่ในระดับสูง ($M = 2.47$)

คำสำคัญ : บอร์ดเกมวิทยาศาสตร์, แนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้, สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง, การวิจัยและพัฒนา, นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

¹ นิสิตมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : 6380221627@student.chula.ac.th
Master Student in Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University. Email: 6380221627@student.chula.ac.th

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประจักษ์สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อีเมล : pornthep.ch@chula.ac.th
Assistant Professor (Ph.D.) in Division of Science Education, Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education,
Chulalongkorn University. Email: pornthep.ch@chula.ac.th

Abstract

The purpose of this research were to 1) develop a scaffolded science board game based on the to promote collaborative problem-solving competency among upper secondary school students, and 2) compare the collaborative problem-solving competency of upper secondary school students before and after using the board game. This study employed a research and development design consisting of three phases: 1) investigating the needs of and problems facing science teachers and students regarding the use of sufficiently scaffolded board games. Data were collected using a needs assessment questionnaire for biology teachers and upper secondary students and analyzed using frequency distribution, percentage, and content analysis for open-ended responses; 2) designing and developing a scaffolded science board game; and 3) implementing the developed board game with a purposively selected group of 30 students in grade 10. Data from this stage were collected through group-based observation using a collaborative problem-solving competency observation form. Descriptive statistics, including mean and standard deviation, and qualitative content analysis were used to analyze the data. The findings revealed that 1) the developed science board game with an Index of Item-Objective Congruence (IOC) ranging from 0.33 to 1.00 for board game design and 1.00 for content validity. Teachers and students expressed a strong need for instructional media that enhances collaboration and problem solving in an engaging and easy-to-understand format. Students reported a high to very high level of satisfaction with learning through the board game, and 2) the overall mean score of students' collaborative problem-solving competency after using the board game was at a high level ($M = 2.47$).

Keywords: science board game, scaffolding framework, collaborative problem-solving competence, research and development, upper secondary students

บทนำ

การแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง (Collaborative Problem Solving: CPS) เป็นส่วนหนึ่งของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และเป็นสมรรถนะสำคัญที่องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ให้ความสำคัญ เนื่องจากความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่งผลให้โลกมีความเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งในวิถีการใช้ชีวิตและการทำงาน การพัฒนากำลังคนให้มีสมรรถนะดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่ควรมุ่งเน้น โดยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง มีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน หมายถึงความสามารถของผู้เรียนในการรับรู้และเข้าใจข้อมูลที่สำคัญของภารกิจ รวมทั้งจุดแข็งและจุดอ่อนของตนเองและเพื่อนร่วมกลุ่ม ตลอดจนสามารถสื่อสาร ติดตาม แก้ไข และรักษาความเข้าใจร่วมกันอย่างต่อเนื่องตลอดกระบวนการทำงาน 2) การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจปัญหา การพิจารณาแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องกับเป้าหมายของงาน และการทำงานร่วมกันโดยอาศัยการสื่อสาร การอธิบาย การให้เหตุผล การตอรอง และการโต้แย้งอย่างสร้างสรรค์ รวมถึงการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ตามบทบาทหน้าที่ของตนเอง

และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งเป็นความสามารถในการเข้าใจบทบาทหน้าที่ของสมาชิก การกำกับ ดูแล และปฏิบัติตามกฎระเบียบร่วมกัน ตลอดจนการสื่อสารและถ่ายทอดข้อมูลที่สำคัญ รวมถึง ปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นภายในกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ องค์ประกอบทั้งสามประการนี้สะท้อนให้เห็นว่า สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังไม่ได้อาศัยทักษะด้านใดด้านหนึ่งเพียงลำพัง แต่ต้องอาศัย การบูรณาการการคิด การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีมอย่างเป็นระบบ (OECD, 2017) โดยในปี 2015 โปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ PISA ได้เพิ่มการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือรวมพลัง ซึ่งประเทศไทยได้คะแนนเฉลี่ย 436 ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาตรฐานของ OECD เท่ากับ 500 คะแนน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2563) แสดงให้เห็นว่านักเรียนไทยควรได้รับการส่งเสริมด้านนี้มากขึ้น เพื่อเตรียมพร้อมสู่การทำงานในอนาคตและการอยู่ร่วมกันในสังคมพหุวัฒนธรรม

จากปัญหาที่กล่าวข้างต้น มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นแนวทางการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือรวมพลัง ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ อธิภา ไชยเดช และคณะ (2560) แสดงให้เห็นว่า การศึกษา การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้วิจัยเป็นฐาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ ปัญหา และทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังอยู่ใน ระดับสูงหลังการเรียนรู้ ผลการวิจัยสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ควรเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทและทำงาน ร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ในทำนองเดียวกัน สายชล สุกร และ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2562) พบว่า การศึกษา การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือรวมพลังร่วมกันอย่างต่อเนื่อง โดยนักเรียนสามารถแสดงออกถึงสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือรวมพลังในระดับสูงหลังจากใช้วงจรปฏิบัติการ งานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยน ความคิดเห็น วางแผน และตัดสินใจร่วมกันมากกว่าการเรียนรู้แบบถ่ายทอดความรู้เพียงอย่างเดียว

เมื่อพิจารณาจากงานวิจัยข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ รวมพลังต้องอาศัยการบูรณาการทั้งด้านการคิดเชิงระบบ การคิดวิเคราะห์ การสื่อสาร และกระบวนการกลุ่ม ดังนั้นในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ เชื่อมโยงทักษะเหล่านี้เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ โดย Antonenko et al. (2014) เสนอว่า การใช้กรอบ การเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER เป็นการมุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 กรอบการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER ประกอบด้วย 1) ระบุปัญหา (Define the problem) 2) สำรวจแหล่งข้อมูล (Explore the resources) 3) อธิบายวิธีแก้ปัญหาของตนเอง (Explain your solution) 4) นำเสนอวิธีแก้ปัญหาของตนเอง (Present your solution) 5) ประเมินวิธีการ แก้ปัญหาของตนเอง (Evaluate your solution) และ 6) สะท้อนให้เห็นถึงการแก้ปัญหาของตนเอง (Reflect on your problem solving) ซึ่งช่วยจัดโครงสร้างกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เป็นลำดับขั้น และมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ว่ากรอบการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER จะช่วยสนับสนุน การพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ แต่หากใช้เพียงการขึ้นาเชิงขั้นตอนหรือกิจกรรม

ในลักษณะการปฏิบัติตามคำสั่ง อาจยังไม่เพียงพอต่อการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง ซึ่งเป็นสมรรถนะเชิงซ้อน ทั้งนี้สมรรถนะดังกล่าวต้องอาศัยสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน การตัดสินใจภายใต้ข้อจำกัด และการมีปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างสมาชิกในกลุ่ม

จากบริบทดังกล่าว ในปัจจุบันได้มีการนำสื่อและนวัตกรรมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนมากขึ้น โดยเฉพาะสื่อที่สามารถจำลองสถานการณ์ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง และเอื้อต่อการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน หนึ่งในสื่อการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยม คือ การนำบอร์ดเกมมาใช้ในการส่งเสริมการเรียนรู้และพฤติกรรมของผู้เรียนในหลายด้าน ตัวอย่างเช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (นภาศรี สงสัย, 2563) มโนทัศน์ทางชีววิทยา (Gutierrez, 2014; ชลทิพย์ จันทร์จำปา และคณะ, 2562) การตระหนักรู้ประโยชน์ของสวนสาธารณะ (ณัฐพล พูลนาผล, 2562) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ธีรภาพ แซ่เซี่ยง, 2561) และความตระหนักเกี่ยวกับการลดความเสี่ยงจากธรณีพิบัติภัย (Mossoux et al., 2015) ซึ่งเป็นการนำเนื้อหามาประยุกต์ และให้นักเรียนได้จำลองสถานการณ์จริง เพื่อเตรียมพร้อมถ้าหากจะต้องเผชิญกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ในการสร้างและพัฒนาบอร์ดเกมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำ Gamification Model Canvas (GMC) ซึ่งเป็นแนวคิดของ Jimenez (2013) โดย GMC ช่วยกำหนดองค์ประกอบสำคัญของการสร้างเกมทั้งด้านเป้าหมายของผู้เล่น กลไกของเกม กติกา แรงจูงใจ และประสบการณ์การเรียนรู้ที่คาดหวัง เพื่อเป็นการกำหนดกรอบในการสร้างเกม รวมไปถึงการสร้างเป้าหมายและวางแผนสำหรับผู้ออกแบบเกม ประกอบด้วย 1) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2) ผู้เล่น 3) พฤติกรรม 4) สุนทรียภาพ 5) กลไกขับเคลื่อน 6) องค์ประกอบของเกม 7) กลไกการเล่น 8) อุปกรณ์การเล่น และ 9) ค่าใช้จ่าย

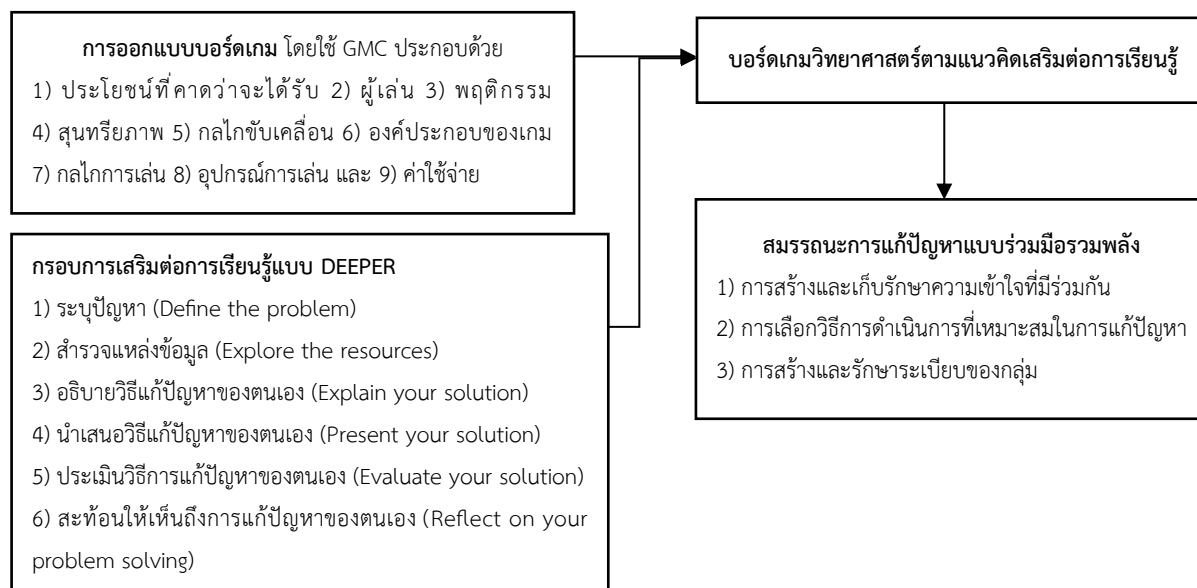
นอกจากนี้ ผู้วิจัยจึงได้เลือกนำปัญหาสิ่งแวดล้อม มาเป็นบริบทหลักในการออกแบบบอร์ดเกม เนื่องจากเป็นปัญหาจริงที่ใกล้ตัวผู้เรียนและมีความซับซ้อนหลายมิติ อ้างอิงจากในรายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี 2567 พบว่า จังหวัดขอนแก่นมีจำนวนวันที่พบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เกินมาตรฐานมากที่สุดเป็นจังหวัดที่ 2 รองจากจังหวัดกาฬสินธุ์ การวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศในรูปแบบของดัชนีคุณภาพอากาศ (air quality index) ในระหว่างวันที่ 1 มกราคม 2563 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2567 พบว่า มีสารมลพิษทางอากาศ 1 ชนิด คือ PM2.5 ซึ่งมีผลการตรวจวัดค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมากกว่า 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากอดีต (สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 10, 2568) ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ อย่างเช่น มีอาการไอ หายใจติดขัด (พรสุดา มโนชัย และ พรพรรณ สกุลคุ, 2564) อีกทั้งจากการสืบค้นเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในวิชาชีววิทยาที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน พบว่า หัวข้อเรื่อง ระบบนิเวศ อยู่ใน 5 อันดับแรก (Etobro & Fabinu, 2017; Koba & Tweed, 2009) และเนื้อหาเกี่ยวกับปัญหาและผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมยังสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

จากแนวคิดและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่า การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังจำเป็นต้องอาศัยทั้งกรอบการเรียนรู้ที่ช่วยจัดโครงสร้างกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

และสื่อการเรียนรู้ที่สามารถสร้างสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อน กระตุ้นการตัดสินใจ และเอื้อต่อการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน ด้วยเหตุนี้ ในการออกแบบบอร์ดเกมเพื่อการเรียนรู้ครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงนำกรอบการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER มาใช้เป็นโครงสร้างหลักของการสร้างและพัฒนาบอร์ดเกม ควบคู่กับ GMC ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยออกแบบองค์ประกอบของเกมอย่างเป็นระบบ (ภาพ 1)

ภาพ 1

กรอบแนวคิดในการวิจัย



วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
- 2) เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังใช้บอร์ดเกม

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยประเภทการวิจัยและพัฒนา (Research & Development) แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ระยะ มีรายละเอียดดังนี้

ระยะที่ 1 การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ มาใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ประชากรและตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ ครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ปฏิบัติการสอนในรายวิชาชีววิทยา และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

1.2 ตัวอย่าง คือ ครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ปฏิบัติการสอนในรายวิชาชีววิทยาจำนวน 11 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือก คือ โรงเรียนต้องมีการจัดตั้งชมรมที่มีความเกี่ยวข้องกับบอร์ดเกมหรือมีประสบการณ์ใช้งานบอร์ดเกมในห้องเรียน และนักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้งานบอร์ดเกมมาก่อน และเป็นโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามสภาพปัญหาและความต้องการของครูผู้สอนและนักเรียนในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีจำนวน 2 ฉบับ ประกอบด้วย 1) แบบสอบถามสำหรับครูผู้สอนชีววิทยา และ 2) แบบสอบถามสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบบสอบถามทั้ง 2 ฉบับ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม และตอนที่ 2 แบบสอบถามลักษณะความต้องการในการนำบอร์ดเกมไปใช้ โดยมีลักษณะการเลือกตอบแบบตรวจสอบรายการ (checklist) และข้อคำถามแบบปลายเปิด โดยทั้งสองฉบับได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงตามเนื้อหา (Content validity) ด้วยเทคนิคการตรวจสอบความสอดคล้องกับจุดประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้านการสอนชีววิทยา การวัดและประเมินผลทางการศึกษา และการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง ผลการตรวจสอบคุณภาพ พบว่า แบบสอบถามสำหรับครูผู้สอนชีววิทยา มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ส่วนแบบสอบถามสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่า IOC เท่ากับ 1.00

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 จัดทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง และนำส่งโรงเรียนต้นสังกัดของครูชีววิทยาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.2 ติดต่อประสานงานโรงเรียนเพื่อรวบรวมข้อมูล

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ตอบกลับและคัดเลือกแบบสอบถามที่สมบูรณ์นำมาวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถามสภาพปัญหาและความต้องการในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ มาใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษา

ตอนปลาย โดยการแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละสำหรับแบบสอบถาม แบบเลือกตอบ แบบตรวจสอบรายการ และวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับแบบสอบถามแบบปลายเปิด

ระยะที่ 2 การสร้างและพัฒนาบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายละเอียดและขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจปัญหาและความต้องการในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ในระยะที่ 1 และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ มาวิเคราะห์เพื่อกำหนดลักษณะของบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้

2. กำหนดกรอบแนวคิดและลักษณะของบอร์ดเกมบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง โดยใช้แนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) สำรวจแหล่งข้อมูล 3) อธิบายวิธีแก้ปัญหาของตนเอง 4) นำเสนอวิธีแก้ปัญหาของตนเอง 5) ประเมินวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง และ 6) สะท้อนให้เห็นถึงการแก้ปัญหาของตนเอง (Antonenko et al., 2014) ร่วมกับกรอบการพัฒนาเกม Gamification Model Canvas (GMC) (Jimenez, 2013) (ตาราง 1)

ตาราง 1

กรอบการพัฒนาเกม Gamification Model Canvas (GMC)

ช่องทางการใช้งาน (platforms)	กลไกการเล่น (mechanics)	กลไกขับเคลื่อน (dynamics)	สุนทรียภาพ (aesthetics)	ผู้เล่น (players)
ในห้องเรียน กิจกรรมกลุ่ม ย่อย	ร่วมมือรวมพลังเพื่อ แก้ปัญหามลพิษและ ป้องกันไม่ให้เล่นคนใด คนหนึ่งมีค่าปอดต่ำกว่า 25%	กรอบการเสริมต่อการเรียนรู้ แบบ DEEPER 1) ระบุปัญหา 2) สำรวจแหล่งข้อมูล 3) อธิบายวิธีแก้ปัญหาของ ตนเอง 4) นำเสนอวิธีแก้ปัญหาของ ตนเอง 5) ประเมินวิธีการแก้ปัญหาของ ตนเอง 6) สะท้อนให้เห็นถึงการ แก้ปัญหาของตนเอง	- ความกดดันจากการตัดสินใจ ร่วม - ความรู้สึกร่วมเป็นทีม เวลา ช่วยกันจนรอด - ความเข้าใจปัญหามลพิษใน ชีวิตจริง	นักเรียน มัธยมศึกษา ตอนปลาย
	องค์ประกอบของเกม (components)		พฤติกรรม (behaviors)	
	- กระดานหลัก - การ์ดสถานการณ์ - การ์ดทรัพยากร - เหรียญพลังงาน / เงิน / แรงงาน		- การสื่อสารและเจรจา - การร่วมมือแก้ปัญหา - การคิดเชิงระบบ - การจัดการทรัพยากรอย่าง จำกัด - การคิดเชิงผลกระทบต่อสังคม	
	ค่าใช้จ่าย (costs)		ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (revenues)	
	- กระดาษ A4 / บอร์ดเกม - การพิมพ์การ์ดและเหรียญ - เวลาเตรียมกติกาและสอนนักเรียน		- ผู้เรียนเข้าใจปัญหาสิ่งแวดล้อมและ PM2.5 - ได้ฝึกทักษะการสื่อสาร เจรจา ร่วมมือ	

3. นำกรอบแนวคิดและต้นแบบบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ จากนั้นจึงส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของกรอบแนวคิดของบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ พร้อมทั้งรวบรวมข้อเสนอแนะ

และข้อปรับปรุงสำหรับกรอบในการพัฒนาบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ไปปรับปรุงแก้ไข โดยแบบตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมในด้านการออกแบบบอร์ดเกม มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 (ผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขในส่วนของขนาดตัวอักษร) และในด้านเนื้อหา มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 โดยบอร์ดเกมต้นแบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้มีชื่อว่า “เมืองไร้ลมหายใจ (Breathless City)” เป็นบอร์ดเกมแบบร่วมมือจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ กระดานเกมที่แสดงถึงเมืองสมมติแห่งหนึ่ง การ์ดบทบาทผู้เล่น การ์ดสถานการณ์ปัญหามลพิษทางอากาศ การ์ดทรัพยากร และตัวชีวิตสถานะของเมือง คือ ระดับมลพิษทางอากาศ โดยผู้เล่นแต่ละคนจะได้รับบทบาทเป็นภาคส่วนต่าง ๆ ของสังคมและต้องร่วมกันตัดสินใจจัดการปัญหามลพิษทางอากาศภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่ นอกจากนี้ เนื้อหาสาระในบอร์ดเกมสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในสาระที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมและผลกระทบของกิจกรรมมนุษย์ต่อทรัพยากรธรรมชาติ โดยมุ่งให้นักเรียนเข้าใจสาเหตุและผลกระทบของมลพิษทางอากาศ รวมถึงแนวทางการจัดการและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมผ่านกระบวนการคิดและการทำงานร่วมกัน

4. นำต้นแบบบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มย่อย เพื่อสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้บอร์ดเกมและคู่มือในการเล่น เนื่องจากลักษณะการใช้งานของบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้จำเป็นต้องมีผู้เล่นหลายคน ในการทดสอบแบบกลุ่มย่อยจึงทดสอบประสิทธิภาพกับนักเรียน 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน ตามจำนวนผู้เล่นที่แนะนำในการเล่น โดยใช้วิธีการสังเกต จดบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างใช้งานบอร์ดเกมและให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้บอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้

5. นำข้อมูลปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างใช้งานบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้จากการสังเกตและจดบันทึกมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการตอบกลับของนักเรียนจากแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้บอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ โดยมีลักษณะการเลือกตอบแบบสอบถามแบบตรวจสอบรายการและคำถามแบบปลายเปิดที่ตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้านการสอนวิชาชีววิทยา ด้านการวัดผลและประเมินผล และด้านจิตวิทยา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง พบว่า มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.33-1.00 (ผู้วิจัยปรับแก้การใช้คำที่เหมาะสมในการ์ดเกม) จากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์ผลโดยการแจกแจงความถี่ หาค่าร้อยละ และวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับแบบสอบถามแบบปลายเปิด และนำไปปรับปรุงแก้ไข

ระยะที่ 3 การศึกษาผลการใช้บอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ประชากรและตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ ครูระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่ปฏิบัติการสอนในรายวิชาชีววิทยา และนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาขอนแก่น

1.2 ตัวอย่าง คือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 30 คน จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) โดยกำหนดเกณฑ์ในการเลือกเหมือนกับในระยยะที่ 2 และกำหนดเกณฑ์เพิ่มเติม ได้แก่ 1) โรงเรียนมีความประสงค์ในการพัฒนาและส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียน และ 2) โรงเรียนอนุญาตให้ผู้วิจัยสามารถเก็บข้อมูลได้ตามขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 บอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจากการดำเนินงานระยะที่ 2

2.2 แบบสังเกตการมีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ปรับปรุงจากกรอบแนวคิดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของ PISA 2015 (OECD, 2017) และ กรรณก เลิศเดชาภัทร (2559) มีลักษณะเป็นเกณฑ์การให้คะแนน (scoring rubrics) จำนวน 9 ข้อ โดยแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลักในการประเมิน ได้แก่ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน 2) การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งมีค่า IOC เท่ากับ 1.00 อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ในด้านการสอนชีววิทยา การวัดและประเมินผลทางการศึกษา และการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการทดลองในเวลาเรียน โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ในการดำเนินงานวิจัย กติกาการเล่น ระยะเวลาในการเล่น กำหนดข้อตกลงระหว่างการเล่น เกม จากนั้นจึงเริ่มให้นักเรียนเล่นบอร์ดเกม เป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 1-2 รอบ จนครบ 12 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยทำการสังเกตและบันทึกคะแนนในระหว่างการใช้บอร์ดเกม โดยเก็บข้อมูลพฤติกรรมตามสภาพจริง และไม่ชี้นำหรือให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาแก่นักเรียน ผู้วิจัยทำการอธิบายเพิ่มเติมเฉพาะกติกาและการแลกเปลี่ยนทรัพยากรในบอร์ดเกม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์คะแนนจากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง โดยคำนวณค่าร้อยละเฉลี่ย (M) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนจากแบบสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง จากนั้นวิเคราะห์ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังโดยแบ่งตามเกณฑ์ที่ปรับมาจาก PISA 2015 ดังนี้ (ตาราง 2)

ตาราง 2

ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง

คะแนน	ระดับสมรรถนะ
2.34 - 3.00	สูง
1.67 - 2.33	ปานกลาง
1.00 - 1.66	ต่ำ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ข้อ ตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผลการสร้างและพัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การวิเคราะห์ผลการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของครูผู้สอนและนักเรียนในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้านสภาพปัญหา พบว่า สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) เนื้อหาเนื่องจากในเนื้อหาวิชาชีววิทยามีเนื้อหาที่ต้องให้นักเรียนสังเกตด้วยประสาทสัมผัส เช่น กายวิภาค สรีระวิทยา ซึ่งเป็นเนื้อหาเชิงลึก ทำให้ยากต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในบอร์ดเกม นอกจากนี้ ควรมีเวลาให้นักเรียนได้ศึกษาขั้นตอนและกติกาการเล่น และ 2) ระยะเวลา อาจจะต้องใช้ระยะเวลาในการทำความเข้าใจในการเล่นบอร์ดเกมทั้งครูที่นำไปใช้ และการใช้กับนักเรียนที่ไม่ชอบเล่นเกม ระยะเวลาและเนื้อหาเป็นสำคัญในการนำมาใช้จริง และในด้านความต้องการในการนำบอร์ดเกมมาใช้ พบว่า ครูชีววิทยามีความพร้อมในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้ไปใช้ในด้านสถานที่ และห้องเรียนมีความพร้อมในการจัดกิจกรรมกลุ่มย่อย

ความคิดเห็นต่อปัญหาและอุปสรรคในการเล่นบอร์ดเกมของนักเรียน สามารถนำมาสรุปประเด็นจากคำถามได้จำนวน 5 ข้อ ได้แก่ 1) นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเล่นบอร์ดเกมแบบเลือกบทบาท (ผู้เล่นจะสามารถเลือกบทบาทตามที่เกมกำหนดได้ ซึ่งทำให้ผู้เล่นได้มีส่วนร่วมในการดำเนินเกมด้วยกัน) 2) นักเรียนคาดหวังและต้องการความสนุกสนานเพลิดเพลิน ต้องการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อน และต้องการได้รับความรู้ใหม่ ๆ 3) นักเรียนคิดว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการเล่นบอร์ดเกม ควรเล่นบอร์ดเกมประมาณ 10-20 นาที 4) นักเรียนคิดว่ากลไกของบอร์ดเกมซับซ้อนเกินไปทำให้เสียเวลาในการทำทำความเข้าใจกติกา ใช้เวลาในการเล่นนานทำให้เกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย และบอร์ดเกมมีอุปกรณ์การเล่นมากเกินไป ทำให้นักเรียนรู้สึกสับสน อีกทั้งเพื่อนมีการแข่งขันที่มุ่งผลแพ้ชนะจนนำไปสู่ความขัดแย้ง และ 5) อุปกรณ์ในการเล่นบอร์ดเกมที่ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนาน คือ การ์ดเพิ่มความสามารถพิเศษ และการ์ดที่สามารถช่วยผู้เล่นหรือสร้างปัญหาเพิ่มขึ้น

เมื่อวิเคราะห์และสรุปสภาพปัญหาและความต้องการในการนำบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้มาใช้ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ร่วมกับกรอบการออกแบบเกม Gamification Model Canvas (GMC) (Jimenez, 2013) และแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER (DEEPER scaffolding framework) ที่พัฒนาจากการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยบอร์ดเกมที่พัฒนาขึ้น คือ เมืองไร้ลมหายใจ (Breathless City) เป็นบอร์ดเกมที่มีลักษณะการเล่นแบบร่วมมือกันลดมลพิษทางอากาศในเมืองที่ทุกคนอาศัยอยู่ ต้องการผู้เล่นจำนวน 5 คน ได้รับบทบาทที่แตกต่างกันตามความสามารถพิเศษ ใช้เวลาในการเล่นต่อรอบประมาณ 30-40 นาที

หลังจากนักเรียนเล่นได้เล่นบอร์ดเกมต้นแบบแรกเสร็จสิ้น ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อบอร์ดเกม โดยแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ได้แก่ หัวข้อที่ 1 ด้านการเล่นเกม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่า บอร์ดเกมช่วยให้นักเรียนสื่อสารกับเพื่อนมากขึ้นในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 63.33 ระดับมาก และปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 26.67 และ 10.00 ตามลำดับ หัวข้อที่ 2 ด้านการนำเสนอเนื้อหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่า บอร์ดเกมมีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาของบทเรียนที่นักเรียนเคยได้เรียนมาในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.33 ในระดับปานกลาง และมาก คิดเป็นร้อยละ 23.33 และ 20.00 ตามลำดับ และหัวข้อที่ 3 ด้านการออกแบบและพัฒนา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่า บอร์ดเกมมีการนำเสนอทั้งข้อความและภาพที่เหมาะสมในระดับมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50.00 ระดับมาก ปานกลาง และน้อย คิดเป็นร้อยละ 40.00 6.67 และ 3.33 ตามลำดับ (ตาราง 3)

ตาราง 3

ความพึงพอใจของนักเรียนต่อบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้

หัวข้อการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)				
	น้อยที่สุด	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ด้านการเล่นเกม					
1. บอร์ดเกมช่วยให้นักเรียนสื่อสารกับเพื่อนมากขึ้น	0.00	0.00	10.00	26.67	63.33*
2. กลไกของการเล่นเกมเข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน	10.00	23.33	13.33	26.67*	26.67*
3. บอร์ดเกมมีความท้าทาย	3.33	3.33	13.33	40.00*	40.00*
4. การจำกัดจำนวนครั้งของการกระทำของผู้เล่นแต่ละคนเหมาะสมสำหรับการเล่นจนจบเกม	0.00	6.67	26.67	20.00	46.67*
ด้านการนำเสนอเนื้อหา					
1. บอร์ดเกมมีการเชื่อมโยงกับเนื้อหาของบทเรียนที่นักเรียนเคยได้เรียนมา	6.67	6.67	23.33	20.00	43.33*
2. บอร์ดเกมมีเนื้อหาเหมาะสมกับนักเรียน	0.00	3.33	10.00	30.00	56.67*
3. บอร์ดเกมใช้ภาษาที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย	3.33	13.33	20.00	13.33	50.00*
ด้านการออกแบบและพัฒนา					
1. บอร์ดเกมมีการนำเสนอทั้งข้อความ และภาพที่เหมาะสม	0.00	3.33	6.67	40.00	50.00*
2. สีและขนาดของตัวอักษรชัดเจน เข้าใจง่าย	0.00	3.33	6.67	33.33	56.67*
3. ภาพและกราฟิกที่ใช้มีความเหมาะสม	0.00	0.00	3.33	26.67	70.00*
4. มีรูปแบบและองค์ประกอบที่น่าสนใจและทันสมัย	0.00	3.33	13.33	13.33	70.00*
5. ตัวละครที่นักเรียนได้เล่นมีส่วนช่วยแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้	0.00	3.33	13.33	20.00	63.33*

2. ผลของการใช้บอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

เมื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นและนำมาปรับปรุงแก้ไขบอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้สู่เสร็จสิ้น จึงได้นำบอร์ดเกมให้นักเรียนเล่นเป็นเวลาจำนวน 12 ชั่วโมง และทำการสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแบบกลุ่ม แล้วจึงนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังใช้บอร์ดเกมจากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาของคะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียน โดยพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถนะที่เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังทั้ง 3 สมรรถนะ ได้แก่ 1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน พบว่า ก่อนการใช้บอร์ดเกม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 ($SD = 0.50$) และค่ามัธยฐานอยู่ที่ระดับสูง (Median = 3) ขณะที่หลังการใช้บอร์ดเกม คะแนนเฉลี่ยลดลงเป็น 2.44 ($SD = 0.61$) และค่ามัธยฐานอยู่ที่ระดับปานกลาง (Median = 2.5) โดยคะแนนมีการกระจายในช่วงระดับปานกลางถึงระดับสูง 2) การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา พบว่า ก่อนการใช้บอร์ดเกม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 ($SD = 0.50$) และค่ามัธยฐานอยู่ที่ระดับสูง (Median = 3) เมื่อเปรียบเทียบกับหลังการใช้บอร์ดเกม พบว่าคะแนนเฉลี่ยลดลงเป็น 2.22 ($SD = 0.55$) และค่ามัธยฐานลดลงมาอยู่ที่ระดับปานกลาง (Median = 2) โดยคะแนนหลังการใช้บอร์ดเกมมีการกระจายในช่วงตั้งแต่ระดับต่ำถึงระดับสูง และ 3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม พบว่า ก่อนการใช้บอร์ดเกม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.38 ($SD = 0.61$) และค่ามัธยฐานอยู่ที่ระดับปานกลาง (Median = 2) ขณะที่หลังการใช้บอร์ดเกม คะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.77 ($SD = 0.43$) และค่ามัธยฐานอยู่ที่ระดับสูง (Median = 3) โดยคะแนนมีการกระจายในช่วงระดับปานกลางถึงระดับสูง สะท้อนให้เห็นแนวโน้มการพัฒนาของสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังในองค์ประกอบนี้หลังจากใช้บอร์ดเกม (ตาราง 4)

ตาราง 4

คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนโดยใช้แบบสังเกตรายกลุ่ม ($n = 18$)

คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง		M	SD	Med	แปลผล
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	ก่อน	2.61	0.50	3	สูง
	หลัง	2.44	0.61	2.5	สูง
2. การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	ก่อน	2.61	0.50	3	สูง
	หลัง	2.22	0.55	2	ปานกลาง
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	ก่อน	2.38	0.61	2	สูง
	หลัง	2.77	0.43	3	สูง
ภาพรวม	ก่อน	2.53	-	-	สูง
	หลัง	2.47	-	-	สูง

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย ผู้วิจัยสามารถอภิปรายได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการสร้างและพัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการแสดงให้เห็นว่า ทั้งครูและนักเรียนต่างต้องการสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้ผู้เรียนฝึกทักษะการแก้ปัญหาและการทำงานเป็นทีมในบริบทที่สนุกและมีความหมาย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้านี้ เช่น Wang et al. (2017) และ Bauer and Popović (2017) ที่ชี้ให้เห็นว่าการใช้เกมเพื่อการศึกษาสามารถช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบ การตัดสินใจ และการทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ในงานวิจัยนี้พบว่า นักเรียนให้ความเห็นในระดับมากถึงมากที่สุดในการสื่อสารกับเพื่อนร่วมทีม การเชื่อมโยงเนื้อหาและความเหมาะสมของการออกแบบสื่อ

ผลจากการพัฒนาต้นแบบและการทดสอบบอร์ดเกมยังสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบเกมตามหลัก GMC และแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER ที่คำนึงถึงการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง โดยผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมโดยอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ ทั้งในด้านการออกแบบบอร์ดเกมและด้านเนื้อหา โดยผู้วิจัยได้นำข้อเสนอแนะที่ได้รับมาปรับปรุงแก้ไขอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้บอร์ดเกมมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

2. ผลการใช้บอร์ดเกมตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

การพัฒนาบอร์ดเกมวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้แบบ DEEPER ร่วมกับกรอบการออกแบบ Gamification Model Canvas (GMC) มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ทั้งในด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ผลการสังเกตพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความกระตือรือร้นในการเล่นบอร์ดเกมร่วมกัน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล และสามารถประยุกต์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจภายในสถานการณ์พิเศษที่กำหนดให้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Vygotsky (1978) ที่มองว่าการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการได้รับการช่วยเหลือในระดับที่เหมาะสมสามารถขยายพัฒนาการทางสติปัญญาและทักษะของผู้เรียนได้

แม้ว่าจากผลการสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังในองค์ประกอบที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน และองค์ประกอบที่ 2 การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา หลังจากใช้บอร์ดเกมมีคะแนนเฉลี่ยลดลง อย่างไรก็ตาม คะแนนยังคงอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง โดยผู้เรียนต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ท้าทาย ต้องมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การโต้แย้ง

และการปรับความเข้าใจร่วมกันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจส่งผลให้กระบวนการสร้างความเข้าใจร่วมและการตัดสินใจร่วมกันใช้เวลามากขึ้นและแสดงออกอย่างระมัดระวังมากขึ้น จึงส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยลดลงสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและอาจแสดงถึงกระบวนการคิดที่ลุ่มลึกมากขึ้นของผู้เรียน

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการสังเกตสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังหลังจากใช้บอร์ดเกมในองค์ประกอบที่ 2 การเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา พบว่า ยังอยู่ในระดับปานกลาง แม้ผู้เรียนจะแสดงพฤติกรรมที่ดีในการสื่อสารและวางแผนร่วมกัน แต่บางกลุ่มยังขาดความเชื่อมโยงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์กับการตัดสินใจ หรือยังไม่สามารถประเมินผลลัพธ์ของกลยุทธ์ที่เลือกได้อย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดของเวลาในการเล่น ความคุ้นชินกับรูปแบบเกมเพื่อการเรียนรู้ หรือขาดโอกาสในการสะท้อนผล (reflection) หลังการเล่นเกม การตีความนี้สอดคล้องกับงานของ Antonenko et al. (2014) ที่เสนอว่า การเสริมต่อการเรียนรู้ต้องมีการสะท้อนผลอย่างเป็นระบบจึงจะทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะได้อย่างเต็มที่ สอดคล้องอย่างชัดเจนกับงานวิจัยของ สายชล สุกร และ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2562) ที่รายงานว่า นักเรียนมีพัฒนาการด้านสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังเพิ่มสูงขึ้นเมื่อได้รับการเรียนรู้ผ่านวงจรปฏิบัติการที่เน้นการอภิปราย การสะท้อนความคิด และการแก้ปัญหาร่วมกันอย่างต่อเนื่อง

บอร์ดเกมเมืองไร้ลมหายใจ สามารถจำลองปัญหามลพิษทางอากาศซึ่งเป็นปัญหาจริงในพื้นที่ภาคอีสานตามรายงานสิ่งแวดล้อม ปี 2567 และทำให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกคิดเชิงวิพากษ์ผ่านสถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงความเป็นจริง กระบวนการนี้ช่วยให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับปัญหาในชีวิตจริง ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

โดยสรุป การใช้บอร์ดเกมที่ออกแบบภายใต้แนวคิดเสริมต่อการเรียนรู้สามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้ พัฒนาทักษะด้านการสื่อสาร การทำงานกลุ่ม และการแก้ปัญหาเชิงซับซ้อน แม้ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังในภาพรวมจะอยู่ในระดับสูงทั้งก่อนและหลังใช้งานบอร์ดเกม แต่ผลลัพธ์สะท้อนทิศทางที่ดีและมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอด ทั้งในด้านการออกแบบสื่อ การประเมินผลทักษะ และการบูรณาการสื่อเกมเข้ากับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนจริง เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ที่มีความหมายมากยิ่งขึ้นสำหรับผู้เรียนในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

1. จากผลการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่าบอร์ดเกมช่วยส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลัง ผู้วิจัยเสนอว่า ควรนำบอร์ดเกมนี้ไปใช้เป็นกิจกรรมเสริมในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังในบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกและลดความตึงเครียดจากการเรียนแบบเน้นเนื้อหาเป็นหลัก

2. จากการสังเกตพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังไม่สามารถสะท้อนหรือเชื่อมโยงประสบการณ์จากการเล่นเกมกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างชัดเจน ผู้วิจัยจึงเสนอว่า ครูผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมสะท้อนผลหลังการเล่นเกม เช่น การอภิปรายสรุปกลยุทธ์หรือบทเรียนที่ได้รับ เพื่อเสริมการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ในเกมกับการเรียนรู้จริงในชั้นเรียน

3. จากศักยภาพของบอร์ดเกมที่สามารถใช้พัฒนาสมรรถนะผู้เรียนได้มากกว่าการใช้เฉพาะในคาบเรียนปกติ ผู้วิจัยเสนอว่า โรงเรียนสามารถนำบอร์ดเกมไปใช้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาเพิ่มเติมหรือกิจกรรมพัฒนาผู้เรียน เพื่อพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากข้อจำกัดด้านจำนวนและความหลากหลายของตัวอย่าง ผู้วิจัยเสนอว่า ควรขยายการศึกษาแก่นักเรียนจำนวนมากขึ้นและหลากหลายระดับชั้น เพื่อทดสอบความคงเส้นคงวาและความทั่วไปของผลการใช้บอร์ดเกมในบริบทที่แตกต่างกัน

2. จากการที่งานวิจัยนี้มุ่งวัดสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังในภาพรวม ผู้วิจัยจึงเสนอว่า ควรศึกษาผลของการใช้บอร์ดเกมต่อสมรรถนะเฉพาะด้านที่สอดคล้องกับกรอบสมรรถนะผู้เรียนของกระทรวงศึกษาธิการเพิ่มเติม ได้แก่ สมรรถนะด้านการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ สมรรถนะด้านการคิดขั้นสูง และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สมรรถนะด้านการทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ รวมถึงสมรรถนะด้านการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายและแก้ปัญหา เพื่อให้สามารถอธิบายผลลัพธ์เชิงลึกของการใช้บอร์ดเกมต่อการพัฒนาผู้เรียนในมิติต่าง ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3. จากการใช้เครื่องมือเก็บข้อมูลเชิงสังเกตและแบบสอบถามเป็นหลัก ผู้วิจัยเสนอว่า ควรพัฒนาเครื่องมือวัดเชิงปริมาณเพิ่มเติม เช่น แบบทดสอบสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือก่อนและหลังการใช้บอร์ดเกม เพื่อยืนยันผลการวิจัยในเชิงสถิติและเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการศึกษา

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณก เลิศเดชาภัทร. (2559). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้าง

คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรวมพลังของนักเรียน

มัธยมศึกษาตอนต้น [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR.

<http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/55128>

ชลทิพย์ จันทร์จำปา, ดวงกมล จิตติเวช, พิรณันท์ ยอดบ่อพลับ, และ นฤมล บุญมั่น. (2562). การพัฒนาเกม

การศึกษาเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต สำหรับนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 18(3), 36-44.

<http://www.journalgrad.ssru.ac.th/index.php/miniconference/article/view/2042>

- ณัฐพล พูลนาผล. (2562). การออกแบบเกมกระดานเพื่อให้คนรุ่นใหม่ตระหนักรู้ประโยชน์ของสวนสาธารณะ : กรณีศึกษาสวนลุมพินีกรุงเทพมหานคร [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. CUIR. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/70087>
- ธีรภา ไชยเดช, สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, และ วิภารัตน์ เชื้อขวด ชัยสิทธิ์. (2560). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 51-66. <https://doi.org/10.14456/jstel.2017.5>
- ธีรภาพ แซ่เจี๋ย. (2561). การใช้บอร์ดเกมประเภทวางแผนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในนักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ในโรงเรียนขนาดใหญ่สังกัดสำนักงานเขตการศึกษาขั้นพื้นฐาน จังหวัดปทุมธานี [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์]. TU Digital Collections. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:137737
- นภาศรี สงสัย. (2563). การศึกษาผลการใช้บอร์ดเกมประกอบการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบนิเวศเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีสำโรงชนูปถัมภ์. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สื่อนวัตกรรมและการศึกษาเชิงสร้างสรรค์*, 3(2), 1-11. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/cemt/article/view/12575>
- พรสุดา มโนชัย และ พรพรรณ สุกุลคุ. (2564). ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคระบบหายใจในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 14(4), 41-48. <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/kkujphr/article/view/248097>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2563). *ผลการประเมินการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ (Collaborative Problem Solving)*. <https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2015-cps-fullreport/>
- สายชล สุก และ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2562). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง พอลิเมอร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา*, 30(2), 166-181. <https://journal.lib.buu.ac.th/index.php/education2/article/view/6374>
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 10. (2568). *รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม ปี 2567*. <https://epo10.pcd.go.th/th/information/more/181>

ภาษาอังกฤษ

- Antonenko, P. D., Jahanzad, F., & Greenwood, C. (2014). Fostering collaborative problem solving and 21st century skills using the DEEPER scaffolding framework. *Journal of College Science Teaching*, 43(6), 79-88. <http://www.jstor.org/stable/43631763>

- Bauer, A., & Popović, Z. (2017). Collaborative problem solving in an open-ended scientific discovery game. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 1(22), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3134657>
- Etobro, A. B., & Fabinu, O. E. (2017). Students' perceptions of difficult concepts in biology in senior secondary schools in Lagos state. *Global Journal of Educational Research*, 16(2), 139. <https://doi.org/10.4314/gjedr.v16i2.8>
- Gutierrez, A. F. (2014). Development and effectiveness of an educational card game as supplementary material in understanding selected topics in biology. *CBE life sciences education*, 13(1), 76-82. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-05-0093>
- Jimenez, S. (2013, 6 November). *Gamification Model Canvas*. Game Developer. <https://www.gamedeveloper.com/business/gamification-model-canvas>
- Koba, S., & Tweed, A. (2009). *Hard-to-teach Biology concepts: A framework to deepen student understanding*. NSTA Press. <https://books.google.co.th/books?id=eQiQ4jWwQikC>
- Mossoux, S., Delcamp, A., Poppe, S., Michellier, C., Canters, F., & Kervyn, M. (2015). HAZAGORA: will you survive the next disaster? – a serious game to raise awareness about geohazards and disaster risk reduction. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16, 135–147. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-135-2016>
- OECD. (2017). *PISA 2015 results (Volume V): Collaborative problem solving*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264285521-en>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. https://w.pauldowling.me/rtf/2021.1/readings/LSVygotsky_1978_MindinSocietyDevelopmentofHigherPsycholo.pdf
- Wang, S. M., Chen, K. T., Hou, H. T., & Li, C. T. (2017). A science history educational board game with augmented reality integrating collaborative problem solving and scaffolding strategies. *International Conference on Computers in Education*, 2, 40-47 <https://library.apsce.net/index.php/ICCE/article/view/2159>