

การพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

Fostering Modeling Skills through Simulation-based Learning among Grade 7 Students

กฤติยา อินทิพย์¹ ณัฐนิชา อินสุวรรณ² นราวิชญ์ เล่ห์กล^{3*} บัญญาดา สิ้นแตง⁴ มนสิข คงยุทธ์⁵ และณัฐกานต์ ประจันบาน⁶
Krittaya Intip¹ Nutnicha Insuwan² Narawich Lakol^{3*} Banyada Sintang⁴ Monsit Kongyut⁵ and
Nattakan Prachanban⁶

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาและตรวจประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ 75/75 2) เปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 และ 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน โรงเรียนแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิจิตร จำนวน 36 คน ได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ ผลประเมินความเหมาะสมอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด 2) แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองเป็นฐานฯ เป็นแบบสังเกตพฤติกรรม 4 ระดับ จำนวน 5 ข้อ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ เป็นข้อสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ระหว่าง 0.67 – 1.00 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 2) ทักษะการสร้างแบบจำลองหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ สูงกว่าเกณฑ์ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ฯ หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานฯ ทักษะการสร้างแบบจำลอง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้

¹⁻⁶สาขาวิชาวิจัยและประเมินทางการศึกษา ภาควิชาบริหาร วิจัย และพัฒนานวัตกรรมทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

¹⁻⁶Educational Research and Evaluation Program, Faculty of Education, Naresuan University

*Corresponding Author, e-mail: narawichl67@nu.ac.th

Abstract

This study aimed to accomplish three primary objectives: 1) to develop and evaluate the effectiveness of model-based learning for Grade 7 students, following the 75/75 criteria; 2) to compare students' modeling skills after implementing the model-based learning approach against a 70% standard; and 3) to assess changes in learning achievement regarding before and after the implementation of the model-based learning approach for Grade 7 students. The sample consisted of a single Grade 7 classroom of 36 students from a school under the Secondary Educational Service Area Office in Phichit, selected through cluster random sampling. The research tools included: 1) model-based learning, rated as highly appropriate with a mean score of 4.88 and a standard deviation of 0.33; 2) an assessment for modeling skills, based on a 4-level behavioral observation rubric with five items; and 3) a learning achievement test, consisting of 20 multiple-choice questions with item-objective congruence indices ranging from 0.67 to 1.00. Statistical methods employed for data analysis included mean, standard deviation, *t*-test for one sample, and *t*-test for dependent samples. The finding indicated that the model-based learning for Grade 7 students exceeded the 75/75 criteria. Furthermore, the students' modeling skills after implementing the model-based learning approach were significantly higher than the 70% standard at the .05 level, and their learning achievement after utilizing the model-based learning approach was also considerably more significant than before, at the .05 level.

Keywords: Model-based Learning, Model Construction Skills, Learning Outcomes

บทนำ (Introduction)

ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ เป็นเนื้อหาสำคัญ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่เป็นพื้นฐานในการเรียนทางด้านชีววิทยาในเรื่องต่าง ๆ เช่น อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต พันธุศาสตร์ ระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ โครงสร้างและหน้าที่ของพืช เป็นต้น เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์มีลักษณะเป็นนามธรรม ซับซ้อน และมีปริมาณมากยากต่อการจำและเข้าใจ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างเป็นรูปธรรม และมีความชัดเจนมากขึ้น เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Buckley et al, 2004) นอกจากนี้ Sainet and Chookhampaeng (2023) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะ

หาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน และช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการสร้างแบบจำลอง ให้ความสำคัญกับการใช้คำถามที่ช่วยให้เกิดการอภิปรายส่งเสริมให้นักเรียนปฏิบัติจริงผ่านการใช้กระบวนการสร้างแสดงออก ทดสอบ และประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้น

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในสังคมปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิตหรือเพื่อการศึกษาต่อในวิชาชีพได้ เพราะในชีวิตประจำวัน และงานอาชีพต่าง ๆ ต้องอาศัยเครื่องมือ อุปกรณ์ ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้เป็นผลที่เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์ กับความคิดสร้างสรรค์ของวิชาอื่นเข้าด้วยกัน (Kawpa, 2024) ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพื่อค้นพบความรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด คือ การให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เพื่อให้เกิดกระบวนการและองค์ความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจ การตรวจสอบ การทดลอง และนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ (Ministry of Education, 2017)

จากการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยในรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2566 พบว่า ในขณะจัดการเรียนรู้ เมื่อครูถามคำถามที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องเซลล์ นักเรียนไม่สามารถอธิบายตอบคำถามและให้เหตุผลทางชีววิทยาได้ เนื่องจากเนื้อหาเรื่องเซลล์ วิชาชีววิทยา มีเนื้อหาเป็นนามธรรมยากต่อการทำความเข้าใจ ต้องใช้จินตนาการสร้างคำอธิบายและเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นแบบบรรยาย นักเรียนจึงไม่สามารถจินตนาการเนื้อหาหรือรวบรวมความคิดได้อย่างเป็นระบบ (Sodok and Phorntaweeku, 2023) นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่า การจัดการเรียนการสอนของครูยังขาดเทคนิคการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ยังไม่มีกิจกรรมการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ และการทำงานเป็นทีมกิจกรรมกลุ่มที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ การเรียนการสอนยังเน้นการบรรยายเนื้อหา ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนวิชาชีววิทยา ไม่ตั้งใจเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะกระบวนการต่าง ๆ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำ (Kongkham and Jansawang, 2023)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based learning) เป็นกระบวนการทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ (Maison et al, 2019) ซึ่งการสร้างแบบจำลองเป็นทักษะที่เน้นให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นตัวแทนในการอธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Thanjai et al, 2021) และเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมกับโลกของความจริง ช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นามธรรมให้เป็นรูปธรรม ส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ง่ายขึ้น

จากความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยซึ่งเป็นครูสอนรายวิชาชีววิทยาเบื้องต้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2567 พบว่านักเรียนไม่สามารถอธิบาย ตอบคำถาม และให้เหตุผล เรื่องโครงสร้างและหน้าที่เซลล์ได้ ขาดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาแก้ปัญหาและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยนำไปสู่

กระบวนการสืบเสาะและลงมือปฏิบัติ เสริมทักษะการคิดและทักษะการสร้างแบบจำลองตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผ่านการทำงานเป็นทีมที่มีการสื่อสาร และการร่วมมือกันช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาและตรวจประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

คำถามวิจัย (Research Questions)

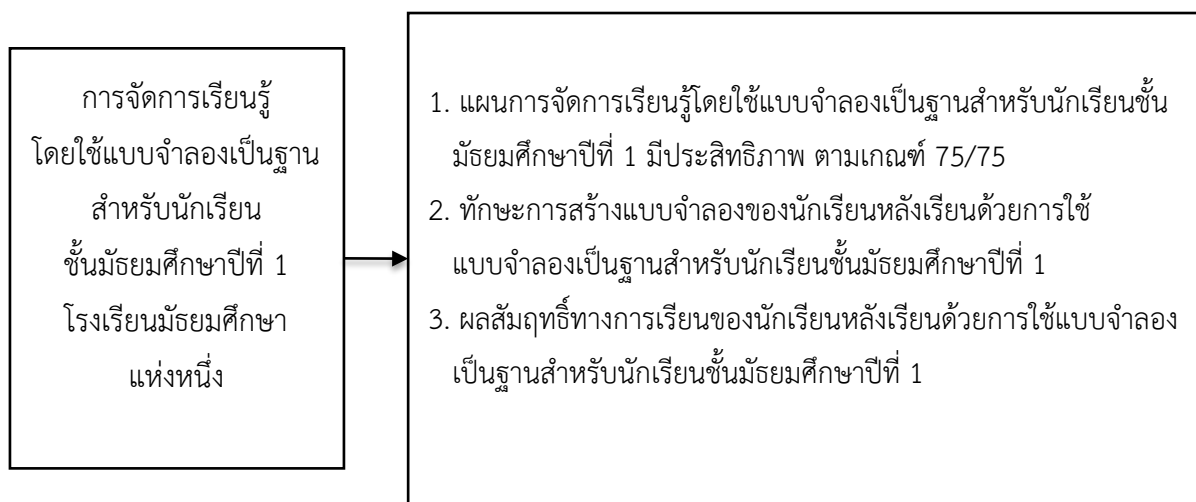
1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 หรือไม่
2. ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีทักษะการสร้างแบบจำลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 หรือไม่
3. ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

สมมติฐานการวิจัย (Research Hypothesis)

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีทักษะการสร้างแบบจำลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

กรอบแนวคิดในการวิจัย ผู้วิจัยใช้ระเบียบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยได้สังเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน Kanchom and Chookhampaeng (2020), Kantawang (2020), Suradsrong and Kijkuakul (2020) และ Daiporn et al (2022) พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นการสร้างแบบจำลอง (Modeling) 2) ขั้นแสดงแบบจำลอง (Presenting a Model) 3) ขั้นการทดสอบแบบจำลอง (Testing a Model) และ 4) ขั้นประเมินแบบจำลอง (Model Evaluation) รายละเอียดดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังศึกษาในปีการศึกษา 2567 ภาคเรียนที่ 1 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาพิจิตร จำนวน 3 ห้องเรียน มีนักเรียน จำนวน 102 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 36 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 1 แผน ใช้เวลา 4 คาบ (คาบละ 50 นาที) คาบที่ 1 – 2 ศึกษาค้นคว้าความรู้ เรื่อง โครงสร้างของเซลล์ คาบที่ 3 – 4 สร้างแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์

2. แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์ ใช้มาตราส่วนลิเคิร์ต (Likert Scale) 4 ระดับ แบ่งเกณฑ์ประเมิน 5 ด้าน ได้แก่ 1) การทำงานกลุ่ม 2) การเลือกใช้วัสดุในการสร้างแบบจำลอง 3) ลักษณะของแบบจำลองสัมพันธ์กับเนื้อหา 4) ความคิดสร้างสรรค์ 5) การนำเสนอแบบจำลอง โดยคะแนนเต็ม 20 คะแนน

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ (20 คะแนน) ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

นำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งในแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบไปด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบประเมินทักษะการสร้างแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์ ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประเมินความเหมาะสมในการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ ผลการประเมินพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.33 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.67 – 1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมิน ยกเว้นข้อที่ 25 มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.33 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (KR-20) ที่สร้างขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.75 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.44 ซึ่งข้อสอบจำแนกได้บ้างถึงปานกลาง และค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.69 – 0.78 ซึ่งข้อสอบอยู่ในระดับค่อนข้างง่าย จึงเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 20 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ โดยการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้ค่าสถิติ E_1/E_2 และการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติค่า t -test for One Sample และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อ่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้สถิติค่า t -test for Dependent Samples โดยใช้โปรแกรม Jamovi 2.6.11

ผลการวิจัย (Research Results)

ตอนที่ 1 ผลการพัฒนาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 75/75

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 เพราะโดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำ จะตั้งไว้ที่ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะหรือเจตนาศึกษา อาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 (Promwong, 2013) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ และการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการนำคะแนนมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน เพื่อหาค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนน

ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 พบว่า คะแนนระหว่างเรียนจากการสืบค้นข้อมูลที่กลุ่มได้รับมอบหมายและนำเสนอ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.5 คิดเป็นร้อยละ 87.5 และได้คะแนนการจากการทำชิ้นงานแบบจำลองโครงสร้างของเซลล์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.6 คิดเป็นร้อยละ 76.5 เห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ 75/75 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนี้มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) = 87.5/76.5 รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

คะแนน	คะแนนเต็ม	จำนวนนักเรียน	\bar{X}	SD	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	20	36	17.5	1.83	87.5
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	40	36	30.6	3.72	76.5
ประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (E_1/E_2) = 87.5/76.5					

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

การเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยตามเกณฑ์การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ อยู่ในเกณฑ์การตัดสิน ระดับดี (Office of Academic and Educational Standards. (2017) ซึ่งข้อมูลมีการแจกแจงเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น จึงใช้สถิติ *t*-test for One Sample

ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่กำหนดไว้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$, Effect Size = 1.00) รายละเอียดดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70

	n	\bar{X}	SD	t	p	Effect Size
คะแนนทักษะการสร้างแบบจำลอง	36	18.3	1.72	666*	<.001	1.00

ตอนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งข้อมูลมีการแจกแจงปกติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น จึงใช้สถิติ *t*-test for Dependent Samples

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.63 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.3 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.11 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .001$, Effect Size = .828) รายละเอียดดังตาราง 3

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

แบบทดสอบ	n	\bar{X}	SD	t	p	Effect Size
ก่อนเรียน	36	10	3.63	4.97*	< .001	.828
หลังเรียน	36	12.3	3.11			

อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

ผลการวิจัยและพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม อภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ให้มีประสิทธิภาพ E_1/E_2 ตามเกณฑ์ 75/75 พบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 87.5/76.5 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในแต่ละขั้นตอนของการสร้างแบบจำลอง ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนได้เป็นผู้ควบคุมกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง และสามารถเห็นความก้าวหน้าได้อย่างชัดเจน การสร้างแบบจำลองจึงไม่เพียงแต่พัฒนาความเข้าใจในเนื้อหา แต่ยังสร้างความมั่นใจในการนำเสนอความคิด และแนวทางการแก้ปัญหาของนักเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Haewthaisong (2013) ที่ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบโครงงาน มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 เช่นกัน ซึ่งเป็นผลมาจากการปฏิบัติตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง ขั้นตอนแสดงแบบจำลอง ขั้นตอนทดสอบแบบจำลอง และขั้นประเมินแบบจำลอง แต่ละขั้นตอนช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง ได้ลงมือสร้างและทดลองแบบจำลองด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้การเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อน ง่ายขึ้นและชัดเจนมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jangchawai, Wichaidit and Angnakoon (2023) ที่ศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองด้วยสื่อเคลื่อนไหว Stop-motion ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการสร้างแบบจำลองเรื่องการส่งกระแสประสาทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฯ ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Constructivism) ของ Piaget (1970) ที่สนับสนุนว่าการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จะช่วยเพิ่มความเข้าใจที่ยั่งยืน การใช้แบบจำลองเป็นตัวกลางในการเรียนรู้ จึงช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดที่เป็นนามธรรมกับปรากฏการณ์จริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้วิจัยยังเห็นว่าการใช้แบบจำลองช่วยให้นักเรียนพัฒนาการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เนื่องจากต้องแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในกระบวนการกลุ่ม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะการสร้างแบบจำลอง หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีทักษะการสร้างแบบจำลองสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จึงสามารถพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองของผู้เรียนได้ ในกระบวนการจัดการเรียนรู้นี้จะช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียน ผ่านกระบวนการทำงานกลุ่ม การค้นคว้า การปฏิบัติจริง ใช้ความคิดสร้างสรรค์จนสามารถประเมินแบบจำลองที่สร้างขึ้นเองได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Kongthan et al (2016) ที่กล่าวว่าความสำเร็จแสดงถึงความเหมาะสมของกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยเฉพาะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ช่วยสร้างความมั่นใจในการนำเสนอแบบจำลองของตนเอง กระบวนการเรียนรู้นี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และการคิดเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่สามารถนำไปแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งกระบวนการจัดการเรียนรู้ไม่เพียงช่วยพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อการเสริมสร้างความเชื่อมั่นในตนเองและความสามารถในการสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับแนวคิดของ Maison et al (2019) ที่กล่าวว่า กิจกรรมที่ส่งเสริมการทำงานกลุ่มและการสร้างแบบจำลอง จะช่วยเพิ่มทักษะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อ่อนเรียน หลังเรียนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้น นักเรียนได้ฝึกลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง มีการกระตุ้นการตั้งคำถามเชื่อมโยงความรู้ที่เป็นนามธรรม อีกทั้งการใช้แบบจำลองในการเรียนรู้ช่วยเปลี่ยนความรู้ที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรมทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น เช่น เรื่องเซลล์ นอกจากนี้ การสร้างแบบจำลองยังช่วยให้นักเรียนสามารถตรวจสอบ และยืนยันความเข้าใจผ่านการอภิปรายและการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนร่วมกลุ่ม กระบวนการนี้ ยังช่วยลดความเข้าใจผิด และเพิ่มความชัดเจนในเนื้อหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Parinthong and Nuangchalem (2020) ที่ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองเรื่องกรดและเบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ลดความเข้าใจผิด และแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนได้จากการใช้แบบจำลอง สอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ของ Piaget (1970) ที่กล่าวว่าผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของตนเอง และสอดคล้องกับแนวคิดของ Thanjai et al (2021) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้

แบบจำลองช่วยลดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนและเสริมสร้างความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ยังสร้างแรงจูงใจให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนรู้สึกกระตือรือร้นและสนใจในเนื้อหามากขึ้น และอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย (Recommendations)

ข้อเสนอแนะเพื่อการปฏิบัติ

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนควรนำวิธีดังกล่าว ไปปรับใช้กับการเรียนการสอนในบทเรียนอื่น หรือในระดับชั้นอื่น เช่น การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาประยุกต์ในวิชาคณิตศาสตร์หรือวิชาภาษาไทย โดยการใช้กิจกรรมการสร้างแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชา จะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจและจดจำเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ครูสามารถขยายการใช้วิธีนี้ไปยังระดับชั้นอื่น ๆ เช่น การนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในระดับมัธยมศึกษาหรือการเรียนการสอนในวิชาที่มีเนื้อหาที่ซับซ้อนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

2. การสะท้อนผลการปฏิบัติงานของนักเรียนเรียน โดยครูผู้สอนและนักเรียนในชั้นเรียน เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาทางความคิดเชิงวิเคราะห์ ครูผู้สอนจำเป็นต้องฝึกให้นักเรียนได้สะท้อนผลเพื่อหาข้อดีและข้อเสียของทั้งตนเองและผู้อื่น เช่น การใช้วิธีการให้กลุ่มนักเรียนทำการอภิปรายหรือเขียนทบทวนเกี่ยวกับผลงานของตนเองและผู้อื่นในกลุ่ม หลังจากนั้นครูสามารถนำผลการสะท้อนมาใช้ในการเสริมสร้างข้อดีและข้อเสียของกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์และนำข้อเสนอแนะไปพัฒนาตนเอง การจัดการอภิปรายกลุ่มหลังจากการทำโครงการ หรือการเขียนสรุปผลการเรียนรู้ที่นักเรียนได้รับจากกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงและพัฒนาทักษะการคิดของตนในอนาคต

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

ควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระอื่น ๆ และระดับชั้นอื่น เพื่อส่งเสริมการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลอง รวมถึงพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนเรียนให้สูงขึ้น การนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาใช้ในเนื้อหาสาระอื่น ๆ จะช่วยส่งเสริมการพัฒนาทักษะการสร้างแบบจำลองและการคิดเชิงวิเคราะห์ของนักเรียนให้สูงขึ้น การวิจัยในอนาคตสามารถขยายขอบเขตการใช้วิธีนี้ไปยังวิชาคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ หรือวิชาสังคมศึกษา โดยการนำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการอธิบายแนวคิดที่ซับซ้อนในแต่ละวิชา เช่น การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาทางสถิติ หรือการใช้แบบจำลองในวิชาสังคมศึกษาในการอธิบายกระบวนการทางประวัติศาสตร์ นอกจากนี้ การนำการเรียนรู้แบบจำลองไปใช้ในระดับชั้นที่สูงขึ้น เช่น ในระดับมัธยมปลายหรือระดับมหาวิทยาลัย ก็สามารถช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ทักษะการสร้างแบบจำลองในเชิงวิจัยได้มากขึ้น

References

- Buckley, B. C., Gobert, J. D., ... and Willett, J. (2004). Model-Based Teaching and Learning with BioLogical TM: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 23-41.
- Daiporn, D, Channok, C, ... and Chokchaloemwong, D. (2022). A Study on the Effects of Model-based Inquiry Pedagogy on 21st Learning and Innovation Skills of the Students Grade 3 in a Virtual Science Classroom. *Journal of Education, Mahasarakham University*, 16(4), 35–46. [In Thai].
- Jangchawai, K., Wichaidit, S. and Angnakoon, P. (2023). A Study of Stop-motion Modeling that Affects Achievement and Modeling Skill of Nerve Impulse for Matthayomsuksa Sixth Students. *Sukhothai Thammathirat Open University Journal*, 36(1), 54-71. [In Thai].
- Kawpa, J. T. (2024). *The Importance of Science*. Retrieved from <https://www.gotoknow.org/posts/306599>. [In Thai].
- Haewthaisong, J. (2013). *The Development of Science Learning Management Plan Using Project-Based Learning on the Topic of Forces in Daily Life for Grade 8* (Research Report, Mahasarakham University). [In Thai].
- Kanchom, R. and Chookhampaeng, S. (2020). Development of the Scientific Concept of Reproduction of Flowering Plants and Growth, using 7E Inquiry-based Learning with Gallery Walk Technique for Grade 11 Students. *Journal of Educational Measurement, Mahasarakham University*, 26(1), 186-197. [In Thai].
- Kantawang, J. (2020). *Model-based Learning Approaches in Biology to Promote Learning Achievement and Scientific Reasoning of Tenth Grade Students*. (Master Thesis, Burapha University). [In Thai].
- Kongkham, P. and Jansawang, N. (2023). Analytical Thinking and Academic Achievement in Biology on Chromosomes and Genetic Material of Mathayomsuksa 4 students Receiving Cooperative Learning Management in STAD Format Together with Concept Map. *Interdisciplinary Academic and Research Journal*, 3(5), 497-510. [In Thai].
- Kongton, T., Sukumek, B. and Faiyakamta, C. (2016). The Development of Organic Chemistry Concepts in Grade 11 Students Using Model-Based Learning. *Journal of Science, Technology and Environment Research Unit*, 7(1), 62-76. [In Thai].

- Maison, M., Darmaji, D., ... and Indrawati, P. S. (2019). Science Process Skills and Motivation. *Humanities and Social Sciences Reviews*, 7(5), 48–56.
- Ministry of Education. (2017). Indicators and Core Curriculum Science Learning Group (Revision 2017) According to the Basic Education Core Curriculum, B.E. 2008, Office of the Committee Basic Education, Ministry of Education. Bangkok: Association of Agricultural Cooperatives Thailand. [In Thai].
- Office of Academic and Educational Standards. (2017). *Learning Standards and Indicators for Mathematics, Science, and Geography Learning Groups in the Learning Subject Group Social Studies, Religion and Culture (Revised Edition 2017) According to the Basic Education Core Curriculum, B.E. 2008*. Bangkok: Office of Academic and Educational Standards, Office of the Basic Education Commission, Ministry of Education.
- Parinthong, W. and Nuangchalerm, P. (2020). Developing of Modeling Skills on Entitle Acids-Base for Year 11 Students Using Model-based Learning Activities. *Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University*, 17(3), 89-100. [In Thai].
- Piaget, J. (1970). Piaget's Theory (G. Gellerier & J. Langer, Trans.). In: P.H. Mussen (Ed.), *Carmichael's Manual of Child Psychology (3rd Ed, Vol.1)*. New York: Wiley.
- Promwong, C. (2013). Testing the Effectiveness of Media or Teaching Materials. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7-20. [In Thai].
- Sodok, P. and Phorntaweeku, S. (2023). Developing the Ability to Solve Problems in Biology of Secondary 4 Students with the Problem-based Learning Management Model. *Journal of Research and Development Institute, Rajabhat Maha Sarakham University*. 10(1), 437-452. [In Thai].
- Suradsrong, K. and Kijkuakul, S. (2020). Model-based Learning Approach Integrated with Augmented Reality for Enhancing Grade 10 Students' Model-building Skills and Scientific Conceptions in Solution Topic. *Journal of Education and Innovation Naresuan University*, 23(4), 46–57. [In Thai].
- Thanjai, N., Suttiwan, W., and Pinthong, T. (2021). Using the Scientific Models to Promote Analytical Thinking Ability and Learning Achievement of the Solar System of Grade 9th Students. *Journal of Humanities and Social Science Valaya Alongkorn*, 16(1), 31–47.