

The Competency Development of Analytical Thinking Abilities of Knowledge on Factors Affecting Plant Growth and Response of Grade 11 Students through Learning Management Based on the TPACK Framework Model

Waranya Thiamthat^{1,*}, Phiraya Tongchalerm² and Pariya Pariput³

^{1,*}Program in Curriculum and Instructional Development, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: waranya.tg67@ubru.ac.th

²Program in Digital Technology for Education, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: phiraya.t@ubru.ac.th

³Program in Curriculum and Instructional Development, Faculty of Education, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand; Email: pariya.p@ubru.ac.th

**Corresponding author: Waranya Thiamthat (waranya.tg67@ubru.ac.th)*

Received: 1 February 2026; **Revised:** 16 March 2026;

Accepted: 18 March 2026; **Published:** 30 April 2026

Abstract

The purposes of this research were 1) develop lesson plans based on the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework with an efficiency criterion of 75/75; 2) enhance students' analytical thinking ability after learning through TPACK-based instruction; 3) compare students' learning achievement before and after learning through TPACK-based learning management; and 4) to investigate Grade 11 students' satisfaction toward learning management activities based on the TPACK framework model. The sample consisted of 25 students, Grade 11 students from class 5/2 at Triam Udom Suksa Phatthanakan Ubon Ratchathani School in the second semester academic of 2025 year, selected by cluster random sampling, using the classroom as the sampling unit. The research instruments included: 1) lesson plans, 2) the analytical thinking ability test, 3) a learning achievement test, and 4) a student satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, percentage, standard deviation, and the t-test analysis (One Sample t-test). The results revealed that 1) the efficiency of the TPACK-based lesson plans was 83.00/75.40, which met the established criterion; 2) students' analytical thinking abilities after learning were significantly higher than before learning at the 0.05 level; 3) students' post-test learning achievement was significantly higher than their pre-test achievement at the 0.05 level; and 4) the overall level of students' satisfaction toward the TPACK-based learning management activities was at the highest level.

Keywords: Analytical Thinking Abilities, TPACK Framework Model, Learning Achievement



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

Citation:

Thiamthat, W., Tongchalerm, P., & Pariput, P. (2026). The Competency Development of Analytical Thinking Abilities of Knowledge on Factors Affecting Plant Growth and Response of Grade 11 Students through Learning Management Based on the TPACK Framework Model. *Journal of Computer and Creative Technology*, 4(1), e3483. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3483>

การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและ ตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ ตามกรอบแนวคิดที่แพค

วรัญญา เทียมทัต^{1,*} พิรญา ทองเฉลิม² และ ปริญญา ปริพุฒ³

^{1,*}สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัด
อุบลราชธานี 34000 ประเทศไทย; Email: waranya.tg67@ubru.ac.th

²สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000
ประเทศไทย; Email: phiraya.t@ubru.ac.th

³สาขาวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี
34000 ประเทศไทย; Email: pariya.p@ubru.ac.th

*ผู้ประพันธ์บทความ: วรัญญา เทียมทัต (waranya.tg67@ubru.ac.th)

รับบทความ: 1 กุมภาพันธ์ 2569; แก้ไขบทความ: 16 มีนาคม 2569;

ตอบรับบทความ: 18 มีนาคม 2569; เผยแพร่บทความ: 30 เมษายน 2569

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 25 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ 2) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ฮอว์โมนพืช การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และการตอบสนองความเครียดของพืช 3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์สถิติที่ ผลการวิจัยพบว่า 1) การแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) ผลการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 3) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้อหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ความสามารถในการคิดวิเคราะห์, กรอบแนวคิดที่แพค, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



Copyright © 2026 Journal of Computer and Creative Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY-NC-ND).

การอ้างอิง:

วรัญญา เทียมทัต, พิรญา ทองเฉลิม, และ ปริญญา ปริพุฒ. (2569). การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค. วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์, 4(1), e3483. <https://doi.org/10.65205/jcct.2026.e3483>

1. บทนำ (Introduction)

จุดเปลี่ยนในช่วงศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจากการปฏิวัติดิจิทัลและอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งส่งผลต่อโครงสร้างเศรษฐกิจ สังคม และระบบการศึกษาทั่วโลก โดยประเทศไทยเผชิญความท้าทายสำคัญ ทั้งปัญหาภัยคุกคามได้ปานกลาง ความเหลื่อมล้ำทางการศึกษา มาตรฐานการศึกษาที่ไม่ทัดเทียมระดับสากล รวมถึงความจำเป็นในการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ให้แก่ผู้เรียนเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษาได้จัดทำแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560-2579 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาคุณภาพการศึกษารอบด้าน เพื่อลดความเหลื่อมล้ำและเสริมสร้างความพร้อมของคนไทยในการดำรงชีวิตในสังคมโลกที่เปลี่ยนแปลงไป (Ministry of Education, 2017)

ซึ่งผลรายงานการวิเคราะห์การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดี ปีการศึกษา 2567 มีการนำเสนอข้อมูลสถิติเกี่ยวกับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติดี ซึ่งด้านการศึกษาระดับพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ และต่ำกว่าเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50 เมื่อพิจารณาเป็นรายวิชา พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์ มีจำนวนนักเรียนที่สอบผ่านเกณฑ์น้อยที่สุด (Regional Education Office 15, 2022) สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่หลากหลายจากระบบ ผู้สอน ผู้เรียน และสภาพแวดล้อม ของการศึกษาไทยในปัจจุบันที่ยังคงเน้นการท่องจำและสอบมากกว่าการพัฒนาสมรรถนะการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดทักษะ การประยุกต์ใช้ข้อมูล วิทยาศาสตร์ (Neangjakoun et al., 2024)

จากรายงานผลการประเมินตนเองของสถานศึกษา (Self-Assessment Report: SAR) ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี 2567 พบว่า มาตรฐาน ข้อที่ 1 ด้านคุณภาพของผู้เรียน มีจุดเด่นสำคัญ คือ ผู้เรียนมีศักยภาพและสถานศึกษามีความพร้อมในด้านของเทคโนโลยี แต่อย่างไรก็ตาม ยังพบประเด็นที่ควรพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อยกระดับคุณภาพทางการศึกษา อันได้แก่ การส่งเสริมการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning เพื่อสนับสนุนให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก อีกทั้ง ยังช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม รวมถึงการพัฒนากระบวนการวัดและประเมินได้อย่างหลากหลายและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงควรมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมนอกเหนือจากหนังสือเรียน เพื่อพัฒนาการคิดวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบ ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของสถานศึกษา และสอดคล้องกับเป้าหมายของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนาทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้า การพัฒนาความคิด และการคิดค้นทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะลักษณะที่โดดเด่นของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ยึดหลักความเป็นระบบ สามารถตรวจได้ แต่ยังคงมีความยืดหยุ่น และไม่ถูกจำกัดด้วยลำดับขั้นตอน ในแง่ของกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับแนวทางการสอนวิทยาศาสตร์ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017)

ด้วยเหตุนี้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์จึงเป็นรากฐานสำคัญในการตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาในบริบทที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (Laowreandee et al., 2017) อีกทั้ง ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นส่งผลให้การจัดการเรียนรู้มีความจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบและวิธีการสอนแบบใหม่ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อบริบทของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ยังเอื้อต่อการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้อย่างเหมาะสม (Mingsiritham, 2021) จากสภาพปัญหาดังกล่าว มีความสอดคล้องกับแนวคิด PCK ของ Shulman (1986) เป็นหนึ่งในแนวคิดที่พัฒนาขึ้นมาโดยการบูรณาการระหว่างความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีการสอน เพื่อให้สามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในเวลาต่อมา Mishra & Koehler (2006) ได้พัฒนารอบแนวคิด PCK โดยเพิ่มองค์ประกอบของเทคโนโลยีเข้ามาเป็น TPACK ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางวิทยาศาสตร์กับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง สร้างความเข้าใจที่ชัดเจนและตระหนักรู้ถึงสิ่งรอบตัวที่เกิดขึ้น (Phuaphan, 2019) โดย TPACK เป็นกรอบแนวคิดที่อธิบายความรู้ที่จำเป็นต่อการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพควบคู่ไปกับการใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์ของความรู้ทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ในด้านเนื้อหา (CK) ความรู้ในด้านการจัดการเรียนรู้ (PK) และ ความรู้ในด้านเทคโนโลยี (TK) ซึ่งผู้สอนจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของแต่ละด้าน เพื่อให้สามารถออกแบบและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นระบบ รวมถึงการเลือกหรือพัฒนาใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ (Fakkao, 2018)

ดังนั้น การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยเน้น เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค จึงเป็นแนวทางการพัฒนาที่สอดคล้องกับผลการประเมิน SAR ของสถานศึกษา ทั้งในด้านการยกระดับคุณภาพผู้เรียนและการเลือกใช้จุดเด่นทางด้านความพร้อมของเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด อันนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้มีความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตและมีสมรรถนะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงไปของสังคมอย่างแท้จริง

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย (Research Objectives)

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

3. การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (Literature Review)

3.1 กรอบแนวคิดที่แพค

กรอบแนวคิดที่แพค พัฒนามาจากความรู้ด้านเนื้อหาและวิธีการสอนของครู หรือ PCK จากแนวคิดของ Shulman ในปี ค.ศ. 1986 ถัดมา Mishra & Koehler (2006) ได้นำเทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการ ในการจัดการเรียนการสอน โดยเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอนและเทคโนโลยีของผู้สอนเข้าด้วยกัน (Phuaphan, 2019) เพื่อช่วยในการนำเสนอ หรืออธิบายเนื้อหาจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งตอบสนองต่อความแตกต่างของผู้เรียนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยกรอบแนวคิดที่แพค (TPACK) มีองค์ประกอบ ดัง Figure 1.

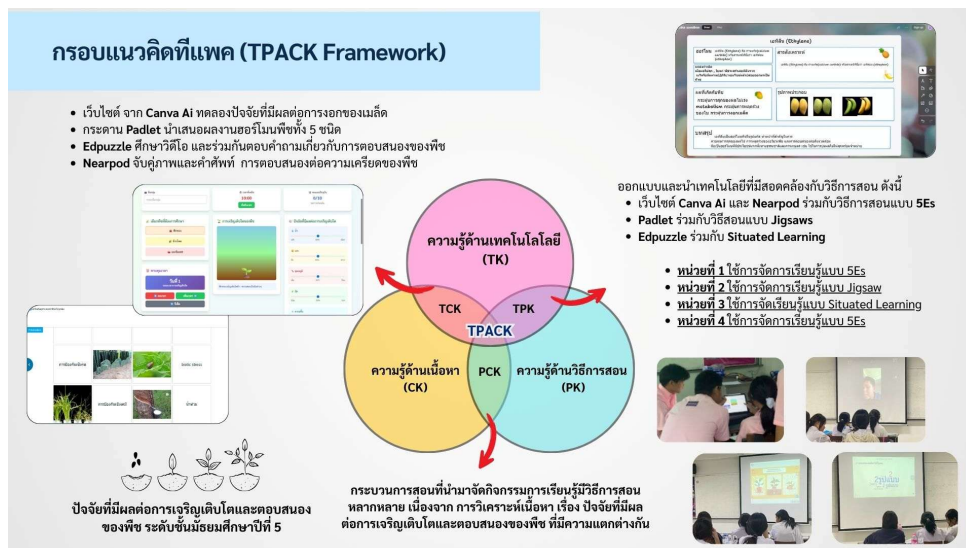


Figure 1. Concept TPACK Framework Model (Based on TPACK Model)

3.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นกระบวนการคิดที่ช่วยให้เข้าใจข้อเท็จจริง ผ่านการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบที่สำคัญ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ และแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่การลงข้อสรุปและการตัดสินใจได้อย่างมีเหตุและผล (Moonkum, 2008) โดยประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1. ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นการระบุค่าสำคัญผ่านการแยกแยะข้อมูล จากนั้น สามารถตีความและจัดหมวดหมู่ของข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ 2. ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์

เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่าง หาความสอดคล้อง และ ข้อโต้แย้งผ่านการสังเกต 3. ด้านวิเคราะห์หลักการ เป็นการเชื่อมโยงแนวคิด หรือทฤษฎี ผ่านการสังเคราะห์ข้อมูล ประเมินแหล่งที่มา และนำเสนอความคิดเห็น เพื่อหาข้อสรุปที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลได้

3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถวัดได้จากการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น ความรู้ ทักษะ และความสามารถของนักเรียน ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและ ประสบการณ์การเรียนรู้ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า สร้างสรรค์ ตามระดับพุทธิพิสัย 6 ชั้น ของ Bloom's Taxonomy Revise ฉบับปรับปรุง (Ritcharoon, 2024)

4. วิธีดำเนินงานวิจัย (Research Methodology)

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ จำนวน 10 ห้อง โดยสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องที่ 2 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ จำนวน 25 คน

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้มีการใช้เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการสร้างเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การสร้างแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช จำนวน 4 หน่วยย่อย เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ (ไม่รวมการทดสอบก่อนและหลังเรียน และไม่รวมการปฐมนิเทศก่อนเรียน)

1.1 ดำเนินการสร้างแผนการจัดการจัดการเรียนรู้ขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 1 ประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมจาก มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 และ ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย เท่ากับ 4.87 ซึ่งมีค่าความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แตก เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ประกอบด้วย 4 หน่วยย่อย แสดงตาม Table1.

Table 1. Synthesis of Learning Management Units Based on the TPACK Conceptual Framework

Subunit	Content Knowledge (CK)	Pedagogical Knowledge (PK)	Technological Knowledge (TK)
1	Factors Affecting Seed Germination	5E Instructional Model	Canva AI
2	Plant Hormones	Jigsaw Cooperative Learning Technique	Padlet
3	Plant Responses in Terms of Movement	Situation-Based Learning	Edpuzzle
4	Plant Responses to Stress	5E Instructional Model	Near pod

1.2 แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช แบ่งเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย 1. ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ 2. ด้านวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 3. ด้านวิเคราะห์หลักการ โดยประกอบด้วยเนื้อหา ดังต่อไปนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด ฮอโมนพืช การตอบสนองของพืชในลักษณะการเคลื่อนไหว และการตอบสนองต่อความเครียดของพืช และจัดเป็นรูปแบบอัตร้อย 4 ชุด ชุดละ 3 ข้อ รวม 12 ข้อ โดยสร้างขึ้นจากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง 2560) ตามผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 2 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบวัด เท่ากับ 0.80-1.00 จากนั้น คัดแบบวัดที่ผ่านการประเมินจากผลการเรียนรู้ ทั้งหมด 36 ข้อ นำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี จำนวน 49 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องนี้ ได้ค่าความยาก (p) เท่ากับ 0.00-0.69 ค่าอำนาจจำแนก เท่ากับ 0.00-0.29 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.98 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 30 ข้อ จากนั้นคัดเลือกตามจุดประสงค์ทางการเรียนรู้ เหลือ 12 ข้อ และจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช เป็นรูปแบบปรนัย 4 ตัวเลือก รวม 40 ข้อ โดยสร้างขึ้นจากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามผลการเรียนรู้ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และนำส่งผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 2 เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ มีค่าเท่ากับ 0.67-1.00 จากนั้น คัดแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผลการเรียนรู้ ทั้งหมด 66 ข้อ นำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการอุบลราชธานี จำนวน 49 คน ที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่องนี้ ได้ค่าความยาก (p) เท่ากับ 0.21-0.75 ค่าอำนาจจำแนก (r) เท่ากับ 0.21-0.73 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 45 ข้อ จาก 66 ข้อ จากนั้นคัดเลือกตามจุดประสงค์ทางการเรียนรู้ เหลือ 40 ข้อ และจึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผ่านการประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญ ชุดที่ 1 มีค่าความสอดคล้อง เท่ากับ 0.80-1.00 และนำหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ไปทดลองใช้ (Try out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง มีค่าความยาก เท่ากับ 0.55-0.81 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.95 จากนั้น จึงนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียว วัดความรู้ความเข้าใจก่อนและหลังการทดลอง (One group pretest-posttest Design) ของ Poonputta (2022) แสดงตาม Table2.

Table 2. Research Design of the One-Group Pretest-Posttest Design

Pre-test	Treatment	Post-test
O ₁	X	O ₂

จาก Table 2. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

O₁ หมายถึง การทดสอบก่อนเรียน (Pre-test)

X หมายถึง การสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

O₂ หมายถึง การทดสอบหลังเรียน (Post-test)

โดยการวิจัยในครั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 และขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. ปฐมนิเทศโดยชี้แจงข้อตกลงในการจัดการเรียนรู้ และอธิบายเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยแนะนำการใช้เทคโนโลยีในแต่ละหน่วย หน่วยละ 3 ชั่วโมง จำนวน 4 หน่วยย่อย

2. เริ่มทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pre-test) กำหนดเวลา 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ที่สร้างขึ้นจำนวน 4 หน่วยย่อย โดยใช้เวลา 12 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งไม่รวมเวลาที่ใช้ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน จากนั้น ทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยเก็บคะแนนระหว่างเรียนในแต่ละหน่วยทุกครั้ง เพื่อวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4. เมื่อเรียนครบทั้ง 4 หน่วย ให้นักเรียนทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (Post-test) กำหนดเวลา 1 ชั่วโมง และให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งหมด 4 ด้าน รวม 20 ข้อ

5. นำผลที่ได้จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน แบบวัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วย มาวิเคราะห์ผลทางสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อหาค่าประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ระหว่าง ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

6. นำผลแบบวัดระหว่างเรียนในแต่ละหน่วย มาวิเคราะห์ผลสถิติที่ (One Sample t-test)

7. นำผลที่ได้จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ก่อนและหลังเรียน รวมถึงวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย (Results)

สามารถนำเสนอผลการวิจัยออกเป็น 4 ข้อ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75

ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75 ดังนี้

1. ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (Efficiency of Process: E_1) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถหลังสิ้นสุดการเรียนรู้ในแต่ละหน่วยการจัดการเรียนรู้

2. ค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (Efficiency of Product: E_2) หมายถึง คะแนนที่ได้จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากจัดการเรียนรู้ครบทุกหน่วยย่อย

ผลการวิจัยดัง Table 3.

Table 3. Average and Percentage of Lesson Performance Test based on the 75/75 Criterion

Process/ Product	n	Scores	$\bar{X}$	S.D.	Percent
Efficiency of Process (E_1)	25	36	29.88	0.24	83.00
Efficiency of Product (E_2)	25	40	30.16	3.08	75.40
E_1/E_2 83.00/75.40					

จาก Table 3. พบว่า ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่า E_1 เท่ากับ 83.00 ค่า E_2 เท่ากับ 75.40 สามารถ สรุปได้ว่า ค่าประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

5.2 ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

ผลพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค จากการวิเคราะห์ โดยใช้สถิติวิเคราะห์สถิติที่ (One Sample t-test) ดัง Table 4.

Table 4. Analysis of the Development of Analytical Thinking Ability of Grade 11 Students after Learning through the TPACK Framework

Subunit	Content	n	Score	$\bar{X}$	S.D.	t	P	Percent
1	Factors Affecting Seed Germination	25	9	7.32	1.31	5.02*	0.00	81.33
2	Plant Hormones	25	9	6.68	1.62	2.09*	0.02	74.22
3	Plant Responses in Terms of Movement	25	9	7.72	1.48	5.78*	0.00	85.78
4	Plant Responses to Stress	25	9	8.16	0.98	10.95*	0.00	90.67
Total		25	9	7.47	0.24	5.96*	0.00	83.00

*p < 0.05

จาก Table 4. พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนในแต่ละหน่วยการจัดการเรียนรู้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง แม้ว่า หน่วยย่อยที่ 2 มีแนวโน้มคะแนนที่ลดลงเมื่อเทียบกับหน่วยย่อยที่ 1 อาจเนื่องมาจากการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยี ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ยังไม่สอดคล้องลักษณะของเนื้อหาของหน่วยย่อย ดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า ทุกหน่วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดัง Table 5.

Table 5. Comparison of Analytical Thinking Ability of Grade 11 Students Before and After Learning through the TPACK Framework

Testing	n	Scores	$\bar{X}$	S.D.	t	P
Pre-test	25	40	20.52	5.96	13.60*	.00
Post-test	25	40	30.16	3.08		

*p < 0.05

จาก Table 5. พบว่า ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคสูงกว่าก่อนเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ย 20.52 และ หลังเรียน มีคะแนน 30.16 ของคะแนนนักเรียนทั้งหมด แสดงให้เห็นว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเมื่อทดสอบสถิติที่ แบบ Paired Sample t-test พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ดัง Table 6.

Table 6. Evaluation Results of Learning Management

Item	Evaluation Items	$\bar{X}$	S.D.	Satisfaction Level
1	Content	4.59	0.42	Very good
2	Learning Activities	4.77	0.36	Very good
3	Instructional Media and Materials	4.83	0.30	Very good
4	Measurement and Evaluation	4.73	0.54	Very good
Average Total		4.73	0.34	Very good

จาก Table 6. พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช เมื่อพิจารณาารายด้าน พบว่า ด้านที่ 3 ด้านสื่อและอุปกรณ์ (Instructional Media and Materials) มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.83$, S.D. = 0.30)

6. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

1. ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75
2. ผลการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค โดยรวมอยู่ระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.73$, S.D. = 0.34)

7. อภิปรายผลการวิจัย (Discussion)

จากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและตอบสนองของพืช ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค สามารถอภิปรายผลดังนี้

1. ผลการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคให้มีประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 75/75 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค ที่พัฒนาขึ้นมีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 83.00/75.40 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 โดยมีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) สูงกว่าค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) สะท้อนให้เห็นว่า ผู้เรียนสามารถมีส่วนร่วมและเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดการจัดกิจกรรมในทั้ง 4 หน่วยการเรียนรู้ อันเป็นผลมาจากการ บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม ร่วมกับการเลือกใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น การเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ และการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ ที่สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหาในแต่ละหน่วย รวมถึงการเลือกใช้เทคโนโลยีที่สนับสนุนกระบวนการเรียนรู้โดยตรง เช่น การใช้ Canva AI ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น การใช้ Padlet ร่วมกับการเรียนรู้แบบจิ๊กซอว์ การใช้ Edpuzzle ร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้สถานการณ์ และการใช้ Nearpod สนับสนุนกิจกรรมตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น ส่งผลให้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับ กรอบแนวคิดที่แพค ของ Mishra & Koehler (2006) ที่เน้นการบูรณาการความรู้ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี โดยประกอบด้วยความรู้ด้านเนื้อหาผนวกกับวิธีสอน (PCK) ซึ่งสะท้อนความสามารถในการเลือกวิธีสอนและการวัดประเมินที่เหมาะสมกับเนื้อหาและผู้เรียน ความรู้ด้านเนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TCK) ที่มุ่งให้ครูเข้าใจว่าเทคโนโลยีสามารถเปลี่ยนรูปแบบการนำเสนอเนื้อหาและเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมกับปรากฏการณ์จริงได้ และความรู้ด้านวิธีสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK) ที่เน้นความสามารถในการเลือกใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมดจะรวมเป็นองค์ความรู้เชิงบูรณาการในระดับ TPACK ซึ่งเป็นความสามารถของครูในการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพและส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยงานวิจัยของ Srisunakrua (2023) ที่ศึกษา การพัฒนาความฉลาดรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับความรู้นี้ในเนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี พบว่า ประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 76.50/76.59 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อเทียบกับงานวิจัยของ Prommanin (2020) ที่ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสง โดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 78.95/78.10 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ อาจเกิดจากการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และวิธีการจัดการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้ดำเนินการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนที่หลากหลาย ส่งผลให้บางเนื้อหาอาจมีการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีที่ยังไม่สอดคล้อง

กับวิธีการสอน และถึงแม้ว่า ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่าง E_1 และ E_2 พบว่า มีความแตกต่างกันมาก ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นระหว่างเรียนยังไม่เสถียรมากพอ ดังนั้น จึงควรหาแนวทางในการเพิ่มความคงทนในการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้หรือสื่อเทคโนโลยีอื่นเพิ่มเติม

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคในแต่ละหน่วยเพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญที่ .05 ($F=5.57$, $p=.00$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seedaeng (2020) ที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยสื่อการสอนสมัย โดยมีคะแนนการคิดวิเคราะห์ 3 ครั้ง เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ของ Nurtjahyani et al. (2022) ที่ศึกษา The Implementation of TPACK Learning in Human Movement Systems Materials to Improve Students' Critical Thinking พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กรอบแนวคิดที่แพค เรื่อง ระบบการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ส่งผลให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์พัฒนาอย่างต่อเนื่องขึ้นใน 3 วงรอบ โดยเฉพาะ องค์ประกอบด้านการระบุปัญหา การเชื่อมโยงข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผล แสดงให้เห็นว่า การออกแบบกิจกรรมตามกรอบแนวคิดที่แพคที่บูรณาการเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย และเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง โดยมีเทคโนโลยีเป็นสื่อสนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลและการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ของเนื้อหา ส่งผลให้ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนพัฒนาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ และแม้ว่า หน่วยย่อยที่ 2 เรื่อง ฮอริโมนพืช มีแนวโน้มคะแนนลดลงเมื่อเทียบกับหน่วยย่อยที่ 1 เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการออกของเมล็ด ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการเลือกใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ที่ยังไม่สอดคล้องกับลักษณะของเนื้อหา แต่เมื่อพิจารณารายหน่วย พบว่า ทุกหน่วยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ด้วยเหตุนี้ จึงควรพิจารณาการเลือกใช้สื่อการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น โดยคำนึงถึงความเหมาะสมของสื่อและลักษณะเนื้อหา เพื่อให้สื่อเทคโนโลยีสามารถสนับสนุนกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 การออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพคที่บูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ไม่เพียงแต่ส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน แต่ยังส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย ทั้งนี้เนื่องจากผู้เรียนได้รับการพัฒนาผ่านกระบวนการแสวงหาความรู้ การตั้งคำถาม และการเชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริงอย่างเป็นระบบ ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีเป็นสื่อสนับสนุนการนำเสนอเนื้อหาและการเข้าถึงข้อมูล ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเนื้อหาได้อย่างชัดเจนและลึกซึ้งยิ่งขึ้น จึงสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำแบบทดสอบและการประเมินผลหลังเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ลำดับขั้นพุทธิพิสัยตามแนวคิดของ Bloom (ฉบับปรับปรุง) ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนจากการจำไปสู่การคิดระดับสูงอย่างเป็นระบบ (Ritcharoon, 2024) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Nuankrathok (2020) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้เชิงสืบเสาะร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดที่แพค พบว่า โดยด้านสื่อและอุปกรณ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด ($\bar{X} = 4.83$) อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการบูรณาการเทคโนโลยีและสื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมตามกรอบแนวคิดที่แพคช่วยเสริมแรงจูงใจและความพร้อมในการเรียนของผู้เรียน สอดคล้อง กับงานวิจัยของ Namkote (2023) ที่พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีในระดับมากที่สุด

8. ข้อเสนอแนะงานวิจัย (Recommendation)

8.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี เป็นการบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยี ให้ความสำคัญสอดคล้องและเหมาะสมต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยไม่มุ่งเน้นเพียงการใช้เทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว
2. การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเลือกใช้วิธีการสอนและเทคโนโลยี ให้เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมได้ชัดเจนขึ้น และพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์

8.2 ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรจะพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่เป็นแพลตฟอร์มเฉพาะสำหรับการจัดการเรียนรู้ โดยออกแบบให้สอดคล้องกับลักษณะเนื้อหาและกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกและการมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีความหมาย
2. ควรศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ต่อ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน โดยเฉพาะความสามารถในการทำงานเป็นทีมและทักษะด้านการใช้เทคโนโลยี ในอนาคต

9. การเปิดเผยการใช้ปัญญาประดิษฐ์เชิงสร้างสรรค์ (Declaration of Generative AI)

งานวิจัยนี้ใช้ CANVA AI ในการออกแบบเว็บไซต์การเรียนรู้ โดยคำสั่งที่ใช้เกี่ยวกับเนื้อหา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด เพื่อจำลองการทดลองปัจจัยที่ส่งผลต่อพืชชนิดต่างชนิดภายในระยะเวลา และปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน และใช้ OpenAI เป็นเครื่องมือ ในการแปลงบทคัดย่อจากภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งใช้คำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการแปลความหมายและปรับแก้ความถูกต้องของภาษา ทั้งนี้ได้ตรวจสอบ ปรับแก้เนื้อหาให้ถูกต้องทั้งหมดด้วยตนเอง

10. การแสดงบทบาทผู้เขียน (CRediT Author Statement)

Waranya Thiamthat: Data Curation, Formal Analysis, Writing - Original Draft, Writing - Review & Editing.

Phiraya Tongchalem: Conceptualization, Validation, Supervision.

Pariya Pariput: Conceptualization, Validation, Supervision.

All authors read and approved the final manuscript.

11. เอกสารอ้างอิง (References)

- Fakkao, S. (2018). *Learning Management to Promote 21st Century Skills*. Faculty of Education, Chandrakasem Rajabhat University.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). *Manual for the Implementation of the Additional Science Curriculum: Biology Course for Upper Secondary Level, Science Learning Area (Revised Edition B.E. 2560 [2017]) Based on the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 [2008]*. Ministry of Education. (In Thai)
- Laowreandee, W., Kitroongrueng, P., & Sirisamphan, O. (2017). *Active Learning Management Strategies to Develop Thinking Skills and Enhance Educational Quality for the 21st Century* (12th ed.). Phetkasem Printing Group. (In Thai)
- Mingsiritham, K. (2021). *Technology to Learning for Educational Research in Digital Transformation* (2nd ed.). O.S. Printing House. (In Thai)
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and Core Learning Standards of the Science Learning Area (Revised ed., B.E. 2560) According to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551*. Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House. (In Thai)

- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moonkum, S. (2008). *Comprehensive Thinking Skills* (9th ed.). Phab Pim. (In Thai)
- Namkote, T. (2023). *Development of Learning Achievement and Science Process Skills of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Evolution Using Problem-Based Learning Combined with TPACK*. [Doctoral dissertation, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis Database. https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=63421238206 (In Thai)
- Neangjakoun, P., Kittiauchawal, K., Khwantrairong, T., Lijuan, W., & Nueangaudom, A. (2024). Approaches for the Development of Competency-Based through Active Learning in Science: Current Practice, Problems and Needs of Science Teachers. *Journal of Yala Rajabhat University*, 19(1), 59-67. (In Thai)
- Nuankrathok, T. (2020). *The Effects of 5Es Inquiry Cycle with Cooperative Learning with Jigsaw II Technique in Chromosome and Genetic Material on Biological Learning Achievement, Group Working Behaviors and Scientific Mind of Tenth Grade Students*. [Master's thesis, Burapha University]. Burapha University Institutional Repository. <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/10048> (In Thai)
- Nurtjahyani, S. D., Winarni, A., Sugjarsi, I., Agusvita, R., Mustafa, A., & Sukisno, S. (2022). The Implementation of TPACK Learning in Human Movement Systems Materials to Improve Students' Critical Thinking. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 14(4), 6419-6426. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v14i4.2287>
- Phuaphan, N. (2019). *Development of an Innovative Methods Course Supporting Preservice Science Teachers' Technological Pedagogical and Content Knowledge: A Critical Participatory Action Research*. [Doctoral dissertation, Naresuan University]. Naresuan University Intellectual Repository. <http://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/1550> (In Thai)
- Poonputta, A. (2022). *Educational Research*. Taksila Printing. (In Thai)
- Prommanin, S. (2020). *The Development of Instructional Activities in Biology Entitled Photosynthesis using Inquiry Cycle (5E) integrated with Collaborative Learning Approach for Mathayomsuksa 5 Students*. [Doctoral dissertation, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis Database. https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=58421228115 (In Thai)
- Regional Education Office 15. (2022). *Educational Test Results (2024)*. Ministry of Education. (In Thai)
- Ritcharoon, P. (2024). *Techniques for Developing Learning Assessment Instruments*. Phetkasem Printing. (In Thai)
- Seedaeng, K. (2020). *Mixed Instructional Participation Methods between the 5Es Inquiry Approach and Instructional Global Media Inventories to Increase Analytical Thinking and Learning Achievement on Cell and Cell Function for Grade 10 Students*. [Unpublished master's thesis]. Rajabhat Maha Sarakham University. (In Thai).
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Srisunakruea, A. (2023). *Development of Scientific Literacy of Mathayomsuksa 3 Students on the Topic of Daily Materials in Everyday Life Using Inquiry Model (5E) Combined with TPACK*. [Master's thesis, Sakon Nakhon Rajabhat University]. SNRU E-Thesis database. https://gsmis.snru.ac.th/e-thesis/thesis_detail?r=63421238213 (In Thai)