

**การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้
วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกรอบความรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี (TPACK)
ในรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา**

**Development of Analytical Thinking Ability through the Integration of the 7E
Learning Cycle Model and the Technological Pedagogical Content Knowledge
Framework (TPACK) in Statistics for Biological Research**

ขจิตา สมเนตร* ขวัญเดือน รัตนา ศุภาวีร์ แสงจันทร์จิระเดช พัทธพล มุ่งลือ และ ศศิธร ธงชัย

Kajita Somnate* Khwanduean Rattana Supavee Sangchanjiradet Phukphon Munglue and Sasithorn Thongchai

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34000 ประเทศไทย

Department of Biology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000, Thailand

*E-mail: kajita.m@ubru.ac.th

Received: Mar 19, 2026

Revised: Apr 21, 2026

Accepted: Apr 27, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกรอบความรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี (TPACK) ในการเรียนการสอนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา และ 2) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ 7E ร่วมกับ TPACK ในการเรียนการสอนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยา ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ลงทะเบียนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 19 คน ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) มคอ.3 รายละเอียดรายวิชา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 7E ร่วมกับ TPACK 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา หลังการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ 7E ร่วมกับ TPACK สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ 7E ร่วมกับ TPACK อยู่ในระดับมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56

คำสำคัญ: วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ความรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare students' analytical thinking ability and learning achievement before and after the implementation of the learning management plans based on the 7E learning cycle integrated with the technological pedagogical content knowledge (TPACK) framework for the statistics course for biological research; and 2) investigate students' satisfaction with the 7E-TPACK integrated learning management in the statistics course for biological research. The sample group used in this research consisted of 19 third-year undergraduate students majoring in Biology program, Faculty of science, Ubon Ratchathani Rajabhat University, who were enrolled in the statistics course for biological research during the second semester of the

academic year 2025. The participants were selected using purposive sampling. The research instruments included 1) TQF 3: Course Specification based on the 7E learning cycle integrated with TPACK; 2) an analytical thinking ability test; 3) a learning achievement test; and 4) a student satisfaction questionnaire. The data were analyzed using mean, standard deviation and t-test for dependent samples. The results revealed that 1) students' analytical thinking ability and learning achievement after learning using the 7E-TPACK integrated learning management were significantly higher than those before learning at the .05 level of significance; and 2) students' satisfaction with the 7E-TPACK integrated learning management was at the highest level, with a mean score of 4.56.

Keywords: 7E learning cycle model, Technological pedagogical content knowledge, Analytical thinking ability, Learning achievement

1. บทนำ

การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นหนึ่งในเป้าหมายสำคัญของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถใช้เหตุผล วิเคราะห์ข้อมูลเชิงซับซ้อน ตีความผลและตัดสินใจบนพื้นฐานของหลักฐานเชิงประจักษ์ [1], [2] ความสามารถดังกล่าวมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้และการทำวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์ชีวภาพซึ่งต้องอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติและการเชื่อมโยงผลลัพธ์กับปรากฏการณ์ทางชีววิทยาอย่างมีระบบ

รายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยาเป็นรายวิชาหลักที่มีบทบาทในการพัฒนาสมรรถนะด้านการวิจัยของนักศึกษาชีววิทยา นักศึกษาจำนวนมากยังคงประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดทางสถิติ โดยเฉพาะการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสม การตีความผลการวิเคราะห์และการอธิบายผลการทดลองเชื่อมโยงกับบริบทการวิจัยจริง ส่งผลให้การเรียนรู้มักจำกัดอยู่ในระดับการจดจำขั้นตอนหรือสูตรคำนวณมากกว่าการคิดวิเคราะห์เชิงลึก [3], [4] ประกอบกับการวิเคราะห์ผลคะแนนย้อนหลังในช่วงปีการศึกษา 2565 ถึง 2567 พบว่านักศึกษาร้อยละ 47.5 มีผลคะแนนในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลและการตีความผลลัพธ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ปัญหาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดและการคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ เนื่องจากโลกวิทยาศาสตร์และชีววิทยาในปัจจุบันมีข้อมูลจำนวนมาก เทคโนโลยีที่ซับซ้อนและการวิจัยที่ต้องอาศัยข้อมูลทางสถิติอย่างมีประสิทธิภาพ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E learning cycle) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ โดยเน้นให้

ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการกระตุ้นความสนใจ การสำรวจ การอธิบาย การขยายความรู้ การแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการประเมินผลอย่างต่อเนื่อง งานวิจัยในช่วงหลังปี 2020 ชี้ให้เห็นว่ารูปแบบการเรียนรู้ 7E สามารถส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้เชิงลึกของผู้เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย [5], [6]

ในขณะเดียวกัน การจัดการเรียนรู้ในบริบทการศึกษายุคดิจิทัลจำเป็นต้องบูรณาการเทคโนโลยีอย่างเหมาะสมเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงรุก ความรู้ด้านการสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี (Technological Pedagogical Content Knowledge: TPACK) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในฐานะกรอบแนวคิดสำคัญในการออกแบบการเรียนการสอนที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวิธีการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ [7], [8] รูปแบบ TPACK เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยนำเทคโนโลยีเข้าสู่ชั้นเรียนในยุคดิจิทัลซึ่ง Koehler and Mishra [9] ได้นำเสนอแนวคิดรูปแบบความรู้เนื้อหาผสมผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีเพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างน่าสนใจและสอดคล้องกับสภาพห้องเรียนในยุคปัจจุบัน โดยรูปแบบดังกล่าวเป็นกรอบความคิดที่ผู้สอนสามารถผสมผสานความรู้ที่มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ ความรู้ด้านเนื้อหา ความรู้ด้านการสอน และความรู้ด้านเทคโนโลยี ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ผู้สอนจะต้องปรับตัวให้มีสมรรถนะในการเลือกใช้เทคโนโลยี เพื่อการจัดการเรียนรู้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ จะเห็นได้ว่ารูปแบบ TPACK เป็นแนวคิดที่มีความจำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพราะเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือประกอบการจัดการเรียนการสอนที่สำคัญมาก มีส่วนช่วยในการนำเสนอเนื้อหาต่อผู้เรียนและเป็นเครื่องมือในการติดต่อสื่อสาร ทำให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกัน

การจัดการเรียนการสอนที่มีการประยุกต์ใช้ตามรูปแบบ TPACK นับว่าเป็นการสนับสนุนแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ เพราะการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบ TPACK ไม่เพียงแค่นำประโยชน์จากการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในการสอน แต่ยังคำนึงถึงคุณภาพในการจัดเตรียมเนื้อหาสาระของการสอน และการเลือกใช้วิธีการสอนให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียนอีกด้วย [10] กรอบแนวคิด TPACK สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยาอย่างเป็นรูปธรรม โดยในมิติของเทคโนโลยี (Technology) ผู้สอนสามารถเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เช่น โปรแกรม R, SPSS และ JAMOWI เพื่อให้นักศึกษาได้ฝึกวิเคราะห์ข้อมูลจริงขณะที่มีมิติด้านวิธีการสอน (Pedagogy) ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงรุก เช่น การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) และการทำกิจกรรมวิเคราะห์กรณีศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์และการตีความผลทางสถิติในมิติของเนื้อหา (Content) สามารถประยุกต์ใช้สถิติโดยครอบคลุมประเด็นสำคัญ เช่น การวิเคราะห์ความหลากหลายทางชีวภาพ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในเชิงนิเวศวิทยา การวิเคราะห์ข้อมูลทางพันธุกรรม และการออกแบบการทดลองทางชีววิทยา เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ายังมีงานวิจัยจำนวนน้อยที่บูรณาการรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกรอบแนวคิด TPACK เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยตรง โดยเฉพาะในบริบทของรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยาในระดับอุดมศึกษา เพื่อให้นักศึกษา ไม่เพียงแค่นำเข้าใจวิธีการสถิติ แต่สามารถคิดวิเคราะห์แบบบูรณาการ เชื่อมโยงความรู้ทางด้านสถิติ ชีววิทยาและเทคโนโลยี นำไปสู่การเรียนรู้แบบลึก (Deep learning) ได้

ดังนั้นงานวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกรอบความรู้ด้าน การสอนผนวกเนื้อหาและเทคโนโลยี (TPACK) ในรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยาจึงมีความสำคัญทั้งในเชิงวิชาการและเชิงปฏิบัติ ผลการวิจัยที่ได้จะเป็นแนวทางเชิงประจักษ์ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาสถิติให้สอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน ผลักดันให้นักศึกษามีทักษะ

การคิดวิเคราะห์ที่เข้มแข็งและพร้อมสำหรับงานวิจัยในอนาคต ตลอดจนสามารถใช้เป็นต้นแบบในการออกแบบการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะด้านชีววิทยาในระดับอุดมศึกษาที่เน้นผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาเป็นสำคัญ อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพบัณฑิตและสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน สอดคล้องกับนโยบายการพัฒนาการศึกษาในระดับชาติ โดยเฉพาะแนวทางของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม [11] ที่ส่งเสริมการจัดการศึกษาในรูปแบบฐานผลลัพธ์ (Outcome-based education: OBE) ซึ่งมุ่งเน้นให้ผู้เรียนแสดงสมรรถนะที่พึงประสงค์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ทั้งนี้ การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวยังสอดคล้องกับแผนการอุดมศึกษาไทยระยะยาว 20 ปี [12] ที่มุ่งผลิตบัณฑิตที่มีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะด้านการคิดวิเคราะห์เชิงระบบและการใช้ข้อมูล (Data literacy) เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัล ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงไม่เพียงมุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเท่านั้น แต่ยังตอบสนองต่อการพัฒนาผู้เรียนตามกรอบผลลัพธ์การเรียนรู้ที่สอดคล้องกับนโยบายการศึกษาระดับชาติในปัจจุบัน

ในการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1. ขอบเขตการวิจัย

ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาวิชาชีววิทยา ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ลงทะเบียนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 19 คน ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถคิดวิเคราะห์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้

กรอบแนวคิดในการวิจัยแสดงใน Figure 1

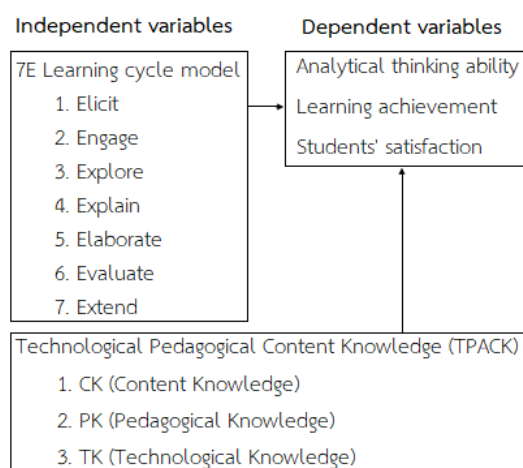


Figure 1 Conceptual framework

2.2. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นที่ 1 ศึกษาเนื้อหา เอกสาร แนวคิดทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) และกรอบแนวคิด TPACK รวมทั้งมาตรฐานคุณวุฒิระดับสาขาวิชา มาตรฐานผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning outcomes) และโครงสร้างหลักสูตร จากนั้นออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ในรายวิชา

ขั้นที่ 2 กำหนดกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ที่ลงทะเบียนรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 2/2568 จำนวน 19 คน ได้จากการเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

ขั้นที่ 3 สร้างเครื่องมือและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ดำเนินการออกแบบรายละเอียดของรายวิชา (Course specification) ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ในระดับต่าง ๆ ทั้งหมด 15 สัปดาห์ ในแต่ละสัปดาห์แบ่งเป็นบรรยายและปฏิบัติสัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง (บรรยาย 1 ชั่วโมง และปฏิบัติ 2 ชั่วโมง) จากนั้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน

พิจารณาเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence: IOC) ซึ่งได้ค่าที่ผ่านเกณฑ์ อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์พร้อมนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ประกอบด้วยข้อคำถาม 4 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกสถิติที่เหมาะสม (กรณีศึกษา) การวิเคราะห์และตีความผลทางสถิติ การวิจารณ์การใช้สถิติในงานวิจัยทางชีววิทยา การสังเคราะห์และตัดสินใจเชิงสถิติ จำนวน 35 ข้อ จากนั้นส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน พิจารณาเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 30 ข้อนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับนักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาชั้นปีที่ 4 ซึ่งผ่านการเรียนเนื้อหานี้มาก่อน ผลการวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder and Richardson [13] พบว่า มีค่าความยากรายข้อ (p) อยู่ระหว่าง 0.25-0.65 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) อยู่ระหว่าง 0.28-0.70 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.86 ผลการวิเคราะห์แสดงใน Table 1

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โครงสร้างแบบทดสอบโดยยึดตามหลักการวัดผลด้านพุทธิพิสัย 6 ชั้น ของ Bloom (Bloom's taxonomy) [14] ได้แก่ 1) การจำ 2) การเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมินค่า 6) การสร้างสรรค์ และมีเนื้อหาครอบคลุมตามผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ท่าน พิจารณาเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 30 ข้อ แล้วนำไปทดลองใช้ (Tryout) กับนักศึกษาสาขาวิชาชีววิทยาชั้นปีที่ 4 ซึ่งผ่านการเรียนเนื้อหานี้มาก่อน ผลการวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder and Richardson [13] พบว่า มีค่าความยากรายข้อ (p) อยู่ระหว่าง 0.33-0.75 และค่าอำนาจจำแนกรายข้อ (r) อยู่ระหว่าง 0.35-0.73 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.91 ผลการวิเคราะห์แสดงใน Table 1

Table 1 The Index of item objective congruence (IOC), item difficulty index (p), item discrimination index (r), and reliability of the analytical thinking ability test and the learning achievement test

Psychometric properties of the instrument	Analytical thinking ability test	Learning achievement test
Item objective congruence (IOC)	0.67-1.00	0.67-1.00
Item difficulty index (p)	0.25-0.65	0.33-0.75
Item discrimination index (r)	0.28-0.70	0.35-0.73
Reliability	0.86	0.91

4. แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK เป็นคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามวิธีการวัดแบบ Likert [15] จำนวน 24 ข้อ แบ่งเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านเนื้อหาสาระ 2) ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 3) ด้านผู้สอน 4) ด้านสื่อการเรียนรู้ และ 5) ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าดัชนีความสอดคล้องผ่านเกณฑ์ อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

ขั้นที่ 4 การรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนการสอน โดยจะดำเนินการทดลองในชั่วโมงเรียนตามปกติ

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงและแก้ไขแล้ว

3. ดำเนินการสอนตามกระบวนการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ดังแสดงใน Figure 2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ในขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage) ผู้สอนใช้กิจกรรมคำถามผ่านแพลตฟอร์ม Kahoot! และแบบสอบถามสั้นผ่าน Google Forms เพื่อกระตุ้นความสนใจและสำรวจความรู้พื้นฐานของนักศึกษา ในขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักศึกษาใช้โปรแกรม SPSS และ Microsoft Excel ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกรณีศึกษาเพื่อฝึกทักษะการเลือกใช้สถิติที่เหมาะสม ในขั้นอธิบาย (Explain) ผู้สอนใช้ Microsoft PowerPoint ในการนำเสนอแนวคิดทางสถิติควบคู่กับการสาธิตการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS เพื่อเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ ในขั้นขยายความรู้ (Elaborate) นักศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องผ่าน Google Scholar

และนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม ในขั้นประเมินผล (Evaluate) ผู้วิจัยใช้แบบทดสอบออนไลน์ผ่าน Google Forms และกิจกรรม Kahoot! ร่วมกับเกณฑ์การประเมินแบบบูรณาการเพื่อประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ในขั้นขยายต่อยอด (Extend) นักศึกษานำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ และจัดทำรายงานหรือผลงานโดยใช้เครื่องมือดิจิทัลที่เหมาะสม และสำหรับในขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exchange) ใช้ Google Classroom เป็นแพลตฟอร์มในการส่งงาน และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนด ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ พร้อมทั้งสำรวจความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในรายวิชา โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรม JAMOV เพื่อทดสอบสมมติฐานและสรุปผลการวิจัยต่อไป

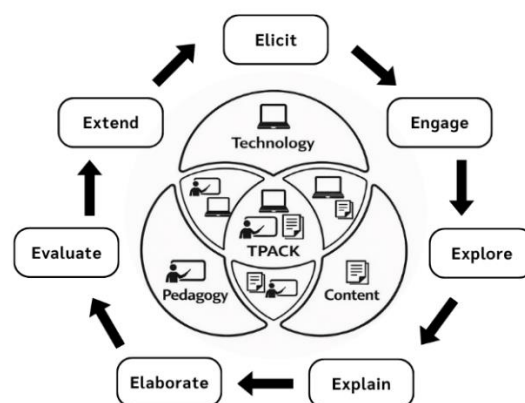


Figure 2 7E learning cycle integrated with TPACK

ขั้นที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระกัน (dependent samples t-test)
3. วิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK โดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ขั้นที่ 6 สรุปผลและการนำเสนอผลการศึกษาวิจัย

3. ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK แสดงใน Table 2

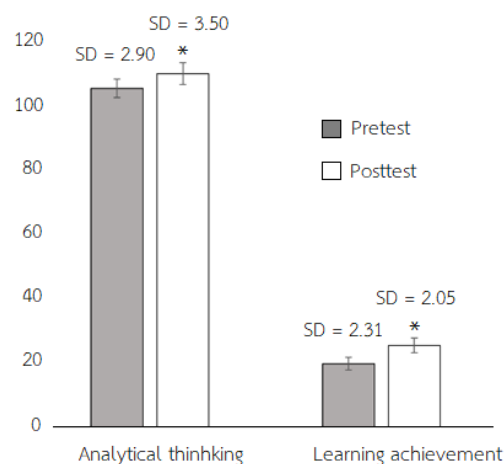
Table 2 Comparison of students' analytical thinking ability before and after learning using 7E learning cycle integrated with TPACK

	Pretest	Posttest
Mean	105.74	110.32
SD.	2.90	3.50
Statistics	t = 13.28*	
df	18	
p-value	0.00	
Effect size	3.05	

*Significant at the 0.05 level

ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักศึกษา ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 105.74 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.90 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110.32 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.50 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK พบว่า มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 3.05

แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีผลกระทบต่อพัฒนาความสามารถคิดวิเคราะห์ของนักศึกษาสูงมาก (Very large effect) ดังแสดงใน Figure 3



*Significant at the 0.05 level (compared to the corresponding pretest)

Figure 3 Comparison of the mean of students' analytical thinking ability and learning achievement before and after the implementation of the 7E learning cycle integrated with TPACK

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK แสดงใน Table 3

Table 3 Comparison of students' learning achievement before and after learning using 7E learning cycle integrated with TPACK

	Pretest	Posttest
Mean	19.89	25.63
SD.	2.05	2.31
Statistics	t = 16.43*	
df	18	
p-value	0.00	
Effect size	3.77	

*Significant at the 0.05 level

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.89 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.05 หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.63 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.31 วิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยคะแนน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK พบว่า มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p < 0.05$) โดยมีขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 3.77 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีผลกระทบต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงมาก (Very large effect) ดังแสดงใน Figure 3

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK แสดงใน Table 4

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการจัดการเรียนรู้ พบว่า ภาพรวมนักศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (Mean = 4.56, SD = 0.50) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (Mean = 4.59, SD = 0.49) โดยผู้เรียนเห็นว่าตนมีโอกาสดำรงค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรม

ต่าง ๆ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงหรือการทํางานได้ รองลงมาคือ ด้านเนื้อหาสาระ (Mean = 4.57, SD = 0.50) โดยนักศึกษาเห็นว่าเนื้อหาวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยามีความเหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน และช่วยเสริมสร้างความเข้าใจด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางชีววิทยา ขณะที่ด้านผู้สอนและด้าน สื่อการเรียนรู้นี้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (Mean = 4.55, SD = 0.50) สำหรับด้านผู้สอนนักศึกษาเห็นว่าผู้สอนสามารถบูรณาการเนื้อหา วิธีการสอนและเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมพร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและแสดงความคิดเห็น สำหรับด้านสื่อการเรียนรู้นักศึกษาเห็นว่าสื่อและเทคโนโลยีที่ใช้มีความเหมาะสมกับเนื้อหาวิชา และมีความน่าสนใจและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเฉลี่ย (Mean) = 4.54 (SD = 0.50) โดยนักศึกษามีความเห็นว่าวิธีการวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้ รูปแบบการประเมินผลมีความหลากหลายและเหมาะสม เกณฑ์การประเมินผลมีความชัดเจนและยุติธรรม ทั้งนี้พบว่าทุกด้านการประเมินมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

Table 4 Students' satisfaction with learning management based on 7E learning cycle integrated with TPACK

Evaluation items	Mean	SD	Level of satisfaction
Content	4.57	0.50	Very Satisfied
Instructional Process	4.59	0.49	Very Satisfied
Instructor	4.55	0.50	Very Satisfied
Instructional Media	4.55	0.50	Very Satisfied
Assessment and Evaluation	4.54	0.50	Very Satisfied
Overall	4.56	0.50	Very Satisfied

4. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับกรอบแนวคิดความรู้ด้านการสอนเนื้อหาและเทคโนโลยี (TPACK) สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนทั้งสองตัวแปรอย่างชัดเจน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าขนาดอิทธิพลเท่ากับ 3.05 และ 3.77 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงมาก (Very large effect) ตามเกณฑ์ของ Cohen [16] สะท้อนให้

เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไม่เพียงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังมีความสำคัญเชิงปฏิบัติ (Practical significance) อย่างเด่นชัด

ในประเด็นของความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีขนาดอิทธิพลสูงมาก สะท้อนให้เห็นว่าโครงสร้างของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ระดับสูง โดยเฉพาะขั้น Elicit และ Engage ที่ช่วยกระตุ้นความรู้เดิมและตั้งคำถาม ขั้น Explore และ Explain ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ วิเคราะห์ข้อมูลและสร้างคำอธิบายด้วยเหตุผล และขั้น Elaborate, Evaluate และ

Extend ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองได้อย่างเป็นระบบ กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดของ Eisenkraft [17] ที่เสนอว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ช่วยส่งเสริมการถ่ายโอนการเรียนรู้และการพัฒนาความเข้าใจเชิงนิทัศน์ รวมถึงสอดคล้องกับงานวิจัยด้าน Inquiry-based learning ที่พบว่าสามารถพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ [18]

ในส่วนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญและมีขนาดอิทธิพลสูงมากเช่นกัน อธิบายได้จากการบูรณาการ TPACK ที่ช่วยให้การเรียนรู้มีความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม กล่าวคือ ผู้สอนสามารถเลือกใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในแต่ละขั้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลเชิงกราฟและการจำลองสถานการณ์ทางสถิติ ซึ่งช่วยลดภาระด้านการคำนวณและทำให้ผู้เรียนมุ่งเน้นการตีความและการให้เหตุผลมากขึ้น แนวทางนี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Mishra and Koehler [19] และการทบทวนวรรณกรรมที่ยืนยันบทบาทสำคัญของ TPACK ในการพัฒนาการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล [20]

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังพบว่านักศึกษาที่มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งสะท้อนว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถสร้างแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียนได้ดี โดยเฉพาะกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมการมีปฏิสัมพันธ์และการเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยด้าน Active learning และ Inquiry-based learning ในระดับอุดมศึกษาที่รายงานว่า การเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นจะช่วยเพิ่มทั้งความพึงพอใจและคุณภาพการเรียนรู้ [21] เมื่อพิจารณาในบริบทของรายวิชาสถิติเพื่อการวิจัยทางชีววิทยา การใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางสถิติกับการประยุกต์ใช้ในงานวิจัยจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับข้อเสนอของ Tong et al. [22] ที่ระบุว่า การสอนสถิติในสายวิทยาศาสตร์ชีวภาพควรเน้นการเชื่อมโยงกับบริบทจริงเพื่อพัฒนาความเข้าใจเชิงแนวคิดและการใช้เหตุผลทางสถิติ

5. บทสรุป

โดยสรุป การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงในการพัฒนาทั้งความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของผู้เรียน งานวิจัยนี้มีความโดดเด่นในการประยุกต์ใช้กับรายวิชาสถิติชีววิทยา ซึ่งมีลักษณะเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและต้องอาศัยการตีความข้อมูลเชิงสถิติที่ซับซ้อน แตกต่างจากการจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปที่มักเน้นการทดลองเชิงรูปธรรม ทั้งนี้ การบูรณาการการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดทางสถิติกับบริบททางชีววิทยาได้อย่างมีความหมาย ผ่านการใช้เทคโนโลยีในการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างความเข้าใจเชิงลึก ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของแนวทางดังกล่าวในการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยการคิดเชิงวิเคราะห์ขั้นสูง

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยนี้ มีดังนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง จึงควรชี้แจงขั้นตอนการปฏิบัติเบื้องต้นให้เข้าใจตรงกัน เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สามารถพัฒนาผู้เรียนได้อย่างเต็มศักยภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ได้แก่

1. ควรออกแบบการวิจัยที่มีกลุ่มควบคุมและศึกษาซ้ำในบริบทที่หลากหลาย เพื่อยืนยันความคงเส้นคงวาของผลการวิจัย
2. แนะนำให้อาจารย์ประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E) ร่วมกับ TPACK ในรายวิชาอื่น เพื่อพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ ของนักศึกษา
3. ออกแบบกิจกรรมและสื่อการเรียนรู้ให้หลากหลาย และทันสมัยเพื่อตอบสนองความสนใจของผู้เรียน

6. References

- [1] Organization for Economic Co-operation and Development. 2020. **Teachers' Readiness to Use ICT in the Classroom**. Paris: OECD Publishing.
- [2] World Economic Forum. 2020. **The Future of Jobs Report 2020**. Geneva: World Economic Forum.

- [3] Schmidt, D.A. and et al. 2009. Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. **Journal of Research on Technology in Education**. 42(2): 123-149.
- [4] Zieffler, A. and et al. 2021. The statistics teacher knowledge framework (STKF): A new way to conceptualize statistics teacher knowledge. **Journal of Statistics and Data Science Education**. 29(2): 181-193.
- [5] Balta, N., Perera-Rodriguez, V.H. and Hervás-Gómez, C. 2021. Using TPACK as a framework to understand pre-service teachers' use of ICT in their teaching practice. **Education and Information Technologies**. 26: 5113-5130.
- [6] Duran, M. and Dokme, I. 2016. The effect of the TPACK-based instructional design on pre-service teachers' science teaching self-efficacy. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**. 12(12): 3005-3022.
- [7] Koehler, M.J., Mishra, P. and Cain, W. 2013. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? **Journal of Education**. 193(3): 13-19.
- [8] Schmid, M., Brianza, E. and Petko, D. 2021. Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. **Computers in Human Behavior**. 115: 106586.
- [9] Koehler, M.J. and Mishra, P. 2008. **Introducing Technological Pedagogical Content Knowledge**. New York: Routledge.
- [10] Kaewpanngam, C. 2018. Approaches in integrating digital technologies in language teaching. **Pasaa Paritatt Journal**. 33: 241-266. (in Thai)
- [11] Yanawongsa, T. and et al. 2021. Outcome-based curriculum: New approach for higher education curriculum. **Humanities and Social Sciences Journal of Pibulsongkram Rajabhat University**. 15(2): 279-291. (in Thai)
- [12] Division of Higher Education Policy and Plan, Office of Higher Education Commission. 2018. **Long Term Higher Education Plan for 20 years, 2018-2037**. Bangkok: Office of Higher Education Commission. (in Thai)
- [13] Kuder, G.F. and Richardson, M.W. 1937. The theory of the estimation of test reliability. **Psychometrika**. 2(3): 151-160.
- [14] Bloom, B.S. 1956. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain**. London: Longman.
- [15] Likert, R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**. 22(140): 1-55.
- [16] Cohen, J. 1988. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2nd edition. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- [17] Eisenkraft, A. 2003. Expanding the 5E model: A proposed 7E model emphasizes transfer of learning and eliciting prior understanding. **The Science Teacher**. 70(6): 56-59.
- [18] Strat, T.T.S., Henriksen, E.K. and Jegstad, K.M. 2024. Inquiry-based science education in teacher education: A systematic review. **Studies in Science Education**. 60(2): 191-249.
- [19] Mishra, P. and Koehler, M.J. 2006. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers College Record**. 108(6): 1017-1054.
- [20] Schmid, M. and et al. 2024. Running in circles: A systematic review of reviews on technological pedagogical content knowledge (TPACK). **Computers & Education**. 214: 105024.
- [21] Thomas, M.B., Waters, L. and Barrie, S. 2025. Navigating pedagogical innovation in higher education: Education academics' experiences

with active and inquiry-based learning in intensive teaching. **Innovative Higher Education**. 50: 1917-1943.

[22] Tong, L. and et al. 2024. Bridging statistics and life sciences undergraduate education. **Journal of Biological Education**. 58(4): 984-996.