

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ
สะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

DEVELOPMENT OF LEARNING ACHIEVEMENT IN STOICHIOMETRY USING A
REFLECTIVE LEARNING PROCESS INTEGRATED WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE
(GEMINI AI) FOR GRADE 10 STUDENTS

สถาพร ปิ่นทอง Sathaporn Pinthong*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI 2) ศึกษาพัฒนาการทางการเรียนโดยใช้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และ 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 68 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดบูรณาการ Gemini AI คู่มือคำสั่ง (Prompt Tuning) สำหรับการเรียนรู้รายบุคคล แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจซึ่งเครื่องมือทั้งหมดผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก สถิติที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (t-test for Dependent Samples) และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score)

*โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

Corresponding author, e-mail: sathaporn@mpns.ac.th Tel. 094 345 2028

วันที่รับบทความ: 26 มีนาคม 2569, วันที่แก้ไขบทความเสร็จ: 22 เมษายน 2569, วันที่ตอบรับบทความ: 25 เมษายน 2569

ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับกลางถึงสูง โดยกระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI ในฐานะการเสริมต่อการเรียนรู้แบบดิจิทัล (Digital Scaffolding) ช่วยให้นักเรียนสามารถตรวจสอบโมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ระบุจุดบกพร่องในขั้นตอนการคำนวณ และปรับปรุงกระบวนการคิดได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ และ 3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.43) เนื่องจากการสร้างพื้นที่ปลอดภัยในการเรียนรู้ที่ช่วยลดความวิตกกังวลและส่งเสริมการเรียนรู้ตามศักยภาพรายบุคคล

คำสำคัญ : กระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด, ปัญญาประดิษฐ์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ปริมาณสารสัมพันธ์

Abstract

The purposes of this research were to: 1) compare student learning achievement in stoichiometry before and after implementing a reflective learning process integrated with Gemini AI, 2) study student learning development using relative gain scores, and 3) investigate student satisfaction toward the learning management. The research population, obtained through cluster random sampling, consisted of 68 Grade 10 students from two classrooms at Matthayom Prachaniwet School during the second semester of the 2025 academic year. The research instruments included reflective learning lesson plans integrated with Gemini AI, prompt tuning guides for personalized learning, achievement tests, and satisfaction questionnaires. All instruments were validated for content validity (IOC), difficulty index, and discrimination power. Data were analyzed using mean, standard deviation, t-test for dependent samples, and relative gain scores.

The results revealed that: 1) student learning achievement after the intervention was significantly higher than before at the .05 level. 2) The average learning development (gain score) was at a moderate-to-high level. The reflective process integrated with Gemini AI, acting as digital scaffolding, enabled students to identify misconceptions, recognize errors in their calculation steps, and independently improve their cognitive processes. 3) Overall student satisfaction was at the highest level ($\bar{x}$ = 4.75, S.D. = 0.43) reflecting the creation of a safe learning space that reduced anxiety and supported personalized learning potential.

Keywords: Reflective Learning Process, Artificial Intelligence, Learning Achievement, Stoichiometry

บทนำ

ปริมาณสารสัมพันธ์ (Stoichiometry) ถือเป็นหัวใจสำคัญของวิชาเคมีเนื่องจากเป็นพื้นฐานหลักในการคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ที่ผ่านมา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มักประสบปัญหาอย่างมากเนื่องจากความซับซ้อนของขั้นตอนการคำนวณที่ต้องเชื่อมโยงหน่วยต่าง ๆ เข้าด้วยกัน อาทิ โมล มวล ปริมาตรก๊าซ และอนุภาค ทำให้นักเรียนขาดทักษะการเชื่อมโยงมโนทัศน์ และมักจะติดขัดเมื่อโจทย์มีความซับซ้อนมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อเจตคติที่มีต่อวิชาเคมีในระยะยาว ซึ่งประเด็นดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gabel (1999) ที่ระบุว่าปริมาณสารสัมพันธ์เป็นหัวข้อที่นักเรียนทำคะแนนได้น้อยที่สุด เนื่องจากขาดทักษะในการเชื่อมโยงระหว่างระดับที่มองเห็น (Macroscopic) ระดับอนุภาค (Sub-microscopic) และการแทนค่าด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (Symbolic) ซึ่งปัญหานี้ส่งผลให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) อย่างชัดเจนในบริบทของประเทศไทย โดย รักษ์พล ธนะจำรัส และคณะ (2563) ได้สำรวจและยืนยันว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ยังคงมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในเนื้อหาดังกล่าวอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งหากไม่ได้รับการแก้ไขจะกลายเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้เคมีในระดับที่สูงขึ้น

ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าการแก้ไขปัญหาด้วยการฝึกฝนโจทย์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ แต่จำเป็นต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิด (Reflective Learning) เข้ามาเป็นกลไกหลัก เนื่องจากการคำนวณเคมีต้องการทักษะการตรวจสอบความคิดของตนเอง (Metacognition) เพื่อให้ทราบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนใด การสะท้อนคิดจะทำให้นักเรียนไม่เพียงแค่หาคำตอบ แต่เป็นการวิเคราะห์กระบวนการหาคำตอบของตนเอง เพื่อตรวจสอบและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Schön (1983) เรื่องการสะท้อนคิดขณะปฏิบัติงาน (Reflection-in-action) ที่เชื่อว่าการแก้ไขข้อผิดพลาดในทันทีจะนำไปสู่การเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาอย่างแท้จริง

เพื่อให้การสะท้อนคิดเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพในชั้นเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ ปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI) ในฐานะการเสริมต่อการเรียนรู้แบบดิจิทัล (Digital Scaffolding) ตามแนวคิดของ Vygotsky (1978) เกี่ยวกับพื้นที่รอยต่อการพัฒนา (Zone of Proximal Development: ZPD) โดย Gemini AI จะทำหน้าที่เป็นผู้ร่วมสะท้อนคิด (Reflective Partner) ที่คอยให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ที่รวดเร็วและตรงจุดตามแนวคิดของ Hattie (2009) ช่วยลดข้อจำกัดด้านระยะเวลาที่นักเรียนต้องรอคอยคำแนะนำจากครูผู้สอนเพียงคนเดียว ที่สำคัญการปฏิสัมพันธ์กับปัญญาประดิษฐ์ยังช่วยสร้างพื้นที่ปลอดภัย (Safe Space) ในการสื่อสารและลองผิดลองถูก ซึ่งช่วยลดความวิตกกังวล (Anxiety) ในวิชาคำนวณตามที่ Edwards et al. (2020) ได้ระบุไว้ ส่งผลให้นักเรียนกล้าที่จะเผชิญหน้ากับความยากของเนื้อหาโดยไม่ต้องกังวลต่อการถูกตัดสิน

จากการสังเกตการณ์ในชั้นเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความกังวลในการคำนวณและไม่สามารถระบุจุดผิดของตนเองได้ ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยจึงมุ่งหวังว่าการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI จะเป็นนวัตกรรมสำคัญที่ช่วยให้นักเรียนก้าวข้ามขีดจำกัดทางการเรียนรู้ สร้างความมั่นใจในการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด และเป็นการยกระดับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีสู่รูปแบบการเรียนรู้รายบุคคล (Personalized Learning) ในยุคดิจิทัลอย่างเป็นรูปธรรม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI)
2. เพื่อศึกษาพัฒนาการทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียน โดยใช้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI)
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ สังกัดกรุงเทพมหานคร ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 6 ห้องเรียน รวมประชากรทั้งสิ้น 195 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมประชานิเวศน์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมนักเรียนทั้งสิ้น 68 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการ สุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1.2.1 ผู้วิจัยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม (Sampling Unit) จากห้องเรียนทั้งหมดจำนวน 6 ห้องเรียน

1.2.2 ทำการสุ่มโดยวิธีจับสลาก (Simple Random Drawing) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 ห้องเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์โดยใช้กระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI) จำนวน 4 แผน รวม 12 ชั่วโมง ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

2.2 คู่มือคำสั่ง (Prompt Tuning Guide) ออกแบบภายใต้แนวทางการเสริมต่อการเรียนรู้แบบดิจิทัล (Digital Scaffolding) ซึ่งผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา มีลักษณะเป็นชุดคำสั่งเชิงโครงสร้างเพื่อกระตุ้นการสะท้อนคิด (Metacognition)

2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ (ซึ่งคัดเลือกจากแบบทดสอบฉบับร่างจำนวน 30 ข้อ เพื่อให้ได้ข้อสอบที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์หลักและครอบคลุมตัวชี้วัดที่สำคัญที่สุด) ใช้สำหรับทดสอบทั้งก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) โดยเครื่องมือผ่านการตรวจสอบคุณภาพและมีค่าทางสถิติ คือ ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.40 – 0.65 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.30 – 0.70 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) คำนวณโดยใช้สูตร KR-20 เท่ากับ 0.85

2.4 แบบประเมินความพึงพอใจ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับ จำนวน 9 ข้อ โดยผู้วิจัยคัดเลือกเฉพาะประเด็นสำคัญที่สะท้อนถึงประสบการณ์การเรียนรู้ร่วมกับ Gemini AI ใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านการเรียนรู้เคมี ด้านนวัตกรรม และด้านพัฒนาการของผู้เรียน เครื่องมือนี้มีค่าความเชื่อมั่น (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.88 ซึ่งแสดงถึงความสอดคล้องภายในของข้อคำถามในระดับที่สูงมากและมีความเที่ยงตรงพร้อมนำไปใช้สรุปผลการวิจัยได้

3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล (PAOR Model)

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามแนวคิด วงจรการวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) ตามวงจร PAOR (Plan-Act-Observe-Reflect) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และชุดคำสั่ง (Prompt) จากนั้นดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์พื้นฐานความรู้และจุดที่ผู้เรียนมักมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนในบริบทจริง สำหรับนำข้อมูลมาปรับปรุงแนวทางการใช้ Gemini AI ให้ตอบสนองต่อปัญหาของผู้เรียนรายบุคคล

3.2 ขั้นปฏิบัติและสังเกตการณ์ (Act & Observe) ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปฏิบัติจริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ระยะ ควบคู่กับการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้และบันทึกข้อมูล ดังนี้

ระยะที่ 1 การเสริมต่อฐานความรู้ (Fundamental) นักเรียนใช้ Gemini AI ในการสรุปและทบทวนมโนทัศน์ (Concepts) พร้อมฝึกทำโจทย์พื้นฐานแบบขั้นตอนเดียว ผู้วิจัยทำหน้าที่สังเกตการณ์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับ AI เพื่อให้คำแนะนำในการใช้ชุดคำสั่งเบื้องต้น

ระยะที่ 2 การสะท้อนคิดผ่านการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error Analysis) เมื่อนักเรียนประสบปัญหาในการแก้โจทย์ที่ซับซ้อน นักเรียนจะใช้ชุดคำสั่ง (Prompt) เพื่อให้ AI เป็นคู่สะท้อนคิด

(Reflective Partner) ในการระบุดูปบพร่องของตนเอง (Reflection-in-action) โดยนักเรียนต้องวิเคราะห์และสรุปแนวทางการแก้ไขลงในบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) ซึ่งเป็นข้อมูลหลักในการสังเกตพัฒนาการทางความคิด

ระยะที่ 3 การยกระดับความซับซ้อนและการลดการช่วยเหลือ (Advanced & Fading) นักเรียนเผชิญกับโจทย์ที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น (เช่น สารกำหนดปริมาณ) โดยผู้วิจัยกำหนดให้ AI ลดระดับการชี้แนะลง (Fading) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะการสะท้อนคิดที่ฝึกฝนมาในการแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างเต็มศักยภาพ

3.3 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยนำคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) มาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) เพื่อทดสอบสมมติฐาน และคำนวณค่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Normalized Gain Score) ควบคู่กับการวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) เพื่อสรุปผลการพัฒนาการอภิปัญญาของผู้เรียน นอกจากนี้ยังดำเนินการประเมินความพึงพอใจเพื่อนำผลที่ได้มาสรุปภาพรวมและใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ในวงจรขยายผลต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเพื่อให้ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติทดสอบทีแบบกลุ่มสัมพันธ์ (Dependent Samples t-test) เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 การศึกษาพัฒนาการทางการเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ระดับพัฒนาการทางการเรียนรายบุคคลและภาพรวมของชั้นเรียน โดยคำนวณจากค่าคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Normalized Gain Score) ตามแนวคิดของ Hake (1998) เพื่อจำแนกระดับพัฒนาการออกเป็นระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ซึ่งช่วยสะท้อนประสิทธิภาพของกระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับ AI ได้อย่างชัดเจนกว่าการดูเพียงคะแนนที่เพิ่มขึ้น

4.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจและบันทึกการเรียนรู้ มีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยแปลผลตามเกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

4.3.2 วิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) จากบันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) เพื่อสรุปประเด็นมโนทัศน์คลาดเคลื่อนที่นักเรียนสามารถแก้ไขได้ผ่านการสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI เพื่อนำมาสนับสนุนผลการวิจัยเชิงปริมาณ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์

จากการทดสอบเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนรวม 68 คน พบประเด็นสำคัญดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์สถิติเปรียบเทียบ (t-test) คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนภาพรวม (n = 68)

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	S.D.	t-value	p-value
ก่อนเรียน (Pre-test)	68	10	1.88	0.94	22.14*	< .001
หลังเรียน (Post-test)	68	10	5.03	1.85		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนเท่ากับ 1.88 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 5.03 คะแนน เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ t-test (Dependent Samples) พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 22.14$, $p < .001$) สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ร่วมกับ Gemini AI สามารถยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

2. พัฒนาการทางการเรียน (Normalized Gain Score)

เพื่อพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนรายบุคคล ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามกลุ่มพัฒนาการในภาพรวมของนักเรียนทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจำแนกตามกลุ่มพัฒนาการภาพรวม (n = 68)

ระดับพัฒนาการ (Gain Score)	เกณฑ์คะแนน (%)	จำนวนนักเรียน (คน)	คิดเป็นร้อยละ (%)
พัฒนาการระดับสูงมาก	71% ขึ้นไป	5	7.35
พัฒนาการระดับสูง	51% - 70%	17	25.00
พัฒนาการระดับกลาง	31% - 50%	26	38.24
พัฒนาการระดับต้น	ต่ำกว่า 30%	20	29.41
รวม		68	100.00

จากตารางที่ 2 พบประเด็นสำคัญที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของนวัตกรรมในการพัฒนาผู้เรียนที่มีความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังนี้

2.1 การลดช่องว่างทางการเรียนรู้ (Closing the Learning Gap) นวัตกรรมกระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI สามารถขับเคลื่อนผู้เรียนออกจากกลุ่มพัฒนาการระดับต้นได้มากกว่าร้อยละ 70 ของนักเรียนทั้งหมด โดยเฉพาะในกลุ่มผู้เรียนที่มีต้นทุนความรู้เดิมต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์บันทึกการเรียนรู้ (Learning Log) ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุจุดบกพร่องในการคำนวณและปรับเปลี่ยนกลยุทธ์การแก้โจทย์ได้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเพียง 1.30–2.34 คะแนน แต่สามารถขยับขึ้นมาพัฒนาการระดับกลางขึ้นไปได้อย่างมีนัยสำคัญ ชี้ให้เห็นว่าระบบการสะท้อนคิดร่วมกับ AI ช่วยหลายกำแพงความซับซ้อนของเนื้อหาปริมาณสารสัมพันธ์ ทำให้เนื้อหาที่เป็นนามธรรมเข้าใจยากกลายเป็นสิ่งที่เข้าถึงได้สำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม

2.2 การส่งเสริมศักยภาพสู่ความเป็นเลิศ นวัตกรรมนี้ไม่ได้ทำหน้าที่เพียงแค่การซ่อมเสริมสำหรับกลุ่มผู้เรียนที่อ่อนเท่านั้น แต่ยังทำหน้าที่เป็นเครื่องมือขยายขอบเขตการเรียนรู้ (Advanced Scaffolding) สำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีพื้นฐานดี โดยพบว่านักเรียนร้อยละ 32.35 สามารถพัฒนาตนเองจนไปถึงระดับพัฒนาการสูงถึงสูงมาก สะท้อนว่า Gemini AI ช่วยให้ผู้เรียนกลุ่มเก่งสามารถก้าวข้ามการเรียนรู้แบบปกติไปสู่การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดเชิงลึก และการแก้โจทย์ท้าทายตามศักยภาพของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3 การบรรลุเป้าหมายการเรียนรู้รายบุคคล เป็นข้อมูลพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวมยืนยันว่ากระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI ส่งผลให้เกิดความเสมอภาคทางการศึกษา (Educational Equity) ในชั้นเรียนเคมี โดยนวัตกรรมสามารถตอบสนองต่อจังหวะการเรียนรู้ ที่แตกต่างกันของผู้เรียนได้อย่างทั่วถึง เปลี่ยนสถานะความถดถอยทางการเรียนให้เป็นความก้าวหน้าอย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดความสำเร็จในการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้เพื่อยกระดับคุณภาพการจัดการศึกษาในยุคดิจิทัล

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ร่วมกับ Gemini AI ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75, S.D. = 0.43) โดยประเด็นที่นักเรียนพึงพอใจสูงสุดคือ การได้รับโอกาสในการเรียนรู้ตามจังหวะความเร็วของตนเอง (Self-paced Learning) ($\bar{X}$ = 4.92) รองลงมาคือการมีพื้นที่ปลอดภัยในการลองผิดลองถูกเพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดด้วยตนเอง ($\bar{X}$ = 4.82) ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับข้อมูลเพียงอย่างเดียวมาเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้และมีความมั่นใจในการแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสะท้อนคิดร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (Gemini AI) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประเด็นสำคัญที่ควรนำมาอภิปรายผล ดังนี้

1. การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนสูง

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเป็นไปตามแนวคิดการเสริมต่อการเรียนรู้ (Scaffolding) ของ Vygotsky (1978) และ Wood, Bruner, & Ross (1976) ที่ระบุว่า การสนับสนุนที่เหมาะสมผ่านเครื่องมือที่ชาญฉลาดจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถก้าวข้ามขีดจำกัดของตนเอง จากระดับที่ทำได้ด้วยตนเองไปสู่ระดับที่สามารถทำได้ภายใต้การแนะนำ (Zone of Proximal Development: ZPD)

ในประเด็นข้อสังเกตด้านคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ภาพรวม ($\bar{X} = 5.03$) ที่ยังอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อเทียบกับคะแนนเต็ม 10 คะแนนนั้น ชี้ให้เห็นว่า ผลลัพธ์ดังกล่าวไม่ได้สะท้อนถึงข้อจำกัดของนวัตกรรม หากแต่เป็นภาพสะท้อนถึงความเข้มข้นเชิงวิเคราะห์ของเครื่องมือวัดผล ทั้งนี้ แม้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่ใช้จะเป็นฉบับคัดสรรจำนวน 10 ข้อ แต่เป็นข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกเชิงคุณภาพจากฉบับร่าง 30 ข้อ โดยเน้นข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายในระดับเหมาะสม และที่สำคัญคือเป็นข้อสอบที่เป็นตัวแทนมโนทัศน์วิกฤต (Critical Concepts) ในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ได้แก่ ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมี และการคำนวณสารกำหนดปริมาณ ซึ่งเป็นจุดที่ผู้เรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนสูงสุด การใช้เครื่องมือที่กระชับแต่ตรงประเด็น (Focused Tool) ร่วมกับค่าความเชื่อมั่นที่สูงถึง 0.85 จึงส่งผลให้ผู้วิจัยสามารถประเมินพัฒนาการที่แท้จริงของผู้เรียนได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รักษ์พล ธนะจรัส และคณะ (2563) ที่ระบุว่าปริมาณสารสัมพันธ์เป็นเนื้อหาที่นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อน (Misconceptions) อย่างถาวร และแก้ไขได้ยากด้วยการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ

นอกจากนี้ การที่นวัตกรรม Gemini AI สามารถยกระดับคะแนนเฉลี่ยให้สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างก้าวกระโดด (2.8 เท่า) นับเป็นข้อพิสูจน์เชิงประจักษ์ถึงความสำเร็จในการช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ความรู้ สามารถตามแนวคิดของ Gabel (1999) ได้แก่ ระดับมหภาค ระดับจุลภาค และระดับสัญลักษณ์ เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ การเปลี่ยนแปลงจากคะแนนพื้นฐานที่ต่ำมากสู่ระดับที่สามารถสร้างโครงร่างความเข้าใจเบื้องต้น ในเนื้อหาที่ยากระดับสูงได้ จึงถือเป็นพัฒนาการที่มีนัยสำคัญยิ่งต่อการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้น

2. กระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI ในฐานะคู่คิดดิจิทัล

ผู้วิจัยพบประเด็นสำคัญที่ชี้ให้เห็นว่า กระบวนการสะท้อนคิดร่วมกับ Gemini AI ในฐานะคู่คิดดิจิทัล เป็นกลไกหลักที่ขับเคลื่อนให้เกิดพัฒนาการทางการเรียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ประการแรก พัฒนาการทางการเรียนที่ปรากฏในระดับกลางขึ้นไปถึงร้อยละ 70.59 เกิดจากการที่ Gemini AI เข้ามาเปลี่ยนบทบาทของผู้เรียนจากผู้รับข้อมูล ให้กลายเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ ผ่านการทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสนับสนุนการสะท้อนคิด ตามแนวคิด Reflection-in-action ของ Schön (1983) กระบวนการนี้ทำให้นักเรียนไม่เพียงแค่อ่านรับคำเฉลย แต่เกิดการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด ในโจทย์ปริมาณสารสัมพันธ์ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการสร้างมโนทัศน์ใหม่ที่ถูกต้องและยั่งยืน

ประการที่สอง พัฒนาการที่ก้าวกระโดดนี้มีปัจจัยสนับสนุนหลักมาจากข้อมูลสะท้อนกลับทันที (Immediate Feedback) ของ Gemini AI ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปของ Hattie (2009) ที่ยืนยันว่า

Feedback คือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราพัฒนาการทางการเรียนสูงที่สุดประเด็นหนึ่ง การที่นักเรียนได้รับคำแนะนำในจังหวะที่เผชิญกับอุปสรรคทางความคิด (Cognitive Conflict) ช่วยลดระยะเวลาของความสับสนและปรับกระบวนการรู้คิด (Metacognition) ของตนเองได้ทันทั่วทั้งที่ ส่งผลให้นักเรียนที่มีพื้นฐานเดิมต่ำสามารถยกระดับศักยภาพของตนเองขึ้นมาสู่ระดับกลางได้อย่างรวดเร็ว

ประการสุดท้าย พัฒนาการทางการเรียนรายบุคคลที่เกิดขึ้นอย่างทั่วถึงสะท้อนให้เห็นว่า Gemini AI ทำหน้าที่เป็น เครื่องมือเสริมต่อการเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น สอดคล้องกับงานวิจัยของ จีระวรรณ เจริญทอง และปิยะฉัตร จิตต์ธรรม (2565) ที่พบว่า การเปลี่ยนผ่านจากสภาวะความไม่รู้ไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้ง (Deep Learning) ผ่านการตั้งคำถามเชิงรุก (Proactive Inquiry) เป็นรายบุคคล ทำให้นักเรียนแต่ละคนสามารถพัฒนาตนเองได้ตามจังหวะความเร็วที่เหมาะสม (Learning Pace) พลวัตของการปฏิสัมพันธ์นี้จึงเป็นปัจจัยชี้ขาดที่ทำให้คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ในภาพรวมอยู่ในระดับที่น่าพอใจและบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ร่วมกับ Gemini AI

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ร่วมกับ Gemini AI ในภาพรวมซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.75$, S.D. = 0.43) นั้น ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลเชิงลึกตามประเด็นที่ส่งผลต่อพัฒนาการของผู้เรียนได้ดังนี้

ประเด็นแรก การที่นักเรียนพึงพอใจสูงสุดต่อการเรียนรู้ตามจังหวะความเร็วของตนเอง ($\bar{X} = 4.92$) สะท้อนถึงประสิทธิภาพของ Gemini AI ในการสร้างพื้นที่ปลอดภัยเชิงปัญญา ตามแนวคิดของ Luckin et al. (2016) โดย AI ได้เข้ามาลดทอนกำแพงความวิตกกังวล (Learning Anxiety) ในชั้นเรียนลดความสามารถทำให้นักเรียนสามารถใช้เวลาในการพิจารณาโน้ตที่ซับซ้อนได้ตามความต้องการส่วนบุคคล โดยไม่ต้องเผชิญกับความกดดันจากการเปรียบเทียบกับเพื่อนในชั้นเรียน หรือความประหม่าในการซักถามประเด็นพื้นฐานกับครูผู้สอน สภาวะการเรียนรู้อันปราศจากความกดดันนี้เป็นปัจจัยหลักที่ช่วยลดสภาวะท้อถอยทางการเรียน และเปลี่ยนให้เป็นการจดจ่อกับงานตรงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประเด็นที่สอง ความพึงพอใจในระดับสูงต่อการมีพื้นที่ปลอดภัยในการลองผิดลองถูกเพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดด้วยตนเอง ($\bar{X} = 4.82$) สอดคล้องกับความเห็นของ Edwards et al. (2020) เกี่ยวกับศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในการสร้างประสบการณ์เรียนรู้เฉพาะบุคคล เมื่อนักเรียนสามารถค้นพบและแก้ไขจุดบกพร่องเล็กๆ ในแต่ละขั้นตอนการคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ได้ด้วยตนเอง จะส่งผลโดยตรงต่อการยกระดับความเชื่อมั่นในอำนาจตนเอง ทำให้นักเรียนกล้าเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนมากขึ้น เปลี่ยนเจตคติจากความกลัวในวิชาเคมีให้กลายเป็นความท้าทาย

สรุปในภาพรวม ความพึงพอใจในระดับมากที่สุดนี้ ไม่ได้เป็นเพียงผลจากความทันสมัยของเทคโนโลยี แต่เกิดจากการที่ผู้เรียนได้รับเครื่องมือสนับสนุนทางปัญญาที่ตรงจุด และมีการตอบสนองที่ทันทั่วทั้งที่ ซึ่งช่วยลดความวิตกกังวลเชิงปัญญาอย่างมีนัยสำคัญ ความมั่นใจที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนคิดร่วมกับ AI จึงเป็นแรง

ขับเคลื่อนสำคัญที่ทำให้นักเรียนเปลี่ยนบทบาทจากผู้รับข้อมูลมาเป็นผู้กำกับการเรียนรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นรากฐานสำคัญสู่ความยั่งยืนในการเรียนรู้วิชาเคมีในระดับที่สูงขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

1) การเตรียมความพร้อมด้าน Prompt ครูผู้สอนควรใช้คู่มือคำสั่ง (Prompt) ที่ชัดเจนเพื่อให้นักเรียนสื่อสารกับ AI ได้ตรงประเด็น โดยเน้นการถามถึงแนวคิดมากกว่าการถามคำตอบเพื่อป้องกันการคัดลอก

2) บทบาทของครู แม้ AI จะช่วยสอนรายบุคคลได้ดี แต่ครูยังมีความสำคัญในการให้แรงเสริม (Reinforcement) และจัดการความรู้สึกของนักเรียนกลุ่มที่มีพัฒนาการช้า เพื่อสร้างความมั่นใจอย่างต่อเนื่อง

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1) การขยายผลสู่เนื้อหาอื่น ควรทดลองใช้นวัตกรรมนี้ในหัวข้อที่มีการคำนวณซับซ้อนในมิติอื่น เช่น สมดุลเคมี หรือ เคมีไฟฟ้า เพื่อความยั่งยืนของทักษะการสะท้อนคิด

2) การศึกษาเชิงคุณภาพ ควรมีการสัมภาษณ์เชิงลึกกับนักเรียนกลุ่มที่มีพัฒนาการสูงมาก (Top Gainers) เพื่อถอดบทเรียนว่ามีเทคนิคการสื่อสารกับ AI อย่างไรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อนำมาพัฒนาคู่มือ Prompt ให้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

รักษพล ธนะจำรัส, อภิสิทธิ์ ธงไชย, และ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. (2563). “การสำรวจจรรยาบรรณที่คลาดเคลื่อนในเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 11(1), 114–129. <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/JSSTEL/article/view/241031>

จิระวรรณ เจริญทอง และ ปิยะฉัตร จิตต์ธรรม. (2565). “การพัฒนาเชทบอทเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาเคมี”. *วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์*, 10(2), 55–70. https://so02.tci-thaijo.org/index.php/WU_JL/article/view/256860

Edwards, B. I., Edwards, A. C., & Cheok, A. D. (2020). “The promise of virtual reality in higher education.” In I. I. Bittencourt, M. Cukurova, K. Muldner, R. Luckin, & E. Millán (Eds.), *Artificial intelligence in education. AIED 2020: Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 12164, pp. 269–280). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52237-7_22

Gabel, D. (1999). “Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future.” *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>

- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203887332>
- Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.
- Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). "The Role of Tutoring in Problem Solving." *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89-100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>