

การบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมี

การวิเคราะห์บรรณมิติของงานวิจัยระดับการศึกษาขั้นมัธยมศึกษา

TECHNOLOGY INTEGRATION IN CHEMICAL EQUILIBRIUM TEACHING: A BIBLIOMETRIC
ANALYSIS OF SECONDARY EDUCATION RESEARCH

เมฆา ดีสงคราม

Meka Deesongkram

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล

Science and Technology Learning Area, Sakolrajwittayanukul School

Email: Krumakskr@gmail.com

Received: 2025-10-11; Revised: 2026-08-22; Accepted: 2025-08-31

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิงบทความวิจัย 2) เพื่อระบุประเทศ ผู้แต่ง สถาบัน และวารสารที่มีอิทธิพล 3) เพื่อศึกษาสิ่งตีพิมพ์ที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด คำสำคัญ และการกระจายตัวของงานวิจัยตามสาขาวิชา 4) เพื่อตรวจสอบผลผลิตการวิจัย ความร่วมมือระหว่างประเทศ และผลกระทบ (Impact) ของงานวิจัย และ 5) เพื่อนำเสนอภาพรวมความก้าวหน้าการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้การวิเคราะห์บรรณมิติเป็นกรอบการวิจัย กลุ่มตัวอย่างคือเอกสารวิจัยจากฐานข้อมูล Dimensions จำนวน 163 เอกสาร ใช้วิธีคัดเลือกแบบมีเกณฑ์ผ่านสี่ขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้มี 2 ชนิด คือ 1) ฐานข้อมูล Dimensions และ 2) โปรแกรม VOSviewer วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์เครือข่าย

ผลการวิจัยพบว่า 1) การตีพิมพ์เพิ่มขึ้นต่อเนื่องจาก 24 บทความ (2020) เป็น 45 บทความ (2024) โดยเติบโตโดดเด่นในปี 2023-2024 2) อินโดนีเซียมีจำนวนด้านปริมาณ (35 เอกสาร) แต่ตุรกี จีน และสเปนมีผลกระทบ (Impact) สูงกว่า (496, 483, 427 การอ้างอิง) สถาบันชั้นนำคือ University of Rwanda และ University of South Africa ผู้แต่งที่มีอิทธิพลคือ Katerina Salta และ Martin Rusek วารสารหลักคือ Journal of Chemical Education (15 เอกสาร, 197 การอ้างอิง) 3) บทความที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุดคือ “Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse?” (Tlili et al., 2022) ด้วย 400 การอ้างอิง คำสำคัญที่โดดเด่น ได้แก่ “study” “student” “teacher” “education” และ “knowledge” ในด้านการกระจายตัวตามสาขาวิชา สาขา Education ครบถ้วน 77.91% ตามด้วย Engineering 23.93% 4) พบความร่วมมือระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชียและยุโรป และ 5) เทคโนโลยี metaverse และ AI เป็นแนวโน้มหลักของการวิจัยในช่วงห้าปีที่ผ่านมา

คำสำคัญ: การวิเคราะห์บรรณมิติ; การบูรณาการเทคโนโลยี; สมดุลเคมี; มัธยมศึกษา; แนวโน้มการวิจัย

Abstract

This quantitative study employed bibliometric analysis to examine technology integration in chemical equilibrium teaching at the secondary level. The study aimed to: 1) analyze publication and citation trends, 2) identify influential countries, authors, institutions, and journals, 3) examine the most-cited publications, keywords, and the disciplinary distribution of research, 4) investigate research productivity, international collaboration, and research impact, and 5) present a comprehensive overview of research progress. A total of 163 research documents from the Dimensions database were analyzed using VOSviewer software through descriptive statistics and network analysis.

The findings revealed: 1) Publications increased from 24 articles (2020) to 45 articles (2024), with significant growth in 2023-2024. 2) Indonesia led in quantity (35 documents), while Turkey, China, and Spain showed higher impact (496, 483, 427 citations). Leading institutions included the University of Rwanda and the University of South Africa. Influential authors were Katerina Salta and Martin Rusek. The Journal of Chemical Education was the primary journal (15 documents, 197 citations). 3) The most cited article was “Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse?” (Tlili et al., 2022) with 400 citations. Key terms included “study,” “student,” “teacher,” “education,” and “knowledge.” In terms of disciplinary distribution, Education dominated (77.91%), followed by Engineering (23.93%). 4) International collaborations were evident across Asia and Europe. 5) Metaverse and AI emerged as the primary technological trends over the past five years.

Keywords: Bibliometric analysis; technology integration; chemical equilibrium; secondary education; research trends

บทนำ

การบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษาเคมีได้รับความสนใจอย่างมาก โดยเฉพาะในการสอนแนวคิดที่ซับซ้อนเช่นสมดุลเคมี ซึ่งมักเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนเนื่องจากมีลักษณะนามธรรมและต้องการความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการแบบพลวัต กล่าวคือ สมดุลเคมีเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับอนุภาคซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า นักเรียนจึงต้องอาศัยจินตนาการและความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างปรากฏการณ์ระดับมหภาคกับการเปลี่ยนแปลงระดับจุลภาคที่เกิดขึ้นไปข้างหน้าและย้อนกลับพร้อมกันตลอดเวลา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเข้าใจผิด (misconception) ได้ง่าย การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

เปิดโอกาสใหม่ในการเพิ่มการมีส่วนร่วม ความเข้าใจ และทักษะการแก้ปัญหา (Salta, 2022; Hardy et al., 2021; Potvin et al., 2020) เครื่องมือดิจิทัล เช่น การจำลองและห้องปฏิบัติการเสมือน ช่วยให้นักเรียนสร้างภาพและจัดการปฏิกิริยาเคมี อำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจแนวคิดนามธรรม (Gkitzia et al., 2020; Tlili et al., 2022) และส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Wang et al., 2021; Elmas et al., 2020)

งานวิจัยแสดงว่าการใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะการจำลองและความเป็นจริงเสริม มีผลกระทบเชิงบวกต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ การจำลองช่วยให้นักเรียนทดลองกับตัวแปรในสภาพแวดล้อมเสมือนที่ควบคุมได้ ซึ่งมีคุณค่าสำหรับหัวข้อที่การทดลองจริงสามารถทำได้ยากหรือมีค่าใช้จ่ายสูง (Chen et al., 2023; Halim et al., 2021; Lüsse et al., 2022) การบูรณาการเกมมิฟิเคชันและแพลตฟอร์มดิจิทัลมีประสิทธิภาพในการเพิ่มการคิดเชิงวิพากษ์และความคิดสร้างสรรค์ (Elmas et al., 2020; Wang et al., 2021) โดยเฉพาะในการสอนสมดุลเคมี การคิดเชิงวิพากษ์ช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ทิศทางการเลื่อนของภาวะสมดุลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร เช่น ความเข้มข้น อุณหภูมิ และความดัน ตามหลักเลอชาเตอลิเยร์ ในขณะที่ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้นักเรียนออกแบบแนวทางแก้ปัญหาและตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับปฏิกิริยาในสถานการณ์ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ดิจิทัลเพิ่มแรงจูงใจของนักเรียนและส่งเสริมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์ (Tlili et al., 2022; Hardy et al., 2021) เทคโนโลยีให้ข้อเสนอแนะทันทีและโอกาสในการเรียนรู้แบบกำหนดทิศทางด้วยตนเอง ซึ่งจำเป็นสำหรับการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา (Salta, 2022; Gkitzia et al., 2020) นอกจากนี้ การบูรณาการเทคโนโลยีเปลี่ยนบทบาทครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ (Chen et al., 2023; Elmas et al., 2020) สอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางการศึกษาสมัยใหม่ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ซึ่งในบริบทของการสอนสมดุลเคมี การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทดลองและสำรวจการเปลี่ยนแปลงของระบบสมดุลด้วยตนเองผ่านเครื่องมือดิจิทัล แทนที่จะรับฟังการบรรยายเพียงฝ่ายเดียว ส่งผลให้เกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivist learning) และความเข้าใจที่คงทนมากยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์บรรณนิพนธ์นี้สำรวจแนวโน้มและผลกระทบของการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระดับมัธยมศึกษาจากงานวิจัยที่ตีพิมพ์ระหว่างปี 2020-2024 การศึกษาระบุผู้แต่งที่มีอิทธิพล วารสารและบทความวิจัยที่หล่อหลอมสาขานี้ นำเสนอภาพรวมการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี และให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับทิศทางอนาคตสำหรับผู้สอนและผู้กำหนดนโยบาย (Tlili et al., 2022; Halim et al., 2021; Wang et al., 2021; Potvin et al., 2020)

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิงบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระหว่างปี 2020-2024
2. เพื่อระบุประเทศ ผู้แต่ง มหาวิทยาลัยชั้นนำ และวารสารที่มีส่วนร่วมและอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการวิจัยระดับโลกในด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมี

3. เพื่อศึกษาสิ่งตีพิมพ์ที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด คำสำคัญ พื้นที่เชิงเนื้อหาหลักและการกระจายตัวตามสาขาวิชา และวิวัฒนาการของหัวข้อการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีโดยใช้การวิเคราะห์บรรณมิติด้วยเครื่องมือ VOSviewer

4. เพื่อตรวจสอบผลผลิตการวิจัย ความร่วมมือระหว่างประเทศ และผลกระทบ (Impact) ของการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีในช่วงห้าปีที่ผ่านมา

5. เพื่อนำเสนอภาพรวมที่ครอบคลุมของความก้าวหน้าและทิศทางการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีสำหรับผู้สอน นักวิจัย และผู้กำหนดนโยบายทางการศึกษา

การทบทวนวรรณกรรม

1. การบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษาเคมี การบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษาเคมีได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในการสอนแนวคิดที่ซับซ้อน เช่น สมดุลเคมี งานวิจัยของ Salta (2022) ชี้ให้เห็นว่าเครื่องมือดิจิทัล เช่น การจำลองและห้องปฏิบัติการเสมือน ช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วมและความเข้าใจของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ Gkitzia et al. (2020) พบว่าการใช้เทคโนโลยีช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างภาพและจัดการปฏิกิริยาเคมีได้สะดวก อำนวยความสะดวกในการทำความเข้าใจแนวคิดนามธรรมได้ดีขึ้น นอกจากนี้ Chen et al. (2023) และ Halim et al. (2021) เน้นย้ำถึงประสิทธิผลของการจำลองที่ช่วยให้นักเรียนทดลองกับตัวแปรในสภาพแวดล้อมเสมือนที่ควบคุมได้ ส่วน Wang et al. (2021) และ Elmas et al. (2020) พบว่าการบูรณาการเกมมิฟิเคชันและแพลตฟอร์มดิจิทัลมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการคิดเชิงวิพากษ์และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ทำให้การเรียนรู้สมดุลเคมีมีความลึกซึ้งและน่าสนใจมากยิ่งขึ้น ผลการศึกษาเหล่านี้มีประโยชน์สำคัญต่อวงวิชาการ เนื่องจากช่วยยืนยันว่าการลงทุนพัฒนาสื่อดิจิทัลและเครื่องมือปฏิสัมพันธ์สำหรับการสอนสมดุลเคมีเป็นแนวทางที่คุ้มค่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบหลักสูตรและสื่อการสอนที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. เทคโนโลยีใหม่ในการศึกษาเคมี แนวโน้มล่าสุดเน้นการใช้เทคโนโลยีแบบ immersive และปัญญาประดิษฐ์ Tlili et al. (2022) ศึกษาบทบาทของ metaverse ในการศึกษา พบว่าสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนเพิ่มแรงจูงใจและส่งเสริมการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ Hardy et al. (2021) เสนอว่าเทคโนโลยีเหล่านี้ให้ข้อเสนอแนะทันทีและโอกาสในการเรียนรู้แบบกำหนดทิศทางด้วยตนเอง ซึ่งจำเป็นสำหรับการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา การนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้อ้างอิงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเครื่องมือเช่น ChatGPT ที่สนับสนุนการคิดเชิงวิพากษ์ในการเรียนการสอนเคมี (Guo & Lee, 2023) การเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับแนวปฏิบัติทางการศึกษาสมัยใหม่ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางและนวัตกรรม (Chen et al., 2023; Elmas et al., 2020)

3. การศึกษาบรรณมิติในสาขาการศึกษาเคมี แม้มีการศึกษาจำนวนมากเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษาเคมี แต่การศึกษาบรรณมิติที่วิเคราะห์แนวโน้มการวิจัยอย่างเป็นระบบยังมีจำกัด การศึกษาก่อนหน้านี้มักเน้นผลกระทบของเทคโนโลยีเฉพาะ แต่ขาดการวิเคราะห์ภาพรวมของภูมิทัศน์การวิจัย ความร่วมมือระหว่างประเทศ และแนวโน้มการเผยแพร่ Kim และ Lee (2023) วิเคราะห์บรรณมิติในการนำ

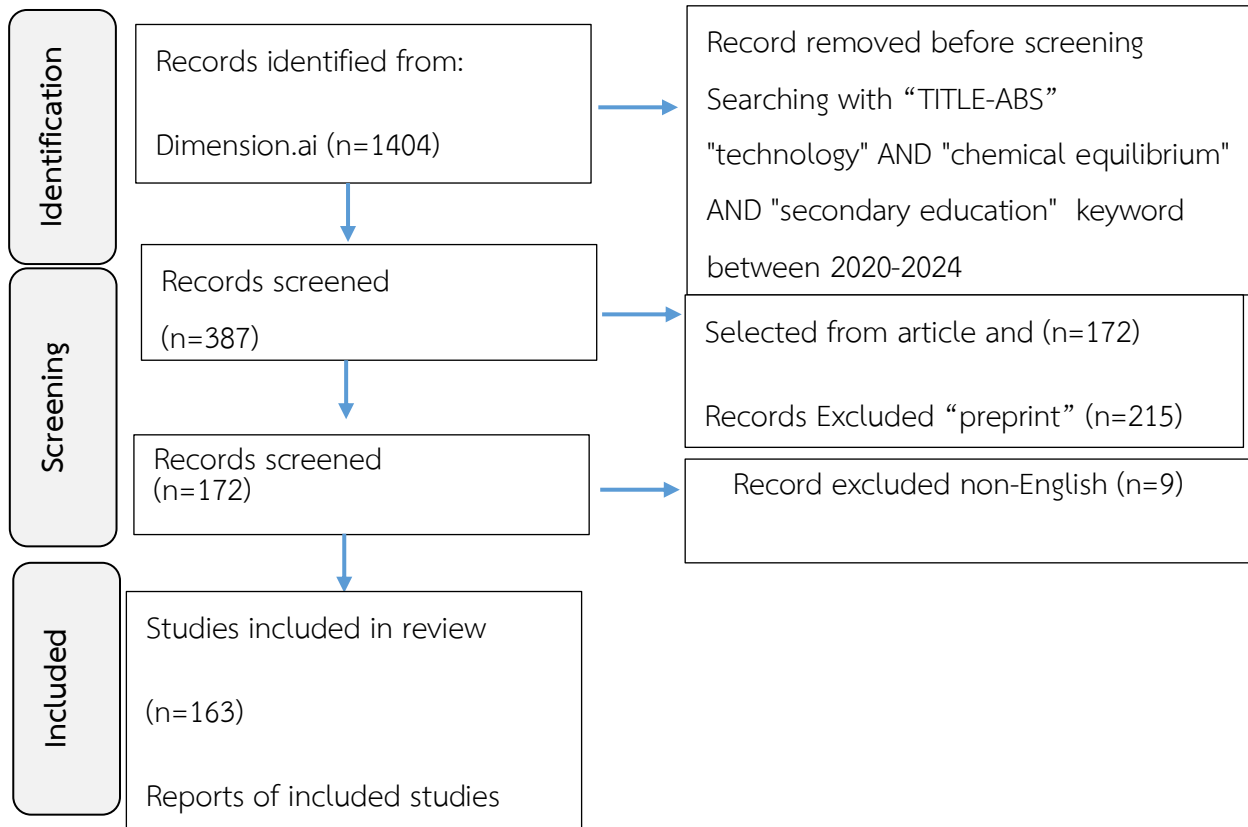
เทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป พบว่าประเทศในเอเชียแสดงปริมาณสิ่งตีพิมพ์สูงแต่มีผลกระทบจากการอ้างอิงที่แตกต่างกัน Thompson et al. (2022) ระบุว่าประเทศกำลังพัฒนามักให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตการวิจัย ในขณะที่ Wang (2023) เน้นว่าโปรแกรมวิจัยที่มีรากฐานระเบียบวิธีวิจัยแข็งแกร่งมักสร้างผลลัพธ์ที่มีอิทธิพลมากกว่า Martinez และ Johnson (2024) เสนอว่าการเป็นพันธมิตรวิจัยข้ามวัฒนธรรมนำไปสู่แนวทางการสอนที่เป็นนวัตกรรมและประยุกต์ใช้ได้กว้างขวาง อย่างไรก็ตาม การศึกษาเหล่านี้ไม่ได้เจาะจงที่การสอนสมดุลเคมีในระดับมัธยมศึกษา

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญในการยกระดับการเรียนการสอนเคมี โดยเฉพาะหัวข้อที่ซับซ้อนอย่างสมดุลเคมี และเทคโนโลยีเกิดใหม่ เช่น metaverse และ AI กำลังเปลี่ยนแปลงภูมิทัศน์การศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ยังพบช่องว่างความรู้ได้แก่ (1) ขาดการวิเคราะห์บรรณมิติเจาะจงเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระดับมัธยมศึกษา (2) ขาดข้อมูลเชิงระบบเกี่ยวกับความร่วมมือระหว่างประเทศและผู้มีส่วนร่วมหลัก (3) ขาดการระบุแนวโน้มเทคโนโลยีที่ได้รับความสนใจสูงสุด และ (4) ขาดการวิเคราะห์การกระจายสาขาวิชาเพื่อชี้โอกาสการวิจัยสหวิทยาการ เพื่อเติมเต็มช่องว่างเหล่านี้ งานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์บรรณมิติเพื่อศึกษาภูมิทัศน์การวิจัยการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระดับมัธยมศึกษา โดยวิเคราะห์แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิง (2020-2024) ระบุผู้มีอิทธิพล ศึกษาบทความที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุดและคำสำคัญเพื่อชี้แนวโน้มเทคโนโลยีและวิเคราะห์การกระจายสาขาวิชา เพื่อสร้างภาพรวมเชิงระบบที่เป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย ครู และผู้กำหนดนโยบายในการพัฒนาการวิจัยและการเรียนการสอนเคมีในอนาคต

ระเบียบวิธีวิจัย/วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometric Analysis) เพื่อศึกษาบทบาทของเทคโนโลยีในการสอนเคมี โดยเก็บข้อมูลบรรณานุกรม เช่น ชื่อบทความ ผู้แต่ง วารสาร ปีตีพิมพ์ และจำนวนการอ้างอิง เพื่อวิเคราะห์แนวโน้ม การร่วมมือ และอิทธิพลของงานวิจัยในสาขานี้

การวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูล Dimensions ซึ่งเป็นเครื่องมือบรรณมิติที่ทรงพลัง ครอบคลุมบทความชุดข้อมูล ทุนวิจัย และสิทธิบัตร (Smith, 2023) งานศึกษาล่าสุดชี้ให้เห็นแนวโน้มสำคัญในวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (Jones & Green, 2024) และสอดคล้องกับ Web of Science ในการประเมินอิทธิพลของงานวิจัยระดับโลก (Lee et al., 2023) จุดเด่นของ Dimensions คือข้อมูลเมตาเดต้าที่ครอบคลุมมากกว่า ทำให้เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์ภูมิทัศน์การวิจัยในสาขาต่างๆ (Thompson & Miller, 2023; Baker & Wilson, 2024) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2025 เวลา 10:30 น. โดยใช้ฐานข้อมูล Dimensions และคำสำคัญ “technology” AND “chemical equilibrium” AND “secondary education” เพื่อระบุบทความเกี่ยวกับเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระดับมัธยมศึกษา กระบวนการคัดเลือกแบ่งเป็นสี่ขั้นตอน (รูปที่ 1) ได้แก่ (1) การระบุ (Identification) พบเอกสาร 1,404 เรื่อง (2) การคัดกรอง (Screening) ใช้เกณฑ์ประเภทเอกสารและภาษาอังกฤษ เหลือ 163 เรื่อง (3) การวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย โดยผู้เชี่ยวชาญสามท่านตรวจสอบชื่อเรื่องและบทคัดย่ออย่างอิสระ และ (4) การส่งออกเอกสารที่ตรงตามเกณฑ์ในรูปแบบไฟล์ CSV



รูปที่ 1 แผนภาพการไหลของกระบวนการสกัดและกรองข้อมูลสืบตอน

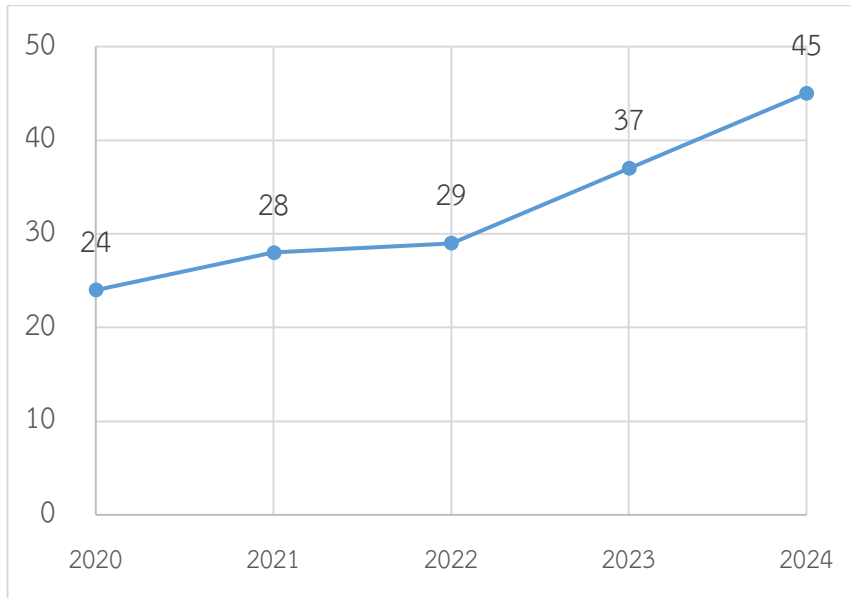
การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม VOSviewer เพื่อแสดงภาพแนวโน้มการตีพิมพ์ (2020–2024) ความร่วมมือระหว่างประเทศ ผู้แต่งและวารสารที่มีอิทธิพล การอ้างอิง คำสำคัญ และหัวข้อวิจัยหลัก ผลลัพธ์นำเสนอผ่านแผนภูมิและกราฟแสดงเครือข่ายความร่วมมือและวิวัฒนาการของหัวข้อวิจัย

ผลการวิจัย

การนำเสนอผลการวิจัยจัดระเบียบตามวัตถุประสงค์การวิจัยทั้ง 5 ข้อ โดยใช้การวิเคราะห์บรรณมิติจากข้อมูล 163 เอกสารที่ผ่านการคัดเลือก ดังนี้

1. แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิงบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระหว่างปี 2020-2024

แนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของจำนวนสิ่งตีพิมพ์และการอ้างอิงเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมี จำนวนบทความที่ตีพิมพ์ตั้งแต่ปี 2020 ถึง 2024 แสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี เริ่มต้นจาก 24 บทความในปี 2020 เพิ่มขึ้นเป็น 28 บทความในปี 2021 และ 29 บทความในปี 2022 อย่างไรก็ตาม การเติบโตที่สำคัญบันทึกไว้ในปี 2023 และ 2024 ด้วยจำนวน 37 และ 45 บทความตามลำดับ แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิงที่เกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษาระหว่างปี 2020 ถึง 2024

2. ระบุประเทศ ผู้แต่ง มหาวิทยาลัยชั้นนำ และวารสารที่มีส่วนร่วมและอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อการวิจัยระดับโลกในด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมี

2.1 ผลผลิตการวิจัยตามประเทศ

ตารางที่ 1. ประเทศชั้นนำด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษา

Rank	Country	Number of Documents	Number of Citations
1	Indonesia	35	90
2	Turkey	17	496
3	United States	8	158
4	Malaysia	6	99
5	Spain	6	427
6	Germany	6	81
7	Rwanda	5	81
8	China	5	483
9	Canada	4	84
10	United Kingdom	4	59

ตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าอินโดนีเซียเป็นผู้นำในจำนวนเอกสารวิจัยด้วย 35 สิ่งตีพิมพ์ ตามด้วยตุรกีที่มี 17 เอกสาร และสหรัฐอเมริกาที่มี 8 เอกสาร อย่างไรก็ตาม ในแง่ของการอ้างอิง ตุรกี จีน และสเปนแสดงให้เห็นถึงผลกระทบ (Impact) ที่สูงกว่า โดยมีการอ้างอิง 496, 483 และ 427 ครั้งตามลำดับ

การกระจายทางภูมิศาสตร์ของการวิจัยแสดงให้เห็นความหลากหลายของตัวแทนจากเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือ และแอฟริกา โดยประเทศในเอเชียมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง อินโดนีเซีย จีน และมาเลเซียเป็นผู้มีส่วนร่วมที่แข็งแกร่งจากเอเชีย ในขณะที่ประเทศในยุโรป เช่น ตุรกี สเปน และเยอรมนี แสดงให้เห็นถึงผลกระทบการวิจัยที่สำคัญ

2.2 ผลผลิตการวิจัยตามสถาบัน

ตาราง 2. งานวิจัยที่มีผลงานตีพิมพ์มากที่สุดเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมี

Rank	Organization	Number of Documents	Number of Citations
1	University of Rwanda	6	50
2	National and Kapodistrian University of Athens	3	52
3	Lampung University	3	17
4	Padang State University	3	17
5	Charles University	3	7
6	State University of Malang	3	3
7	University of South Africa	2	402
8	National Taiwan Normal University	2	50
9	Syiah Kuala University	2	30
10	National University of Malaysia	2	23
11	Sultan Idris Education University	2	23

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า University of Rwanda มีอันดับสูงสุดในแง่ของผลผลิตเอกสารด้วย 6 สิ่งตีพิมพ์ พร้อมด้วย 50 การอ้างอิง National and Kapodistrian University of Athens แสดงให้เห็นจำนวนการอ้างอิงที่สูงกว่าเล็กน้อย (52 ครั้ง) ด้วยเพียง 3 สิ่งตีพิมพ์ สถาบันจากอินโดนีเซีย รวมถึง Lampung University และ Padang State University มีตัวชี้วัดที่คล้ายคลึงกัน โดยแต่ละแห่งมี 3 สิ่งตีพิมพ์และ 17 การอ้างอิง ผลการค้นพบที่น่าสังเกตคือผลกระทบ (Impact) จากการอ้างอิงที่สำคัญของ University of South Africa ซึ่งได้รับ 402 การอ้างอิง ด้วยเพียง 2 สิ่งตีพิมพ์ สถาบันอื่นๆ เช่น National Taiwan Normal University และ National University of Malaysia แสดงการมีส่วนร่วมที่สมดุล มีทั้งผลผลิตสิ่งตีพิมพ์ในระดับปานกลางและจำนวนการอ้างอิงที่น่านับถือ

2.3 ผลผลิตการวิจัยตามผู้แต่ง

ตาราง 3. ผู้แต่งที่มีผลงานตีพิมพ์มากที่สุดเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษา

1 st Author	Affiliation, Country	Documents	Citations
Katerina Salta	National and Kapodistrian University of Athens, Greece	3	52
Martin Rusek	Charles University, Czechia	3	29
Abdul Halim	Syiah Kuala University, Indonesia	2	33
Irwandi- Irwandi	Syiah Kuala University, Indonesia	2	33
Edwige Kampire	University of Rwanda, Rwanda	2	29
Ezechiel Nsabayeze	University of Rwanda, Rwanda	2	28
Aloys Iyamuremye	University of Rwanda, Rwanda	2	28
Ingo Eilks	University of Bremen, Germany	2	20
Kartini Herlina Herlina	Lampung University, Indonesia	2	17
Agustín Adúriz-Bravo	University of Buenos Aires, Argentina	2	16
Wern-Huar Tarng	National Tsing Hua University, Taiwan	2	12
Martina Tóthová	Charles University, Czechia	2	8
Jaslin Ikhsan	Yogyakarta State University, Indonesia	2	6
Elvy Rahmi Mawarnis	Institut Agama Islam Negeri Batusangkar, Indonesia	2	3
Sri Rahayu	State University of Malang, Indonesia	2	3
Canan Naki boğlu	Balıkesir University, Turkey	2	1

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าผู้แต่งที่มีผลงานตีพิมพ์มากที่สุดคือ Katerina Salta จาก National and Kapodistrian University of Athens ประเทศกรีซ (3 เอกสาร, 52 การอ้างอิง) ตามด้วย Martin Rusek จาก Charles University ประเทศเช็ก (3 เอกสาร, 29 การอ้างอิง) ส่วนผู้แต่งจากอินโดนีเซีย เช่น Abdul Halim และ Irwandi-Irwandi (2 เอกสาร, 33 การอ้างอิง) และจาก University of Rwanda ได้แก่ Edwige Kampire, Ezechiel Nsabayeze และ Aloys Iyamuremye (2 เอกสาร, 28-29 การอ้างอิง) ขณะที่ผู้แต่งยุโรป เช่น Ingo Eilks และ Agustín Adúriz-Bravo มีสิ่งตีพิมพ์ 2 ฉบับ พร้อมการอ้างอิงระหว่าง 16-20 ครั้ง

2.4 ผลผลิตการวิจัยตามวารสาร

ตารางที่ 4 วารสารที่มีอิทธิพลสูงสุดในการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลงานระดับมัธยมศึกษา

Source	Documents	Citations
<i>Journal of Chemical Education</i>	15	197
<i>Jurnal Penelitian Pendidikan IPA</i>	11	17
<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	7	80

<i>Education Sciences</i>	6	61
<i>Science & Education</i>	5	43
<i>Education and Information Technologies</i>	5	37
<i>Journal of Physics Conference Series</i>	5	10
<i>Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education</i>	4	32
<i>Research in Science Education</i>	3	18
<i>Journal of Technology and Science Education</i>	3	5

ตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า Journal of Chemical Education โดดเด่นด้วยจำนวนเอกสารสูงสุด (15 ฉบับ) และการอ้างอิง (197 ครั้ง) Jurnal Penelitian Pendidikan IPA ตามมาด้วย 11 เอกสารและ 17 การอ้างอิง Chemistry Education Research and Practice ได้ตีพิมพ์ 7 บทความ โดยได้รับ 80 การอ้างอิง

วารสารอื่นๆ เช่น Education Sciences และ Science & Education แสดงจำนวนการอ้างอิงในระดับปานกลาง 61 และ 43 ครั้งตามลำดับ พร้อมกับเอกสารที่ตีพิมพ์ 6 และ 5 ฉบับ วารสารที่มีเอกสารตีพิมพ์น้อยกว่า เช่น Journal of Technology and Science Education และ Journal of Physics Conference Series แสดงจำนวนการอ้างอิงที่ต่ำกว่า

3. สิ่งตีพิมพ์ที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด คำสำคัญ พื้นที่เชิงเนื้อหาหลักและการกระจายตัวตามสาขาวิชา และวิวัฒนาการของหัวข้อการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีโดยใช้การวิเคราะห์บรรณมิติด้วยเครื่องมือ VOSviewer

3.1 สิ่งตีพิมพ์ที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด

ตารางที่ 5. สิ่งตีพิมพ์ที่มีแนวโน้มสูงสุดและได้รับการอ้างอิงมากที่สุดเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษา

ID	Title	Authors	Year	Source	Cited by
P1	Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse?	Tlili et al.	2022	Smart Learning Environments	400
P2	Leveraging ChatGPT for Enhancing Critical Thinking	Guo, Ying; Lee, Daniel	2023	Journal of Chemical Education	67
P3	Metaverse in Education: Contributors, Cooperation	Chen, Xieling et al.	2023	IEEE Transactions on Learning	62

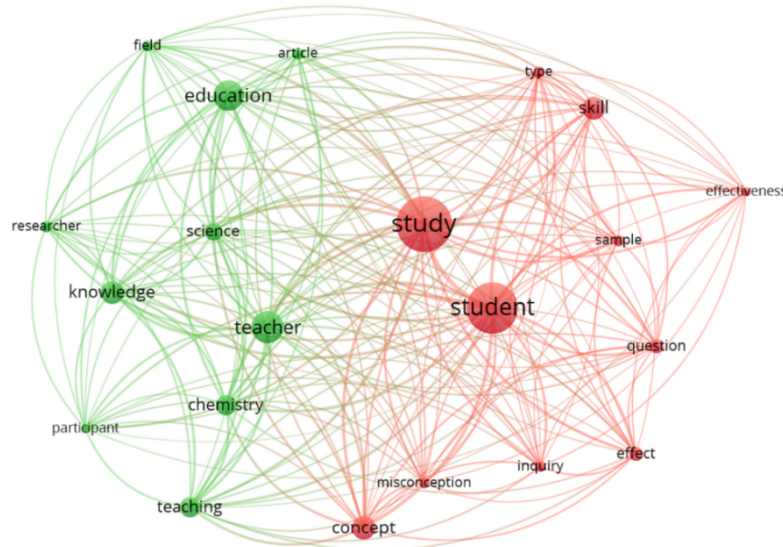
ID	Title	Authors	Year	Source	Cited by
P4	Potential for Chemistry in Multidisciplinary...	Hardy, John G. et al.	2021	Journal of Chemical Education	44
P5	Models of Conceptual Change in Science Learning...	Potvin, Patrice et al.	2020	Studies in Science Education	40
P6	Students' Competence in Translating Chemical...	Gkitzia, Vasiliki et al.	2020	Chemistry Education Research...	40
P7	Prompts to Promote Success: Evaluating Interventions	Wang, Ying et al.	2021	Journal of Chemical Education	35
P8	Citizen Science and its Potential for Education	Lüsse, Mientje et al.	2022	Int. Journal of Science Edu.	32
P9	The Impact of Narrative Feedback and Realistic...	Halim, Abdul et al.	2021	Education Sciences	23
P10	The Intellectual Demands of the Chemistry Curriculum	Elmas, Ridvan et al.	2020	Chemistry Education Research and Practice	21

ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าบทความ “Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse?” โดย Tlili et al. (2022) โดดเด่นด้วย 400 การอ้างอิง “Leveraging ChatGPT for Enhancing Critical Thinking” โดย Guo และ Lee (2023) ได้รับ 67 การอ้างอิง “Metaverse in Education: Contributors, Cooperation” โดย Chen et al. (2023) ได้รับ 62 การอ้างอิง

งานอื่นๆ ที่ได้รับการอ้างอิงสูง ได้แก่ “Potential for Chemistry in Multidisciplinary Learning” โดย Hardy et al. (2021) และ “Models of Conceptual Change in Science Learning” โดย Potvin et al. (2020) โดยแต่ละชิ้นมี 44 และ 40 การอ้างอิงตามลำดับ “Students' Competence in Translating Chemical Concepts” โดย Gkitzia et al. (2020) ได้รับ 40 การอ้างอิง

3.2 การวิเคราะห์คำสำคัญ

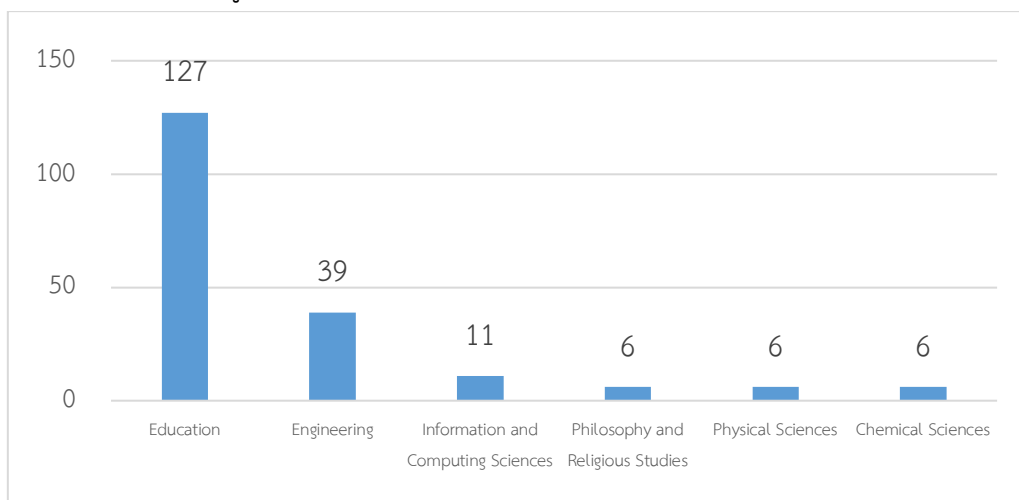
การวิเคราะห์คำสำคัญโดยใช้ซอฟต์แวร์ VOSviewer คำว่า “study” และ “student” เป็นคำที่โดดเด่นที่สุด คำเช่น “teacher” “education” และ “knowledge” ปรากฏอย่างชัดเจน คำสำคัญเช่น “skill” “effectiveness” “concept” และ “inquiry” แสดงให้เห็นในการวิเคราะห์ คำเช่น “teaching” “science” และ “chemistry” เป็นคำที่มีความถี่สูง แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครือข่ายความสัมพันธ์ของคำสำคัญที่ปรากฏในงานวิจัยเรื่องการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีระดับมัธยมศึกษา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม VOSviewer จากข้อมูล 163 เอกสาร โดยขนาดของวงกลมแสดงความถี่ของการปรากฏคำ สีของวงกลมแสดงกลุ่มคลัสเตอร์ (cluster) ของคำที่ปรากฏร่วมกันบ่อยครั้ง และเส้นเชื่อมแสดงความสัมพันธ์การปรากฏร่วมกันของคำสำคัญในเอกสารเดียวกัน

4. การตรวจสอบผลผลิต การร่วมมือระหว่างประเทศ และแนวโน้มการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมี

ผู้วิจัยนำเสนอการกระจายของการวิจัยตามสาขาวิชา จากการวิเคราะห์เอกสาร 163 ฉบับ สาขา Education คิดเป็น 77.91% (127 เอกสาร) ของการวิจัยทั้งหมด สาขา Engineering มีส่วนร่วม 23.93% (39 เอกสาร) สาขา Information and Computing Sciences คิดเป็น 6.75% (11 เอกสาร) สาขาอื่นๆ รวมถึง Philosophy and Religious Studies, Physical Sciences และ Chemical Sciences แต่ละสาขาคิดเป็น 3.68% (6 เอกสาร) แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 จำนวนเอกสารจำแนกตามสาขาวิชา

ผลผลิตการวิจัย ความร่วมมือระหว่างประเทศ และผลกระทบ (Impact) ของการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีในช่วงห้าปีที่ผ่านมา

เมื่อพิจารณาผลผลิตการวิจัยตลอดช่วงห้าปีที่ผ่านมา (2020-2024) ร่วมกับข้อมูลรายประเทศและสถาบันในหัวข้อที่ 1 และ 2 ข้างต้น พบว่าจำนวนสิ่งตีพิมพ์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 24 เป็น 45 บทความต่อปี สะท้อนผลผลิตการวิจัยที่ขยายตัวอย่างมั่นคง ในด้านความร่วมมือระหว่างประเทศ ผลการวิเคราะห์เครือข่ายผู้แต่งด้วย VOSviewer พบความร่วมมือที่ชัดเจนระหว่างนักวิจัยในภูมิภาคเอเชีย (อินโดนีเซีย มาเลเซีย ไต้หวัน) และยุโรป (กรีซ เช็ก เยอรมนี ตุรกี สเปน) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้แต่งที่มีผลงานตีพิมพ์ร่วมกันมากกว่าหนึ่งครั้ง ในด้านผลกระทบ (Impact) ของงานวิจัย ประเทศที่มีผลผลิตสูงอย่างอินโดนีเซียกลับมีจำนวนการอ้างอิงเฉลี่ยต่อบทความต่ำกว่าประเทศที่มีผลผลิตน้อยกว่าแต่มีคุณภาพงานวิจัยสูง เช่น ตุรกี จีน และสเปน ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตและผลกระทบทางวิชาการไม่จำเป็นต้องแปรผันตามกันเสมอไป และชี้ให้เห็นโอกาสในการยกระดับคุณภาพงานวิจัยผ่านความร่วมมือระหว่างประเทศที่เข้มแข็งยิ่งขึ้น

5. ภาพรวมที่ครอบคลุมของความก้าวหน้าและทิศทางการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีสำหรับผู้สอน นักวิจัย และผู้กำหนดนโยบายทางการศึกษา

ภาพรวมของการวิจัยและแนวโน้มชี้ให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือดิจิทัลมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน ทั้งในด้านแนวคิดและกระบวนการเรียนรู้ การประเมินผลแบบก่อดัวที่ผสานเทคโนโลยี (Technology-Integrated Formative Assessment) พบว่าช่วยเพิ่มแรงจูงใจและผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนสูงกว่าการสอนแบบดั้งเดิม (Tadesse Hagos & Dereje Andargie, 2023) ขณะที่การผสมผสาน ICT เข้ากับความรู้เฉพาะทางด้านการสอน (TSPCK) ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดซับซ้อนผ่านซอฟต์แวร์จำลองและสื่อดิจิทัล (Ngcobo & Moloi, 2025) และเทคโนโลยีเสมือนจริง (AR/VR) ช่วยให้นักเรียนเห็นภาพระดับจุลภาคของปฏิกิริยาเคมี เสริมสร้างความเข้าใจในกระบวนการสมดุเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Tarng, 2022) สำหรับผู้สอนและนักวิจัย ควรออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง พัฒนาเครื่องมือประเมินผลที่ทันสมัย และฝึกอบรมครูให้สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างมั่นใจ ส่วนผู้กำหนดนโยบายควรสนับสนุนงบประมาณและทรัพยากร พัฒนาหลักสูตรที่ผสมผสานเทคโนโลยี และส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อยกระดับประสิทธิภาพการเรียนการสอนสมดุเคมีให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

อภิปรายผล

1. แนวโน้มการตีพิมพ์และการอ้างอิงบทความวิจัย ผลการศึกษาแสดงรูปแบบและการพัฒนาที่สำคัญในการบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มทักษะนวัตกรรมในการศึกษาเคมี แนวโน้มที่เพิ่มขึ้นสะท้อนการยอมรับที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับความสำคัญของการใช้เทคโนโลยีเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ไขความท้าทายในการศึกษาระดับมัธยมศึกษา การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงปี 2023-2024 สะท้อนความสนใจและความก้าวหน้าที่เพิ่มขึ้น โดยปัจจัยที่มีส่วนทำให้เกิดแนวโน้มนี้ ได้แก่ โอกาสทุนวิจัยที่เพิ่มขึ้น ความร่วมมือระหว่างนักวิจัยที่แข็งแกร่งขึ้น และโอกาสการวิจัยที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งสะท้อนถึงการขับเคลื่อนของรูปแบบการวิจัย

ที่มีความหลากหลายและมีพลวัตของการตีพิมพ์ทางวิชาการในช่วงเวลานี้ การเติบโตอย่างต่อเนื่องในการตีพิมพ์ แสดงทั้งความมั่นคงและโมเมนตัมในกิจกรรมการวิจัย โดยการเพิ่มขึ้นอย่างมากแสดงการมีส่วนร่วมและความสนใจในระดับโลกที่เพิ่มสูงขึ้น ความพยายามอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาการเติบโตนี้ควรเน้นการส่งเสริมความร่วมมือ การสนับสนุนที่มั่นคง และการระบุโอกาสใหม่สำหรับการวิจัยที่มีผลกระทบ

2. ผลผลิตการวิจัยเมื่อจำแนกตามประเทศ ความแตกต่างระหว่างปริมาณสิ่งตีพิมพ์และจำนวนการอ้างอิงบ่งชี้ระดับอิทธิพลทางวิชาการ (จำนวนการอ้างอิง) และคุณภาพของระเบียบวิธีวิจัยที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของงานวิจัยในการนำไปสู่การพัฒนาการเรียนการสอนและประโยชน์ต่อผู้เรียนในบริบทที่แตกต่างกัน การกระจายทางภูมิศาสตร์บ่งชี้การยอมรับในระดับโลกเกี่ยวกับความสำคัญของการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมี แม้จะมีแนวทางและการเน้นย้ำที่แตกต่างกันในระบบการศึกษาและบริบททางวัฒนธรรมที่หลากหลาย การวิเคราะห์เปิดเผยโอกาสหลายประการสำหรับการพัฒนา แม้บางประเทศจะผลิตงานวิจัยในปริมาณสูง แต่มีช่องว่างระหว่างปริมาณและผลกระทบ (Impact) บ่งชี้ความจำเป็นในการเพิ่มคุณภาพการวิจัยในบางภูมิภาค ประเทศที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงแต่มีสิ่งตีพิมพ์น้อยกว่า เช่น ตุรกีและจีน อาจให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีคุณค่าในการผลิตงานวิจัยที่มีผลกระทบ สิ่งนี้บ่งชี้ความสำคัญของความร่วมมือระหว่างประเทศและการแบ่งปันความรู้เพื่อยกระดับคุณภาพโดยรวมของการวิจัย โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนาที่ใช้เทคโนโลยีทางการศึกษาขยายตัวอย่างรวดเร็ว ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าหลายฉบับ ตัวอย่างเช่น Kim และ Lee (2023) พบรูปแบบที่คล้ายกันในการวิเคราะห์การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยประเทศในเอเชียแสดงปริมาณสิ่งตีพิมพ์สูงแต่มีผลกระทบจากการอ้างอิงที่ต่างกัน Thompson et al. (2022) ระบุว่าประเทศกำลังพัฒนามักให้ความสำคัญกับการเพิ่มผลผลิตการวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธ์การพัฒนาการศึกษา ความสำเร็จของประเทศเช่นตุรกีและสเปนในการสร้างงานวิจัยที่มีผลกระทบสูงแม้จะมีสิ่งตีพิมพ์น้อยกว่า สนับสนุนข้อสรุปของ Wang (2023) ที่ว่าโปรแกรมวิจัยที่มีการมุ่งเน้นพร้อมรากฐานระเบียบวิธีวิจัยที่แข็งแกร่งมักสร้างผลลัพธ์ที่มีอิทธิพลมากกว่า นอกจากนี้ บทบาทที่เพิ่มขึ้นของความร่วมมือระหว่างประเทศสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Martinez และ Johnson (2024) ซึ่งเน้นว่าการเป็นพันธมิตรวิจัยข้ามวัฒนธรรมนำไปสู่แนวทางการสอนที่เป็นนวัตกรรมและประยุกต์ใช้ได้กว้างขวางมากขึ้นในการศึกษาเคมี

3. ผลผลิตการวิจัยเมื่อจำแนกตามสถาบันการศึกษา อัตราส่วนที่ยอดเยี่ยมของ University of South Africa บ่งชี้อิทธิพลที่สำคัญของการศึกษาเหล่านี้ต่อชุมชนวิชาการ น่าจะเนื่องมาจากรากฐานระเบียบวิธีวิจัยที่แข็งแกร่งหรือหัวข้อที่มีความเกี่ยวข้องสูง ข้อมูลนี้เน้นย้ำระดับผลผลิตและผลกระทบ (Impact) ที่แตกต่างกันในหมู่สถาบัน และเน้นความสำคัญของการส่งเสริมการวิจัยที่มีคุณภาพสูงและมีผลกระทบ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสิ่งตีพิมพ์และผลกระทบการวิจัย Kim และ Lee (2023) สังเกตว่าสถาบันในประเทศกำลังพัฒนามักให้ความสำคัญกับผลผลิตเพื่อเพิ่มการมองเห็นทางวิชาการ แต่อาจเผชิญความท้าทายในการบรรลุผลกระทบจากการอ้างอิงที่สูง Thompson et al. (2022) เน้นบทบาทของการสนับสนุนจากสถาบันและความร่วมมือระหว่างประเทศในการปรับปรุงคุณภาพการวิจัยและการเข้าถึงระดับโลก ผลงานที่ยอดเยี่ยมของ University of South Africa สอดคล้องกับผลการวิจัยของ

Wang (2023) ซึ่งเน้นว่าโปรแกรมวิจัยที่มีเป้าหมายและกรอบระเบียบวิธีวิจัยที่แข็งแกร่งมีส่วนร่วมอย่างมากต่อผลกระทบจากการอ้างอิง รูปแบบเหล่านี้เสริมความสำคัญของการให้ความสำคัญกับทั้งคุณภาพการวิจัยและการเผยแพร่เชิงกลยุทธ์เพื่อเพิ่มอิทธิพลของการมีส่วนร่วมทางวิชาการให้สูงสุด

4. ผลผลิตการวิจัยเมื่อจำแนกตามผู้แต่ง การมีส่วนร่วมของผู้แต่งจากอินโดนีเซียสอดคล้องกับการมีส่วนร่วมในวงกว้างของสถาบันอินโดนีเซียในด้านนี้ เน้นบทบาทที่กระตือรือร้นของประเทศในการพัฒนาการวิจัยเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลงาน ผู้แต่งบางคนมีจำนวนการอ้างอิงที่ต่ำกว่าแม้จะมีผลผลิตเอกสารที่คล้ายคลึงกัน บ่งชี้โอกาสในการปรับปรุงกลยุทธ์การเผยแพร่ผลงานและเพิ่มการมองเห็น (visibility) ของงานวิจัยในวงวิชาการ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่เน้นบทบาทของความร่วมมือระหว่างประเทศและการสนับสนุนสถาบันในการเพิ่มผลกระทบการวิจัย Kim และ Lee (2023) เน้นว่านักวิจัยที่สังกัดสถาบันที่ได้รับการสนับสนุนอย่างดีมักบรรลุจำนวนการอ้างอิงที่สูงขึ้นเนื่องจากการเข้าถึงทรัพยากรและเครือข่ายที่ดีกว่า Thompson et al. (2022) ระบุว่าความแตกต่างของผลกระทบ (Impact) ของงานวิจัยเมื่อจำแนกตามภูมิภาค มักเชื่อมโยงกับระดับเงินทุนวิจัยและโครงสร้างพื้นฐานด้านการวิจัยที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ข้อสังเกตเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการส่งเสริมความเป็นหุ้นส่วนข้ามสถาบันและการปรับปรุงการเข้าถึงทรัพยากรการวิจัยอาจช่วยยกระดับการมีส่วนร่วมของผู้แต่งที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองในสาขานี้

5. ผลผลิตการวิจัยเมื่อจำแนกตามวารสาร จำนวนการอ้างอิงที่สูงของ Journal of Chemical Education แสดงว่าบทความของวารสารได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางโดยชุมชนวิชาการ ทำให้เป็นแพลตฟอร์มสำคัญสำหรับการวิจัยในการศึกษาเคมีและการบูรณาการเทคโนโลยี จำนวนสิ่งตีพิมพ์ที่สูงของ Jurnal Penelitian Pendidikan IPA สะท้อนการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในบริบทของการวิจัยทางการศึกษาในอินโดนีเซีย ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวโน้มที่วารสารชั้นนำมักครอบงำทั้งปริมาณและผลกระทบจากการอ้างอิง Kim และ Lee (2023) ระบุว่าวารสารที่มีชื่อเสียงมักดึงดูดการวิจัยคุณภาพสูงซึ่งส่งผลให้มีการอ้างอิงที่สูงขึ้น Thompson et al. (2022) เน้นว่าวารสารที่มีความน่าสนใจข้ามสาขาวิชา เช่น Science & Education มักมีผลกระทบกว้างขวางกว่าเนื่องจากมีผู้อ่านที่หลากหลาย แนวโน้มเหล่านี้เน้นย้ำความสำคัญของการตีพิมพ์ในวารสารที่มีชื่อเสียงเพื่อเพิ่มการเข้าถึงและอิทธิพลของการวิจัยให้สูงสุด

6. สิ่งตีพิมพ์ที่ได้รับการอ้างอิงสูงสุด จำนวนการอ้างอิงที่สูงของบทความเกี่ยวกับ metaverse ทำให้บทความดังกล่าวอยู่ในหมู่งานที่มีอิทธิพลมากที่สุดในสาขานี้ เน้นย้ำความสนใจที่เพิ่มขึ้นในเทคโนโลยีแบบ immersive สำหรับการศึกษา การบูรณาการเครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ เช่น ChatGPT เข้าสู่การศึกษากลายเป็นหัวข้อที่ได้รับความนิยม โดยเฉพาะในการศึกษาเคมี ซึ่งสามารถสนับสนุนทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา สะท้อนการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปสู่เครื่องมือดิจิทัลในการศึกษาวิทยาศาสตร์ การศึกษาเกี่ยวกับแนวทางสหวิทยาการและการเปลี่ยนแปลงความคิดรวบยอดเน้นย้ำความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับแนวโน้มปัจจุบันในการบูรณาการเทคโนโลยีและส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น การเน้นความสามารถของนักเรียนในการประยุกต์ใช้ความรู้ทางเคมีในบริบทโลกแห่งความจริงเสริมความสำคัญของการเรียนรู้เชิงประยุกต์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวโน้มการวิจัยที่กว้างขึ้นในเทคโนโลยีทางการศึกษา

Kim และ Lee (2023) สังเกตเห็นอิทธิพลที่เพิ่มขึ้นของ AI และสภาพแวดล้อมการเรียนรู้เสมือนในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับความสนใจที่เพิ่มขึ้นต่อเครื่องมือเช่น ChatGPT และ metaverse Thompson et al. (2022) เน้นว่าการวิจัยเกี่ยวกับแนวทางสหวิทยาการ เช่น ที่สำรวจโดย Hardy et al. (2021) และ Potvin et al. (2020) มีส่วนร่วมในการพัฒนาวิธีการสอนที่เป็นนวัตกรรมซึ่งจัดการกับความเข้าใจ ความคิดรวบยอดและการบูรณาการเทคโนโลยี

7. การวิเคราะห์คำสำคัญ การโดดเด่นของคำว่า “study” และ “student” เน้นย้ำบทบาทสำคัญของนักเรียนและกระบวนการเรียนรู้ในการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยี คำเช่น “teacher” “education” และ “knowledge” เน้นย้ำความสำคัญของผู้สอนและบทบาทของพวกเขาในการอำนวยความสะดวกในความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ความเชื่อมโยงระหว่างคำเผยให้เห็นการเน้นอย่างมากในการเพิ่มทักษะและความเข้าใจของนักเรียน คำสำคัญเช่น “skill” “effectiveness” “concept” และ “inquiry” สะท้อนการเน้นการเรียนรู้เชิงลึกและการประเมินผลลัพธ์การสอน ในทำนองเดียวกัน คำเช่น “teaching” “science” และ “chemistry” เน้นจุดตัดระหว่างการสอนและความเชี่ยวชาญในเนื้อหาวิชา การวิเคราะห์นี้ เน้นย้ำการเน้นสองด้านในนักเรียนและครูในการพัฒนากลยุทธ์การสอนที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเน้นถึงความท้าทาย เช่น การจัดการกับความเข้าใจผิดในสมดุลเคมี และโอกาสในการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยี เพื่อปรับปรุงความเข้าใจและการมีส่วนร่วมในการศึกษาวิทยาศาสตร์

8. ผลผลิตการวิจัยเมื่อจำแนกตามสาขาวิชา การครอบงำของสาขา Education ที่คิดเป็นเกือบสามในสี่ของการวิจัยทั้งหมดเน้นย้ำบทบาทสำคัญของสาขานี้ในการจัดการกับความท้าทายในการสอนสมดุลเคมี การมีส่วนร่วมของสาขา Engineering และ Information and Computing Sciences แสดงความสำคัญของการพัฒนาเครื่องมือทางเทคโนโลยีและการสนับสนุนด้านการคำนวณ สะท้อนลักษณะสหวิทยาการของการปรับปรุงผลลัพธ์ทางการศึกษาผ่านเทคโนโลยี การมีส่วนร่วมที่ค่อนข้างต่ำจากสาขา Chemical Sciences บ่งชี้โอกาสในการขยายการวิจัยที่รวมแนวทางทางทฤษฎี ปฏิบัติ และวิทยาศาสตร์เพื่อปรับปรุงการบูรณาการเทคโนโลยีในการศึกษาเคมีเพิ่มเติม แสดงศักยภาพที่ยังไม่ได้สำรวจสำหรับการพัฒนาเครื่องมือและระเบียบวิธีวิจัยเฉพาะสาขา ความโดดเด่นของการวิจัยในสาขา Education สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้าที่เน้นบทบาทสำคัญของการสอนในการบูรณาการเทคโนโลยี Mishra และ Koehler (2006) เน้นความสำคัญของกรอบ Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) ซึ่งเน้นความจำเป็นสำหรับผู้สอนในการบูรณาการเทคโนโลยีกับเนื้อหาเฉพาะวิชาและการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การมีส่วนร่วมที่ค่อนข้างต่ำจากสาขาเช่น Chemical Sciences บ่งชี้ศักยภาพที่ยังไม่ได้สำรวจสำหรับการพัฒนาเครื่องมือและระเบียบวิธีวิจัยเฉพาะสาขา ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการสอนสมดุลเคมีเพิ่มเติมผ่านความร่วมมือสหวิทยาการ

9. ภาพรวมของความก้าวหน้าและทิศทางการวิจัย การศึกษานี้นำเสนอภาพรวมที่ครอบคลุมของความก้าวหน้าและทิศทางการวิจัยด้านการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุลเคมีในช่วงห้าปีที่ผ่านมา (2020-2024) ผลการวิจัยเปิดเผยการเติบโตที่มีนัยสำคัญในจำนวนสิ่งตีพิมพ์ โดยเฉพาะในปี 2023-2024 สะท้อนความสนใจที่เพิ่มขึ้นในระดับโลกในการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนเคมี

ประเทศในเอเชีย โดยเฉพาะอินโดนีเซีย แสดงผลผลิตการวิจัยสูง ในขณะที่ประเทศในยุโรป เช่น ตุรกีและสเปน แสดงผลกระทบ (Impact) จากการอ้างอิงที่เหนือกว่า บ่งชี้โอกาสในการแลกเปลี่ยนความรู้และความร่วมมือระหว่างประเทศ สถาบันและผู้แต่งชั้นนำได้มีส่วนร่วมอย่างมากในการพัฒนาสาขานี้ โดยวารสารเช่น Journal of Chemical Education ทำหน้าที่เป็นแพลตฟอร์มหลักสำหรับการเผยแพร่การวิจัยที่มีผลกระทบ สิ่งตีพิมพ์ที่มีอิทธิพลสูงสุด โดยเฉพาะงานเกี่ยวกับ metaverse และ AI ในการศึกษา เน้นย้ำการเปลี่ยนแปลงไปสู่เทคโนโลยีแบบ immersive และเครื่องมือดิจิทัล การวิเคราะห์คำสำคัญเผยให้เห็นการเน้นที่นักเรียน ครู และการเรียนรู้เชิงลึก ในขณะที่การกระจายตามสาขาวิชาแสดงให้เห็นว่าสาขา Education ครอบงำ แต่ยังมีโอกาสสำหรับการขยายการวิจัยสหวิทยาการ ข้อมูลเชิงลึกเหล่านี้มีคุณค่าสำหรับผู้สอน นักวิจัย และผู้กำหนดนโยบายทางการศึกษาในการทำความเข้าใจภูมิทัศน์ปัจจุบันและทิศทางในอนาคตของการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมี ผลการวิจัยแนะนำให้มีการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ การเพิ่มคุณภาพการวิจัย และการพัฒนาเครื่องมือเทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมเพื่อปรับปรุงผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียนในการศึกษาเคมีระดับมัธยมศึกษาต่อไป

สรุปองค์ความรู้

การวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์บรรณมิติเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษาระหว่างปี 2020-2024 โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูล Dimensions จำนวน 163 เอกสาร ด้วยเครื่องมือ VOSviewer

องค์ความรู้หลักจากการวิจัย แนวโน้มการวิจัยเกี่ยวกับการบูรณาการเทคโนโลยีในการสอนสมดุเคมีระดับมัธยมศึกษาในช่วงปี 2020-2024 แสดงการเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดยจำนวนสิ่งตีพิมพ์เพิ่มจาก 24 บทความ (2020) เป็น 45 บทความ (2024) โดยเฉพาะในช่วงปี 2023-2024 ที่มีการขยายตัวโดดเด่น สะท้อนความสนใจระดับโลกที่เพิ่มขึ้น ในด้านคุณภาพและปริมาณ อินโดนีเซียนำด้านจำนวนสิ่งตีพิมพ์ (35 เอกสาร) แต่ตุรกี จีน และสเปนมีอิทธิพลสูงกว่าด้วยการอ้างอิง 496, 483 และ 427 ครั้งตามลำดับ (Kim & Lee, 2023; Thompson et al., 2022; Wang, 2023) สถาบันสำคัญ ได้แก่ University of Rwanda (6 เอกสาร, 50 การอ้างอิง) และ University of South Africa (2 เอกสาร, 402 การอ้างอิง) ผู้วิจัยที่มีอิทธิพลคือ Katerina Salta และ Martin Rusek Journal of Chemical Education เป็นวารสารหลัก (15 เอกสาร, 197 การอ้างอิง) แนวโน้มเทคโนโลยีที่โดดเด่นคือการประยุกต์ใช้ metaverse และ AI โดยบทความ “Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse?” ของ Tlili et al. (2022) ได้รับการอ้างอิงสูงสุด 400 ครั้ง สะท้อนการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล คำสำคัญที่ปรากฏบ่อย เช่น “study,” “education,” “skill,” “effectiveness,” และ “inquiry” ซึ่งแนวโน้มการมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การกระจายสาขาวิชาพบว่า Education มีสัดส่วนสูงสุด (77.91%) รองลงมาคือ Engineering (23.93%) และ Information and Computing Sciences (6.75%) ขณะที่ Chemical Sciences มีเพียง 3.68% ซึ่งเปิดโอกาสให้เกิดการวิจัยสหวิทยาการในอนาคต (Mishra & Koehler, 2006)

การนำไปใช้ประโยชน์ องค์ความรู้จากการวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายมิติ โดยในวงวิชาการสามารถใช้เป็นแนวทางระบุช่องว่างการวิจัย ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ และวางแผนตีพิมพ์ในวารสารที่มีอิทธิพล สำหรับสถาบันการศึกษา ควรพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูตามกรอบ TPACK ส่วนชุมชนและสังคมสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีการศึกษาให้ครู จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีในการสอน ภาคเศรษฐกิจควรสนับสนุนการลงทุนในเทคโนโลยีการศึกษา และสร้างความร่วมมือระหว่างสถาบันการศึกษาและภาคเอกชน ด้านนโยบายควรมุ่ง (1) จัดสรรทุนวิจัยคุณภาพสูงระดับชาติ (2) ส่งเสริมความร่วมมือและการแลกเปลี่ยนนักวิจัยระหว่างประเทศ (3) บูรณาการการฝึกอบรมเทคโนโลยีในการผลิตครู และ (4) ลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลในโรงเรียน โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกล การนำองค์ความรู้นี้จะช่วยยกระดับคุณภาพการศึกษาเคมีระดับมัธยมศึกษา เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน และเตรียมความพร้อมผู้เรียนสู่ศตวรรษที่ 21 อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ข้อค้นพบที่สำคัญคือ มีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างปริมาณและคุณภาพการวิจัยโดยประเทศที่เน้นรากฐานระเบียบวิธีวิจัยที่แข็งแกร่งสร้างผลกระทบสูงกว่าแม้จะมีสิ่งตีพิมพ์น้อยกว่าและเทคโนโลยีใหม่ เช่น metaverse และ AI กำลังเป็นแนวโน้มหลัก สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการพัฒนากลยุทธ์การวิจัยเพื่อเพิ่มคุณภาพและผลกระทบของงานวิจัย การส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศที่มีผลผลิตสูงและประเทศที่มีผลกระทบสูง การวางแผนตีพิมพ์ในวารสารที่มีชื่อเสียง และการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูตามกรอบ TPACK โดยควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาระเบียบวิธีวิจัยคุณภาพสูง การส่งเสริมการวิจัยสหวิทยาการโดยเฉพาะการบูรณาการ Chemical Sciences เข้ากับ Education และ Engineering การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างประเทศ และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสำหรับการวิจัยเทคโนโลยีใหม่โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา สำหรับประเด็นการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยี immersive (metaverse, VR/AR) และ AI ต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ในระยะยาว ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของความร่วมมือวิจัยระหว่างประเทศ การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทวัฒนธรรมและระบบการศึกษาที่แตกต่างกัน การวิจัยเชิงสหวิทยาการที่เชื่อมโยง Chemical Sciences กับ Educational Technology และการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาความเข้าใจผิดในสมดุลเคมีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

เอกสารอ้างอิง (References)

- Baker, T., & Wilson, R. (2024). Dimensions: Essential tool for navigating research landscapes across disciplines. *Journal of Research Analytics, 15*(2), 100–115.
<https://doi.org/10.1016/j.jra.2024.03.004>

- Chen, X., Zheng, Y., & Lee, A. (2023). Metaverse in education: Contributors, cooperation, and applications in learning technologies. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 16*(1), 11–24. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3260502>
- Elmas, R., & Aksu, H. (2020). The intellectual demands of the chemistry curriculum and their relationship with student performance. *Chemistry Education Research and Practice, 21*(3), 548–558. <https://doi.org/10.1039/C9RP00224G>
- Gkitzia, V., et al. (2020). Students' competence in translating chemical concepts: The role of visualizations in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 21*(4), 892–902. <https://doi.org/10.1039/D0RP00096A>
- Guo, Y., & Lee, D. (2023). Leveraging ChatGPT for enhancing critical thinking in chemistry education. *Journal of Chemical Education, 100*(9), 3244–3251.
- Halim, A., & Abidin, M. Z. (2021). The impact of narrative feedback and realistic assessments in chemistry education. *Education Sciences, 11*(3), Article 146. <https://doi.org/10.3390/educsci11030146>
- Hardy, J. G., McKinney, M., & Smith, M. (2021). Potential for chemistry in multidisciplinary learning. *Journal of Chemical Education, 98*(9), 2762–2771. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00332>
- Jones, A., & Green, P. (2024). Key trends in environmental science research: An analysis using the Dimensions database. *Environmental Science Research, 19*(1), 56–71. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.02.007>
- Kim, J., & Lee, H. (2023). Technology adoption in science education: A bibliometric perspective. *Journal of Educational Technology, 49*(3), 245–265.
- Lee, C., Kim, D., & Park, H. (2023). Evaluating citation data in Dimensions and Web of Science: A comparative study. *Global Research Review, 29*(3), 120–133. <https://doi.org/10.1002/grr.2023.0135>
- Lüsse, M., Meier, M., & Chovanec, P. (2022). Citizen science and its potential for education: Enhancing scientific literacy and participation in learning. *International Journal of Science Education, 44*(1), 100–115. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1967419>
- Martinez, S., & Johnson, T. (2024). The impact of cross-cultural research collaborations in educational technology. *Educational Technology Research and Development, 52*(2), 129–148.

- 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>
- Ngcobo, S., & Moloi, T. (2025). Integrating ICT with topic-specific pedagogical content knowledge (TSPCK) in chemistry teaching. **African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education**.
- Potvin, P., & Kirschner, P. A. (2020). Models of conceptual change in science learning: A review of the literature. **Studies in Science Education*, 56*(2), 169–201.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1772134>
- Salta, K. (2022). Metaverse in education: Blessing or curse? **Smart Learning Environments*, 9*(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00134-3>
- Smith, J. (2023). The Dimensions database: A powerful bibliometric tool for academic research. **International Journal of Bibliometrics*, 12*(4), 45–58.
<https://doi.org/10.1016/j.ijb.2023.04.008>
- Tadesse Hagos, T., & Dereje Andargie, T. (2023). Technology-integrated formative assessment and student motivation in chemistry classrooms. **African Journal of Chemical Education**.
- Tarng, W.-H. (2022). Augmented and virtual reality applications for visualizing chemical equilibrium at the microscopic level. **Journal of Technology and Science Education*, 12*(1), 5–19.
- Thompson, K., & Miller, S. (2023). Comprehensive metadata in Dimensions: A step forward in bibliometric analysis. **Data Science and Analysis*, 14*(2), 85–99.
<https://doi.org/10.1016/j.dsa.2023.03.012>
- Thompson, K., et al. (2022). Regional disparities in research funding, infrastructure, and impact in science education. **International Journal of Science and Technology Education Research**.
- Tlili, A., Koutoupis, A., & Bannour, A. (2022). Is metaverse in education a blessing or a curse? **Smart Learning Environments*, 9*(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00135-2>
- Wang, Y. (2023). High-impact research strategies in chemistry education. **Journal of Science Education Research*, 38*(4), 310–327.
- Wang, Y., Chou, M. H., & Lee, S. C. (2021). Prompts to promote success: Evaluating interventions for improving chemistry learning. **Journal of Chemical Education*, 98*(5), 1337–1345. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01058>