

Foundational Literacies
How students apply core skills to everyday tasks

- 1. Literacy
- 2. Numeracy
- 3. Scientific literacy
- 4. ICT literacy
- Financial

Competencies
How students approach complex challenges

- 7. Critical thinking/ problem-solving
- 8. Creativity
- 9. Communication
- 10. Collaboration

Character Qualities
How students approach their changing environment

- 11. Curiosity
- 12. Initiative
- 13. Persistence/ grit
- 14. Adaptability



ISSN 2586-9256 (Print)
ISSN 2697-410X (Online)

JSSE Journal of Science and Science Education

วารสารวิทยาศาสตร์
และวิทยาศาสตร์ศึกษา

Vol. 7 No. 1 (Jan. – Jun. 2024)
ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 (ม.ค. – มิ.ย. 2567)



FACULTY OF SCIENCE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY

<https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JSSE>

คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

Journal of Science and Science Education (JSSE)

ISSN 2586-9256 (Print)

ISSN 2697-410X (Online)

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สำนักงาน

งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถนนสดลมารค์ ตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ 045-353401 ต่อ 4425

โทรสาร 045-353422

Email: jsse.sci.ubu@gmail.com หรือ saksri.s@ubu.ac.th หรือ purim.j@ubu.ac.th

พิมพ์ที่

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถนนสดลมารค์ ตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

วันที่พิมพ์ 9 พฤษภาคม 2567

ข้อคิดเห็นในบทความของวารสารนี้เป็นทัศนะของผู้เขียน
กองบรรณาธิการของวารสารฯ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

วัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (Journal of Science and Science Education: JSSE) หมายเลข ISSN 2586-9256 เป็นวารสารที่จัดทำโดยคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแหล่งเผยแพร่บทความวิจัย (Research articles) หรือบทความวิชาการ (Review articles) ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา (ซึ่งหมายรวมถึงเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์ศึกษา และคณิตศาสตร์ศึกษา) และด้านวิทยาศาสตร์ (โดยเน้นเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพ ได้แก่ เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี) ทั้งบทความภาษาไทยและบทความภาษาอังกฤษ โดยลักษณะของบทความที่จะนำเสนอเพื่อขอลงตีพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย และต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน ทั้งนี้ บทความจะต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องทางวิชาการจากคณะผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในแต่ละสาขาวิชา (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน ตั้งแต่วารสารปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เป็นต้นมา ผลงานที่ได้รับการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย และต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน อนึ่ง วารสาร JSSE จัดอยู่ในกลุ่มสาขาวิชาสังคมศึกษา (Main subject categories: Social Sciences) สาขาวิชาสังคมศึกษา (Subject areas: Social Sciences) และอยู่ในสาขาวิชาย่อยด้านการศึกษา (Sub-subject: Education) นอกจากนี้ ยังมีสาขาวิชาย่อยเพิ่มเติมอีก 4 สาขาวิชาย่อยในกลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ (Main subject categories: Physical Sciences) ได้แก่ (1) เคมีทั่วไป (2) คอมพิวเตอร์ทั่วไป (3) คณิตศาสตร์ทั่วไป และ (4) ฟิสิกส์และดาราศาสตร์ทั่วไป ทั้งนี้ วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษามีกำหนดเผยแพร่บทความปีละ 2 ฉบับหรือเล่ม โดยเล่มที่ 1 เป็นเผยแพร่บทความระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน และเล่มที่ 2 เผยแพร่บทความระหว่าง กรกฎาคม – ธันวาคม ในกรณีที่มิได้มีการหรือโอกาสพิเศษของคณะวิทยาศาสตร์และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทางกองบรรณาธิการอาจจะมีการพิจารณาเผยแพร่ฉบับเพิ่มเติม (Supplementary Issue) นอกเหนือจากฉบับปกติเป็นรายกรณีไป

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

- บทความผลงานวิจัย (Research Articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลที่ผู้เขียนหรือคณะผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตัวเอง
- บทความวิชาการ (Academic Articles) อาจแยกเป็นบทความปริทัศน์ (Review articles) บทความทางเทคนิค (Technical articles) เรียบเรียงจากการสืบค้น ตรวจสอบเอกสารวิชาการในสาขานั้นๆ และบทความพิเศษ (Special articles) เสนอความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

กำหนดออก

- เล่มที่ 1 มกราคม – มิถุนายน ของทุกปี
เล่มที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม ของทุกปี

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

ที่ปรึกษาวารสาร	คณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
หัวหน้ากองบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ศักดิ์ศรี สุภาพร บรรณาธิการด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา รองศาสตราจารย์ปฐุมิ จารุจรัส บรรณาธิการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการจากภายนอกมหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์วิชัย รัตตะกุล	มหาวิทยาลัยมหิดล
ศาสตราจารย์ประพนธ์ จันทร์โณทัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์โกสินทร์ จันทน์ไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์สันติ แม่นศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศาสตราจารย์วินิช พรหมอารักษ์	สถาบันวิทยสิริเมธี
รองศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ ประกอบผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ชาติรี ฝ่ายคำตา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
รองศาสตราจารย์อศรา ก้านจักร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์พัชรินทร์ ปัญญาบุรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์พรรัตน์ วัฒนกลวิชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์สุทธิดา รักกะเปา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์พิศดาวัน นาใจแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทน์ จันทร์สุรย์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์กริธา แก้วคง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กตিকা สระมณีอินทร์	นักวิชาการอิสระ

กองบรรณาธิการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ศาสตราจารย์ศิริพร จึงสุทธิวงษ์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์มะลิวรรณ อมตธงไชย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์สายันต์ แสงสุวรรณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์วรศักดิ์ สุขขบท	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์เชิดศักดิ์ บุตรจอมชัย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฐ ติชเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ สีบุตร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชวิน นามมัน	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลย์ชัญญาภัท อริยะเชาว์กุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กองบรรณาธิการจัดการวารสาร

รองศาสตราจารย์สุระ วุฒิพรหม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์กานต์ตะวัน วุฒิเสลา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ช่อทิพย์ กัณทโชติ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ฝ่ายประสานงานวารสาร นางสาวอมรรัตน์ วะสุรีย์ นายณัฐพงษ์ สืบสุข และนางสุกัญญา พิมพ์บุญมา

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมต้นฉบับบทความ

ทาง JSSE เปิดรับบทความวิจัยและบทความวิชาการทั้งภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ต้นฉบับบทความประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนบทคัดย่อ และส่วนเนื้อเรื่อง มีความยาวรวมกันไม่เกิน 16 หน้า ทั้งนี้ ถ้าบทความใดมีความยาวมากกว่า 16 หน้า ทางกองบรรณาธิการจะเป็นผู้พิจารณาตามความเหมาะสมอีกครั้ง โดยจัดพิมพ์ต้นฉบับบทความด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2013 หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK สำหรับหัวเรื่องให้ใช้ตัวหนาขนาด 18 point ชื่อผู้เขียน ขนาด 14 point สถาบันต้นสังกัดของผู้เขียนขนาด 12 point ส่วนของเนื้อหาขนาด 14 point และให้ตั้งค่าน้ำกระดาษเป็นขนาด A4 (8.5 x 11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะจากขอบกระดาษด้านบน ด้านขวา และด้านล่าง ด้านละ 1 นิ้ว ส่วนด้านซ้ายเว้นระยะเป็น 1.25 นิ้ว จัดเป็นคอลัมน์เดียว ระยะห่างระหว่างบรรทัดเป็น single space โดยมีรายละเอียดดังนี้

ส่วนบทคัดย่อ ประกอบด้วยชื่อเรื่อง (Title) ของคณะผู้วิจัย (Authors) ชื่อสถาบัน และเนื้อหา(Body) พร้อมคำสำคัญ (Keywords) โดยชื่อเรื่อง ความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด ให้ใช้ตัวพิมพ์ใหญ่ ยกเว้นคำนำหน้านาม (article) คำบุพบท (proposition) และคำสันธาน (conjunction) ให้พิมพ์เป็นตัวพิมพ์เล็ก ชื่อคณะผู้วิจัย พิมพ์ด้วยตัวอักษรขนาด 14 point ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุล โดยไม่ต้องมีคำนำหน้านามหรือคุณวุฒิ และใส่ดอกจัน (asterisk, *) หลังนามสกุลของผู้เขียนหลักหรือผู้ประสานงาน (corresponding author) สำหรับภาษาไทยให้เว้นวรรค 2 เคาะ ระหว่างชื่อผู้วิจัย และผู้วิจัยคนสุดท้ายให้ใส่ "และ" นำหน้าโดยไม่ต้องเว้นวรรค และสำหรับภาษาอังกฤษให้ใส่จุลภาค (comma) หลังนามสกุล ยกเว้นคนสุดท้ายให้นำหน้าด้วย "and" และไม่ต้องใส่จุลภาคหน้า "and" ชื่อสถาบันขึ้นบรรทัดใหม่ พิมพ์ด้วยอักษรขนาด 12 point หากมีมากกว่า 1 สถาบัน ให้ใช้ตัวเลขยก (superscript) กำกับหน้าชื่อสถาบันและหลังชื่อผู้วิจัยให้ตรงกัน อีเมลของผู้เขียนหลักหรือผู้ประสานงานพิมพ์บรรทัดใหม่ได้ชื่อสถาบันด้วยตัวอักษรขนาด 12 point เนื้อหาในบทคัดย่อควรครอบคลุมสาระสำคัญของการศึกษา เช่น วัตถุประสงค์ วิธีการ ผลและอภิปรายผล และคำสำคัญ ให้ขึ้นบรรทัดใหม่ และมีจำนวนอย่างน้อย 3 คำ แต่ไม่เกิน 5 คำ โดยใช้คำที่สื่อความหมายในการค้นอย่างชัดเจน

ส่วนเนื้อเรื่อง ประกอบด้วยบทนำ (Introduction) วิธีดำเนินการวิจัย (Research Method) ผลการวิจัย (Results) อภิปรายผล (Discussion) สรุปผล (Conclusion) กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) และเอกสารอ้างอิง (References) สำหรับบทความวิชาการอาจจะมีการนำเสนอหรือหัวข้อที่แตกต่างออกไปตามความเหมาะสม ทั้งนี้รายละเอียดของบทความวิจัยอาจจะประกอบด้วย (1) บทนำ เป็นส่วนที่อธิบายถึงที่มาและความสำคัญของปัญหาในการวิจัยหรือการศึกษา ตลอดจนสรุปผลการทบทวนวรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างกระชับเพื่อส่งเสริมให้ทีมงานวิจัยสำคัญและชัดเจนมากขึ้น (2) วัตถุประสงค์การวิจัย อาจจะเลือกนำเสนอในรูปแบบของคำถามวิจัยหรือสมมติฐานการวิจัยเพียงอย่างเดียวโดยหนึ่ง โดยเป็นการนำเสนอสิ่งที่ต้องการศึกษาให้ชัดเจน (3) วิธีดำเนินการวิจัย เป็นการอธิบายวิธีดำเนินการวิจัยซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบและประเภทของการวิจัยที่มีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม (4) ผลการวิจัยและอภิปรายผล เป็นการนำเสนอผลจากการศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัยของการวิจัย ควรนำเสนออย่างตรงประเด็นและอภิปรายผลควบคู่ไปกับผลการวิจัยในแต่ละส่วน โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ หรือเปรียบเทียบกับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง (5) สรุปผล เป็นการนำเสนอสาระสำคัญที่ได้จากการศึกษาหรือการวิจัยอย่างกระชับและเข้าใจได้ง่าย ควรมีการให้ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยหรือการศึกษาเพิ่มเติมเข้าไปด้วย (6) กิตติกรรมประกาศ เป็นการระบุแหล่งทุนสนับสนุนการศึกษา หน่วยงานหรือบุคคลที่ให้การสนับสนุนหรือช่วยเหลือในการศึกษา และ (7) เอกสารอ้างอิง เป็นการเขียนรายการเอกสารที่ใช้ในการอ้างอิงในส่วนของเนื้อหาทั้งหมด โดยให้ยึดรูปแบบ APA (American Psychological Association) โดยเขียนบรรณานุกรมหรือเอกสารอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด โปรดดูคำอธิบายเพิ่มเติมในส่วนของเอกสารอ้างอิง เอกสารอ้างอิงแต่ละรายการให้พิมพ์ต่อกัน

ยาวจนตกบรรทัดเอง (ใช้การเคาะ space bar ตามความเหมาะสม) แต่ห้ามเคาะ enter เพื่อตัดบรรทัด และห้ามใช้ชื่อเต็มของวารสาร ทั้งนี้ เอกสารอ้างอิงทุกรายการต้องเขียนระบบการอ้างอิงแบบ APA (American Psychological Association) เป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น กรุณาศึกษาคำแนะนำและตัวอย่างในการเขียนรายการเอกสารอ้างอิง ดังนี้

คำแนะนำในการเขียนเอกสารอ้างอิง

วารสารนี้ใช้รูปแบบ APA ในการเขียนบรรณานุกรมหรือเอกสารอ้างอิง ซึ่งเป็นรูปแบบที่เป็นที่นิยมใช้ในสาขาวิชา จิตวิทยา การศึกษา และสาขาสังคมศาสตร์อื่นๆ การอ้างอิงมีข้อกำหนดตามแหล่งที่มาของเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิง และมีลำดับอักษรเรียงตามพยัญชนะ A B C ตามลำดับ ดังนี้

การอ้างอิงจากบทความในวารสารวิชาการ

บทความภาษาอังกฤษ

Supasorn, S. and Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 121-132.

บทความภาษาไทย

กฤษฎา พันธ์ชัยและศักดิ์ศรี สุภาจร. (2563). การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารประกอบไอออนิก ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับโมเดลระดับอนุภาค. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, 3(2), 165-176.

เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษเป็น

Pananchai, K. and Supasorn, S. (2020). Development of grade-10 students' conceptual understanding of ionic compound by using inquiry learning in conjunction with particulate models (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 3(2), 165-176.

การอ้างอิงจากบทความในรายงานการประชุมวิชาการ

Author Name. (Year). Article or chapter title. In *Proceedings of _____* (pp. page-page). Date (if applicable). City: Publisher.

ตัวอย่างบทความภาษาไทย

อิกมะฮ์ อาแวกะจิ และศักดิ์ศรี สุภาจร. (2558). การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ ม.อบ. วิจัย ครั้งที่ 9 (หน้า 388-398). วันที่ 2-3 กรกฎาคม 2558. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษได้ดังนี้

A-waekaji, H. and Supasorn, S. (2015). Development of scientific conceptual understanding of chemical equilibrium by using 5E inquiry learning cycle integrated with predict-observe-explain in the elaboration step for grade-11 students (in Thai). *Proceedings of 9th Ubon Ratchathani University Research Conference* (pp. 388-398). July 2–3, 2015. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

การอ้างอิงจากหนังสือ

Author Name. (Year). **Textbook title**. City: Publisher.

ตัวอย่าง

Okuda, M. and Okuda, D. (1993). **Star trek chronology: The history of the future**. New York: Pocket Books.

การอ้างอิงจากวิทยานิพนธ์

Author Name. (Year). Dissertation/Thesis title. Master's Thesis or Doctoral Dissertation. City: Publisher/University.

ตัวอย่างวิทยานิพนธ์ภาษาไทย

อิภิมะฮ์ อาแวกะจิ (2558). การพัฒนาความเข้าใจในเคมีวิทยาศาสตร์ เรื่องสมดุลเคมี ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น ผสมผสานกับเทคนิคทำนาย-สังเกต-อธิบายในชั้นขยายความรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษได้ดังนี้

A-waekaji, H. (2015). Development of scientific conceptual understanding of chemical equilibrium by using 5E inquiry learning cycle integrated with predict-observe-explain in the elaboration step for grade-11 students (in Thai). **Master's Thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

การอ้างอิงจากเว็บไซต์

Author Name. (Year). Title. Retrieved Date Month Year, from **Website Name**: URL

ตัวอย่างเว็บไซต์ภาษาไทย

วิจารณ์ พานิช. (2562). มหาวิทยาลัยแห่งอนาคต. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2562, จาก **GoToKnow**: <https://www.gotoknow.org/posts/285169>

เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษ

Panich, V. (2019). University of the future (in Thai). Retrieved 8 June 2019, from **GoToKnow**: <https://www.gotoknow.org/posts/661810>

ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน

<http://www.ams.cmu.ac.th/lib/administrator/paper/APA%206th%20New.pdf>



ดาวน์โหลดไฟล์เพิ่มเติมบทความได้ใน

<https://drive.google.com/open?id=13ODZ6TaSzzXZV6ElmwxHwyBYQ17ynZQb>



ถ้อยแถลงบรรณาธิการ

ปัจจุบันนี้ นักวิชาการหรือผู้ทำงานในสังคมวิชาการส่วนใหญ่มีภารกิจสำคัญหลายอย่าง และหนึ่งในภารกิจเหล่านั้น คือ การเผยแพร่ผลงานวิชาการในวารสารวิชาการหรือการประชุมวิชาการที่มีการกลั่นกรองผลงานโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิชาการด้วยกันเองและเพื่อเป็นการเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปที่สนใจได้อ่านและศึกษาตามความสนใจของแต่ละคน ทั้งนี้ ผู้เขียนต้องพึงระวังว่า การอ้างอิงผลงานวิชาการเป็นเรื่องที่ต้องใส่ใจเป็นอย่างยิ่งและต้องอ้างอิงอย่างมีวิจารณญาณและมีจริยธรรม ทั้งนี้ ผู้เขียนจะต้องพิจารณาประเด็นเหล่านี้อย่างถี่ถ้วนก่อนส่งมารับการพิจารณาเผยแพร่ในวารสารฯ เพื่อป้องกันการคัดลอกผลงานวิชาการ (plagiarism) ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจได้ และผู้เขียนจะต้องแนบไฟล์ผลการตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการด้วยโปรแกรมอักษราวิสุทธิ ผ่าน <https://app.akarawisut.com/> หรือโปรแกรมตรวจสอบความซ้ำซ้อนอื่น โดยจะต้องมีความซ้ำซ้อนต่ำกว่าร้อยละ 20 ทั้งนี้ กองบรรณาธิการของวารสารฯ ได้มีการตรวจสอบบทความอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนจากหลักวิชาการ การคัดลอกผลงานวิชาการ หรือการกระทำที่ผิดต่อจริยธรรมการวิจัย

ทางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้เล็งเห็นความสำคัญข้างต้น จึงได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา ขึ้นมาเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยวารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 7 เล่มที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2567 ซึ่งประกอบด้วยบทความทั้งหมด 18 เรื่อง จำแนกเป็นบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ 4 เรื่อง บทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 13 เรื่อง และบทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ 1 เรื่อง

ทั้งนี้ วารสารได้ประกาศอัตราค่าธรรมเนียมการพิจารณาบทความ (Article Processing Charge) บทความละ 1,500 บาท โดยจะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมเฉพาะบทความต้นฉบับที่บรรณาธิการวารสารพิจารณาเบื้องต้นแล้วว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของวารสาร จึงจะส่งต่อไปยังกระบวนการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ โดยจะไม่มี การเรียกเก็บค่าธรรมเนียมสำหรับบทความต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของวารสาร ทั้งนี้ JSSE จะเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการดำเนินการบทความ ผ่านบัญชี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (คณะวิทยาศาสตร์) เลขที่ 869-3-00127-7 ธนาคารไทยพาณิชย์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2566 เป็นต้นไป ทั้งนี้ การชำระค่าธรรมเนียมการพิจารณาบทความ ไม่ได้เป็นการยืนยันว่าบทความดังกล่าวจะได้รับการเผยแพร่ใน JSSE แต่อย่างใด ดังนั้น บทความที่จะได้รับการเผยแพร่ใน JSSE จะต้องผ่านกระบวนการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิตามปกติ



(รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาธร)
หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารฯ

สารบัญ

	หน้า
วัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร	ข
กองบรรณาธิการ	ค
คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมต้นฉบับบทความ	ง
ถ้อยแถลงบรรณาธิการ	ช
บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Research Articles in Science)	
1) การเปรียบเทียบแคโรทีนและเฮเทอโรเมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอไลต์ ออร์แกโนเซอร์ระหว่างแมวไทยสีสวาดและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ในสกุลเฟลิส (Genus Felis) กาญจนพร ศรชัย, ถาวร สุภาพรม, ณิชารัตน์ สวาสดิพันธ์, อรัญญา พิมพ์มงคล, วาริณี พลสาร และ สุทธนา ปลอดสมบุรณ์	1 - 9
2) วิธีทำนายการยื่นยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัยด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก พัทธดนย์ จัยสิน, สุภาวดี หิรัญพงศ์สิน และ ไพชยนต์ คงไชย	10 - 20
3) การเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายความสำเร็จของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษาด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ชยาพร แก่นสาร และ วรยุทธ วงศ์นิล	21 - 37
4) ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสม(2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค เอซิด-อะคลิลิก เอซิด) รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนและการใช้ประโยชน์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ ภัทรนันท์ ทองแถว, นุชนาพร พิจารณ, ศิริวัฒน์ ระดาบุตร และ เสนอ ชัยรัมย์	37 - 49
บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (Research Articles in Science Education)	
5) อรรถประโยชน์ของการเรียนในรูปแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี ภูษงค์ แพรขาว; อังกร หวังวงศ์ชัย, วรวิช โคมทอง และ ศรินทร์ทิพย์ เปียงคง	50 - 59
6) การพัฒนาสมรรถนะรีโอโลยีอาหาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับอุตสาหกรรมอาหาร ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่	60 - 78
7) การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิบัติเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สิวกกร ศรีบุตตา และ อัมพร วัจนะ	79 - 93
8) การพัฒนาความยืดหยุ่นผู้พันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra นวมินทร์ จันท์ศรีราช และ วรณพล พิมพ์สาส์	94 - 103

	หน้า
9) การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2	104 - 115
อัจฉราภรณ์ อัครภูมิ, นงลักษณ์ วิริยะพงษ์	
10) การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแบบไร้ รอยต่อ	116 - 132
ขวัญจิรา ชัยมูล, กรชวัล ชายผา และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	
11) การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว	133 - 146
วุฒิชัย ภูติ, ชิดชนก สมปิยะ, อดุลย์ บุตรดีวงศ์, เทวิน วดีศิริศักดิ์, เกศรา อุดมเดชาเวทย์ และ ทศนีย์ อุทัยแสน	
12) ผลของการเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นใน บริบทชุมชนชนบทโดยใช้กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ	147 - 158
นราธิป สุยนอก, กรชวัล ชายผา และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	
13) สภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	159 - 176
เอกราช ตาแก้ว	
14) การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra	177 - 188
ภาวิชัย ปิตะสิงห์, ปวีณา ชันด์ศิลา และ ประภาพร หนองหารพิทักษ์	
15) การเรียนรู้แบบบูรณาการผ่านสะเต็มศึกษาโดยเน้นการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	189 - 201
ณัฐสุพล ชูดิธนภานนท์, ศุภศิลป์ ภาชี, สร้อยสุดา เงามาม, นุชตรา กาเข้ม, สุพัตรา เสกย์ยันต์, จารุวรรณ กาฬภักดี และ ไชยา สมารถย์	
16) ผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลที่มีต่อการเสริมสร้าง ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้วยเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6	202 - 213
วุฒิเดช ต้นเจริญ และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	
17) การศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา	214 - 226
เสาวภา ปู่ยืน, จุฑามาส จิตต์เจริญ, ประนอม แซ่จิ่ง, สุพรรณษา นิมาจารย์, กรกนก นวลตา, สุภาพ ตามือง, กาญจนา องค์กรศิลป์, สุระ วุฒิพรหม, วีรณัฐ ยังเจริญ, สนธิ พลชัยยา และ กานต์ตะวัน วุฒิสเลลา	
บทความวิชาการทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (Academic Article in Science Education)	
18) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21	227 - 244
ไพศาล ศรีชัยทุ่ง, กานต์ตะวัน วุฒิสเลลา และ ศักดิ์ศรี สุภาษา	



Research Article

Comparison of Karyotypes and Nucleolar Organizer Regions Heteromorphism between Thai Native Si Sawat Cat and Foreign American Shorthair Cat Breeds in Genus *Felis*

Karnjanapond Sornchai¹, Thavorn Supaprom¹, Nicharat Swasdipan¹, Aranya Pimmogkol¹,
Warinee Palasarn¹ and Sutthana Plodsomboon¹

¹Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani, Thailand

*Email: sutthana.p@ubu.ac.th

Received <9 October 2023>; Revised <18 January 2024>; Accepted <30 January 2024>

Abstract

This study was a comparison of karyotypes and nucleolar organizer regions (NORs) heteromorphism between Thai native and foreign cats (Genus *Felis*). Chromosome preparations for karyotype analysis were completed by a lymphocyte culture technique. Cytogenetic analysis was performed using conventional staining and NOR-banding techniques. The results showed that the diploid chromosome number of Thai native and foreign cats was 38 chromosomes ($2n=38$), and a fundamental number (NF) was 72 in males and females. The karyotypes can be classified according to their chromosome sizes and shape into 6 groups (A). It also had a pair of satellites on chromosome no. 1 in group E or chromosome no. 14 in both Thai native cat and foreign cat breeds. In NOR-banding technique analysis, nuclear organizer regions (NORs) position showed on chromosome no.1 in group E of all cat breeds. The study findings indicated that both cat breeds demonstrate an equivalent number of diploid chromosomes, and their karyotypic patterns exhibit remarkable resemblances; these results suggest that the genetic structure of the Thai native cat and foreign cat breeds at the chromosome level is highly conserved. However, we found heteromorphism of NOR sites in Thai native and foreign cat breeds, and differences in the amount of silver nitrate staining were observed at NOR positions across each studied sample. This genetic variation has contributed to an augmentation in the genetic diversity within the family Felidae.

Keywords: Karyotypes, Thai native cat breed, Foreign cat breed, Heteromorphism

บทความวิจัย

การเปรียบเทียบแคโรไทป์และเฮเทอโรมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอไลอาร์ ออร์แกโนโซม ระหว่างแมวไทยสีสวาดและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ในสกุลเฟลิส (Genus Felis)

กาญจนาพร ทรัพย์¹ อารุณ สุภาพรม¹ นิชารัตน์ สวาสดิพันธ์¹ อรัญญา พิมพ์มงคล¹
วาริณี พลสาร¹ และ สุทธนา ปลอดภัย^{1*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี ประเทศไทย

*Email: sutthana.p@ubu.ac.th

รับบทความ: 9 ตุลาคม 2566 แก้ไขบทความ: 18 มกราคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 30 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบแคโรไทป์และเฮเทอโรมอร์ฟิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอไลอาร์ ออร์แกโนโซมระหว่างแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในสกุลเฟลิส (Genus Felis) เปรียบโครโมโซมโดยใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์ลิโฟไซต์วิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการย้อมสีแบบโครโมโซมมาตรฐานและเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ ผลการศึกษาพบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์เท่ากับ 38 ($2n=38$) และจำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐาน (fundamental number, NF) เท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย แคโรไทป์แบ่งตามขนาดและรูปร่างโครโมโซมแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม (A-F) และพบเครื่องหมายโครโมโซมที่มีลักษณะเป็นกระเปาะ (satellite) ที่ส่วนปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 ทั้งในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ ตรวจพบตำแหน่งเอ็นโออาร์บริเวณโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E ในแมวทั้งสองสายพันธุ์ โดยแมวทั้งสองสายพันธุ์นี้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากันและมีรูปแบบแคโรไทป์มีความคล้ายคลึงกันมาก แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างพันธุกรรมในระดับโครโมโซมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอยู่ในสภาพอนุรักษ์สูง แต่อย่างไรก็ตามตรวจพบความแปรผันของปริมาณการติดสีซิลเวอร์ ในเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นโออาร์แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างที่ศึกษา ความผันแปรทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมของสัตว์ในวงศ์ฟิเลดิม่ามากขึ้น

คำสำคัญ: แคโรไทป์ แมวไทย แมวต่างประเทศ เฮเทอโรมอร์ฟิซึม

บทนำ

สัตว์ในวงศ์ฟิไลดี (Felidae) เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม จัดอยู่ในอันดับสัตว์กินเนื้อ (order Carnivora) สัตว์ในวงศ์นี้ครอบคลุมถึงเสือและแมวชนิดต่าง ๆ (Kitchener *et al.*, 2017) แมวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Felis catus* Linnaeus, 1758 จัดอยู่ในสกุลฟิไลส (Genus *Felis*) ปัจจุบันแมวมีหลากหลายสายพันธุ์ทั้งแมวสายพันธุ์ไทยและแมวต่างประเทศ ซึ่งแมวแต่ละสายพันธุ์จะมีเอกลักษณ์เด่นประจำสายพันธุ์ แมวไทยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย สืบเชื้อสายมาจากแมวโบราณมีลักษณะเด่น คือ มีขนสั้น ทางเรียวยาว ขาเรียวยาวได้สัดส่วนกับลำตัว และสีขนมีความโดดเด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ในปัจจุบันแมวไทยยังไม่ได้รับความนิยมน้อยในประเทศไทยมากนัก ทำให้แมวไทยเริ่มลดจำนวนลง ตามหลักฐานการบันทึกพบว่า แมวไทยสายพันธุ์แท้มีทั้งหมด 23 สายพันธุ์ แต่ในปัจจุบันแมวไทยเหลืออยู่เพียง 5 สายพันธุ์ เท่านั้น ได้แก่ สายพันธุ์วิเชียรมาศ สายพันธุ์สีสวาด สายพันธุ์ขาวมณี สายพันธุ์ศุภลักษณ์ และสายพันธุ์โกนจา ดังนั้นเพื่อเป็นการอนุรักษ์แมวไทยสายพันธุ์แท้ให้คงอยู่จึงมีการคัดเลือกสายพันธุ์และวางแผนการผสมพันธุ์เพื่อให้เกิดระดับพันธุ์แท้ที่สูงขึ้น (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2014) ในทางตรงกันข้ามแมวสายพันธุ์ต่างประเทศเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยม อาทิเช่น สายพันธุ์เปอร์เซีย (Persian) สายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ (American Shorthair) และสายพันธุ์สกอตติช โพลด์ (Scottish Fold) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศเหล่านี้เป็นที่ต้องการของผู้ที่สนใจเพาะพันธุ์แมวทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ

ในปัจจุบันงานวิจัยทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของสัตว์ในตระกูลเสือและแมวมีข้อมูลค่อนข้างน้อยและยังไม่แพร่หลาย การศึกษาความผันแปรของพันธุกรรมสามารถสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตได้ ในปี ค.ศ. 1956 ในประชุมวิชาการระดับนานาชาติที่เมืองซานฮวน ได้กำหนดมาตรฐานแคริโอไทป์ของสัตว์ในวงศ์ฟิไลดีเสนอให้จัดกลุ่มออโตโซม (autosome) โดยแบ่งออก 6 กลุ่ม คือ กลุ่ม A-F และโครโมโซมเพศถูกจัดไว้ในคู่สุดท้าย (Ford, Pollock and Gustavsson, 1980; Toshide and Kyoko, 1982) การศึกษาจำนวนโครโมโซมของสัตว์ตระกูลเสือและแมวโดยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน สามารถตรวจสอบจำนวนและโครงสร้างของโครโมโซมได้ สัตว์ตระกูลเสือและแมวมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 38 แท่ง และมีจำนวนแกนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72-74 (Gustavsson, 1965; Ghotage *et al.*, 2019) ยกเว้นสัตว์ตระกูลเสือและแมวเพียง 4 ชนิด ในสกุล *Leopardus* เท่านั้น ที่มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 36 แท่ง นอกจากนี้การศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ได้มีการพัฒนาเทคนิคการย้อมสีและย้อมแถบโครโมโซมที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อศึกษาลักษณะของโครโมโซมและตรวจสอบเครื่องหมายโครโมโซม (chromosome marker) ที่เป็นลักษณะเฉพาะสัตว์ในวงศ์ฟิไลดีตรวจพบแซตเทลไลต์โครโมโซม (satellite chromosome) บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซม คู่ที่ 14 (De Lorenzi *et al.*, 2017) และในการศึกษาบริเวณตำแหน่งเอ็นโออาร์ (nucleolar organizer regions, NORs) ในกลุ่มของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ในส่วนนี้จะมียีนสำหรับสังเคราะห์ไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (ribosomal RNA) พบว่าสัตว์ในวงศ์ฟิไลดีมีตำแหน่งเอ็นโออาร์บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 14 (Cho, Kong and Sohn, 2013).

แม้ว่าก่อนหน้านี้จะมีรายงานการศึกษาโครโมโซมของสัตว์ในวงศ์ฟิไลดี แต่ยังไม่มียางานทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ และศึกษาความผันแปรทางพันธุกรรมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ โดยเลือกศึกษาในแมวไทยสายพันธุ์สีสวาดและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศสายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ ก่อนที่จะทำการศึกษาเพิ่มเติมในแมวไทยสายพันธุ์อื่น ๆ ต่อไป

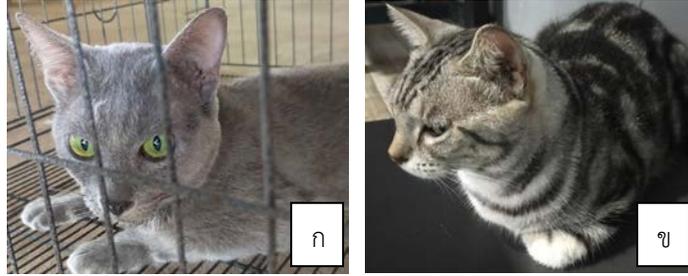
วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อตรวจสอบแคริโอไทป์ และเฮเทอโรมอर्फิซึมของตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกไนเซอร์ ในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ โดยใช้เทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) และเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding)

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างเลือดสัตว์ (Blood Sample Collection)

เก็บตัวอย่างเลือดแมว ประกอบด้วยแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด จากบ้านแมวโคราช อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา และแมวสายพันธุ์ต่างประเทศสายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์ จากฟาร์มแมวในจังหวัดอุบลราชธานี เก็บตัวอย่างเลือดทั้งเพศผู้และเพศเมีย (ภาพที่ 1) (ตารางที่ 1) เจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอ (jugular vein) โดยสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนการทดลองทั้งหมดเป็นไปตามแนวทางการขอใช้สัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแมวที่ศึกษา (ก) สายพันธุ์สีสวาด และ (ข) สายพันธุ์อเมริกัน ชอร์ตแฮร์

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างแมวที่ศึกษา

สายพันธุ์	เพศเมีย (ตัว)	เพศผู้ (ตัว)
สีสวาด	3	3
อเมริกัน ชอร์ตแฮร์	1	2

การเตรียมโครโมโซม (chromosome preparation)

การเพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ (Lymphocyte culture) ตามวิธีมาตรฐานของ Howe, Umrigar and Tsien (2014) เพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ในสภาพปลอดเชื้อ (aseptic technique) โดยใช้อาหารเลี้ยงเพาะเซลล์ที่ประกอบด้วย อาหารเพาะเลี้ยงเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด RPMI 1640 สารกระตุ้นการแบ่งเซลล์ (phytohemagglutinin) ซีรัมจากตัวอ่อนลูกวัว (fetal calf serum) และยาปฏิชีวนะ (penicillin/streptomycin) ผสมสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นกรองสารละลายโดยใช้มิลลิพอร์ฟิลเตอร์ (millipore membrane filter) ขนาด 0.2 ไมครอน แบ่งอาหารใส่ขวดเพาะเลี้ยง หยดตัวอย่างเลือดลงในขวดเพาะเลี้ยงปริมาณ 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายและเลือดเข้ากัน นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 37 องศาเซลเซียส ที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการเขย่าขวดเพาะเลี้ยงวันละ 2 ครั้ง เข้ายืนเพื่อกระตุ้นการแบ่งเซลล์และเพิ่มปริมาณเมทาเฟสให้มากขึ้น เมื่อครบชั่วโมงที่ 72 ทำการเก็บเกี่ยวเซลล์ (harvesting)

การย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ตามวิธีมาตรฐานของ Rooney (2001) นำแผ่นสไลด์ที่หยดตะกอนเซลล์ (cell suspension) ย้อมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที

การย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ดัดแปลงตามวิธีมาตรฐานของ Goodpasture and Bloom (1975) หยดสารละลายเจลาติน (gelatin) ตามด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรท (silver nitrate) แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำแผ่นสไลด์เข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นำแผ่นสไลด์ออกมล้างซิลเวอร์ไนเตรทส่วนเกินออกด้วยน้ำกลั่น ย้อมด้วยสีจิมซ่าความเข้มข้น 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลาเพียง 1 นาที

ตรวจสอบโครโมโซมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (bright-field microscopes) จากนั้นถ่ายภาพโครโมโซมด้วยชุดถ่ายภาพที่ต่อกับกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า เพื่อตรวจนับจำนวนโครโมโซม ความถี่ของจำนวนโครโมโซมที่พบมากที่สุดจะเป็นค่าของจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ จากนั้นจึงคัดเลือกภาพถ่ายโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 25 เซลล์ นำมาจัดเรียงแคริโอไทป์ด้วยเครื่องจัดเรียงโครโมโซมอัตโนมัติ (automated chromosome analyzer) และจัดทำอิดิโอแกรมมาตรฐาน โดยวัดค่าเฉลี่ยความยาวของแขนโครโมโซมข้างสั้น (length short : Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (length long : Ll) ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่ (length total : Lt) และหาค่าความยาวโครโมโซมสัมพัทธ์ (relative length : RL) ค่าดัชนีเซนโทรเมียร์ (centromeric index : CI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation : SD) เพื่อกำหนดขนาดและชนิดของโครโมโซม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาโครโมโซมและแคริโอไทป์ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเซลล์ลิมโฟไซต์ พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 38 แห่ง ($2n=38$) จำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย สัญลักษณ์โครโมโซมของเพศเมียเป็น 38, XX และเพศผู้ 38, XY (ภาพที่ 2 และ 3) แคริโอไทป์แบ่งตามขนาดและรูปร่างโครโมโซมออกเป็น 6 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่ม A โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 คู่ (A1, A3) โครโมโซมรูปร่างแบบอะโครเซนทริกขนาดใหญ่ 1 คู่ (A2) กลุ่ม B โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริกขนาดกลาง 4 คู่ (B1-B4) กลุ่ม C โครโมโซมรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดใหญ่ 2 คู่ (C1-C2) กลุ่ม D โครโมโซมรูปร่างแบบซับเมทาเซนทริก

ขนาดเล็ก 4 คู่ (D1-D4) กลุ่ม E โครโมโซมรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดเล็ก 3 คู่ (E1-E3) และกลุ่ม F โครโมโซมรูปร่างแบบเทโลเซนทริกขนาดเล็ก 2 คู่ (F1-F2) โครโมโซมเพศชนิดเอ็กซ์มีรูปร่างแบบซันเมทาเซนทริกขนาดกลาง และโครโมโซมเพศชนิดวายรูปร่างแบบเมทาเซนทริกขนาดเล็ก

จากการศึกษาด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศตรวจพบเขตเทโลไครโมโซมซึ่งเป็นบริเวณรอยคอดตำแหน่งที่สอง (secondary constriction) ที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือ โครโมโซมคู่ที่ 14 (ภาพที่ 2 และภาพที่ 3) และจากการศึกษาด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นไออาร์ สามารถระบุโครโมโซมเครื่องหมายได้ชัดเจน พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีตำแหน่งเอ็นไออาร์ 1 คู่อยู่ที่บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือ โครโมโซมคู่ที่ 14 (ภาพที่ 4 และภาพที่ 5) อิติโอแกรมมาตรฐานเมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานและย้อมแถบแบบโครโมโซมเอ็นไออาร์ของแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด และแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ซอร์ดแฮร์ (ภาพที่ 6)

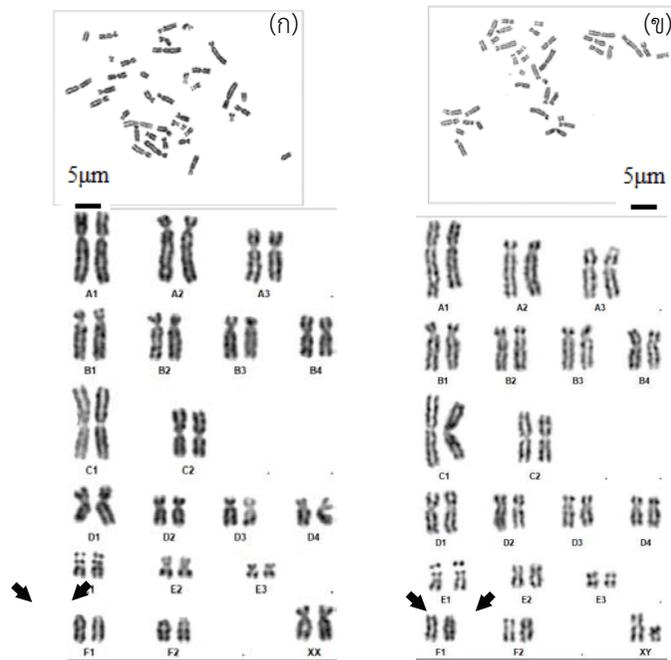
ความผันแปรทางพันธุกรรมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ

แมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากัน ($2n=38$) และรูปแบบแคริโอไทป์มีความคล้ายคลึงกันมาก แสดงให้เห็นว่าสัตว์ในวงศ์นี้มีการอนุรักษ์ทั้งจำนวนโครโมโซมและรูปแบบแคริโอไทป์ไว้สูงในสายวิวัฒนาการ และจากการศึกษาโดยใช้เทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นไออาร์สามารถยืนยันตำแหน่งโครโมโซมเครื่องหมายได้ โดยพบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีตำแหน่งเอ็นไออาร์เป็นตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งรอยคอดตำแหน่งที่สอง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ถูกอนุรักษ์ไว้ในวิวัฒนาการของสัตว์ในวงศ์ฟิเลียติ อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบความผันแปรของการติดสีซิลเวอร์ ไนเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นไออาร์ในแมวแต่ละตัว ความผันแปรนี้เรียกว่า เฮเทอโรมอร์ฟิซึม (heteromorphism) (ตารางที่ 2) ความผันแปรของปริมาณการติดสีซิลเวอร์ ไนเตรต ที่บริเวณปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมซึ่งเกิดจากองค์ประกอบทางพันธุกรรมในระดับโครโมโซมเกิดการเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ มีการเพิ่มหรือการหายไปของโรโบโซมอลีนในตำแหน่งเอ็นไออาร์ ส่งผลทำให้เกิดความหลากหลายทางของลักษณะนิวคลีโอไลอาร์ ออแกโนเซอร์มากเพิ่มขึ้น (polymorphism) (Gold, 1984)

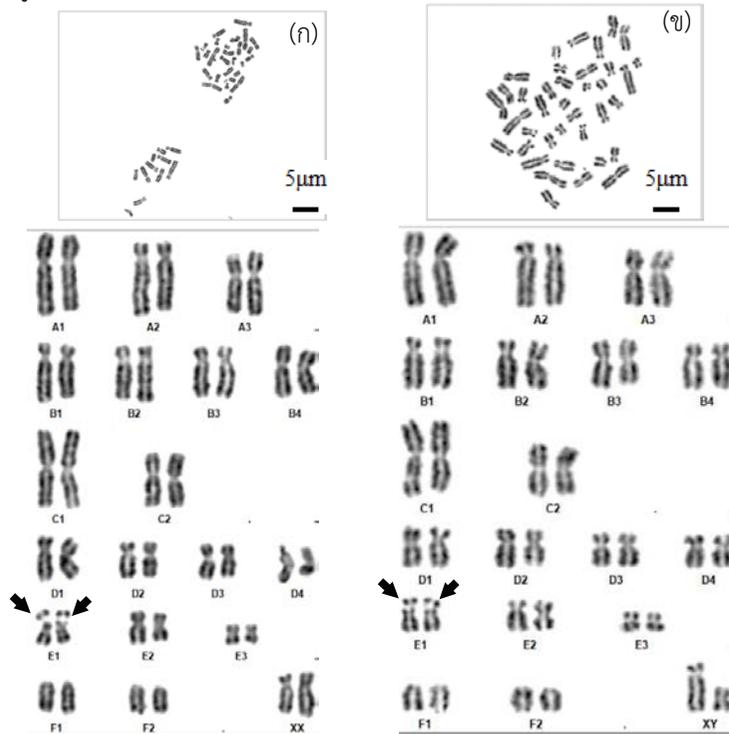
ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบเฮเทอโรมอร์ฟิซึม (heteromorphism) ของตำแหน่งนิวคลีโอไลอาร์ ออแกโนเซอร์ โครโมโซมคู่ที่ E1 ใน (ก) แมวสายพันธุ์สีสวาด 3 ตัว และ (ข) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ซอร์ดแฮร์ 2 ตัว

สายพันธุ์แมว	ตัวที่ 1		ตัวที่ 2		ตัวที่ 3	
	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2	เซลล์ที่ 1	เซลล์ที่ 2
(ก) สีสวาด						
(ข) อเมริกันซอร์ดแฮร์						

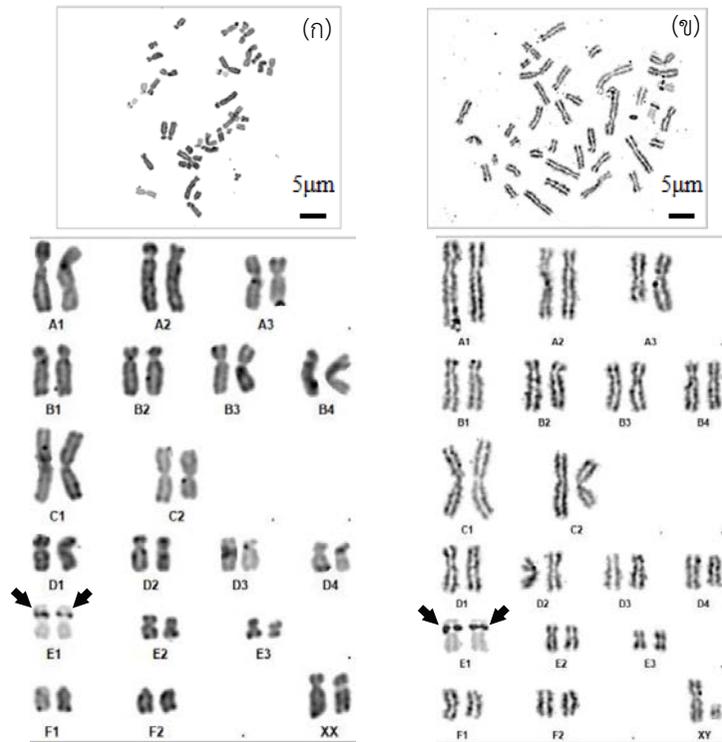
การศึกษานี้รายงานข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของแมวไทยเปรียบเทียบกับแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ พบว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากัน คือ 38 แท่ง ($2n=38$) และมีจำนวนแขนโครโมโซมพื้นฐาน (NF) เท่ากับ 72 ทั้งในเพศผู้และเพศเมีย สอดคล้องกับการศึกษาของ Keawmad, Tanomtong and Khunsoon (2007); Tanomtong *et al.* (2008); Lyons (2012); Cho, Kong and Sohn (2013); Arslan and Zima (2014); Sansag *et al.* (2017); Ghotage *et al.* (2019) เมื่อพิจารณารูปแบบแคริโอไทป์ของแมวไทยเปรียบเทียบกับแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของรูปแบบแคริโอไทป์ระหว่างแมวทั้งสองสายพันธุ์ นอกจากนี้ยังตรวจพบตำแหน่งเขตเทโลไครโมโซมที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ในกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 ทั้งในแมวไทยและแมวต่างประเทศ สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Hsu and Benirschke (1976); Arslan and Zima (2014); De Lorenzi *et al.* (2017) และต่างจากรายงานของ Chavananikul, Wattanodorn and Nuanualsuwan (1994) ที่พบว่าสัตว์ในวงศ์ฟิเลียติมีตำแหน่งเขตเทโลไครโมโซมบนแท่งโครโมโซมคู่ที่ 16 และต่างจากรายงานของ Pearson, Seabright and Maclean (1979) ที่ไม่พบตำแหน่งเขตเทโลไครโมโซมในแมวบ้าน ในเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นไออาร์ตรวจพบตำแหน่งเอ็นไออาร์ที่บริเวณแขนข้างสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 1 ของกลุ่ม E หรือโครโมโซมคู่ที่ 14 โดยพบว่าเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทั้งในแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานก่อนหน้าของ Hsu and Benirschke (1976); Pearson, Seabright and Maclean (1979); Kalat, Mayr and Schleger (1990); Cho, Kong and Sohn (2013)



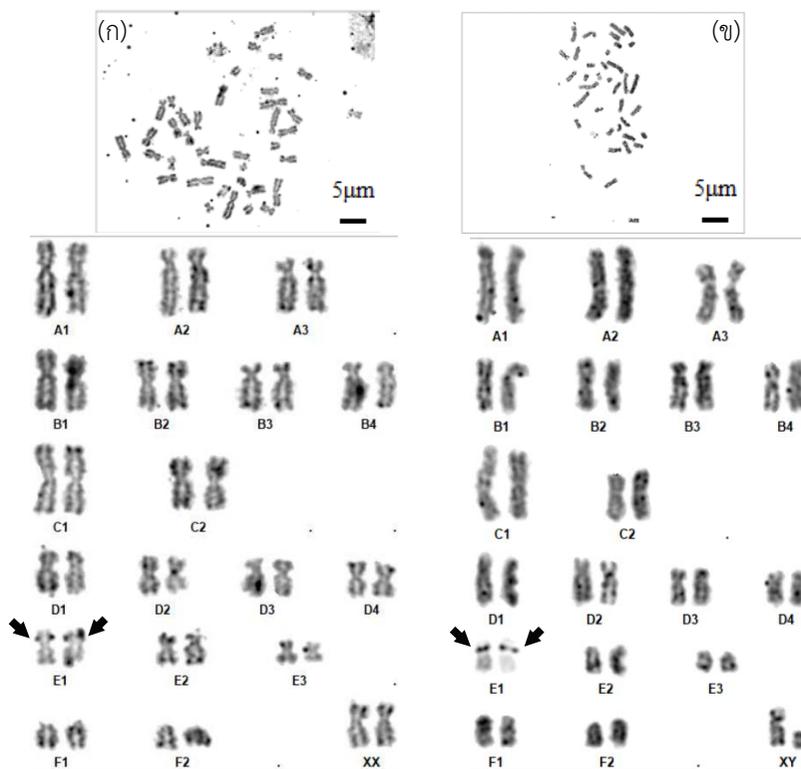
ภาพที่ 2 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมวไทยสายพันธุ์สีสวาด ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซม โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



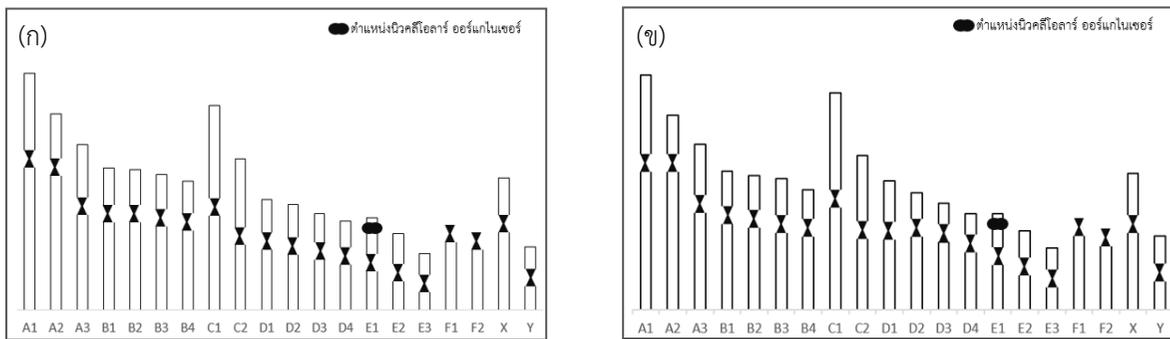
ภาพที่ 3 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคริโอไทป์ของแมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ซอร์ดแฮร์ เพศผู้ ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐาน (conventional staining) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งแซตเทลไลต์โครโมโซม โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 4 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแครีโอไทป์ของแมงไทยสายพันธุ์สีสวาด ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ลูกศรชี้แสดงตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกเนลเลอร์ โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 5 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแครีโอไทป์ของแมงสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ซอร์ดแฮร์ ($2n=38$) เมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (NOR-banding) ลูกศรชี้ตำแหน่งนิวคลีโอลาร์ ออร์แกเนลเลอร์ โครโมโซม E1 หรือคู่ที่ 14 (ก) เพศเมีย และ (ข) เพศผู้



ภาพที่ 6 อิติโอแกรมมาตรฐานเมื่อย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีโครโมโซมแบบมาตรฐานและย้อมแถบโครโมโซมแบบเอ็นโออาร์ (ก) แมวสายพันธุ์สีสวาด และ (ข) แมวสายพันธุ์ต่างประเทศอเมริกัน ชอร์ตแฮร์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้พบความผันแปรของเฮเทอโรมอร์ฟิซึมภายในสปีชีส์ (Intraspecific heteromorphisms) ของการติดสีซิลเวอร์ ไนเตรต ที่ตำแหน่งเอ็นโออาร์ โดยเป็นความต่างของขนาดเอ็นโออาร์ ซึ่งส่งผลให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมเพียงเล็กน้อย ซึ่งให้เห็นว่าโครงสร้างทางพันธุกรรมในระดับโครโมโซมของแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศยังอยู่ในสภาพอนุรักษ์สูง แม้ว่าแมวไทยและแมวสายพันธุ์ต่างประเทศมีต้นกำเนิดมาจากแต่ละประเทศที่แตกต่างกัน แต่มีการนำแมวไปเลี้ยงในหลายประเทศทั่วโลก ส่งผลทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของยีน (gene flow) ได้สูง จากการนำเทคนิคทางด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์มาตรวจสอบความผันแปรของพันธุกรรม จึงช่วยให้เข้าใจถึงพื้นฐานทางพันธุกรรมภายในสายพันธุ์สามารถบ่งชี้และอธิบายถึงความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของสัตว์ในวงศ์ฟิไลดี นอกจากนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ศึกษาพันธุศาสตร์ระดับโมเลกุล ซึ่งเป็นเทคนิคขั้นสูงเพื่อยืนยันข้อสงสัยหรือบริเวณที่ไม่สามารถวิเคราะห์ได้อย่างละเอียด

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณบ้านแมวโคราช อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมาที่ให้ความอนุเคราะห์และให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีทำให้วิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์

จริยธรรมในสัตว์ทดลองเพื่องานทางวิทยาศาสตร์สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (เลขที่ใบอนุญาต 16/2563/IACUC)

References

- Arslan, A. and Zima, J. (2014). Karyotypes of the mammals of Turkey and neighbouring regions: a review. *Folia Zoologica*, 63(1), 1–62.
- Biodiversity-Based Economy Development Office (2014). Thai cat (in Thai) Retrieved 4 May 2020, from **intangible cultural heritage**: https://www.mculture.go.th/samutsongkhram/ewt_dllink.php?nid=741
- Chavananikul, V., Wattanodom, S. and Nuanualsuwan, S. (1994). Karyotypes of tiger and panther, In **Proceedings of the 32nd Kasetsart University Annual Conference: Animal Science, Veterinary Science and Fisheries**. (pp. 286-294). Bangkok: Kasetsart University.
- Cho, E. J., Kong, I. K. and Sohn, S. H. (2013). The G-, C-, and NOR-Banded Karyotypes of Korean Short-hair Cat (*Felis catus*). *Reproductive & Developmental Biology*, 37(3), 161-167.
- De Lorenzi, L., Banco, B., Previdere, C., Bonacina, S., Romagnoli, S., Grieco, V. and Parma, P. (2017). Testicular XX (SRY-Negative) Disorder of Sex Development in Cat. *Sexual Development*, 11(4), 210-216.
- Ford, C. E., Pollock, D. L. and Gustavsson, I. (1980). Proceedings of the First International Conference for the Standardisation of Banded Karyotypes of Domestic Animals. *Hereditas*, 92(1), 145-162.

- Ghotage, D., Umrikar, U. D., Sawane, M. P. and Pawar, V. D. (2019). Cytogenetic Analysis in Domestic Cats. **International Journal of Sciences: Basic and Applied Research**, 47(1), 141-146.
- Gold, J. R. (1984). Silver-Staining and Heteromorphism of Chromosomal Nucleolus Organizer Regions in North American Cyprinid Fishes. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**, 23(1), 133-139.
- Goodpasture, C. and Bloom, S. E. (1975). Visualization of nucleolar organizer regions in mammalian chromosomes using silver staining. **Chromosoma**, 53(1), 37-50.
- Gustavsson, I. (1965). Somatic chromosomes of the cat. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 6(3), 274-285.
- Howe, B., Umrigar, A. and Tsien, F. (2014). Chromosome preparation from cultured cells. **Journal of Visualized Experiments**, 83(1), 1-5.
- Hsu, T. C. and Benirschke, K. (1976). An Atlas of Mammalian Chromosomes. **Wiley Online Library**, 23(7), 616-616.
- Kalat, M., Mayr, B. and Schleger, W. (1990). Sequential Counterstain enhanced Banding: Heterochromatin Characterization in The Domestic Cat (*Felis catus*). **Caryologia**, 43(2), 183-198.
- Keawmad, P., Tanomtong, A. and Khunsoon, S. (2007). A study on karyotype of the Asian leopard cat, *Prionailurus bengalensis* (Carnivora, Felidae) by Conventional staining, G-banding and high-resolution technique. **Cytologia**, 72(1), 101-110.
- Kitchener, A. C., Breitenmoser-Würsten, C., Eizirik, E., Gentry, A., Werdelin, Lars, Wilting, A., Yamaguchi, N., Abramov, A. V., Christiansen, P., Driscoll, C., Duckworth, J. W., Johnson, Warren E., Luo, S. J., Meijaard, E., O'Donoghue, P., Sanderson, J., Seymour, K., Bruford, M., Groves, C., Hoffmann, M., Nowell, K., Timmons, Z. and Tobe, S. (2017). A revised taxonomy of the Felidae: The final report of the Cat Classification Task Force of the IUCN/SSC Cat Specialist Group. **Cat News**, 11(1), 1-80.
- Lyons, L. A. (2012). The Feline Genome and Clinical Implications. **Elsevier Public Health Emergency Collection**, 1(1), 1263-1269.
- Pearson, M. D., Seabright, M. and Maclean, N. (1979). Silver staining of nucleolar organizer regions in the domestic cat, *Felis catus*. **Cytogenetics and Cell Genetics**, 24(4), 245-247.
- Rooney, D. E. (2001). **Human cytogenetics: constitutional analysis**. Oxford: Oxford University Press.
- Sansag, S., Tanomtong, A., Pimpun, S. and Patawang, I. (2017). Cytogenetics of Leopard Cat (*Prionailurus bengalensis*) in Thailand by Conventional Staining and NOR Banding Techniques. **Koch Cha Sarn Journal of Science**, 39(2), 96-108.
- Tanomtong, A., Khunsook, S., Keawmad, P. and Siripiyasing, P. (2008). Karyological Study of the Jungle Cat, *Felis chaus* (Carnivora, Felidae) by Conventional Staining, G-banding and High-resolution Staining Technique. **Cytologia**, 73(1), 61-70.
- Toshihide, H. Y. and Kyoko, K. (1982). Chromosomal alteration and the development of tumors. XXVI. A mammary cancer of the domestic cat characterized by hypodiploid and hypotetraploid modes, with a special note on increase of diploid cells after deep freezing. **The Japanese Journal of Genetics**, 58(1), 1-9.



Research Article

Enrollment confirmation prediction for prospective university students by applying deep learning techniques

Pattadon Jaisin¹, Supawadee Hiranpongsin² and Phaichayon Kongchai^{2,*}

¹M.Sc. Student, Major of Information Technology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani

²Department of Mathematics, Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani

*Email: phaichayon.k@ubu.ac.th

Received <1 January 2023 >; Revised < 20 January 2024 >; Accepted < 30 January 2024 >

Abstract

The objectives of this research are 1) to study the models of enrollment confirmation prediction for prospective university students, 2) to study and find the appropriate parameter values to enhance the efficiency of the models, 3) to compare the model performance of deep learning techniques and traditional machine learning techniques for predicting the university students' admission confirmation. The applied models include Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Random Forest, Naive Bayes, and Support Vector Machine (SVM). The samples are 4,479 records of students who applied for admission to universities during the academic year 2018-2021. The modeling of traditional machine learning and deep learning uses 11 features consisting of prefixes, schools, applicant types, and 8-subjects grades. The performance comparison between the two models revealed that the deep learning model outperformed the traditional machine learning model. Therefore, a study was conducted to find suitable parameters to enhance the efficiency of the deep learning model. The results of the study found that the CNN model had the highest accuracy at 64.68 percent, and the LSTM needed to be more suitable due to overfitting. In conclusion, the CNN was suitable for applying to the system of enrollment confirmation prediction for prospective university students.

Keywords: Deep Learning, Convolutional Neural Network, Long Short-Term Memory, Enrollment Confirmation, University

บทความวิจัย

วิธีทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัยด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการ เรียนรู้เชิงลึก

พัทธนัย จัยสิน¹ สุภาวดี หิรัญพงศ์สิน² และไพชยนต์ คงไชย^{2*}¹นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี²ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

*Email: phaichayon.k@ubu.ac.th

รับบทความ: 1 ธันวาคม 2566 แก้ไขบทความ: 20 มกราคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 30 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาโมเดลทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย 2) เพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการนำไปเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล 3) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมในการทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย ซึ่งประกอบด้วย โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) หน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น (Long Short-Term Memory) แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest) นาอิวเบย์ (Naive Bayes) และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) กลุ่มตัวอย่างทดสอบ คือ ข้อมูลนักเรียนที่สมัครเข้าเรียนมหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2561-2564 จำนวน 4,479 คน การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและการเรียนรู้เชิงลึกใช้ 11 คุณลักษณะ ได้แก่ คำนำหน้าชื่อ โรงเรียน ประเภทผู้สมัคร และเกรดรายวิชา 8 รายวิชา ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างโมเดลทั้งสอง พบว่า โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพดีกว่าโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิม จึงทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก ผลการศึกษา พบว่า โมเดลที่ดีที่สุดคือโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันโดยมีค่าความถูกต้องสูงถึงร้อยละ 64.68 และหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้นมีสภาพเป็น overfitting ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้งาน สรุปได้ว่า โมเดลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับระบบทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย

คำสำคัญ: เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน หน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น การยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อ มหาวิทยาลัย

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเกิดใหม่ของประชากรที่ลดน้อยลง ส่งผลให้นักเรียนในระบบการศึกษามีจำนวนลดลง มหาวิทยาลัยหลายแห่งจึงมีการปรับแผนการรับสมัครและการประชาสัมพันธ์นักศึกษาใหม่ในรูปแบบเชิงรุกมากขึ้น แต่เนื่องจากหลักสูตรภายในมหาวิทยาลัยไม่มีข้อมูลปัจจัยหรือเหตุผลของนักเรียนที่จะตัดสินใจเลือกเข้าศึกษาต่อ ทำให้การปรับแผนการรับสมัครและการประชาสัมพันธ์เป็นเรื่องยาก อีกทั้งยังส่งผลให้มหาวิทยาลัยสูญเสียทรัพยากรและรายได้ เพื่อให้มีการปรับแผนการรับสมัครให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือมาช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านการบริหารจัดการทรัพยากร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า งานวิจัยเพื่อหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการศึกษาต่อระดับปริญญาตรี มี 2 ประเภท คืองานวิจัยที่ใช้สถิติในการวิจัย ซึ่งมักจะใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยจะสุ่มกลุ่มประชากรตัวอย่างและเน้นการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัยที่ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมในการวิจัย ซึ่งจะใช้ข้อมูลที่มีอยู่ในฐานข้อมูล โดยจะมีขั้นตอนในการหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากประชากรทั้งหมดแล้วนำมาสร้างโมเดล จากนั้นจึงประเมินประสิทธิภาพซึ่งผลลัพธ์จะต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ของงานนั้น ๆ ทำให้งานวิจัยประเภทนี้ได้รับความนิยมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กันต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Tongpuang and Sanrach (2021) ได้เสนอวิธีการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลสำหรับทำนาย การได้รับทุนการศึกษาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้วิธี Information Gain ในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างโมเดลที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ 5 อัลกอริทึม ได้แก่ แรนดอมฟอเรสต์ (Random Forest) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) นาอิวเบย์ (Naïve Bayes) เคเนียร์เรสเนเบอร์ (K-Nearest Neighbors) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) จากนั้นจึงประเมินประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้อง (Accuracy) พบว่าแรนดอมฟอเรสต์ มีค่าความถูกต้องสูงถึงร้อยละ 94.28 งานวิจัยของ Suepitak, Nissaidee and Buathong (2021) ได้เสนอวิธีการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลสำหรับทำนายแนวโน้มการสำเร็จการศึกษาของนักเรียน ด้วยวิธีการประเมินประสิทธิภาพของโมเดล 3 แบบ คือ การสุ่มด้วยการแบ่งเป็นร้อยละ (Percentage Split) การตรวจสอบแบบข้ามจำนวน (Cross Validation) 5 กลุ่ม และ 10 กลุ่ม ที่ร้อยละ 66 จาก 3 อัลกอริทึม ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ นาอิวเบย์ และ เคเนียร์เรสเนเบอร์ ผลการทดลองพบว่า อัลกอริทึมต้นไม้ตัดสินใจมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งผลการประเมินโมเดลด้วยวิธีการตรวจสอบแบบข้ามจำนวน 5 กลุ่ม และ 10 กลุ่ม มีค่าความถูกต้องเท่ากัน คือ ร้อยละ 87.40

งานวิจัยของ Nandal (2020) ได้เสนอวิธีการเรียนรู้เชิงลึกสำหรับทำนายการรับเข้าเรียนของนักเรียน โดยใช้คะแนนสอบในแต่ละด้านของนักศึกษามาใช้ในการสร้างโมเดล แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัลกอริทึมทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้แก่ อัลกอริทึมเชิงเส้น (Linear Algorithms) อัลกอริทึมจำแนกข้อมูล (Classification Algorithms) และ โครงข่ายประสาทเชิงลึก (Deep Neural Networks) ผลการทดลองพบว่า โครงข่ายประสาทเชิงลึก มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยที่ร้อยละ 95.10 ซึ่งสูงกว่าอัลกอริทึมจำแนกข้อมูล ที่มีค่าความถูกต้องร้อยละ 92.10 จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้เสนอการพัฒนาระบบทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรีของนักศึกษาใหม่ โดยใช้ข้อมูลนักเรียนที่มาสมัครเข้าเรียนในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ด้วยเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อสร้างแบบจำลองสำหรับทำนายการยืนยันสิทธิและไม่ยืนยันสิทธิการเข้าเรียนของนักศึกษาใหม่ โดยใช้อัลกอริทึม แรนดอมฟอเรสต์ นาอิวเบย์ และซัพพอร์ทเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network) หน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น (Long Short-Term Memory) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อให้ได้โมเดลที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการใช้งาน ดังนั้นวิธีการที่นำเสนอสามารถนำไปทำงานร่วมกับระบบรับเข้า เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการบริหารจัดการทรัพยากรของการปรับแผนการรับสมัครและการประชาสัมพันธ์นักศึกษาใหม่ในรูปแบบเชิงรุกให้มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาโมเดลทำนายการยืนยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย
2. เพื่อศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการนำไปเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิม

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

การทำความเข้าใจข้อมูล (Data Understanding)

การสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกของงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลการรับเข้าของนักเรียนที่จะสมัครเข้าเรียนคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2561 – 2564 จำนวน 4,479 คน แล้วทำการศึกษาข้อมูล ของนักเรียนเพื่อให้เข้าใจถึงความหมายของข้อมูล และเป็นการกรองข้อมูลก่อนนำไปทำการแปลงข้อมูล ตัวอย่างแอททริบิวต์ข้อมูลรับเข้า แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างแอททริบิวต์ข้อมูลรับเข้า

ลำดับ	แอททริบิวต์	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูล
1	APPLICANTID	หมายเลขผู้สมัคร	45987, 45893, 45280, 45282, 45999,....
2	PREFIXNAME	คำนำหน้าชื่อ	นาย, นาง, นางสาว
3	APPLICANTSTATUS	สถานะการสมัคร	ผ่านคัดเลือกและชำระเงินยืนยันสิทธิ์เข้าศึกษา,(11), คนสมัครที่มีสิทธิ์สัมภาษณ์
4	ACADYEAR	ปีการศึกษาที่สมัคร	2561, 2562, 2563, 2564
5	APPLICANTTYPE	ประเภทของการรับสมัคร	Quota1, Quota2, Protfolio1, ...(6), Protfolio2
6	รอบ TCAS	รอบ TCAS ที่สมัคร	1, 2, 3, 4, 5
7	SCHOOLNAME	ชื่อโรงเรียน	นารีนุกูล, เขมรราชพิทยาคม, ...(721), อำนวยเจริญ
8	PROVINCENAME	จังหวัด	มหาสารคาม, อุบลราชธานี, ...(67), กาญจนบุรี
9	QUOTANAME	โควตาที่สมัคร	คณิตศาสตร์, จุฬชีวิวิทยา, ...(7), เคมี
10	ภาษาไทย	เกรดวิชาภาษาไทย	2.56, 3.81, 3.34, 2.79, 3.53,
11	คณิตศาสตร์	เกรดวิชาคณิตศาสตร์	
12	วิทยาศาสตร์	เกรดวิชาวิทยาศาสตร์	
13	สังคมศึกษา	เกรดวิชาสังคมศึกษา	
14	สุขศึกษา	เกรดวิชาสุขศึกษา	
15	ศิลปะ	เกรดวิชาศิลปะ	
16	การงานอาชีพ	เกรดวิชาการงานอาชีพ	
17	ภาษาต่างประเทศ	เกรดภาษาต่างประเทศ	
18	ENTRYGPAX	เกรดรวม	
19	สถานะผู้สมัคร	สถานะการยืนยันสิทธิ์ของ ผู้สมัคร	ไม่เลือกเข้าเรียน, เลือกเข้าเรียน

การแปลงข้อมูล (Data Transformation)

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยจะทำการแปลงข้อมูลในแต่ละคอลัมน์ให้อยู่ในรูปแบบตัวแทนของข้อมูลได้แก่คอลัมน์ SCHOOLNAME, PROVINCENAME และตัดคอลัมน์ที่ไม่ได้ใช้งานออกได้แก่ APPLICANTID, APPLICANTSTATUS, ACADYEAR, QUOTANAME เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและโมเดลการเรียนรู้เชิงลึก ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการแปลงแล้ว แสดงดังตารางที่ 2

การสร้างโมเดล (Modeling)

1. การสร้างโมเดลด้วยวิธีการการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิม ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมด้วย เทคนิคแรนดอมฟอเรสต์ นาอ์ฟเบย์ และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

1.1 แรนดอมฟอเรสต์ (Palwisut, 2016) เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสร้างต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) แบบอิสระจากกัน โดยการสุ่มเลือกข้อมูลและคุณลักษณะจากชุดข้อมูลแล้วสร้างต้นไม้ตัดสินใจหลายต้น โดยในกระบวนการสร้างแต่ละต้นมีการนำข้อมูลไปสุ่มเลือกตัวอย่างแบบเลือกแล้วใส่กลับและมีบางส่วนของข้อมูลที่ไม่ถูกเลือก ส่วนข้อมูลที่ไม่ถูกเลือกนี้เรียกว่า Out-of-Bag (OOB)

เทคนิคแรนดอมฟอเรสต์ จะนำผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละต้นไม้ตัดสินใจมาคิดเป็นผลโหวต (Voting) และเลือกผลโหวตที่มีความถี่มากที่สุดเพื่อระบุสถานะหรือคลาสของข้อมูล ความเป็นอิสระของต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นที่สร้างขึ้นทำให้

เทคนิคแรนดอมฟอเรสต์ มีความสามารถในการประมาณความผิดพลาดโดยไม่จำเป็นต้องใช้ชุดข้อมูลทดสอบเพิ่มเติม เนื่องจากข้อมูล OOB ถูกนำมาใช้ในกระบวนการทดสอบต้นไม้ตัดสินใจแต่ละต้นแทน ดังสมการที่ 1

$$Gini\ Impurity\ (node) = 1 - \sum(p(C)^2) \tag{1}$$

โดยที่

p(C) คือ ความถี่ของคลาส C ในโหนดนั้น

และคำสั่งในการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคแรนดอมฟอเรสต์ สามารถอธิบายได้ดังนี้ n_estimators=100 คือการสร้างโมเดล Random Forest Classifier ที่มี 100 ต้นไม้ และ random_state=seed คือการกำหนด seed สำหรับการสุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 1

```
random_forest = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=seed)
```

ภาพที่ 1 การสร้างโมเดลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมด้วยเทคนิค แรนดอมฟอเรสต์

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการแปลง

ลำดับ	แอททริบิวต์	คำอธิบาย	ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการแปลง
1	PREFIXNAME	คำนำหน้าชื่อ	0 คือ นาย, 1 คือ นาง, 2 คือ นางสาว
2	APPLICANTTYPENAME	ประเภทรอบการรับสมัคร	1 คือ Quota1, 2 คือ Quota2, 3 คือ Protfolio1, 4 คือ Protfolio2, 5 คือ Protfolio3,
3	รอบ TCAS	รอบ TCAS ที่สมัคร	1, 2, 3, 4, 5
4	SCHOOLNAME	ชื่อโรงเรียน	677 คือ นารีนุกูล, 162 คือ เขมรราชวิทยาลัย,
5	PROVINCENAME	จังหวัด	33 คือ มหาสารคาม, 58 คือ อุบลราชธานี,
6	Thai_Grade	เกรดวิชาภาษาไทย	0 คือ Grade = 4.00,
7	Math_Grade	เกรดวิชาคณิตศาสตร์	1 คือ 3.50 <= Grade < 4.00,
8	Science_Grade	เกรดวิชาวิทยาศาสตร์	2 คือ 3.00 <= Grade < 3.49,
9	Social_studies_Grade	เกรดวิชาสังคมศึกษา	3 คือ 2.50 <= Grade < 2.99,
10	Health_education_Grade	เกรดวิชาสุขศึกษา	4 คือ 2.00 <= Grade < 2.49,
11	Art_Grade	เกรดวิชาศิลปะ	5 คือ 1.50 <= Grade < 1.99,
12	Home_economics_Grade	เกรดวิชาการงานอาชีพ	6 คือ 1 <= Grade < 1.49
13	Foreign_language_Grade	เกรดภาษาต่างประเทศ	
14	GPAX	เกรดรวม	
15	REGISTERSTATUS	สถานะการยืนยันสิทธิ์ของผู้สมัคร	0 คือ ไม่เลือกเข้าเรียน, 1 คือ เลือกเข้าเรียน

1.2 เทคนิคนาอ็พเบย์ (Paphat, Sriurai and Ditcharoen, 2022) เป็นเทคนิคที่อาศัยความถี่ความน่าจะเป็นเข้าใจง่ายไม่มีความซับซ้อน โดยมีพื้นฐานมาจากนาอ็พเบย์ที่จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$P(C|X) = \frac{P(X|C)P(C)}{P(X)} \tag{2}$$

โดยที่

C คือ คลาส (Class)

X คือ คุณลักษณะ (Attributes)

P คือ ความน่าจะเป็น (Probability)

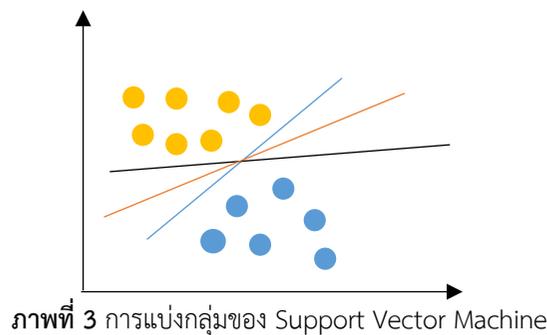
$P(C|X)$ คือ ความน่าจะเป็นที่ข้อมูลที่มีคุณลักษณะ เป็น X จะมีคลาส C
 $P(X|C)$ คือ ความน่าจะเป็นข้อมูลที่มีคลาส C และมีคุณลักษณะเป็น X
 $P(C)$ คือ ความน่าจะเป็นของคลาส C
 $P(X)$ คือ จำนวนคุณลักษณะทั้งหมด

และคำสั่งในการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคนาอ็ฟเบย์ สามารถอธิบายได้ดังนี้ GaussianNB() คือการสร้างโมเดลนาอ็ฟเบย์ ดังแสดงในภาพที่ 2

```
navie_bayes = GaussianNB()
```

ภาพที่ 2 การสร้างโมเดลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมด้วยเทคนิค นาอ็ฟเบย์

1.3 ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Tosasukul and Kuttipon, 2022) เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการจัดกลุ่มข้อมูลและจำแนกข้อมูล โดยใช้หลักการของการหาเส้นแบ่งแยกที่ดีที่สุดสำหรับข้อมูลที่กำหนดเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างระบบจำแนกข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แนวคิดหลักของซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนมาจากการนำคุณลักษณะของข้อมูลเข้าสู่เชิงเส้นของพื้นที่ (Feature Space) แล้วหาเส้นแบ่ง (Hyperplane) ที่เหมาะสมที่สุดในการแบ่งกลุ่มข้อมูลออกจากกัน ดังนั้นซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน มีความเร็วและมีประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหาการจำแนกข้อมูลที่ซับซ้อนดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแบ่งกลุ่มของ Support Vector Machine

และคำสั่งในการสร้างโมเดลซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน สามารถอธิบายได้ดังนี้ kernel='linear' คือการสร้างโมเดลซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน โดยใช้ kernel เป็น 'linear', C=1.0 คือ การกำหนดค่าความผิดพลาดในการจำแนกคลาส และ random state=seed คือการกำหนด seed สำหรับการสุ่ม ดังแสดงในภาพที่ 4

```
svm = SVC(kernel= 'liner', c=1.0, radom_state=seed)
```

ภาพที่ 4 การสร้างโมเดลด้วยการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมด้วยเทคนิค ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

2. การสร้างโมเดลด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้อัลกอริทึม 2 อัลกอริทึม คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น โดยใช้ชุดข้อมูลและมีการกำหนดคลาสเป้าหมายเดียวกัน

2.1 การเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน คือ การเรียนรู้เชิงลึกรูปแบบหนึ่งที่จำลองมาจากการมองเห็นของมนุษย์ ถูกออกแบบมาเพื่อประมวลผลข้อมูลที่มีลักษณะพิเศษ เช่น รูปภาพ หรือข้อมูลที่เรียงต่อกันเป็นลำดับ (Cheewaparakobkit, 2022) ในการสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ผู้วิจัยได้มีการกำหนดจำนวนชั้นและค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในภาพที่ 5 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ชั้น Convolutional (Conv2D) คือชั้นแรกในโมเดล CNN และกำหนด filter = 32 โดยมี kernel = 1x3 ใช้สำหรับการสกัดคุณลักษณะจากข้อมูลและActivation Function ที่ใช้คือ ReLU ชั้น MaxPooling2D คือ ชั้นที่ใช้สำหรับการลดขนาดข้อมูลทำให้ข้อมูลที่ผ่านมาจาก Conv2D มีขนาดเล็กลง ชั้น Flatten คือชั้นที่ใช้เปลี่ยนข้อมูลจากรูปแบบที่มีมิติเป็นรูปแบบแบน (flat) เพื่อเตรียมข้อมูลให้สามารถใช้กับชั้น Dense ได้ ชั้น Dense คือชั้นที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลที่ถูกรับจาก Flatten ใน ชั้น Dense สุดท้ายมีการใช้ ฟังก์ชัน Softmax เป็น Activation Function

```

model = Sequential()
model.add(Conv2D(filters=32, kernel_size=(1, 3), activation='relu', input_shape=input_shape))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(1, 2)))
model.add(Conv2D(filters=64, kernel_size=(1, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(1, 2)))
model.add(Conv2D(filters=128, kernel_size=(1, 3), activation='relu', padding='same'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(1, 2)))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(256, activation='relu'))
model.add(Dense(128, activation='relu'))
model.add(Dense(2, activation='softmax'))

```

ภาพที่ 5 การสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน

2.2 การเรียนรู้เชิงลึกหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น เป็นโมเดลที่ถูกออกแบบมาเพื่อประมวลผลข้อมูลที่มีลำดับเวลา เช่น ข้อมูลทางการภาษา เสียง ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาโครงข่ายประสาททวนซ้ำ ทำให้สามารถเก็บสถานะของการคำนวณได้ (Jitboonyapinit, Maneerat and Chirawichitchai, 2022) ในการสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น แสดงในภาพที่ 6 สามารถอธิบายได้ดังนี้ ชั้น LSTM Layer แรกใช้หน่วย LSTM จำนวน 64 หน่วย และรับข้อมูลนำเข้า โดยจะแปลงลำดับข้อมูลนำเข้าให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลและเรียนรู้ลำดับข้อมูล ชั้น LSTM Layer ที่สองมีหน่วย LSTM จำนวน 128 หน่วย และกำหนดให้ return_sequences เป็น True ชั้น LSTM Layer ที่สามมีหน่วย LSTM จำนวน 128 หน่วย และไม่มีการส่งออกข้อมูล ชั้น Dense มีทั้งหมด 3 ชั้น Activation Function ที่ใช้คือ ReLU เพื่อประมวลผลข้อมูล Dense ชั้นสุดท้ายมีการใช้ ฟังก์ชัน Softmax เป็น Activation Function

```

model = Sequential()
model.add(LSTM(units=64, input_shape=(x_train.shape[1], x_train.shape[2]), return_sequences=True))
model.add(LSTM(units=128, return_sequences=True))
model.add(LSTM(units=128))
model.add(Dense(units=64, activation='relu'))
model.add(Dense(units=2, activation='softmax'))

```

ภาพที่ 6 การสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น

การวัดประสิทธิภาพโมเดล

ในการวัดและหาประสิทธิภาพโมเดลผู้วิจัยได้เลือกใช้ความสูญเสียครอสเอนโทรปี (Cross Entropy Loss) เป็นหนึ่งในวิธีการคำนวณความสูญเสียในการฝึกโมเดลแบบ คลาสแบบแบ่งแยก (Classification) โดยเฉพาะการจำแนกคลาสที่มากกว่า 2 คลาส (Multiclass Classification) ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำมาใช้ในเชิงการเรียนรู้เชิงลึกโดยคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$H(y, p) = -\sum(y_i * \log(p_i)) \quad (3)$$

โดยที่

$H(y, p)$ คือความสูญเสียครอสเอนโทรปี ระหว่างเวกเตอร์คำตอบจริง (y) และคำตอบที่โมเดลคาดเดา (p)
 y_i คือค่าเป้าหมาย (Target) สำหรับคลาส i
 p_i คือความน่าจะเป็น (Probability) ที่โมเดลคาดเดาคลาส i ในการจำแนก

และผู้วิจัยยังได้ใช้ ความสูญเสีย cross-entropy ร่วมกับการวัดค่าความแม่นยำ (Accuracy) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (4)$$

โดยที่

True Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกจำแนกถูกต้องว่าเป็นคลาสเป้าหมาย

True Negative คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกจำแนกถูกต้องว่าไม่เป็นคลาสเป้าหมาย
 False Positive คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกจำแนกว่าไม่เป็นคลาสเป้าหมาย
 False Negative คือ จำนวนข้อมูลที่ถูกจำแนกว่าเป็นคลาสเป้าหมาย

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการสร้างโมเดลด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและการเรียนรู้เชิงลึกพบว่า โมเดลที่สร้างด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า โดยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน มีค่าความถูกต้องร้อยละ 63.27 และหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น มีค่าความถูกต้องร้อยละ 63.08 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางแสดงค่า Accuracy ของอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึก

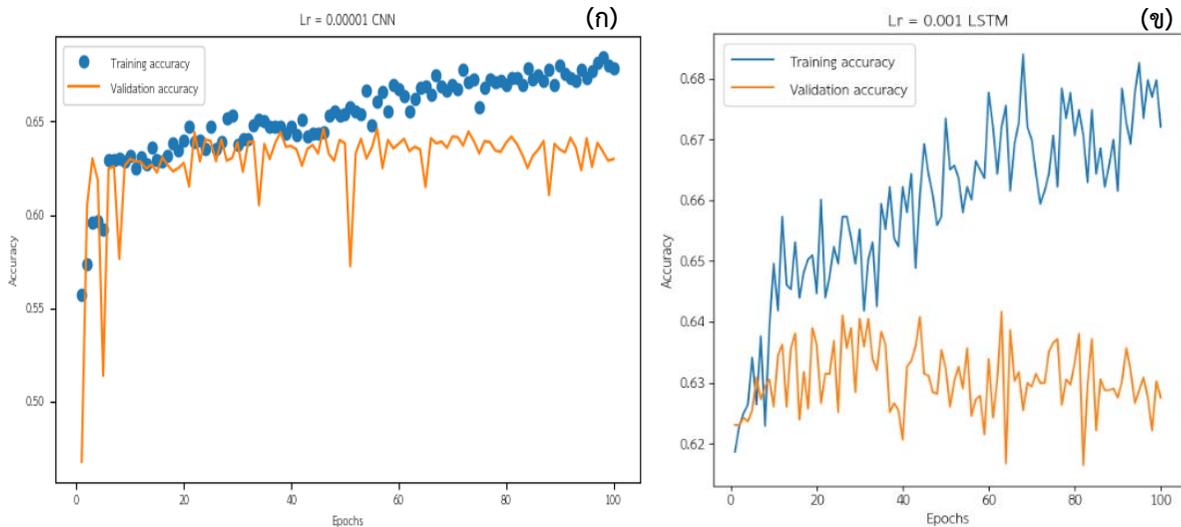
Algorithms	Accuracy	Precision	
		เลือกเข้าเรียน	ไม่เลือกเข้าเรียน
Random Forest	58.86	33.27	77.14
Naive Bayes	61.92	22.36	84.74
Support Vector Machine	62.37	16.96	89.43
Convolutional Neural Network	63.27	66.22	52.27
Long Short-Term Memory	63.08	64.66	48.26

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างโมเดล ที่สร้างด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน และ หน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น จากข้อมูลการรับเข้าของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2561 – 2564 โดยแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ฝึกฝนจำนวนร้อยละ 70 และใช้สำหรับทดสอบร้อยละ 30 โดยมีการศึกษาและการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังต่อไปนี้

1. Learning Rate เป็นพารามิเตอร์ที่มีส่วนสำคัญในการสร้างโมเดลเนื่องจาก Learning Rate ที่มีค่าสูงอาจทำให้การเรียนรู้ของโมเดลเกิดขึ้นเร็ว แต่มีโอกาสทำให้โมเดลข้ามจุดที่มีค่าสูญเสีย (Loss) ต่ำสุดในขณะที่ Learning Rate มีค่าต่ำเกินไป อาจทำให้โมเดลเรียนรู้ช้าและติดค้างที่ Local Minimum ดังนั้นผู้วิจัย ได้กำหนดค่า Learning Rate ที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลที่ดีที่สุด โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ดังนี้ Epochs = 100 และ Optimizer = RMSprop สำหรับอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกทั้ง 2 อัลกอริทึม ผู้วิจัยได้แบ่ง Learning Rate ออกเป็น 6 ช่วงดังแสดงในตารางที่ 4 และพบว่าเมื่อพิจารณา Validation Loss และ Validation Accuracy ร่วมกันพบว่า โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันที่มีการกำหนดค่า Learning Rate ที่ 0.00001 ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดย มีค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 64.62 และ Learning Rate ที่ 0.001 ของหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น มีค่าความถูกต้องที่ร้อยละ 64.25 ดังแสดงในภาพที่ 7

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ CNN และ LSTM ด้วยการกำหนดค่า Learning Rate

Learning Rate	Validation Accuracy		Validation Loss	
	CNN	LSTM	CNN	LSTM
1	62.30	62.30	66.25	66.25
0.1	62.30	62.30	66.25	66.25
0.01	63.89	62.30	63.75	65.60
0.001	63.89	64.25*	63.93	63.91*
0.0001	63.89	64.10	63.93	63.91
0.00001	64.62*	62.30	63.69*	64.98



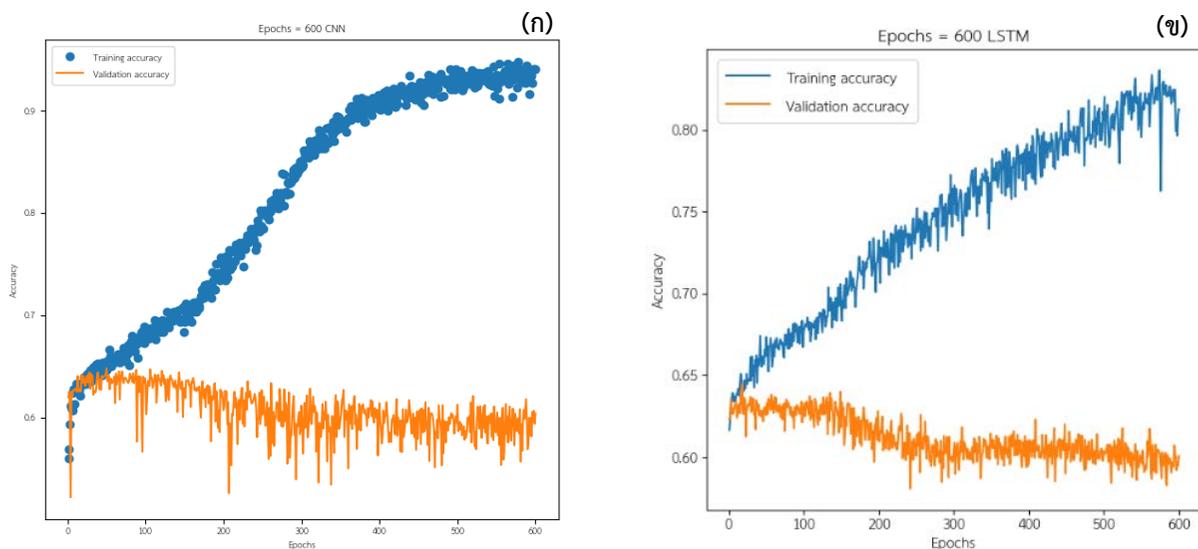
ภาพที่ 7 Learning Rate ของ CNN = 0.00001 (ก) Learning Rate ของ LSTM = 0.001 (ข)

2. Epochs เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดรอบในการฝึกฝนการสร้างโมเดล การกำหนดค่า Epochs น้อยเกินไปอาจส่งผลให้โมเดลมีการเรียนรู้ที่น้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการทำนายไม่ดี แต่ถ้ากำหนดค่า Epochs มากเกินไปอาจส่งผลให้โมเดลมีการเรียนรู้มากเกินไป ทำให้โมเดลไม่สามารถทำนายข้อมูลใหม่ที่ไม่เคยเห็นมาก่อนได้ และส่งผลต่อกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการสร้างโมเดลนานขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยได้กำหนดค่า Epochs ที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 5 จำนวน 4 ค่า เพื่อให้ได้ Epochs ที่มีค่า Validation Accuracy สูงที่สุดและค่าสูญเสียที่น้อยที่สุด โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ดังนี้ Learning Rate = 0.00001 Optimizer= RMSprop ของอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน และ Learning Rate = 0.001 Optimizer= RMSprop ของอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น พบว่าการปรับค่าพารามิเตอร์ Epochs ของอัลกอริทึมทั้ง 2 อัลกอริทึม มีค่า Training Accuracy เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า Validation Accuracy ลดลง โดยอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน มีค่า Training Accuracy = 94.80 และ Validation Accuracy = 64.62 ก่อนจะเกิดการ Overfit เมื่อ Epochs = 100 ดังแสดงในรูปที่ 8(ก) และอัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น มีค่า Training Accuracy = 83.63 และ Validation Accuracy = 64.25 ก่อนจะเกิดการ Overfit เมื่อ Epochs = 100 ดังแสดงในรูปที่ 8(ข)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ CNN และ LSTM ด้วยการกำหนดค่า Epochs

epoch	Validation Accuracy		Validation Loss	
	CNN	LSTM	CNN	LSTM
20	63.26	63.98	64.25	64.14
30	63.86	64.32	63.95	64.02
100	64.62	64.25	63.69	63.91*
600	64.68*	64.47*	63.66*	63.97

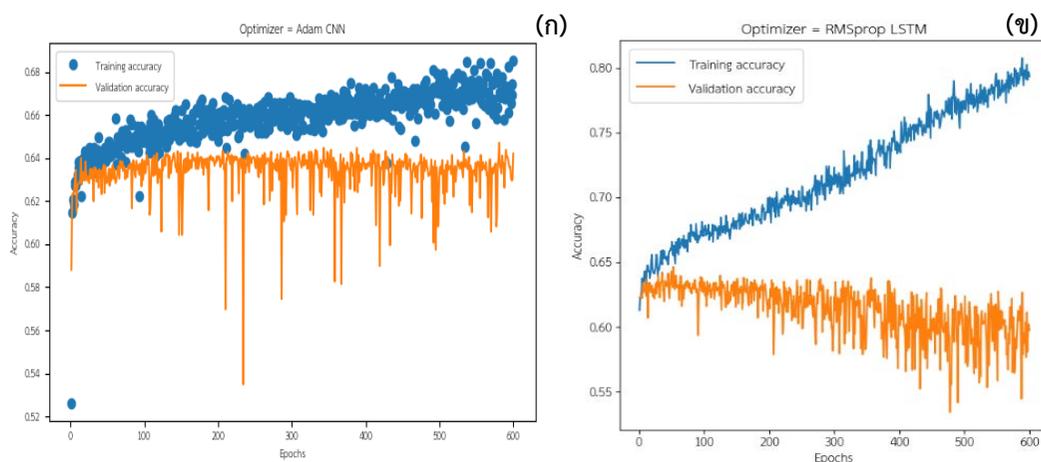
3. Optimizer ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้วย Optimizer จำนวน 4 แบบได้แก่ Stochastic Gradient Descent (SGD), Adadelata, Root Mean Squared Propagation (RMSProp) และ Adaptive Moment (Adam) โดยมีผลเปรียบเทียบประสิทธิภาพดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่า Optimizer แบบ Adam ของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน มีค่า Validation Accuracy = 64.68 อีกทั้งแบบจำลองไม่เกิดการ Overfit ตลอดระยะเวลาการฝึกแบบจำลอง และ Optimizer ดังแสดงในภาพที่ 9 (ก) และ Optimizer แบบ RMSprop ของหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น มีค่า Validation Accuracy = 64.65 และแบบจำลองยังเกิดการ Overfit ดังแสดงในภาพที่ 9(ข)



ภาพที่ 8 Epochs ของ CNN = 600 (ก) Epochs ของ LSTM = 600 (ข)

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ CNN และ LSTM ด้วยการกำหนด Optimizer

Optimizer	Validation Accuracy		Validation Loss	
	CNN	LSTM	CNN	LSTM
SGD	63.11	62.30	64.52	65.83
RMSprop (Default)	64.68	64.65*	63.93	63.78*
Adadelata	62.48	62.39	69.54	66.42
Adam	64.71*	64.47	63.66*	63.97



ภาพที่ 9 Optimizer ของ CNN คือ Adam (ก) Optimizer ของ LSTM คือ RMSprop (ข)

อภิปรายผลจากการศึกษาค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ประกอบด้วย Learning Rate Epochs และ Optimizer พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการนำไปสร้างโมเดลของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน คือ Learning Rate = 0.00001 Epochs = 600 Optimizer = Adam ที่มีค่า Validation Accuracy เป็น 64.71 และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการสร้างโมเดลของหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น คือ Learning Rate = 0.001 Epochs = 600 Optimizer = RMSprop ที่มีค่า Validation Accuracy เป็น 64.65 และพบว่าหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้นไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานเนื่องจากค่า Training Accuracy มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ ค่า Validation Accuracy มีค่าลดลง เมื่อค่า Epochs เพิ่มขึ้น จากเหตุดังกล่าวทำให้โมเดลที่สร้างด้วยอัลกอริทึมของหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้นเกิดการ Overfit เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ

โมเดลสรุปได้ว่าโมเดลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาระบบทำนายการยื่นยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีทำนายการยื่นยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัยด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก จากข้อมูลการรับเข้าของนักเรียนที่จะสมัครเข้าเรียนคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ในปีการศึกษา 2561 – 2564 จำนวน 4,479 คน ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของตัวแทนข้อมูล เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปสร้างโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบดั้งเดิมและการเรียนรู้เชิงลึก พบว่าโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงทำการศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการสร้างโมเดล ทั้ง 3 ประกอบด้วย Learning Rate, Epochs และ Optimizer พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการนำไปสร้างโมเดลของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน คือ Learning Rate = 0.00001 Epochs = 600 Optimizer = Adam ที่มีค่า Validation Accuracy เป็น 64.71 และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการสร้างโมเดลของหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น คือ Learning Rate = 0.001 Epochs = 600 Optimizer = RMSprop ที่มีค่า Validation Accuracy เป็น 64.65 โดยการเลือกโมเดลสำหรับการนำไปใช้จริงควรพิจารณาจากหลายปัจจัย ไม่เพียงแต่พิจารณาจากค่า Validation Accuracy ที่ได้จากข้อมูลทดสอบ (test data) เท่านั้น การที่โมเดลหน่วยความจำระยะยาว-ระยะสั้น เกิดการ overfit อาจแสดงถึงการที่โมเดลเรียนรู้จากข้อมูลการฝึกฝน (training data) ได้ดีเกินไปจนไม่สามารถทำนายข้อมูลใหม่ (test data) ได้ดีเท่าที่ควร ดังนั้นควรเลือกโมเดลโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน ที่มีความสามารถในการทำนายข้อมูลใหม่ได้ดี ไม่เพียงแต่ข้อมูลการฝึกฝน ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎี Model Generalization (Kawaguchi, Kaelbling and Bengio, 2022) จากเหตุดังกล่าว โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่สร้างด้วยอัลกอริทึม โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาระบบทำนายการยื่นยันสิทธิเข้าศึกษาต่อของนักศึกษามหาวิทยาลัย

References

- Cheewaparakobkit, P. (2019). Improving the Performance of an Image Classification with Convolutional Neural Network Model by Using Image Augmentations Technique (in Thai). *TNI Journal of Engineering and Technology*, 7(1), 59-64.
- Jitboonyapinit, C., Maneerat, P. and Chirawichitchai, N. (2022). Development of Sentiment Analysis Model Based on Thai Social Media Using Deep Learning Technique (in Thai). *Huachiew Chalermprakiet Science and Technology Journal*, 8(2), 8-18.
- Kawaguchi, K., Kaelbling, L., and Bengio, Y. (2022). *Mathematical Aspects of Deep Learning*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Nandal, P. (2020). Deep Learning in diverse Computing and Network Applications Student Admission Predictor using Deep Learning. *Proceedings of the International Conference on Innovative Computing & Communications (ICICC) 2020* (pp. 1-5). India: University of Delhi.
- Palwisut, P. (2016). Improving Decision Tree Technique in Imbalanced Data Sets Using SMOTE for Internet Addiction Disorder Data (in Thai). *Information Technology Journal*, 12(1), 54-63.
- Paphat, A., Sriurai, W. and Ditcharoen, N. (2022). University student dropout prediction improved by feature selection with Multilayer Perceptron Neural Network (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 5(1), 39-48.
- Suepitak, S., Nissaidee, B. and Buathong, W. (2021). Classification Techniques Comparison for Predicting Graduate Trend (in Thai). *PKRU SciTech Journal*, 5(2), 42-50.
- Tongpuang, P. and Sanrach, C. (2021). The Comparison of Data Classification Efficiency to Predict Scholarship Awarded for Undergraduate Students by Data Mining Techniques (in Thai). *Journal of Professional Routine to Research*, 8(2), 44-52.
- Tosasukul, J. and Kuttipon, S. (2022). An Efficiency Comparison of Forecasting Models for the Amount of Water in Dam by Data Mining Techniques (in Thai). *Journal of Accountancy and Management*, 14(4), 1-17.

Research Article

Enhancing Prediction of Student Learning Success in Higher Education using Deep Learning

Worayoot Wongnin¹ and Chayaporn Kaensar^{1,*}¹Department of Mathematics, Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University*Email: chayaporn.k@ubu.ac.th

Received < 30 March 2024 >; Revised < 22 April 2024 >; Accepted < 28 April 2024 >

Abstract

Tackling the global challenge of student attrition and underperformance that widely affect educational quality is a huge challenge. This is a very significant issue in Thailand. Thus, the current research analyze data from 51,106 students and 11 faculties of Ubon Ratchathani University in Thailand for the 2011-2021 academic years. This was done to develop enhanced predictions of academic success utilizing two deep learning methods (Convolutional Neural Networks (CNN) and Recurrent Neural Networks (RNN)), each fine-tuned for maximum accuracy. The predictive models were scored using the Confusion Metrics and AUC-ROC. The experimental results show that, our research stands out for its robust predictive power, achieving accuracies between 81% to 98%. Notably, RNN achieved high accuracy in all faculties. Additionally, leveraging Django, Python, and PostgreSQL, we propose a research methodology and develop a web application that operationalizes our findings to stakeholders for effectiveness. It has the capability of providing a group of users with a practical tool enabling individual students to forecast academic outcomes, teachers to identify at-risk students early, and faculty as well as, university staff to support informed decision-making thereby improving educational strategies and outcomes. This comprehensive methodology illuminates effective predictive models and system tools driving academic achievement in our university and other higher education institutes.

Keywords: Student performance prediction, Deep learning, Web application, Graduation rate

บทความวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการทำนายความสำเร็จของผู้เรียนในระดับอุดมศึกษา ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก

วรยุทธ วงศ์นิล¹ และชยาพร แก่นสาร^{1,*}

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Email: chayaporn.k@ubu.ac.th

รับบทความ: 30 มีนาคม 2567 แก้ไขบทความ: 22 เมษายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 28 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การจัดการปัญหาการตกออกและระดับผลการเรียนที่ต่ำกว่าเกณฑ์ของนักศึกษาในมหาวิทยาลัย พบว่าเป็นเรื่องสำคัญ และมีความท้าทายต่อคุณภาพการศึกษาทั่วโลกและในประเทศไทยเป็นอย่างมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์ข้อมูลของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ระหว่างปีการศึกษา 2554-2564 จำนวน 11 คณะ รวมทั้งสิ้น 51,106 คน เพื่อนำมาเปรียบเทียบและสร้างแบบจำลองโมเดลสำหรับพยากรณ์ความสำเร็จของนักศึกษาด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกที่มีประสิทธิภาพ 2 เทคนิคคือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ ซึ่งได้มีการปรับแต่งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับอัลกอริทึมเพื่อให้มีความถูกต้องสูงที่สุดร่วมด้วย นอกจากนี้งานวิจัยยังต้องการนำเสนอโครงสร้างระบบที่สามารถนำผลลัพธ์แบบจำลองโมเดลที่ปรับแต่งและให้ประสิทธิภาพที่สูงไปแทนค่าความรู้ในระบบแอปพลิเคชัน ซึ่งพัฒนาด้วย ดีจังก์ โฟตอน และโพสต์เกรสคิวด์ ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ โดยผลการทดลองพบว่าในส่วนการวัดประสิทธิภาพโมเดลด้วย Confusion Matrix และ AUC-ROC พบว่าเทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบวนซ้ำ มีความถูกต้องสูงที่สุดในทุกคณะ โดยมีค่าความถูกต้องระหว่าง 81%-98% ในขณะที่เว็บแอปพลิเคชันมีฟังก์ชันที่ทำงานได้ถูกต้อง ซึ่งประโยชน์ของงานวิจัยนี้จะได้แบบจำลองโมเดลสำหรับพยากรณ์ความสำเร็จของนักศึกษาและเว็บแอปพลิเคชันที่ช่วยผู้ใช้งานในระดับต่าง ๆ ได้ โดยผู้เรียนสามารถใช้พยากรณ์ความสำเร็จแบบรายบุคคล ในขณะที่ผู้สอนสามารถเข้าถึงข้อมูลผู้เรียนที่มีความเสี่ยงที่อาจจะตกออกได้ล่วงหน้า คณะหรือมหาวิทยาลัยมีระบบรายงานสารสนเทศที่สามารถนำไปใช้วางแผนหรือตัดสินใจเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: การทำนายประสิทธิภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก เว็บแอปพลิเคชัน อัตราการสำเร็จการศึกษา

Introduction

Currently, many universities are faced with poor academic performance, delayed graduation, early dropouts, or even ceased studies. This causes problems for students, their families, and institutes, which are widely perceived as time and resources wasted. Even though many universities have invested in the education system and provided well-equipped facilities for digital advancement, student performance and success are still critical. (Mangaroska and Giannakos, 2018)

Similarly, Ubon Ratchathani University (UBU) was founded in 1988, approving establishment of 11 faculty in the fields of (1) Medicine, (2) Nursing, (3) Pharmaceutical Sciences, (4) Agriculture, (5) Engineering, (6) Science, (7) Architecture and Applied Art, (8) Business and Management (9) Law, (10) Liberal Arts, and (11) Political Science. Most all programs have a four year duration, while medicine and pharmaceutical sciences are six-year undergraduate degrees. However, even though our university works to achieve a high number of graduated students with good academic results, student success has declined and many are vastly underperforming. As reported in the UBU REG system (REG UBU, 2010) during the 2010-2021 academic years, about 17% of the students overstay their program duration, while the remaining students completed their degree within the expected timeframe, but 29% had low scores.

To tackle this problem, preparing and graduating students with good performance are crucial tasks. However, current approaches, such as preparing new students with skills in digital literacy, problem-solving and communication to enhance their success, may not be sufficient in our universities. This is due to a lack of useful data and limited understanding of student performance. In particular, there is a lack of online decision-making tools which help students, faculties or even institute understand student's learning performances and their risks at an early stage. Therefore, focusing on the development of an early prediction or warning system for forecasting student performance is essential and considered a key factor in academic improvement.

Currently, although many systems have been proposed as tools to predict student performance and have achieved high accuracy (Wibowo, Andreswari and Hasibuan, 2018; Badal and Sungkur, 2023; Kaensar and Wongnin, 2023; Park and Seong, 2021), some limitations remain unaddressed. For example, there is limited comparability of learning model performance, especially with deep learning. Additionally, there is a lack of tunable models with appropriate parameters and optimizers. In some cases, few diverse input data are chosen for prediction with insufficient quantification of each factor's impact. Furthermore, there is no web implementation of such systems.

To address these challenges, this study aims to develop alternative and new-day wise approach using deep learning model, which are flexible and capable of handling vast amounts of data for prediction (Bhushan *et al.*, 2023; Streib *et al.*, 2020). Two deep learning models (Convolutional Neural Networks (CNN) and Recurrent Neural Networks (RNN)) with fine-tuned parameters are employed to ensure analysis accuracy and prediction of student success based on UBU's student data. More specifically, it was implemented as a web-based tool with integration of Django, Python, and PostgreSQL to support prediction processes and make useful decisions for the university.

To achieve these goals, the main research questions (RQ) are:

- 1) Which of the deep learning models (CNN, RNN) with fine-tuned parameters can best predict student performance of each faculty in UBU?
- 2) How will the proposed framework be deployed to generate predictions and report these results via a web system?

To answer these questions, this study collected and used a large dataset comprise of 51,106 student records with 27 variables, covering three datasets, student demographics, school data, and university data, from the 2010-2021 academic years. To generate output and achieve more accurate predictions, the tasks of

preprocessing data, training the models with fine-tuned parameters, evaluating the models using five-fold cross-validation, and developing a web system were done.

The main primary contributions of this study are development of methods to make high-accuracy predictions of successful UBU students in each faculty. These results can be used to make predictions and identify at-risk students early, plan appropriate interventions, analyze reported data. Furthermore, this is a practical concept and its results can be implemented through web applications designed to enhance learning quality at a university and other higher education institutes by supporting decision-making.

Research objectives

1. To construct, compare and evaluate student success prediction model using deep learning of each faculty in UBU.
2. To propose a research methodology and develop a web application that operationalizes our findings to stakeholders for effectiveness

Literature review

Student prediction approach in deep learning and their applications

Deep learning is important for classification and prediction in a variety of domains. These approaches were applied in many studies with remarkable results, especially in education (Sultana, Rani and Farquad, 2019; Bhushan *et al.*, 2023). By analyzing LMS logged data, (Sultana, Rani and Farquad, 2019) employed 11 features to predict student success, using data collected from 1,100 records with student interaction, activities and student learning in an LMS. Techniques such as a Deep Neural Network (DNN) and some machine learning with WEKA and Rapid Miner Tools were applied. Decision Tree and DNN gave the highest prediction accuracies, 99.81% and 99.45% respectively. Similarly, (Park and Seong, 2021) conducted similar experiments with deep learning and other machine learnings but used a larger dataset with approximately 1,480,275 records of 98,685 students who accessed online coursework between 2012-2019. The result showed that Random Forest and DNN can predict early dropout of online learner with an accuracy of 96% and 85%. Likewise, (Vijayalakshmi and Venkatachalapathy, 2019) developed a prediction model to forecast post-graduate student performance employing various techniques using R Programming. The data obtained from Kaggle contained 480 instances, with 16 demographic attributes (gender, nationality, place of birth, parents), academic data (school grades, days of absence), behavior (raised hands, visited and view materials) and parental participation (answering, posting). DNN showed high accuracy, 84%. Moreover, estimation of parameters using deep learning and machine learning techniques to improve prediction accuracy have gain recent attention. Such as (Mohammad *et al.*, 2023) explored the effectiveness of using deep learning and other algorithms to more precisely predict student performance. CNN with 7, 9 and 11 epochs yielded the best accuracy, 88.89%.

Improvements continued when much research also focuses on development of web tools to enhance outcomes. For example, (Roy *et al.*, 2022) developed a web application with a DNN model to predict CGPA and recommend study plans. Although it provides high accuracy, 92.94%, only a single academic term result is considered. To provide more student data, the study of (Wibowo, Andreswari and Hasibuan, 2018) added school grades, parent background, number of credits and student activity data to develop a decision support system (DSS) with C4.5 decision tree to predict student graduation time, while (Inamdar *et al.*, 2022) analyzed previous GPAs and use Linear Regression to develop a powerful decision tool with a Django framework for cutoff predictions in a college admission process. With limited input data, accuracy and even system functionality are still improved. (Badal and Sungkur, 2023) enhanced a system by focusing on three functions, predicting student performance, identifying factors and proposing a framework as a decision support tool for grade prediction. Deep learning, machine learning and 34 features (*e.g.*, demographic, certificates obtained, experience and activities data) were employed. Although at-risk student assessment and early

prediction by the web system were strengths, utilization of default parameters and some factors might affect the results are less considered.

Summary of existing research and motivation

Although most of the existing studies may have high accuracy, these works suffer from a limited input data, a lack of model tuning and undeployment of the model into a system. Therefore, this study employs five main components: (1) integrating more powerful deep learning methods, (2) tuning appropriated parameter settings, (3) analyzing a wider range of datasets (e.g., student demographics, school data, and university data), (4) developing web-based prediction system, and (5) investigating deep learning for prediction which has emerged as a new research area of machine learning. The description of our methodology will be described in the next section.

Research methodology

In this section, a proposed methodology based on two deep learning models (CNN, RNN) are built. The models and their settings were trained and tuned. Then, model performance was evaluated. After that, the fine-tuned model is integrated with a web tool to predict and report results. The steps in building the system are depicted in Figure 1.

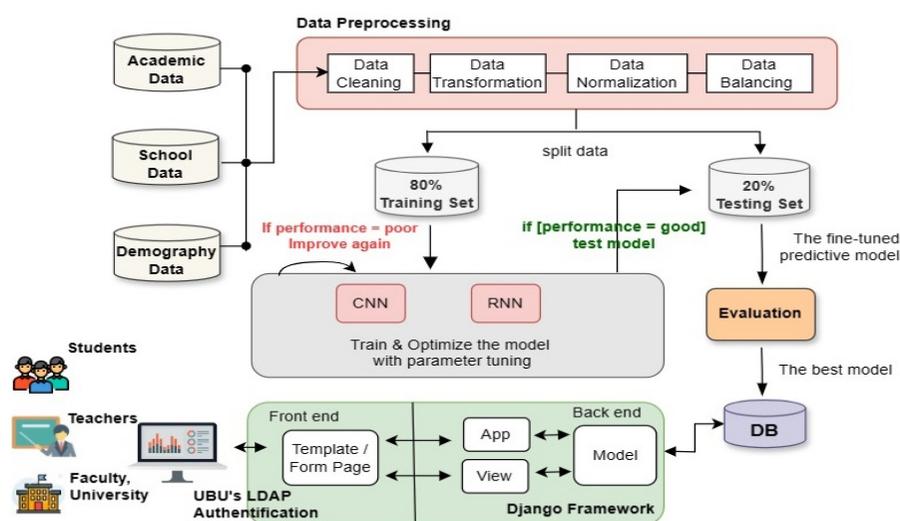


Figure 1 Research methodology

Data collection

Real-world data acquisition from UBU spanned from 2011 to 2021, combining three distinct sources (demographic, school data and university data). The input data are divided into seven demographic variables, fourteen school data variables, and six university variables. From this, we not only consolidated all the information into a single table while considering the data relationships, but also categorized it into three groups based on the data type. These categories include categorical data (such as entry type, parental status, parent occupation, and their incomes) and numerical data (including ONET score and high school grades). These descriptions are depicted in Table 1.

To ensure the accuracy and reliability of our predictive models, the dataset required careful preprocessing. Initially, the classes were significantly imbalanced, with 12,955 instances labeled as '0' and 38,151 labeled as '1', resulting in a class ratio of approximately 1:3. To correct this and mitigate model bias towards the majority class, we implemented resampling techniques to equalize the distribution between

classes. This crucial step enhances the robustness and generalizability of the deep learning algorithms applied in our study.

Table 1 The description of features in UBU

Type	ID	Attribute	Description
Demographic Data	1	Sex	Ex. male, female
	2-4	Parent detail	Ex. parental status, income and their career
	5	School detail	Ex. is school in town?
	6-7	Home detail	Ex. home location and is home in town?
School Data	8	Entry GPA	Cumulative GPA in high school
	9-13	Thailand's Ordinary National Education Test (ONET_Subject)	ONET score for Thai, Social, English, Mathematics and Science
	14-21	High school grade (scho_gpax01-08)	01 - Thai, 02 - Mathematics, 03 - Science, 04 - Social, 05 - Health and Physical education, 06 - Art, 07 - Technology and Career and 08 - English
University Data	22-23	Entry detail	Ex. entry year, entry type
	24-25	Field of studying	Ex. program name, major
	26-27	Grade of first year	GPA of term1, GPA of term2
Target		Graduation status	1 - Student who complete the degree 0 - Student who fail or ungraduated

Data preprocessing

Effective data preprocessing is crucial for deep learning analysis. We utilized Conda for managing Python dependencies and installing essential libraries such as Keras and TensorFlow. The Anaconda platform streamlined this process, integrating necessary tools for data science. We employed a Jupyter Notebook for interactive data handling and visualization. This produced a versatile web application that allows for dynamic coding as well as presentation of data and analysis workflows. Key preprocessing tasks were done as follows.

1. Data cleaning In the initial stages of our analytical process, we undertook a comprehensive data cleaning and preprocessing routine. This fundamental step encompassed a variety of tasks aimed at refining the dataset for subsequent analysis. Key among these tasks was standardization of column names to a uniform lowercase format for consistency. In this step, an automated method cleans the student dataset using a Python script. It consists of processes incorporating data, managing missing data using interpolation methods, handling data anomalies, sklearn one-hot encoding and label encoding, and finally standardizing the data. Standardization is necessary for data compatibility with deep learning algorithms that require numerical input. Categorical variables, such as those indicating program enrolment or faculty, were transformed into numerical values through label encoding. Abnormal data are recognized using threshold and clustering methods to eliminate faulty data from the data set. Missing values can be handled by removing those records that lacked complete information, thereby cleaning the dataset for more accurate model training.

2. Data transformation This study employed a label encoding technique to transform raw data into a format amenable to analysis. This process can handle abnormal values and outliers in the dataset, reduce the influence of abnormal values on the prediction model, and improve the robustness of the model. It was

necessary to convert categorical features into numerical data, thereby ensuring compatibility with sklearn functions (e.g., with methods such as `transform(array of trained_data)`).

3. Data normalization Following data transformation, normalization was implemented to mitigate the large variances between maximum and minimum values of features. This normalization scales the feature values to a decimal range from 0 to 1, contingent on their respective maximum and minimum values. Such a step is fundamental for deep neural networks, aiding in more consistent and expedited model processing (Bhushan *et al.*, 2023; Mohammad *et al.*, 2023) From this context, the Min-Max Scaler technique was employed. In this equation, 'valueold' denotes the original value of the feature, while 'value' represents the normalized value. The Min-Max Scaler formula is (Fullan, 2018):

$$value = \frac{value_{old} - min_A}{max_A - min_A} * (new_max_A - new_min_A) + new_min_A \quad (1)$$

This formula was used to adjust the values of each feature to a normalized scale, thereby enhancing the homogeneity of the dataset and optimizing it for effective analysis.

Deep learning model training

This section presents the methodology for training deep learning models, following extensive data preprocessing. Numpy libraries were used for loading datasets, while Keras and TensorFlow served as the backend for model training, which proceeded in structured stages.

1. Data splitting In this step, we implemented a five-fold cross-validation strategy for dividing the data and reducing overfitting, ensuring a thorough evaluation of model performance. The dataset was segmented into five equal parts, with each serving as a validation set (20% of dataset) once during the process, and the remaining data combined to create a training set (80% of the dataset). This cyclical validation guarantees that every data point contributes to both training and validation, thereby enhancing the model's robustness.

2. Hyperparameter values setting We explored a range of parameter combinations to determine the most effective settings for our models. To fine-tune parameters for the CNN and RNN models, variables were set to create 108 and 36 patterns using different values and some default settings for each faculty. The possible hyperparameters for each classifier are shown in Table 2.

Table 2 Experimental setup showing using various classifier values.

Classifier	Hyperparameter List
CNN	filters=[32,64,128], kernel_size=[3,5,7], strides=[1,2], padding=['valid','same'], activation=['relu', 'tanh', 'sigmoid']
RNN	epochs=[10, 20, 50], batch_size=[16, 32, 64], activation=['relu', 'tanh', 'sigmoid', 'softmax']

3. Construct and fit the model We explored a range of parameter combinations by tuning parameters for each model to determine their most effective settings. Hence, variables were set to create CNN and RNN with 108 and 36 patterns using different values and some default values for each faculty. After that, we applied seven algorithms that were suitable for the nature of our models. The display of code example for building the deep learning model is presented in Figure 2.

```

1 parameters = {'filter_p':[32,64,128], 'kernel_p':[3,5,7], 'stride_p': [1,2],
2               'padding_p': ['valid','same'],'activation_p':['relu','tanh','sigmoid']}
3 paras = [len(e) for e in parameters.values()]
4 size = 1
5 for s in paras:
6     size = size*s
7 model_abb = 'CNN' # Convolutional Neural Network
8 for fac in fac_id:
9     result = pd.DataFrame(columns=['fac', 'model', 'parameters', 'accuracy', 'precision', 'recall', 'f1'])
10    for ft in parameters['filter_p']:
11        for ks in parameters['kernel_p']:
12            for std in parameters['stride_p']:
13                for pad in parameters['padding_p']:
14                    for act in parameters['activation_p']:
15                        kf = KFold(n_splits=5, random_state=16, shuffle=True) # K-fold cross-validation (k=5)
16                        for train_ind, test_ind in kf.split(dataset[fac]['x']):
17                            x_train, x_test, y_train, y_test = dataset[fac]['x'].iloc[train_ind], \
18                                                                dataset[fac]['x'].iloc[test_ind], \
19                                                                dataset[fac]['y'].iloc[train_ind]['target'], \
20                                                                dataset[fac]['y'].iloc[test_ind]['target']
21                        model_str = f'{filters=},{kernel_size=},{strides=},{padding=},{activation=}'
22                        try:
23                            #Step1. Preparing data
24                            scaler = MinMaxScaler() # Normalize input features
25                            X_train_scaled = scaler.fit_transform(x_train) # Fit,transform input data&converts data
26                            X_test_scaled = scaler.transform(x_test) # Apply learned transformation to test data
27                            X_train_resaped = X_train_scaled.reshape((X_train_scaled.shape[0], X_train_scaled.shape[1], 1))
28                            X_test_resaped = X_test_scaled.reshape((X_test_scaled.shape[0], X_test_scaled.shape[1], 1))
29
30                            #Step2. Defining and Fitting model
31                            model = Sequential()
32                            model.add(Conv1D(filters=ft, kernel_size=ks, activation=act, input_shape=(X_train_resaped.shape[1], 1)))
33                            model.add(MaxPooling1D(pool_size=2)) # For 1D temporal data.
34                            model.add(Flatten()) # Collapsed into one dimension.
35                            model.add(Dense(64, activation='relu')) # Apply rectified linear unit activation function.
36                            model.add(Dense(1, activation='sigmoid')) # Apply sigmoid for binary classification
37                            model.compile(optimizer='adam', loss='binary_crossentropy', metrics=['accuracy']) #Compile model
38                            model.fit(X_train_resaped, y_train, epochs=10, validation_data=(X_test_resaped, y_test)) #Fit model
39
40                            #3. *** Predict and Visualize results
41                            y_pred = model.predict(X_test_resaped) # Evaluate model
42                            y_pred = np.round(y_pred) # Convert probability to binary prediction (0|1)
43                            accuracy = accuracy_score(y_test, y_pred) # Get result score of accuracy
44                            precision = precision_score(y_test, y_pred) # Get result score of precision
45                            recall = recall_score(y_test, y_pred) # Get result score of recall
46                            f1 = f1_score(y_test, y_pred) # Get result score of f1-measure
47                            result.loc[len(result)] = [fac, model_abb, model_str, accuracy, precision, recall, f1] #Collect result
48                        except Exception as E:
49                            print(E)
50                        break

```

Figure 2 Code from the implementation of predictions using CNN1D with Keras of Python

Model building generally is a three-step procedure as follows:

- 1) **Preparing the data:** This stage loads the dataset and check the data.
- 2) **Defining and fitting model:** This stage defines, compiles the model with an optimizer and fits the model to training data.
- 3) **Predicting and visualizing the result:** This stage out puts predictions and evaluates model performance.

As illustrated in Figure 2, a CNN applied to a 1D Convolutional network reshapes the input data to perform predictions. Precisely, its starts with preparing the data by adjusting its dimensionality with the “reshape()” method, creating indices to split data into training and testing sets [xtrain, xtest, ytrain, ytest] with “split()”. Next, it defines the model by integrating Flatten(), Dense() layers and compiles it with optimizers using “compile()”. Last, prediction are made with the trained model using “predict()”. However, model performance must be evaluated predictions visualizing in a plot, which is described in the next section.

Evaluation

The evaluation phase is to measure model performance. Post-training, models with varied parameters were evaluated to ascertain differential performance across several optimizers. For a comprehensive assessment, key metrics such as accuracy, precision, recall, and F1-score, were employed as the principal indicators. Additionally, the Area Under the Receiver Operating Characteristic curve (AUC-ROC)

score was utilized as a metric to gauge the model's discriminative capability. Validation of model performance utilized the remaining 20% of the dataset, which was subject to a five-fold cross validation procedure. The mathematical expressions for each metric are provided as follows (Fullan, 2018):

1. **Accuracy** measures the proportion of predictions that the model classified correctly, defined as:

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{Total Examples}} \quad (2)$$

2. **Precision** indicates the frequency of actual positives among positive predictions, which is useful in minimizing the number of false positives, defined as:

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{(\text{True Positive} + \text{False Positive})} \quad (3)$$

3. **Recall** or the true positive rate, represents the model's capacity to identify all relevant instances of true positive values, defined as:

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (4)$$

4. **F1-score**, the harmonic mean of precision and recall. This parameter provides a balance between the precision and recall metrics, defined as:

$$\text{F1 - Score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (5)$$

5. **AUC-ROC** is a method of validation and visualization the performance of a classification model at different threshold values. ROC curves and AUC provide a discriminating form to support model evaluation.

Developing a web-based application

To use a trained model and implement the system, a web application was developed that contained front-end and back-end workflow, developed using Django, Python, and PostgreSQL to forecast and report the results. This system was designed based on Django (Model-View-Template) and run within the Celery framework for task management.

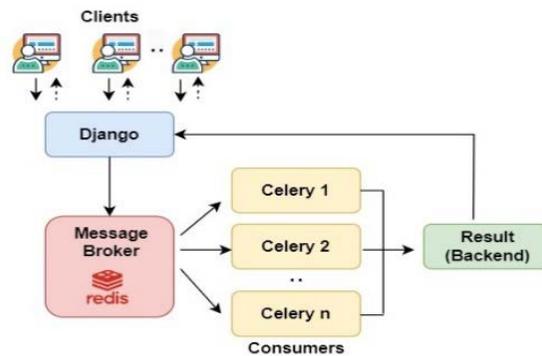


Figure 3 Django and Celery process flow

To begin in Figure 3, data required for prediction is collected from clients for entry in Django templates as a front-end on the client side. Next, it is hosted through a Django Framework on a back-end system where the stored version of deep learning is integrated. To accomplish this task, Django sends data to Redis Message Broker and invokes Celery to consume it. When the task finishes, Celery saves results and updates the task status. Simultaneously, Django checks this status in parallel and directs results to the front-end to display and report results pages via web sockets and the Django channel library. The program code shows a prediction function in loading, transforming, and predicting using Django and Python to conduct an analysis, which is illustrated in Figure 4.

```

1 import pickle      # For model deployment
2 import numpy as np # For data management
3
4 with open('MODEL.pkl', 'rb') as model_file:
5     loaded_model = pickle.load(model_file) # Load model
6
7 with open('SCALER.pkl', 'rb') as scaler_file:
8     scaler = pickle.load(scaler_file) # Load scaler
9
10 def Prediction(faulty_id, sex_enc, par_stat_enc, is_sch_intown_enc, home_loc_enc, is_home_intown_enc,
11               entrytype_enc, par_inc_enc, par_occ_enc, entry_gpax, on_thai, on_soc, on_eng, on_math,
12               on_sci, GPAX01, GPAX02, GPAX03, GPAX04, GPAX05, GPAX06, GPAX07, GPAX08, entry_year,
13               pgm_enc, major_enc, gpa_term1_enc, gpa_term2_enc): # Define function and their parameters
14
15     input_data = [sex_enc, par_stat_enc, is_sch_intown_enc, home_loc_enc, is_home_intown_enc, entrytype_enc,
16                  par_inc_enc, par_occ_enc, entry_gpax, on_thai, on_soc, on_eng, on_math, on_sci,
17                  GPAX01, GPAX02, GPAX03, GPAX04, GPAX05, GPAX06, GPAX07, GPAX08,
18                  entry_year, pgm_enc, major_enc, gpa_term1_enc, gpa_term2_enc] # used 27 input data
19
20     input_data = np.array(input_data).reshape(1, -1) # Convert input to 2D array
21     scaler_fac = scaler[faulty_id] # Perform scaling on selected feature
22     X_new_scaled = scaler_fac.transform(input_data) # Apply the learned transformation to test data
23
24     model_faculty = loaded_model[faulty_id] # Load the model
25
26     prediction = model_faculty.predict(input_data) # Predict the labels of the data value
27
28     result = "Fail" if prediction!=1 else "Pass" # Prediction=1 (Pass), others=Fail
29     return result # Return output
30

```

Figure 4 Code snippet for predicting output

Experimental results and discussion

Two sets of experimental results are discussed to address the research questions of this study.

Evaluation of model prediction results

To address RQ1, we compared and evaluated two deep learning approaches to predict whether students would graduate from a program (achieve a GPAX of 2.00 or more) for each faculty using the UBU student dataset. Furthermore, we tuned parameter settings and reduced the imbalanced information using Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) to enhance performance.

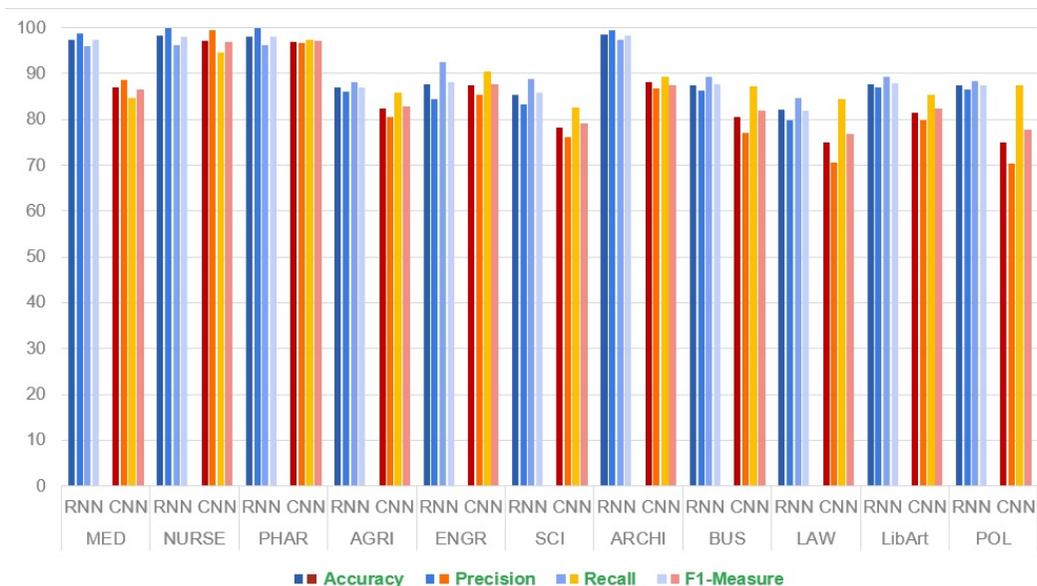


Figure 5 Performance results of 11 faculties with a parameter tuning algorithm

As shown in Figure 5, student outcome prediction is very high for each faculty with accuracy ranging from 81% to 98%. Hence, the outcomes showed that the RNN model produced the most accurate predictions in all faculties. The model prediction for the Faculty of Architecture and Applied art produced an F1-measure of 98.39% that reported the highest accuracy. However, the model for evaluation of Law student might be less than the others, but in fact, the accuracy of 81.97% is still high. The list of all 11 faculties with their fine-tuned predictive models is shown in Table 3.

As such, we concluded that RNN works best, which is accordance with the research of (Vijayalakshmi and Venkatachalapathy, 2019 and Korchi *et al.*, 2023). It is proved that the RNN provided better accuracy than the other methods such as Regression, Naive Bayes.

Table 3 Performance evaluation results applied to 11 faculties

Faculty	Fine-tuned Predictive Model	Accuracy (%)		Precision (%)		Recall (%)		F1-measure (%)	
		RNN	CNN	RNN	CNN	RNN	CNN	RNN	CNN
MED	RNN	97.47	87.10	98.88	88.71	96.07	84.48	97.44	86.49
NURSE	RNN	98.28	97.12	100	99.51	96.33	94.55	98.12	96.88
PHAR	RNN	98.16	97.01	100	96.78	96.34	97.29	98.11	96.99
AGRI	RNN	86.88	82.34	86.07	80.58	88.14	85.61	87.05	82.83
ENGR	RNN	87.67	87.40	84.47	85.45	92.63	90.40	88.21	87.68
SCI	RNN	85.44	78.28	83.37	76.22	88.75	82.49	85.86	79.07
ARCHI	RNN	98.62	88.22	99.46	86.83	97.41	89.14	98.39	87.33
BUS	RNN	87.53	80.59	86.30	77.14	89.34	87.14	87.75	81.77
LAW	RNN	82.07	75.00	79.77	70.61	84.65	84.31	81.97	76.71
LIB-ART	RNN	87.79	81.46	86.98	79.74	89.29	85.35	87.95	82.21
POL	RNN	87.38	75.05	86.57	70.28	88.37	87.26	87.44	77.74

In Figure 6, ROC curves of all compared algorithms are used to assess the predictive performance of models. It displays a comparative analysis a model across various academic disciplines, with each curve demonstrating the model's capability to balance the true positive rate (TPR) against the false positive rate (FPR) at various thresholds, as indicated by the respective Area Under the Curve (AUC) metrics. The AUC values, ranging from 0.88 to 1.00, reveal significant variation in model performance, with the model for the health care and medical fields achieving the highest discriminative accuracy.

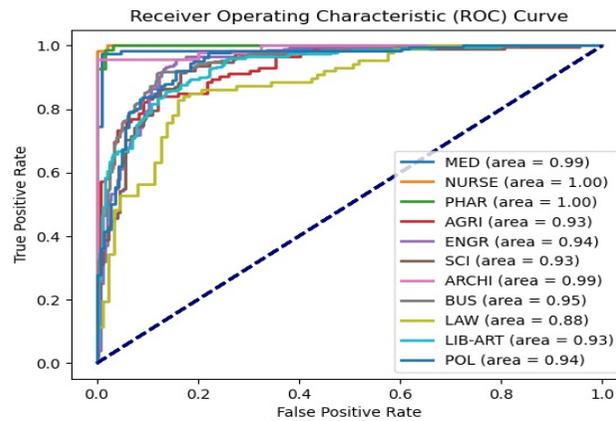


Figure 6 Representation of ROC curve of RNN algorithms

Furthermore, we fine-tuned deep learning algorithms to evaluate the influence of hyperparameters on predicting student success. Iterative experimentation across various settings focused on the most effective hyperparameter combinations applied to faculty-specific datasets, which are given in Table 4. Specifically, the RNN model was tuned by varying three optimal parameters (*i.e.*, epochs, batch_size and activation function) to obtain a better result. As a result, we found that setting an optimal epoch=50, defining a batch size in [16, 32, 64] and using a 'relu' or 'tanh' activation function could provide high accuracy. However, even though a small filter size and large batch size can improve the model performance, they might increase the computational cost of the model.

Table 4 Optimized Hyperparameters of all the best performing classifiers.

Faculty	Classifier	Optimized Parameter Settings
MED	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='relu'
NURSE	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='tanh'
PHAR	RNN	epochs=50, batch_size=32, activation='tanh'
AGRI	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='relu'
ENGR	RNN	epochs=50, batch_size=32, activation='relu'
SCI	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='tanh'
ARCHI	RNN	epochs=50, batch_size=32, activation='relu'
BUS	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='relu'
LAW	RNN	epochs=50, batch_size=64, activation='relu'
LIB-ART	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='tanh'
POL	RNN	epochs=50, batch_size=16, activation='tanh'

Web-based Application in prediction and report panel

To answer RQ2, we developed a web-based prediction and reporting system that can provide a mechanism to analyze student performance and provide summary reports using a fine-tuned predictive model. The prediction and report panel are shown in Figure 7.

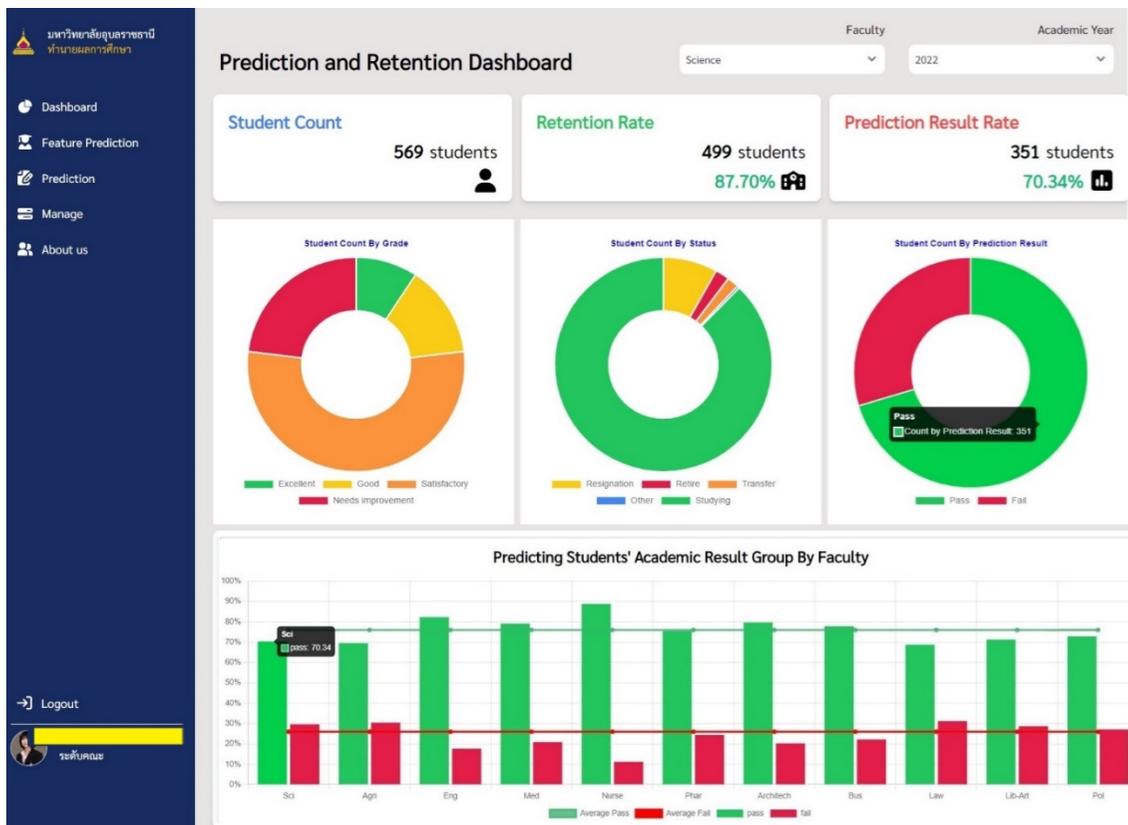


Figure 7 Prediction results dashboard for the Faculty of Science, which include dashboard showing a comparison of success prediction for each faculty.

The system consists of the following two modules. First, it provides a brief summary of student backgrounds, grading, retention rates and especially prediction in completion rate for the whole university as well as the individual faculties. For example, Figure 7 shows a report of Faculty of Science student percentages for the 2022 academic year indicating the likelihood that they will complete their degrees used an RNN fine-tuned model. Moreover, it also shows the percentage of students who will likely succeed in their studies across all the faculties.

Figure 8 Input form for individual predictions

The second part was done to demonstrate the impacts of various factors on academic performance for specified faculties. As such, faculty and university administrators can better understand student success in a data-driven approach for decision making. For example, when a user submitted their form in Figure 8, prediction results of a fine-tuned predictive model are displayed indicating whether they are likely to complete their studies. Histograms highlight important features affecting student performance in Figure 9.

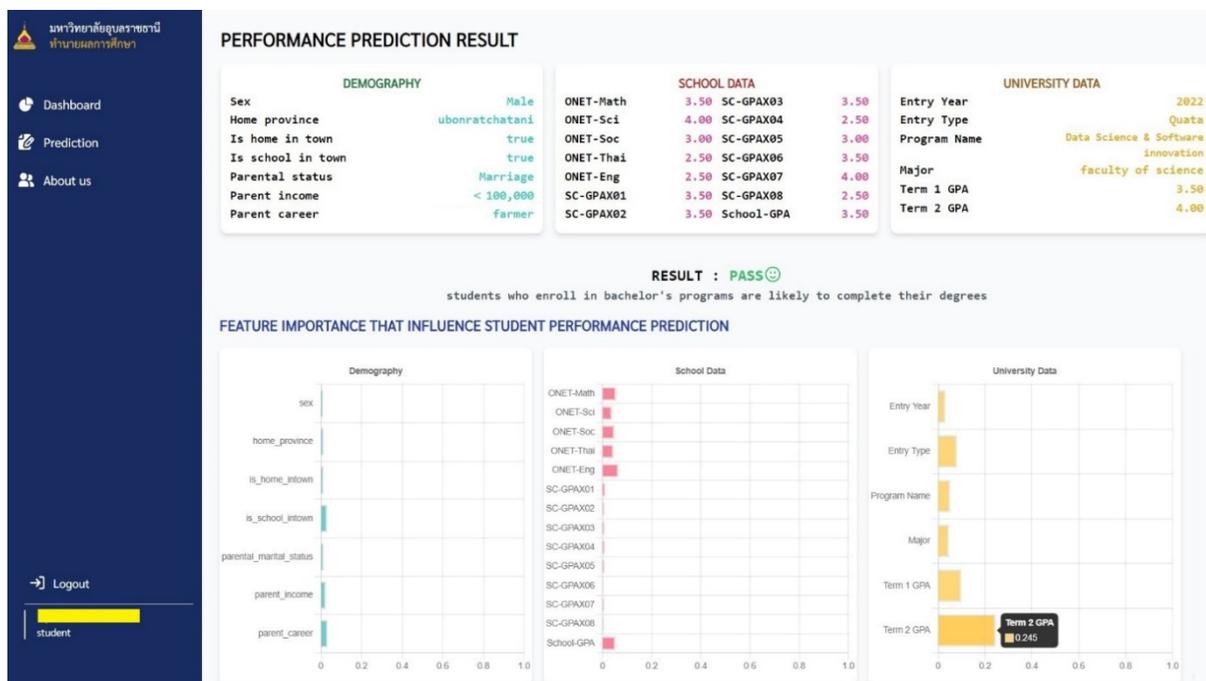


Figure 9 Form reporting individual student prediction results

Successful testing of HTTP and web sockets shows the final application is working correctly, and the database can support deep learning algorithms. This establishes interoperability between the subsystems, and that the fine-tuned algorithm is working well to produce results.

Furthermore, we conducted the time measurement in the process of the prediction process from when a client made a request to the system until the task was completed and the results were displayed to

users. These measurements are repeated 35 times to reach the result. The result of execution times to complete a prediction were captured and used within application developed in Python, which are depicted in Table 5.

Table 5 Performance of prediction speed in web application

Minimum time (sec)	Maximum time (sec)	Average time (sec)
0.0649	0.1849	0.1125

Conclusions and future work

This study is a thorough analysis of a dataset obtained from Ubon Ratchathani University. The dataset consists of 27 attributes, covering 11 faculties, and includes data on 51,106 students over the period of 2011 to 2021. Utilizing deep learning algorithms, we unveil patterns in student performance, with a particular focus on the predictive capabilities of specific models in various academic fields. This comprehensive dataset enables us to improve predictive models and expand their usefulness in educational environments. Moreover, development of a web application was done as a prediction and decision-making tool by implementing the optimal model with Scikit-Learn of Python, PostgreSQL, and a Django framework.

In summary, addressing student success can be done using the approach of this study to enhance educational quality, identify at-risk students early, and in decision-making. Furthermore, it would be beneficial to integrate this approach into other relevant educational platforms.

In future research, the study intends to include additional factors such as Learning Management System (LMS) activities and social network datasets. This will expand the range of student data analysis to include correlation and prediction. This expansion aims to improve the predictive models by utilizing advanced deep learning algorithms and ensemble classification methods. The goal is to increase the accuracy and performance of student success predictions. Furthermore, this will be directed towards investigating and comparing several machine learning and deep learning models to predict student performance at our university.

Acknowledgements

We acknowledge and thank the Faculty of Science and Ubon Ratchathani University for supporting this research.

References

- Badal, Y. T. and Sungkur, R. K. (2023). Predictive modelling and analytics of students' grades using machine learning algorithms. *Journal of Education and Information Technologies*, 28(1), 3027–3057.
- Bhushan, M., Vyas, S., Mall, S. and Negi, A. (2023). A comparative study of machine learning and deep learning algorithms for predicting student's academic performance. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(6), 2674–2683.
- Fullan, M. (2018). *New pedagogies for deep learning*. California: Corwin Press.
- Inamdar A., Mhatre, T., Nadar, P. and Joshi, S. (2022), Personalized college recommender and cutoff predictor for direct second year engineering. In *The IEEE 7th International conference for Convergence in Technology* (pp.1-4). Mumbai: India.
- Kaensar, C. and Wongnin, W. (2023). Analysis and prediction of student performance based on moodle log data using machine learning techniques. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 18(10), 184-203.

- Kaensar, C. and Wongnin, W. (2023). Predicting new student performances and identifying important attributes of admission data using machine learning techniques with hyperparameter tuning. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 19(12), em2369.
- Korchi, A., Messaoudi, F., Abatal, A. and Manzali, Y. (2023). Machine learning and deep learning-based students' grade prediction. **Operations Research Forum**, 4, 87.
- Mangaroska, K. and Giannakos, M. (2018). Learning analytics for learning design: a systematic literature review of analytics-driven design to enhance learning. In **IEEE Transactions Learning Technologies**, 9(1), 1-19.
- Mohammad, A., Al-Kaltakchi, S., Alshehabi, A.J. and Chambers, J. (2023). Comprehensive evaluations of student performance estimation via machine learning. **Mathematics**, 11(14), 3153
- Park, H. S. and Seong, J. Y. (2021). Early dropout prediction in online learning of university using machine learning. **JOIV: International Journal on Informatics Visualization**, 5(4), 347-353,
- Roy, A., Rahman, M. R., Islam, M. N., Saimon, N. I., Alfaz, M. and Jaber, A. (2022). A deep learning approach to predict academic result and recommend study plan for improving student's academic performance. **Springer: Ubiquitous Intelligent Systems, Smart Innovation, Systems and Technologies**, 253–266.
- Sultana, J., Rani, M. U. and Farquad, H. (2019). Student's performance prediction using deep learning and data mining methods. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, 8(1), 1018-1021.
- Streib, F., Yang, Z., M. U., Tripathi, S. and Dehmer, M. (2020). An introductory review of deep learning for prediction models with big data. **Frontiers in Artificial Intelligence**, 3(1), 1-23.
- Ubon Ratchathani University. (2010). REG UBU Office of Registration. Retrieved 5 Dec 2023, from **REG UBU**: <https://www.reg.ubu.ac.th>
- Vijayalakshmi, V. and Venkatachalapathy, K. (2019). Comparison of predicting student's performance using machine learning algorithms. **International Journal of Intelligent Systems and Applications**, 11(12), 34-45.
- Wibowo, S., Andreswari, R. and Hasibuan, A. M. (2018). Analysis and design of decision support system dashboard for predicting student graduation time. In **The 5th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics** (pp.684-689). Malang: Indonesia.



Research Article

Hydrogel poly(2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid-co-acrylic acid) supported copper nanoparticles and their use as catalyst for hydrogen production from hydrolysis of sodium borohydride

Phattaranan Thongtaow¹, Nuchanaporn Pijarn², Siriwat Radabutra², Sanoe Chairam^{2,*}

¹Program of Master of Science (Chemistry), Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand

*E-mail: sanoe.c@ubu.ac.th

Received < 29 February 2024>; Revised <19 April 2024>; Accepted <20 April 2024 >

Abstract

In this work, the hydrogel copolymers from 2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid (AMPS) and acrylic acid (AA) or Hp(AMPS-co-AA) at different ratios were successfully synthesized by the free radical polymerization for the use in the adsorption of Cu²⁺ ions through functional groups within the hydrogel network. The bound Cu²⁺ ions within the hydrogel structure were subsequently reduced to the copper nanoparticles (CuNPs) by the reduction reaction using sodium borohydride (NaBH₄) as the reducing agent. The swelling of hydrogel was investigated, and the Hp(AMPS-co-AA) supported CuNPs were characterized by Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and thermogravimetric analysis (TGA). After that, the catalytic activity of Hp(AMPS-co-AA) supported CuNPs was investigated in the hydrolysis of NaBH₄ for the hydrogen production. The reaction parameters were calculated by Arrhenius and Eyring equations. It was found that the activation energy (E_a) was found to be 18.20 kJ mol⁻¹; whereas the activation enthalpy (ΔH[#]) and activation entropy (ΔS[#]) was 20.84 kJ mol⁻¹ and -197.54 kJ mol⁻¹ K⁻¹, respectively. Furthermore, Hp(AMPS-co-AA) supported CuNPs can be reused up to five times without a significant loss of the catalytic activity. This work indicated that Hp(AMPS-co-AA) supported CuNPs were very useful in the hydrolysis of NaBH₄ for hydrogen production and even in catalysis of other reactions of interest.

Keywords: Hydrogen production, Hydrolysis, Copper nanoparticles, Hydrogel polymer, Sodium borohydride

บทความวิจัย

ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสม (2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด-อะคริลิก แอซิด) รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนและการใช้ประโยชน์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

ภัทรนันท์ ทองเถาว์¹ นุชนาพร พิจารณ์² ศิริวัฒน์ ระดาบุตร² และ เสนอ ชัยรัมย์^{2,*}

¹หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาเคมี) ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วารินชำราบ อุบลราชธานี 34190

*E-mail: sanoec@ubu.ac.th

รับบทความ: 29 กุมภาพันธ์ 2567 แก้ไขบทความ: 19 เมษายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 20 เมษายน 2567

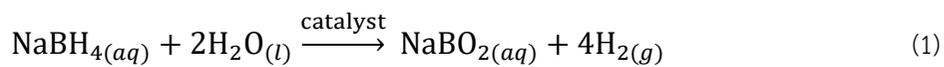
บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสมที่มาจาก 2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด กับ อะคริลิก แอซิด ด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ สามารถสังเคราะห์ขึ้นได้โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระเพื่อใช้ในการดูดซับไอออนคอปเปอร์ด้วยหมู่ฟังก์ชันที่มีอยู่ในโครงร่างตาข่ายไฮโดรเจล หลังจากนั้น ไอออนคอปเปอร์ที่ถูกตรึงภายในโครงร่าง ไฮโดรเจลถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน โดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชันจากการใช้โซเดียมโบโรไฮไดรด์ทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ ศึกษาการบวมตัวของไฮโดรเจล ตลอดจนวิเคราะห์ห้อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนในไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสม โดยอาศัยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปีและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน หลังจากนั้น ศึกษาประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสมที่รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนในการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์สำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจน คำนวณพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยาจากสมการอาร์เรเนียส และสมการอายริงก์ ผลการคำนวณพบว่า พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) มีค่าเท่ากับ $18.20 \text{ kJ mol}^{-1}$ ในขณะที่เอนทัลปีพลังงานกระตุ้นและเอนโทรปีพลังงานกระตุ้นมีค่าเท่ากับ $20.84 \text{ kJ mol}^{-1}$ และ $-197.54 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ตามลำดับ นอกจากนี้ ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสมที่รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากกว่า 5 ครั้ง โดยยังคงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยา งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสมที่รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนมีประโยชน์อย่างมากในการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์สำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจน รวมทั้งในการเร่งปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่น่าสนใจ

คำสำคัญ: การผลิตแก๊สไฮโดรเจน การย่อยสลายน้ำ อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ โซเดียมโบโรไฮไดรด์

บทนำ

ในปัจจุบัน ทรัพยากรเชื้อเพลิงฟอสซิลมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วซึ่งตรงข้ามกับความต้องการพลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงฟอสซิลผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ก่อให้เกิดมลภาวะที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้น ความต้องการพลังงานสะอาดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับระบบการผลิตและจัดเก็บพลังงานในอนาคต พลังงานไฮโดรเจนเป็นที่รู้จักกันดีในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และเป็นทางเลือกพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีข้อดีหลายข้อที่แตกต่างจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Ayub *et al.*, 2018) เทคโนโลยีสำหรับเก็บไฮโดรเจนขึ้นอยู่กับประเภทของรูปสารเคมี วัสดุที่เก็บ เช่น การเก็บในรูปโลหะไฮไดรด์ วัสดุคาร์บอน และไฮไดรด์ของเหลว (Kojima, 2019) เป็นต้น การเก็บไฮโดรเจนในรูปโบโรไฮไดรด์ได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะนอกจากจะสามารถกักเก็บไฮโดรเจนในปริมาณที่สูงแล้ว ยังสามารถนำมาผลิตไฮโดรเจนเพื่อเป็นวัตถุดิบของเซลล์เชื้อเพลิง (fuel cell) ซึ่งอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากกระบวนการทางเคมีจากปฏิกิริยาระหว่างแก๊สไฮโดรเจนและแก๊สออกซิเจนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยไม่อาศัยกระบวนการเผาไหม้และได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ (Le *et al.*, 2021) โซเดียมโบโรไฮไดรด์ (NaBH₄) จัดเป็นสารเคมีรูปหนึ่งของโลหะไฮไดรด์ที่มีการศึกษามากที่สุดเมื่อเทียบกับสารกักเก็บชนิดอื่น ซึ่งมีร้อยละโดยมวล (wt.%) ของการกักเก็บไฮโดรเจนอยู่ที่ 10.8 wt.% เมื่อเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำ (hydrolysis) ด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ในระบบที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysts) จะให้แก๊สไฮโดรเจนเป็นผลิตภัณฑ์ ดังสมการ (1)



การสลายตัวของน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางในระบบที่มีตัวเร่งปฏิกิริยาอนุภาคระดับนาโนของโลหะมีตระกูล อาทิ โรเดียม (Rh) รูทีเนียม (Ru) แพลเลเดียม (Pd) และ แพลทินัม (Pt) เนื่องจากโลหะเหล่านี้มีราคาแพง นักวิจัยจำนวนมากจึงเริ่มหันไปใช้โลหะทรานซิชันอื่นที่ทำหน้าเป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาการสลายตัวของน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์มากขึ้น เช่น โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) และ คอปเปอร์ (Cu) เป็นต้น (Liu, Qin and Zheng, 2021) อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน (copper nanoparticles, CuNPs) เป็นหนึ่งในตัวเร่งปฏิกิริยาที่กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากมีราคาถูกและมีประสิทธิภาพเทียบเท่าโลหะมีตระกูล อย่างไรก็ตาม อนุภาคโลหะระดับนาโนมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันทำให้ขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จึงส่งผลให้สูญเสียประสิทธิภาพภายใต้เงื่อนไขของการเร่งปฏิกิริยา (Sun *et al.*, 2019) ดังนั้น วัสดุรองรับ (supporter) จึงมีความจำเป็นเพื่อทำให้อนุภาคระดับนาโนมีประสิทธิภาพและช่วยเพิ่มเสถียรภาพของการเกิดปฏิกิริยาในระหว่างที่ถูกใช้งานมากขึ้น

เป็นที่ทราบกันดีว่า วัสดุหลายชนิดถูกนำมาใช้งานเป็นตัวรองรับกันอย่างแพร่หลายในการเตรียมอนุภาคระดับนาโนของโลหะต่าง ๆ เมื่อพิจารณาเฉพาะวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ ไฮโดรเจล (hydrogel) เป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยสายโซ่ของมอนอเมอร์ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันและมีสารเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ (cross-linking agent) ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อสายโซ่พอลิเมอร์เป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ไฮโดรเจลจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำแต่ชอบดูดซับน้ำไว้ภายในโครงสร้างด้วยหมู่ฟังก์ชันทางเคมี (hydrophilic groups) ชนิดต่าง ๆ มากมาย ได้แก่ หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl, -OH) หมู่คาร์บอกซิล (carboxyl, -COOH) หมู่อะมิโน (amino, -NH₂) และหมู่ซัลโฟนิล (sulfonyl, -SO₂-) เป็นต้น (Güven *et al.*, 2022) ดังนั้น ไฮโดรเจลจึงเป็นพอลิเมอร์ที่ได้รับความสนใจอย่างมากและมีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ในด้านการแพทย์ ใช้เป็นวัสดุบรรจุและควบคุมการปลดปล่อยยาสู่ร่างกายมนุษย์อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้านการเกษตร ใช้เป็นวัสดุผสมดินเพื่อเพิ่มการเก็บกักน้ำ ให้ความชุ่มชื้นแก่ดิน และเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น (Cao *et al.*, 2021) จากการทบทวนวรรณกรรม ถึงแม้ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ที่หลากหลายดังที่กล่าวไปแล้ว แต่การนำมาใช้เป็นตัวรองรับในการเตรียมอนุภาคระดับนาโนของโลหะเพื่อใช้ในการเร่งปฏิกิริยา (catalysis) ในงานวิจัยทางเคมียังมีอยู่น้อย

2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด (2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid, AMPS) เป็นสารมอนอเมอร์หนึ่งที่ชอบน้ำหรือมีสมบัติไฮโดรฟิลิก (hydrophilic monomer) ที่ดี และสามารถนำไปสังเคราะห์ร่วมกับมอนอเมอร์อื่นเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของโคพอลิเมอร์ (copolymer) ได้มากมาย ดังนั้น งานวิจัยนี้ต้องการสังเคราะห์ไฮโดรเจลชนิดโคพอลิเมอร์จาก AMPS กับ อะคริลิก แอซิด (AA) ศึกษาคุณสมบัติของวัสดุที่เตรียมได้ด้วยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์สเปกตรัมอินฟราเรดและอินฟราเรดด้วยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (fourier transform infrared spectroscopy, FTIR) และการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (thermogravimetric analysis, TGA) ตลอดจนการใช้ไฮโดรเจลพอลิเมอร์นี้เป็นตัวรองรับในการเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน (copper nanoparticles, CuNPs) โดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชันจากการรีดิวซ์ไอออนคอปเปอร์ (Cu²⁺) ที่ถูกดูดซับด้วยหมู่ฟังก์ชันทางเคมีที่มีอยู่ภายใน

โครงสร้างไฮโดรเจล ให้กลายเป็นอนุภาคโลหะคอปเปอร์ที่มีประจุศูนย์หรืออนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน โดยมีไฮโดรเจลพอลิเมอร์ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับ เพื่อใช้งานเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ด้วยวิธีการโคพอลิเมอร์ไรเซชัน โดยใช้มอนอเมอร์ AMPS กับ AA ตลอดจนศึกษาการใช้ประโยชน์ไฮโดรเจลชนิดโคพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ได้ในงานเป็นตัวอย่างสำหรับการเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนเพื่อใช้งานเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ (heterogeneous catalyst) รวมทั้งปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

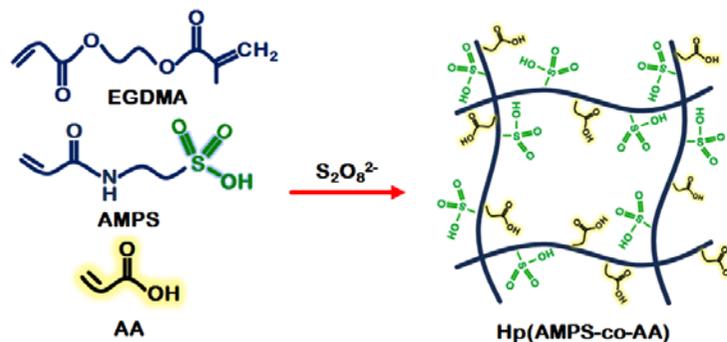
วิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมี

สารเคมีที่ในงานนี้เป็นเกรดวิเคราะห์ (analytical grade) ที่ใช้โดยไม่จำเป็นต้องทำให้บริสุทธิ์เพิ่มเติม 2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด (2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid, 99% Acros Organics) อะคริลิก แอซิด (acrylic acid, 99% Sigma-Aldrich) เอทิลีน ไกลคอล ไดเมทาคราต (ethylene glycol dimethacrylate, 98% Carlo Erba) โพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต ($K_2S_2O_8$, 99% Carlo Erba) โซเดียมโบโรไฮไดรด์ ($NaBH_4$, 99% Fisher Scientific) คอปเปอร์(II) ไนเตรต ไตรไฮเดรต ($Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, Carlo Erba) น้ำปราศจากไอออน (deionized water, $R \geq 18.2 \text{ M}\Omega \text{ cm}$, nanopore ultrapure water system)

การสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์

การสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ทำโดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์แบบอนุมูลอิสระ (free radical polymerization) และการเชื่อมขวาง (cross-linking) ในสภาวะที่ให้ความร้อนเพื่อทำให้อินิเตียเตอร์ (initiator) มีการแตกตัวและให้อนุมูลอิสระออกมา การทดลองทำโดยเตรียมมอนอเมอร์ผสมระหว่าง 2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด (2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid, AMPS) จำนวน 10 mmol กับ อะคริลิก แอซิด (acrylic acid, AA) ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ (1, 5, 10 และ 15 mol% ของ AMPS) ละลายในน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 2 mL แล้วเติมเอทิลีนไกลคอลไดเมทาคราต (ethylene glycol dimethacrylate, EGDMA) 0.1 mol% ของ AMPS จำนวน 20 μL และ 0.01 M $K_2S_2O_8$ จำนวน 1 mL จากนั้นกวนสารละลายผสมที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ สารเชื่อมขวางระหว่างสายโซ่ และตัวริเริ่มให้เข้ากัน แล้วบรรจุสารละลายผสมใส่ในหลอดพลาสติก (เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร) โดยใช้กระบอกฉีดยา (syringe) หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะได้ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ชนิดโคพอลิเมอร์ (Hp(AMPS-co-AA)) ที่มีลักษณะเป็นเจลใส ไม่มีสี นำไฮโดรเจลพอลิเมอร์มาตัดให้มีขนาดยาว $\approx 1 \text{ cm}$ จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออน โดยเปลี่ยนน้ำล้างทุก 1 ชั่วโมง เป็นจำนวน 3 ครั้ง อบไล่ความชื้นด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ $40 \text{ }^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ สุดท้ายเก็บไฮโดรเจลพอลิเมอร์ในตู้ดูดความชื้น (desiccator) เพื่อรอการวิเคราะห์และใช้งานต่อไป การสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์และโครงสร้างทั่วไปของ Hp(AMPS-co-AA) แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์และโครงสร้างทั่วไปของ Hp(AMPS-co-AA)

ศึกษาการบวมตัว (swelling) ของไฮโดรเจลพอลิเมอร์

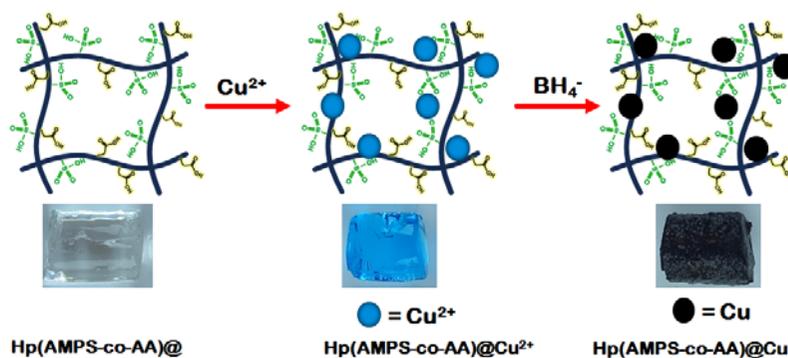
การบวมตัว (swelling) ของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ศึกษาโดยการชั่ง Hp(AMPS-co-AA) ที่ผ่านการอบไล่ความชื้นในน้ำหนักที่แน่นอน (≈ 0.1 g) แล้วแช่ในน้ำปราศจากไอออน จากนั้น บันทึกน้ำหนักไฮโดรเจลที่บวมตัวจากการดูดซับน้ำเข้าไปเทียบกับเวลาการบวมตัวของไฮโดรเจลจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย งานวิจัยนี้เลือกสนใจที่จะศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการบวมตัวของไฮโดรเจล ได้แก่ สัดส่วนของมอนอเมอร์ AA ที่มีต่อไฮโดรเจลพอลิเมอร์ Hp(AMPS-co-AA) และอุณหภูมิของการทดสอบการบวมตัว ทั้งนี้ เปอร์เซ็นต์การบวมตัว (%swelling, %S_w) ของไฮโดรเจลพอลิเมอร์สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$\%S_w = \frac{W_t - W_i}{W_i} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ W_t และ W_i คือ น้ำหนักของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่เวลาใด ๆ ที่ดูดซับน้ำและน้ำหนักของไฮโดรเจลพอลิเมอร์แห้งที่เวลาเริ่มต้น ตามลำดับ

การเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนที่รองรับด้วยไฮโดรเจลพอลิเมอร์

การเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนทำได้โดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชัน (reduction) จากการรีดิวซ์ไอออนคอปเปอร์ให้กลายเป็นอนุภาคโลหะคอปเปอร์ที่มีประจุศูนย์หรืออนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน โดยมีไฮโดรเจลพอลิเมอร์ทำหน้าที่เป็นตัวรองรับ และป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติในระดับนาโนจากการรวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น การทดลองทำได้โดยชั่งไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่ผ่านการอบไล่ความชื้นด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (≈ 0.5 g) เติมน้ำใน 50 mL ของสารละลาย 1.0 M Cu(NO₃)₂ หลังจากแช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไฮโดรเจลพอลิเมอร์จากเดิมที่ใสและไม่มีสี จะมีสีฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าคอปเปอร์(II) ถูกดูดซับเข้าไปในโครงร่างตาข่ายไฮโดรเจลพอลิเมอร์ (Hp(AMPS-co-AA)@Cu²⁺) และล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกไป จากนั้นนำ Hp(AMPS-co-AA)@Cu²⁺ ไปแช่ใน 50 mL ของสารละลาย 1.0 M NaBH₄ ไฮโดรเจลพอลิเมอร์จะเปลี่ยนจากสีฟ้าเป็นสีดำ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คอปเปอร์(II) ที่อยู่ในไฮโดรเจลพอลิเมอร์ถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็นอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโน (Hp(AMPS-co-AA)@Cu) จากนั้นล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนเพื่อกำจัดสิ่งปนเปื้อน อบไล่ความชื้นด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วนำ Hp(AMPS-co-AA)@Cu ไปเก็บในตู้ดูดความชื้นเพื่อรอการวิเคราะห์และใช้สำหรับงานต่อไป การเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนที่รองรับด้วยไฮโดรเจลพอลิเมอร์ แสดงในภาพที่ 2



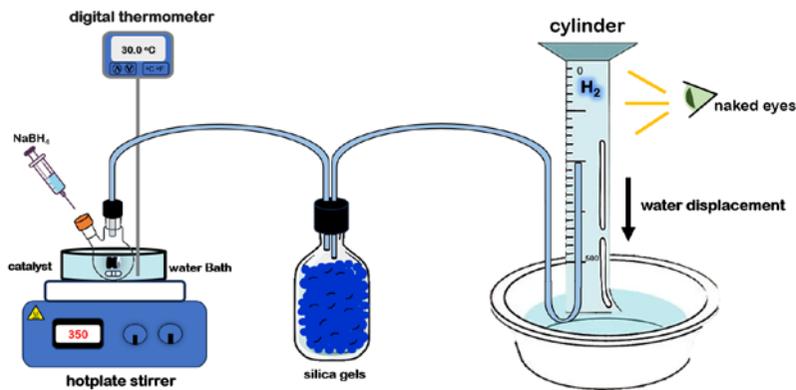
ภาพที่ 2 การเตรียมอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนที่รองรับด้วยไฮโดรเจลพอลิเมอร์

การวิเคราะห์อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนในไฮโดรเจลพอลิเมอร์

การวิเคราะห์อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนที่มีอยู่ในไฮโดรเจลพอลิเมอร์ทำได้โดยอาศัยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (fourier transform infrared spectroscopy, FTIR) ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุอินทรีย์และอนินทรีย์ ด้วยเครื่อง Perkin Elmer 200-FTIR spectrophotometer โดยวิเคราะห์การสั่นของพันธะและหมู่ฟังก์ชันในโมเลกุลจากการดูดกลืนแสงในช่วงอินฟราเรดช่วงเลขคลื่น (wavenumber) 4,000 – 400 cm⁻¹ ตลอดจนการวิเคราะห์ การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน (thermogravimetric analysis, TGA) ด้วยเครื่อง TG8120 RIGAKU thermogravimetric analyzer โดยชั่งตัวอย่าง 5–10 mg ใส่ในถ้วยอะลูมินา (Al₂O₃) โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของตัวอย่างที่เวลาใด ๆ เมื่อได้รับความร้อนจากอุณหภูมิ ≈ 28 °C ถึง 700 °C ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C min⁻¹ ภายใต้บรรยากาศแก๊สไนโตรเจน (N₂) ที่ 20 cm³ min⁻¹

การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

การผลิตแก๊สไฮโดรเจนทำในระบบปิด โดยการชั่ง Hp(AMPS-co-AA)@Cu ในปริมาณที่แน่นอนใส่ในขวดก้นกลมชนิดสองคอ (two-neck round-bottom flask) ที่ปิดด้วยจุกยางอย่างหนาแน่น โดยที่ขวดปฏิกิริยาจะจุ่มวางในอ่างน้ำ (water bath) ภายใต้เครื่องกวนสารละลายพร้อมให้ความร้อน (hotplate stirrer) จากนั้น ฉีดสารละลาย NaBH_4 ผ่านจุกยาง (rubber septum) เข้าไปในขวดปฏิกิริยาผ่านกระบอกฉีด แก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปตามระบบเส้นท่อนำแก๊ส (gas outlet) ผ่านขวดที่บรรจุซิลิกาเพื่อดักจับความชื้น (ไอน้ำ) ที่ปะปนมาและส่งต่อไปยังกระบอกตวงด้วยคุณสมบัติของแก๊สไฮโดรเจนติดไฟได้ วิธีการทดสอบทำได้โดยใช้ก้านรูปที่มีเปลวไฟ จ่อที่ปากหลอดทดลองที่บรรจุอยู่ ซึ่งจะมีเสียงดังเกิดขึ้น จากนั้นบันทึกปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนจากการอ่านค่าส่วนโค้งเว้าของผิวน้ำภายในกระบอกตวงที่เกิดขึ้นที่เวลาใด ๆ โดยอาศัยวิธีการแทนที่น้ำ (water displacement) ในกระบอกตวง ขนาด 500 mL ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ประกอบด้วย น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ความเข้มข้นเริ่มต้นของ NaBH_4 อุณหภูมิที่ใช้ในการเร่งปฏิกิริยา ตลอดจนตัวเร่งปฏิกิริยาที่ถูกนำกลับมาใช้ใหม่ (reused catalyst) ชุดการทดลองที่แสดงการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ที่เร่งปฏิกิริยาโดย Hp(AMPS-co-AA)@Cu แสดงในภาพที่ 3

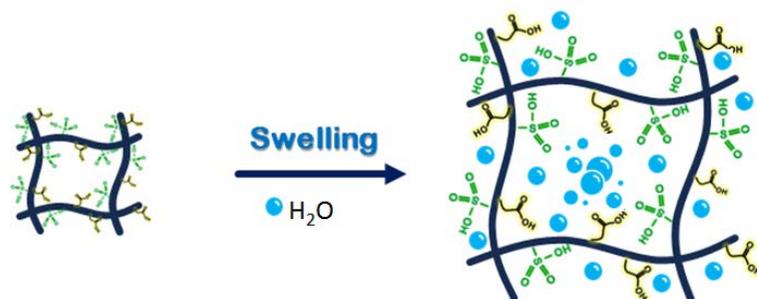


ภาพที่ 3 การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การบวมตัว (swelling) ของไฮโดรเจลพอลิเมอร์

การบวมตัว (swelling) เป็นวิธีการเบื้องต้นอย่างหนึ่งที่ใช้ในการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุจำพวกพอลิเมอร์ การบวมตัวของไฮโดรเจลที่ได้จากการสังเคราะห์จะเกิดขึ้นเมื่อพอลิเมอร์มีการดูดซับน้ำเข้าไปในโครงร่างตาข่าย โดยอาศัยหมู่ฟังก์ชันทางเคมีที่มีอยู่ในโมเลกุลโดยที่ไม่มีการละลายน้ำของพอลิเมอร์ แล้วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสายโซ่พอลิเมอร์ เมื่อเกิดการบวมตัวจากการที่โมเลกุลน้ำแพร่ผ่านเข้าไปภายในโครงสร้างของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ ดังแสดงในภาพที่ 4 จากนั้น บันทึกน้ำหนักของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่บวมตัว (swollen) จากการดูดซับน้ำเข้าไปเทียบกับเวลา

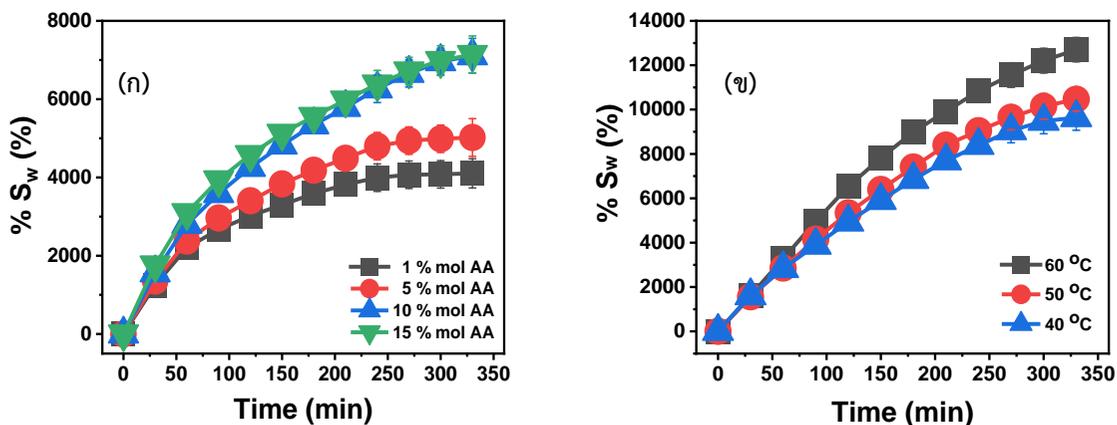


ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของสายโซ่พอลิเมอร์เมื่อเกิดการบวมตัวจากการที่โมเลกุลน้ำแพร่ผ่านเข้าไปภายในโครงสร้างของไฮโดรเจลพอลิเมอร์

ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการบวมตัวของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยอัตราส่วนของมอนอเมอร์ AA ที่ใช้ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ Hp(AMPS-co-AA) และอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 5 จากผลการทดลองพบว่า เมื่อ

เพิ่มความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 1, 5, 10 และ 15 %mol ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การบวมตัว (%swelling, % S_w) ณ อุณหภูมิห้อง ($\approx 28 \pm 1$ °C) ของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ด้วยความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 1, 5 และ 10 %mol เมื่อดูดซับน้ำเป็นเวลานานมากขึ้นสอดคล้องกับผลไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่บวมตัวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นที่รู้จักกันว่าหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิล (carboxyl, -COOH) ที่มีอยู่ในมอนอเมอร์ AA เป็นหมู่ฟังก์ชันทางเคมีที่ชอบน้ำหรือมีความเป็นไฮโดรฟิลิกที่ดี ดังนั้น เมื่อจำนวนหมู่ฟังก์ชันหมู่คาร์บอกซิลในโมเลกุลพอลิเมอร์มีจำนวนเพิ่มขึ้น ปริมาณการดูดซับน้ำของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ย่อมมีแนวโน้มที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA เป็น 15 %mol ผลการทดลองที่ได้พบว่า เปอร์เซ็นต์การบวมตัวมีค่าสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยสาเหตุของการบวมตัวไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากผ่านไปช่วงเวลาหนึ่งเป็นการอิมมิดีของไฮโดรเจลพอลิเมอร์โดยน้ำเข้าไปแทนที่บริเวณช่องว่างภายในโครงสร้างจนหมดและไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญซึ่งมีการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) ของความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 15 % mol เมื่อเทียบกับความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 10 %mol (ดังแสดงในภาพที่ 5ก) มีค่าเท่ากับ 7140 ± 247 และ 7110 ± 206 % ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 10 %mol ในการสังเคราะห์ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ Hp(AMPS-co-AA)

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของการทดสอบการบวมตัวที่ส่งผลต่อการบวมตัวของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ Hp(AMPS-co-AA) ของความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 10 %mol ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษาจาก 40 เป็น 50 และ 60 °C ซึ่งมีการทดลองซ้ำ 3 ซ้ำ ไฮโดรเจลพอลิเมอร์มีแนวโน้มของการดูดซับน้ำเข้าสู่ภายในโครงสร้างของโครงร่างตาข่ายที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ ทั้งนี้เป็นที่รู้จักกันว่า อุณหภูมิขณะศึกษาการบวมตัวไฮโดรเจลพอลิเมอร์เป็นตัวแปรสำคัญที่ทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล จนทำให้เกิดการสั่นไหวหรือการขยายตัวของพอลิเมอร์ ดังนั้น การเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นย่อมทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ถูกทำลายมากขึ้น เปอร์เซ็นต์การบวมตัวที่เวลาใด ๆ จึงมีค่าสูงขึ้นตามอุณหภูมิ (Saeed, 2013) (ดังแสดงในภาพที่ 5ข) การบวมตัวจะทำให้พื้นที่ผิวของไฮโดรเจลพอลิเมอร์มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการใช้ไฮโดรเจลพอลิเมอร์เป็นตัวรองรับเพื่อป้องกันการสูญเสียคุณสมบัติในระดับนาโน จากการบวมตัวเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้น สำหรับการประยุกต์ใช้ในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมี



ภาพที่ 5 (ก) ความเข้มข้นของมอนอเมอร์ AA ที่ส่งผลต่อการบวมตัวของ Hp(AMPS-co-AA), (ข) อุณหภูมิที่ส่งผลต่อการบวมตัวของ Hp(AMPS-co-AA) เมื่อใช้ความเข้มข้นมอนอเมอร์ AA ที่ 10%mol

ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

อนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนที่มีอยู่ในไฮโดรเจลพอลิเมอร์สามารถตรวจสอบด้วยเทคนิค FTIR ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์วัสดุอินทรีย์และอนินทรีย์ด้านสเปกโทรสโกปีที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของการสั่น (stretching) หรือการหมุน (bending) ของพันธะเคมีในโมเลกุลของสารตัวอย่างระหว่าง Hp(AMPS-co-AA) กับ Hp(AMPS-co-AA)@Cu ดังแสดงในภาพที่ 6ก จากผลการทดลองที่ได้พบว่า อินฟราเรดสเปกตรัม Hp(AMPS-co-AA) แสดงสัญญาณการสั่นของพันธะที่สำคัญดังนี้ การสั่นแบบยืด (stretching) ในช่วง $3,300-2,500$ cm^{-1} เป็นของหมู่ไฮดรอกซิล (O-H) ซึ่งมีลักษณะสัญญาณค่อนข้างกว้างของหมู่ไฮดรอกซิลที่เกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen-bonded hydroxyl) (Khan, Ali and Asiri, 2020) การสั่นแบบยืด (stretching) ในช่วง $1,710-1,680$ cm^{-1} เป็นของหมู่คาร์บอนิล (C=O) การสั่นในช่วง $1,500 - 500$ cm^{-1} เป็นช่วงของย่านลายพิมพ์นิ้วมือ (finger print region) ซึ่งยากต่อการจำแนกว่าเป็นการสั่นจากหมู่ฟังก์ชันใดของโมเลกุลสารตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การสั่นของหมู่ฟังก์ชันบางตัวยังสามารถจำแนกได้ ตัวอย่างเช่น การสั่นแบบยืด (stretching) ในช่วง $1,210-1,160$ cm^{-1} เป็นของพันธะ C-O การสั่นแบบยืด (stretching) ที่ในช่วง $1,070-1,030$ cm^{-1} เป็นของหมู่ซัลโฟนิล (S=O) ที่มาจาก

ต่อเนืองที่ความเร็ว ≈ 350 rpm ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อเพิ่มน้ำหนักของ Hp(AMPS-co-AA)@Cu มากขึ้น ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้นและการดำเนินไปของปฏิกิริยาใช้เวลาเฉลี่ยน้อยลงดังแสดงในภาพที่ 7ก ทั้งนี้อธิบายได้ว่า เมื่อระบบเดียวกันมีปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยามากขึ้น ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีปริมาณมากขึ้นก็จะมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงขึ้นด้วย (Yildiz, Nahit and Sahiner, 2014) เมื่อพิจารณาอัตราเร็วในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนในงานวิจัยนี้โดยศึกษาปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu 5 และ 15 mg มีอัตราเร็วในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่ค่อนข้างช้าจนเกินไปซึ่งใช้เวลาผลิตแก๊สไฮโดรเจนให้ได้ปริมาตร 500 mL เป็นเวลามากกว่า 10 นาที ส่วนปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu 50 mg มีอัตราเร็วในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่ค่อนข้างเร็วเกินไปใช้เวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 500 mL เพียง 1 นาที เมื่อเทียบกับปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu 25 mg เป็นปริมาณของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมกับเวลาในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนปริมาตร 500 mL ที่ 5 นาที เพราะเป็นเวลาที่สามารถบันทึกปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดได้ทันท่วงที นอกจากนี้ น้ำหนักของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ก็ไม่มากจนเกินควร ดังนั้น ตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ที่ 25 mg จึงเป็นปริมาณที่เหมาะสมในการนำไปศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น

ผลของความเข้มข้นโซเดียมโบโรไฮไดรด์

เมื่อกำหนดตัวแปรอื่นคงที่ อัตราการเกิดของปฏิกิริยามีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกิริยา การศึกษาผลของความเข้มข้นโซเดียมโบโรไฮไดรด์ (NaBH_4) โดยใช้ ตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ปริมาตร 25 mg เป็นน้ำหนักควบคุม ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง ($\approx 28 \pm 1$ °C) ภายใต้สภาวะการกวนสารอย่างต่อเนื่องที่ความเร็ว ≈ 350 rpm โดยปรับเปลี่ยนความเข้มข้น NaBH_4 เป็น 15, 30 และ 45 mM ปริมาตร 20 mL เพื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น 62.5 mM ผลการทดลองที่ได้พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้น NaBH_4 มากขึ้น ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มมากขึ้นและการดำเนินไปของปฏิกิริยาใช้เวลาเฉลี่ยน้อยลง (Liao and Huang, 2020) ดังแสดงในภาพที่ 7ข ดังนั้นการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ขึ้นกับความเข้มข้นของโซเดียมโบโรไฮไดรด์ซึ่งเป็นไปตามจลนพลศาสตร์ของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (first order reaction) ดังสมการ (3)

$$-4 \left(\frac{d[\text{NaBH}_4]}{dt} \right) = \frac{d[\text{H}_2]}{dt} = k_{\text{obs}} \quad (3)$$

k_{obs} คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาจากการทดลอง (observed reaction rate constant of the reaction)

ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยา

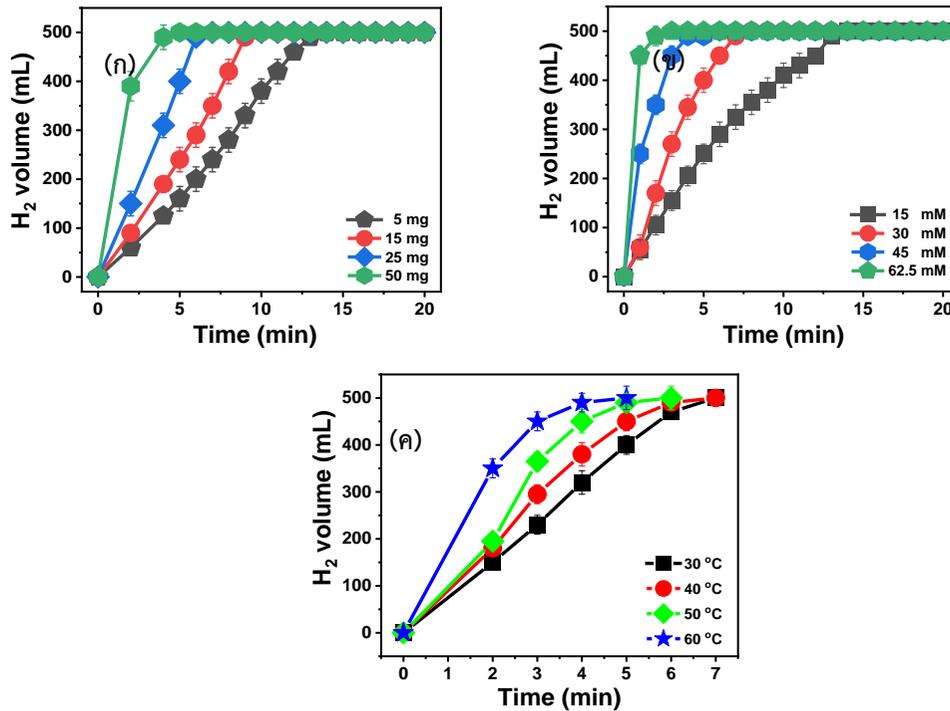
โดยทั่วไป เมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยา อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะมีค่าเพิ่มขึ้น เพราะโมเลกุลของสารตั้งต้นมีพลังงานสูงขึ้นและเพียงพอที่จะเข้าทำปฏิกิริยามากขึ้น การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยาทำการทดลองโดยใช้ปริมาณตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ปริมาตร 25 mg ใช้สารตั้งต้น NaBH_4 ความเข้มข้น 62.5 mM ปริมาตร 20 mL โดยปรับเปลี่ยนอุณหภูมิในการเร่งปฏิกิริยาจากอุณหภูมิห้องเป็น 30, 40, 50 และ 60 (± 1) °C ภายใต้สภาวะการกวนสารอย่างต่อเนื่องที่ความเร็ว ≈ 350 rpm ผลการทดลองที่ได้พบว่า การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มสูงขึ้น การดำเนินไปของปฏิกิริยาใช้เวลาเฉลี่ยน้อยลง ดังแสดงในภาพที่ 7ค การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยามีความสำคัญต่อการคำนวณพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยา อาทิเช่น พลังงานการกระตุ้นหรือพลังงานก่อกัมมันต์ จากสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) และการคำนวณพลังงานปฏิกิริยา ได้แก่ เอนทัลปีพลังงานกระตุ้น (activation enthalpy, ΔH^\ddagger) และ เอนโทรปีพลังงานกระตุ้น (activation entropy, ΔS^\ddagger) ของปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนผ่านจากสารตั้งต้นไปยังผลิตภัณฑ์กับอุณหภูมิสัมพันธ์จากสมการเอयरริง (Eyring equation) ดังสมการ (4) และ (5) ตามลำดับ

$$\ln(k_{\text{obs}}) = \ln(A) - \left(\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

$$\ln \left(\frac{k_{\text{obs}}}{T} \right) = \ln \left(\frac{k_B}{h} \right) + \left(\frac{\Delta S^\ddagger}{RT} \right) - \left(\frac{\Delta H^\ddagger}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) \quad (5)$$

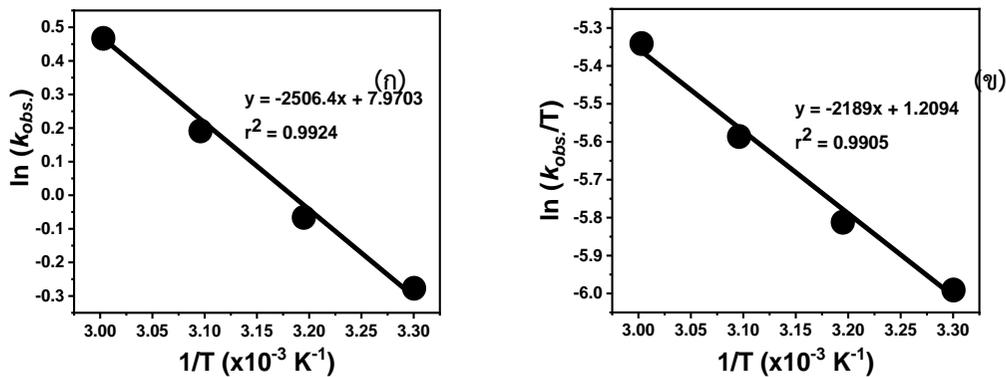
เมื่อ A คือ ค่าคงที่ของ Arrhenius, k_{obs} คือ ค่าคงที่ของการเกิดปฏิกิริยาจากการทดลอง, T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K), k_B คือ ค่าคงที่ Boltzmann (1.381×10^{-23} J K^{-1}), h คือ ค่าคงที่ของ Planck (6.626×10^{-34} J s), E_a คือ พลังงานก่อกัมมันต์, R

คือ ค่าคงที่ของแก๊ส ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), ΔH^\ddagger คือ เอนทาลปีพลังงานกระตุ้น (activation enthalpy), ΔS^\ddagger คือ เอนโทรปีพลังงานกระตุ้น (activation entropy)



ภาพที่ 7 (ก) ผลของน้ำหนักตัวเร่งปฏิกิริยา, (ข) ผลของความเข้มข้นโซเดียมโบโรไฮไดรด์, (ค) ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเร่งปฏิกิริยา

สมการอาร์เรเนียสและสมการอายุริงก์มีความสำคัญต่อการคำนวณหาพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยาเคมีที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา ภาพที่ 8 แสดงกราฟที่ได้เมื่อพล็อตระหว่าง $\ln(k_{obs})$ และ $1/T$ ตามสมการอาร์เรเนียส และ $\ln(k_{obs}/T)$ และ $1/T$ ตามสมการอายุริงก์ ความชันที่ได้จากกราฟสามารถใช้คำนวณหาพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยา ผลการคำนวณที่ได้พบว่าการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ โดยมี Hp(AMPS-co-AA)@Cu ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวีริฟพันธุ มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) เอนทาลปีพลังงานกระตุ้น (ΔH^\ddagger) และเอนโทรปีพลังงานกระตุ้น (ΔS^\ddagger) เท่ากับ $18.20 \text{ kJ mol}^{-1}$, $20.84 \text{ kJ mol}^{-1}$ และ $-197.54 \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยาจากงานวิจัยนี้มีข้อดีโดยตัวเร่งปฏิกิริยามีการใช้ตัวรองรับโลหะคอปเปอร์ที่สังเคราะห์จากพอลิเมอร์ผสมที่มีคุณสมบัติเฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ และใช้สารเคมีในการสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นต่ำซึ่งเป็นข้อดีและข้อแตกต่างกับงานวิจัยอื่น (ดังแสดงในตารางที่ 1) พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า Hp(AMPS-co-AA)@Cu เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแบบวีริฟพันธุสำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ได้เป็นอย่างดี



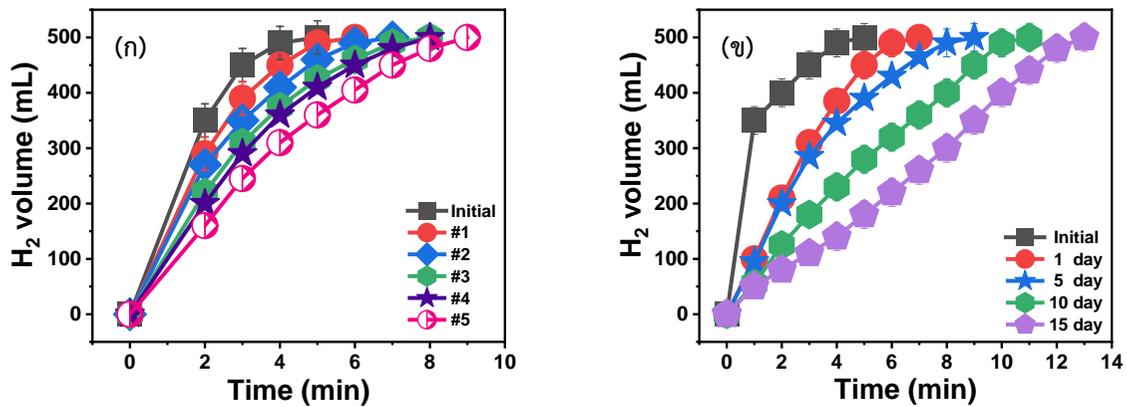
ภาพที่ 8 (ก) กราฟอาร์เรเนียส เมื่อพล็อตระหว่าง $\ln(k_{obs})$ และ $1/T$, (ข) กราฟอายุริงก์ เมื่อพล็อตระหว่าง $\ln(k_{obs}/T)$ และ $1/T$ ที่ได้จากปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ โดยมี Hp(AMPS-co-AA)@Cu เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบพารามิเตอร์จำเพาะของปฏิกิริยาจากงานวิจัยนี้กับงานวิจัยอื่น

ตัวเร่งปฏิกิริยา	พลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) (kJ mol^{-1})	เอนทาลปีพลังงาน กระตุ้น (ΔH^\ddagger) (kJ mol^{-1})	เอนโทรปีพลังงาน กระตุ้น (ΔS^\ddagger) ($\text{kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1}$)	แหล่งอ้างอิง
WSC based hydrogel-Cu	34.84	-	-	Ding <i>et al.</i> (2018)
HEMA/MAA-Cu	37.07	34.35	-117.46	Mahmoud, (2014)
p(AAc-co-VI)-Cu	39.42	36.78	-195.74	Engin and Ozay, (2018)
p(EP-g-AA)-Cu	42.61	39.15	-147.83	Zhao <i>et al.</i> (2017)
Hp(AMPS-co-AA)@Cu	18.20	20.84	-197.54	งานวิจัยนี้

การนำกลับมาใช้ซ้ำ

ในระบบของการเร่งปฏิกิริยาแบบวิวิธพันธุ์ ตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้และสามารถแยกออกได้โดยการกรอง ล้างด้วยน้ำปราศจากไอออนแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 40 °C การศึกษาผลของการนำกลับมาใช้ซ้ำทำการทดลองโดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ปริมาณ 25 mg และใช้ NaBH_4 ที่ความเข้มข้น 62.5 mM ปริมาตร 20 mL ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง ($\approx 28 \pm 1$ °C) ภายใต้สภาวะการกวนสารอย่างต่อเนื่องที่ความเร็ว ≈ 350 rpm ผลการทดลองที่ได้พบว่า การนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำภายในวันเดียวกัน (intraday) ให้ค่าการเปลี่ยนไปของสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ (conversion) เท่ากับ 100% ซึ่งสามารถที่จะระบุประสิทธิภาพของตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu สำหรับการใช้ซ้ำเพื่อผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยหลักการคำนวณอยู่ในข้อมูลเพิ่มเติมข้อที่ 1 อย่างไรก็ตาม การดำเนินไปของปฏิกิริยาของการทดลองซ้ำในแต่ละครั้งใช้เวลามากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 9ก เมื่อนำอัตราเร็วในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนในแต่ละครั้งไปเทียบกับอัตราเร็วในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนครั้งแรก (initial hydrogen production) การนำตัวเร่งกลับมาใช้ใหม่ภายในวันเดียวกันหลังจากทำการทดลองเสร็จสิ้นจะกรองตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ที่ใช้แล้วมาใช้ซ้ำ และเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 40 ± 1 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นบางส่วนออกไปจึงสามารถนำเอาตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ซ้ำอีก 5 ครั้ง เมื่อดำเนินการประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยา (catalytic activity) ลดลงมาอยู่ที่ 60% หลังจากทำการทดลองซ้ำต่อเนื่อง 5 ครั้ง ตามลำดับ นอกจากนี้ การนำตัวเร่งปฏิกิริยากลับมาใช้ซ้ำต่างวัน (interday) จะนำตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ที่ใช้ทำปฏิกิริยาแล้วเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้นที่อุณหภูมิประมาณ 40 ± 1 °C จนกว่าจะครบกำหนดวันของการใช้ซ้ำต่างวันเพื่อไล่ความชื้นบางส่วนออกไปจึงสามารถนำเอาตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ซ้ำเมื่อผ่านไป 1, 5, 10 และ 15 วัน ครั้ง เมื่อดำเนินการก็ยังมีประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาและให้ค่าการเปลี่ยนไปของสารตั้งต้นไปเป็นผลิตภัณฑ์ (conversion) มีค่าลดลงตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสังเกตได้จากปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งยังมีค่าคงที่ ดังแสดงในภาพที่ 9ข ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาจากการนำตัวเร่งกลับมาใช้ซ้ำมีค่าเท่ากับ 100, 73, 62 และ 53% หลังจากผ่านไป 1, 5, 10 และ 15 วัน ตามลำดับ โดยหลักการคำนวณอยู่ในข้อมูลเพิ่มเติมข้อที่ 2 ทั้งนี้ ประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาที่ลดลงคาดการณ์ว่ามาจากการสะสมของบอเรต (BO_2^-) ที่เกิดอันตรกิริยากับโลหะคอปเปอร์บนพื้นผิวตัวเร่งปฏิกิริยา รวมทั้ง กระบวนการออกซิเดชัน (oxidation) ของโลหะคอปเปอร์ที่ส่งผลต่อตำแหน่งกัมมันต์ (active site) งานวิจัยมีข้อมูลลักษณะพื้นผิวของตัวเร่งปฏิกิริยา Hp(AMPS-co-AA)@Cu ก่อนทำปฏิกิริยาย่อยสลายน้ำและหลังทำปฏิกิริยาย่อยสลายน้ำผ่านไป 15 วัน ดังแสดงภาพที่ 2S ซึ่งเป็นบริเวณจำเพาะต่อการเร่งปฏิกิริยาที่เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน (Sahiner and Seven, 2015) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ตัวเร่งปฏิกิริยาริวิวิธพันธุ์ Hp(AMPS-co-AMPS)@Cu สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้โดยยังคงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์



ภาพที่ 9 การศึกษาผลของการนำกลับมาใช้ซ้ำ (ก) ภายในวันเดียวกัน (intraday) (ข) ต่างวัน (interday)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ผสมระหว่าง 2-อะคริลามิโด-2-เมทิลโพรเพนซัลโฟนิค แอซิด กับ อะคริลิก แอซิด ที่อัตราส่วนต่าง ๆ โดยอาศัยปฏิกิริยาฟรีแรดิคคอลลิมโโรเซชัน เพื่อใช้ในการดูดซับไอออนคอปเปอร์ด้วยหมู่ฟังก์ชันที่มีอยู่ภายในโครงร่างตาข่ายไฮโดรเจลพอลิเมอร์ ไอออนคอปเปอร์ที่อยู่ภายในไฮโดรเจลพอลิเมอร์ถูกรีดิวซ์ให้เป็นอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนโดยอาศัยปฏิกิริยารีดักชันด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ จากนั้น ศึกษาการบวมตัวของไฮโดรเจลพอลิเมอร์ ตลอดจนวิเคราะห์ท่อนาคคอปเปอร์ระดับนาโนในไฮโดรเจลพอลิเมอร์ โดยอาศัยเทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน และประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาในการการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ที่สภาวะอุณหภูมิแตกต่างกัน (30, 40, 50 และ 60 °C) ให้ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a) เท่ากับ 18.20 kJ mol⁻¹ ในขณะที่เอนทัลปีพลังงานกระตุ้นและเอนโทรปีพลังงานกระตุ้นมีค่า 20.84 kJ mol⁻¹ และ -197.54 kJ mol⁻¹ K⁻¹ ตามลำดับ ไฮโดรเจลพอลิเมอร์ที่รองรับอนุภาคคอปเปอร์ระดับนาโนสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้หลายครั้งโดยยังคงประสิทธิภาพในการเร่งปฏิกิริยาสำหรับการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากการย่อยสลายน้ำด้วยโซเดียมโบโรไฮไดรด์ รวมทั้งปฏิกิริยาอื่น ๆ ที่น่าสนใจ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนจากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

References

- Ayub, I., Munir, A., Amjad, W., Ghafoor, A. and Nasir, M. S. (2018). Energy- and exergy-based thermal analyses of a solar bakery unit. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 133, 1001-1013.
- Bao, Y., Ma, J. and Li, N. (2011). Synthesis and swelling behaviors of sodium carboxymethyl cellulose-g-poly (AA-co-AM-co-AMPS)/MMT superabsorbent hydrogel. *Carbohydrate Polymers*. 84(1),76-82.
- Cao, H., Duan, L., Zhang, Y., Cao, J. and Zhang, K. (2021). Current hydrogel advances in physicochemical and biological response-driven biomedical application diversity. *Signal transduction and targeted therapy*. 6(1), 426.
- Ding, J., Li, Q., Su, Y., Yue, Q., Gao, B. and Zhou, W. (2018). Preparation and catalytic activity of wheat straw cellulose based hydrogel-nanometal composites for hydrogen generation from NaBH₄ hydrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*. 43(21), 9978-9987.
- Engin, M., and Ozay, O. (2018). The first catalytic hydrolysis of ethylenediamine bisborane with hydrogel-supported metallic nanoparticles. *International Journal of Hydrogen Energy*. 43(32), 15083-15094.
- Güven, O., Demirci, S., Sütekin, S. D., Ari, B. and Sahiner, N. (2022). P(HMA-co-ATU) hydrogel synthesis via gamma radiation and its use for in situ metal nanoparticle preparation and as catalyst in 4-nitrophenol reduction. *Radiation Physics and Chemistry*, 198, 110217.

- Khan, S. B., Ali, F. and Asiri, A. M. (2020). Metal nanoparticles supported on polyacrylamide water beads as catalyst for efficient generation of H₂ from NaBH₄ methanolysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, 45(3), 1532-1540.
- Kojima, Y. (2019). Hydrogen storage materials for hydrogen and energy carriers. **International Journal of Hydrogen Energy**, 44(33), 18179-18192.
- Le, T. T., Pistidda, C., Nguyen, V. H., Singh, P., Raizada, P., Klassen, T. and Dornheim, M. (2021). Nanoconfinement effects on hydrogen storage properties of MgH₂ and LiBH₄. **International Journal of Hydrogen Energy**, 46(46), 23723-23736.
- Liao, J. and Huang, H. (2020). Magnetic sensitive Hericium erinaceus residue chitin/Cu hydrogel nanocomposites for H₂ generation by catalyzing NaBH₄ hydrolysis. **Carbohydrate polymers**. 229, 115426.
- Liu, K., Qin, R. and Zheng, N. (2021). Insights into the interfacial effects in heterogeneous metal nanocatalysts toward selective hydrogenation. **Journal of the American Chemical Society**, 143(12), 4483-4499.
- Mahmoud, G. A. (2014). Radiation synthesis of hydrogels as carriers for catalytic nanoparticles and their use in hydrogen production from sodium borohydride. **Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly**, 145, 711-720.
- Saeed, A. M. (2013). Temperature effect on swelling properties of commercial polyacrylic acid hydrogel beads. **International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, 1(12), 1614-1627.
- Sahiner, N. and Seven, F. (2015). The use of superporous p(AAc (acrylic acid)) cryogels as support for Co and Ni nanoparticle preparation and as reactor in H₂ production from sodium borohydride hydrolysis. **Energy**, 71(15), 2014, 170-179.
- Sun, Y., Tian, P., Ding, D., Yang, Z., Wang, W., Xin, H., Xu, J. and Han, Y-F. (2019). Revealing the active species of Cu-based catalysts for heterogeneous Fenton reaction. **Applied Catalysis B: Environmental**. 258, 117985
- Ullah, N., Ullah, A and Rasheed, S. (2020). Green synthesis of copper nanoparticles using extract of *Dicliptera Roxburghiana*, their characterization and photocatalytic activity against methylene blue degradation. **Letters in Applied NanoBioScience**, 9, 897-901.
- Wan, J., Chen, L., Li, Q., Ye, Y., Feng, X., Zhou, A., Long, X., Xia, D. and Zhang, T. C. (2020). A novel hydrogel for highly efficient adsorption of Cu(II): synthesis, characterization, and mechanisms. **Environmental Science and Pollution Research**, 27, 26621-26630.
- Yildiz, S., Nahit A. and Sahiner, N. (2014). Metal nanoparticle-embedded super porous poly (3-sulfopropyl methacrylate) cryogel for H₂ production from chemical hydride hydrolysis. **International journal of hydrogen energy**, 39(27), 14690-14700.
- Zhao, L., Li, Q., Su, Y., Yue, Q. and Gua, B. (2017). A novel Enteromorpha based hydrogel for copper and nickel nanoparticle preparation and their use in hydrogen production as catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, 42(10), 6746-6756.



Research Article

Utility in the Online Learning During Covid-19 Crisis of Undergraduate Students

Puchong Praekhaow^{1,2,*} Angkool Wangwongchai¹ Worravit Domethong¹ Sirintip Piakong¹

¹Department of Mathematics, Faculty of Science King Mongkut's University of Technology Thonburi

²Faculty of Education Nakhonratchasima College

*Email: Puchong.pra@kmutt.ac.th

Received <30 November 2023>; Revised <18 February 2024>; Accepted <29 February 2024>

Abstract

This research aims to find factors of utility in online learning for undergraduate students during the covid-19 crisis. The samples were 307 undergraduate students at King Mongkut's University of Technology Thonburi, obtained by simple random sampling. The instrument was a questionnaire with 20 utility variables. The data were analyzed by factor analysis. The research found that there are 4 factors in online learning utility: (1) Economic aspect, (2) Social aspect, (3) Learning and Teaching aspect, and (4) Achievement aspect.

Keywords: Utility, COVID-19, Factor analysis, Principal component analysis, Online Learning

บทความวิจัย

อรรถประโยชน์ของการเรียนในรูปแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี

ภูษงค์ แพรขาว^{1,2,*} อังกร หวังวงศ์ชัย¹ วรวิช โดมทอง¹ และ ศิริจันทร์ทิพย์ เปี้ยคง¹

¹ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²คณะศึกษาศาสตร์ วิทยาลัยนครราชสีมา

*Email: Puchong.pra@kmutt.ac.th

รับบทความ: 30 พฤศจิกายน 2566 แก้ไขบทความ: 18 กุมภาพันธ์ 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 29 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาองค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์ในการเรียนในรูปแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี จำนวน 307 คน ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย โดยมีเครื่องมือวัดเป็นแบบสอบถาม จำนวน 20 ข้อ ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ได้ผลการวิจัยพบว่า อรรถประโยชน์ในการเรียนแบบออนไลน์มีองค์ประกอบปัจจัยทั้งหมด 4 องค์ประกอบ คือ (1) ด้านเศรษฐกิจ (2) ด้านสังคม (3) ด้านการเรียนการสอน และ (4) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำสำคัญ: อรรถประโยชน์ โควิด-19 การวิเคราะห์องค์ประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก การเรียนแบบออนไลน์

บทนำ

การระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ส่งผลต่อการศึกษาในประเทศไทยและต่างประเทศเกิดการเปลี่ยนไป เชื้อไวรัสโควิด-19 มีการระบาดเริ่มแรกจากในประเทศจีนในปี พ.ศ. 2563 (Wanichanan, 2021) จนมาถึงปัจจุบันปี พ.ศ. 2564-2565 ก็ยังมีการระบาดไปทั่วโลกรวมทั้งประเทศไทย มีการเปิดเผยข้อมูลว่ามีเยาวชนจำนวน 1.5 พันล้านคนจาก 195 ประเทศที่ได้รับผลกระทบจากการปิดสถานการศึกษาทั้งระดับก่อนประถมศึกษาจนถึงมหาวิทยาลัย (Nawapanpimol and Muangnil, 2021) ประเทศไทยมีสถานการณ์การระบาดเกิดขึ้นรุนแรงในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ.2564 คณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบให้มีการปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใหม่ เรียกว่า การสอนแบบออนไลน์ในทุกระดับชั้น เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรการป้องกันการระบาดพร้อมกับเตรียมมาตรการกึ่งปิดเมือง (Semi-lockdown) และมาตรการเว้นระยะห่างทางสังคม (Social Distancing) และป้องกันไม่ให้ผู้เรียนติดเชื้อโควิด-19 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนในประเทศไทยให้อยู่ในรูปแบบออนไลน์เป็นส่วนมาก (Wanichanan, 2021)

การจัดการเรียนรู้ออนไลน์ คือ การเรียนทางไกล การเรียนผ่านเว็บไซต์ การเรียนผ่านทางอินเทอร์เน็ต จัดเป็นนวัตกรรมทางการศึกษารูปแบบหนึ่งที่นำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารมาช่วยทำการสอน สภาพแวดล้อมของการเรียนในรูปแบบออนไลน์ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดความรู้หลัก Teresa, Montserrat and Hontoria (2020) การเรียนแบบออนไลน์ในประเทศไทยจากผลสำรวจความคิดเห็นการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 ของเครือข่ายมหาวิทยาลัยราชภัฏของประเทศไทยด้วยจำนวนตัวอย่าง 72,626 คน (Network of 38 Rajabhat Universities, 2020) พบว่ามีสถานศึกษาจัดการเรียนการสอนรูปแบบออนไลน์ร้อยละ 78.18 ของตัวอย่างในเขตควบคุมการระบาดสูงสุด 28 จังหวัด ร้อยละ 88.06 ของตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์มากที่สุด คือ โทรศัพท์มือถือร้อยละ 71.32 ของตัวอย่างรองลงมา คือ โน้ตบุ๊กร้อยละ 30.31 ของตัวอย่างสำหรับปัญหาการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ที่พบมากที่สุด คือ ความเร็วของสัญญาณอินเทอร์เน็ต ร้อยละ 41.15 ของตัวอย่าง แต่เมื่อสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัส COVID-19 คลี่คลายลงเป็นที่น่าสังเกตว่า มีนักศึกษาที่ต้องการให้มีการเรียนการสอนแบบออนไลน์ต่อไปอีกถึง ร้อยละ 23.57 ของตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ไม่ใช่แค่การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าในสถานการณ์โควิด-19 เท่านั้น แต่เป็นการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษ 21 ไปด้วย ดังนั้นควรมีการศึกษาวิจัยเพื่อให้มีการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ให้ดีกว่าเดิม เชื่อมโยงกับโลกยุคดิจิทัล ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับบุคลากรทางการศึกษา เช่น บทวิจัยของประเทศอินเดีย Pinyosinwat (2021) ที่กล่าวว่า ถ้าการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตมีคุณภาพดี มีแพลตฟอร์มในการศึกษาออนไลน์ที่มีหลากหลายรูปแบบ เช่น Zoom, Google Classroom, Microsoft Teams เป็นต้น จะทำให้เกิดอรรถประโยชน์การเรียนการสอนต่อนักเรียนมาก

อรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ หมายถึง ประโยชน์ที่เกิดจากการเรียนในรูปแบบออนไลน์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนทำให้เกิดความพึงพอใจต่อผู้เรียนในระดับต่าง ๆ ซึ่งมีงานวิจัยหลายฉบับแสดงหลักฐานว่าการใช้ ICT เป็นเครื่องมือในการสอนสามารถเพิ่มการมีส่วนร่วมของนักเรียนได้ Chen, Lambert and Guidry (2010) และประสิทธิภาพบทบาทของครูได้ Kalogiannakis and Papadakis (2019) เนื่องจากเครื่องมือเหล่านี้สามารถปรับปรุงการเรียนรู้อย่างตนเองได้ของผู้เรียน Williams, Karousou and Mackness (2011) พระณัฐภูมิ อคควทมน ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) หาดองค์ประกอบของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา พบว่าพบว่ามี 6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน Aggavaddhano (2021) Niyomves *et al.* (2023) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจคุณภาพการสอนที่ดีของคณาจารย์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง โดยใช้ตัวสถิติ การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคของศาสตร์ทางสถิติในการค้นหาตัวประกอบต่าง ๆ ที่ตัวแปรในกลุ่มนั้นๆ มีความสัมพันธ์กันช่วยให้ทราบว่า มีตัวแปร อะไรบ้าง ที่มีอิทธิพลกับตัวแปรตามที่น่าสนใจเมื่อวัดร่วมกัน พบว่าประกอบด้วยองค์ประกอบทั้งหมด 5 ด้าน เรียงตามลำดับค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) จากมากไปหาน้อย คือ ด้านศาสตร์ในการจัดการเรียนรู้ ด้านศาสตร์ในการวัดและประเมินผล ด้านการเป็นต้นแบบ/แบบอย่างที่ดี ด้านความรู้เชี่ยวชาญในการสอน และด้านคุณธรรมจริยธรรม คณะผู้วิจัยให้ความสนใจเกี่ยวกับอรรถประโยชน์ของการเรียนในรูปแบบออนไลน์ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย จึงได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาว่าอรรถประโยชน์ของการเรียนรู้ออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ในประเทศไทยมีองค์ประกอบปัจจัยอะไรบ้างที่จะนำไปเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ หรืออีกมุมมองหนึ่ง คือ ทำให้ทราบปัญหาการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ในประเด็นต่าง ๆ ได้ ในความสนใจนี้ทำให้เกิดคำถามการวิจัยว่าการเรียนการสอนแบบออนไลน์เกิดอรรถประโยชน์อะไรบ้างในทัศนคติของผู้เรียน ด้วยประเด็นดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ตั้งวัตถุประสงค์การวิจัยไว้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอรรถประโยชน์การเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงขณะเกิดวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี มีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การวางแผนแผนการวิจัยในครั้งนี้จัดเป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research) เพื่อหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับอรรถประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการเรียนแบบออนไลน์ช่วงขณะเกิดวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กำหนดดังนี้

ประชากร คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปีการศึกษา 2564 จำนวน 11,940 คน ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ (Office of Student Registration KMUTT, 2022)

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่ายจากประชากร 11,940 คน ด้วยดังสมการ (1) และ (2) (Cochran,1974)

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{z^2 s^2}{e^2} \quad (2)$$

โดยที่ n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างเมื่อปรับค่า

n_0 คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่างเบื้องต้น

N คือ ขนาดของประชากร

e คือ ค่าความผิดพลาดของคะแนนผลรวมของอรรถประโยชน์การเรียนการสอนแบบออนไลน์จากค่าจริงไม่เกิน 0.5

Z คือ ค่าจากตารางการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน

S คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลรวมอรรถประโยชน์การเรียนการสอนแบบออนไลน์

จากตัวอย่าง Tryout 30 ตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 19.747 ที่ความเชื่อมั่น 95% จากตารางการแจกแจงปกติมาตรฐานจะได้ค่า Z เท่ากับ 1.64 (Walpole, Myers and Myers, 1998) เมื่อคำนวณตามสูตรดังกล่าว จะได้ จำนวนตัวอย่าง เท่ากับ 307 คน

3. เครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามทัศนคติของนักศึกษาเรื่องอรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 แบบแบ่งค่า 5 ระดับ (Rating scale) ของ Likert (1967) ที่ผ่านการตรวจสอบด้านความตรง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 คน และค่าความเชื่อมั่น Cronbach's Alpha โดยการ Try Out กับกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเป้าหมายของการวิจัย พบว่าแบบสอบถามหลังการปรับปรุงแล้วทุกข้อคำถามที่มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.50 – 1.00 และความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟา เท่ากับ 0.88 แสดงว่าแบบสอบถามมีความตรงเป็นไปตามเกณฑ์ของคุณภาพการวิจัย

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย โดยดำเนินการตามข้อเสนอแนะของคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หลังจากได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการวิจัยได้ตามใบรับรองการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์เลขที่ KMUTT-IRB-2022/0217/058 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงตามขั้นตอนต่อไปนี้ (1) ทำหนังสือขออนุญาตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2) อบรมให้ข้อเสนอแนะต่อผู้วิจัยในการเก็บข้อมูล (3) นำเนินการเก็บข้อมูลตามตัวอย่างที่สุ่มได้แบบออนไลน์ตามหลักการของคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

5. การวิเคราะห์ข้อมูล คณะผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์เป็น (1) ภูมิหลังของประชากรศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ด้วย Descriptive statistics (2) หาดองค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์การเรียนการสอนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 เป็นการวิเคราะห์หาด้วยตัวสถิติ Factor Analysis

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงเกิดวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

1. ภูมิหลังของประชากรศาสตร์ ได้ผลการวิเคราะห์ตามตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่างและประชากร

ภูมิหลัง	ร้อยละของตัวอย่าง	ร้อยละของประชากร
1) เพศ		
(1) ชาย	58	55
(2) หญิง	39	45
(3) ไม่ระบุ	3	-
2) คณะที่กำลังศึกษา		
(1) เทคโนโลยีสารสนเทศ	9	8
(2) ครุศาสตร์อุตสาหกรรม	17	18
(3) วิทยาศาสตร์	14	13
(4) วิศวกรรมศาสตร์	51	46
(5) สถาปัตยกรรมศาสตร์	9	12
(6) อื่น ๆ	-	3

จากตารางที่ 1 พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามเป็นเพศชายร้อยละ 58 เมื่อแยกตามคณะเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศร้อยละ 9 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมร้อยละ 17 วิทยาศาสตร์ร้อยละ 14 วิศวกรรมศาสตร์ร้อยละ 51 และสถาปัตยกรรมศาสตร์ร้อยละ 9 มีความสอดคล้องกับประชากรที่มีอยู่จริงของมหาวิทยาลัยปี พ.ศ. 2565 ที่มีเพศชายร้อยละ 55 หญิงร้อยละ 45 คณะเทคโนโลยีสารสนเทศร้อยละ 8 ครุศาสตร์อุตสาหกรรมร้อยละ 18 วิทยาศาสตร์ร้อยละ 13 วิศวกรรมศาสตร์ร้อยละ 46 และสถาปัตยกรรมศาสตร์ร้อยละ 12 Office of Student Registration KMUTT (2022) นั้นแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีความตรงในการเป็นตัวแทนประชากรจากการใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบอย่างง่าย ได้ผลการวิเคราะห์ภาพรวมดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ภาพรวมของอรรถประโยชน์การเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ขณะเกิดวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษา

อรรถประโยชน์การเรียนการสอนแบบออนไลน์	χ	S.D.	C.V.	แปลผล
1) การแพร่กระจายของ Covid-19 ในมหาวิทยาลัยลดลง	3.20	0.83	0.26	ปานกลาง
2) มีการสัมผัสกันกับเพื่อน ๆ น้อยลง	4.35	0.94	0.22	มาก
3) มีการเดินทางลดน้อยลง	4.04	0.91	0.23	มาก
4) การจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ของทางมหาวิทยาลัยมีความเหมาะสม	3.24	0.73	0.23	ปานกลาง
5) นโยบายของทางมหาวิทยาลัยการจัดการเรียนในรูปแบบออนไลน์มีความเหมาะสม	3.74	0.84	0.22	มาก
6) ค่าเทอมและค่าบำรุงการศึกษาถูกลง	3.79	1.26	0.33	มาก
7) สามารถเข้าร่วมกิจกรรมออนไลน์ต่าง ๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยจัดได้	3.67	0.94	0.26	มาก
8) สามารถทบทวนบทเรียนกับเพื่อนได้โดยไม่มีปัญหา	3.65	0.95	0.26	มาก
9) มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างกับเพื่อนช่องทางออนไลน์ได้	3.80	0.94	0.25	มาก
10) มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างกับอาจารย์ผ่านช่องทางออนไลน์ได้	3.94	0.96	0.24	มาก
11) มีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์	3.49	1.07	0.31	ปานกลาง
12) ยังคงได้รับความรู้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละรายวิชา	3.61	0.86	0.24	มาก
13) ค่าอินเทอร์เน็ตถูกลง	3.62	1.03	0.29	มาก
14) มีความเชื่อมั่นต่อการวัดประเมินผลการเรียนแบบออนไลน์	3.62	1.03	0.28	มาก

อรรถประโยชน์การเรียนการสอนแบบออนไลน์	\bar{X}	S.D.	C.V.	แปลผล
15) ยังคงสามารถพัฒนาทักษะด้านต่าง ๆ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้	3.67	0.95	0.26	มาก
16) ค่าใช้จ่ายในการดำรงชีวิตประจำวันถูกลง	3.89	0.96	0.25	มาก
17) ค่าไฟฟ้าถูกลง	3.42	1.20	0.35	ปานกลาง
18) สามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข่าวสารเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาได้	3.86	1.16	0.30	มาก
19) สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้แบบออนไลน์ไม่มีปัญหา	3.63	1.15	0.31	มาก
20) ค่าใช้จ่ายโดยรวมถูกลง	3.41	1.13	0.33	ปานกลาง

หมายเหตุ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน C.V. คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

จากตารางที่ 2 พบว่าค่าเฉลี่ยที่ตนคิดต่ออรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ของนักศึกษาตัวอย่าง เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อคำถาม เมื่อแปลผลตามหลักการลิเคิร์ท Best John (1997) ได้ผลในระดับมากเป็นส่วนใหญ่ แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดว่าไม่ควรเกิน 0.2 แสดงว่าความคิดเห็นของนักศึกษามีการกระจายไม่สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันทั้งหมด ประเด็นข้อคำถามที่นักศึกษามีทัศนคติเห็นด้วยสูง 3 อันดับแรก คือ มีการสัมพันธ์กับเพื่อน ๆ น้อยลง ($\bar{X} = 4.35$, S.D = 0.94, C.V = 0.22) มีการเดินทางลดน้อยลง ($\bar{X} = 4.04$, S.D = 0.91, C.V = 0.23) มีการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างกับอาจารย์ผ่านช่องทางออนไลน์ได้ ($\bar{X} = 3.94$, S.D = 0.96, C.V = 0.24)

2. องค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ได้ผลการวิจัยดังนี้
โครงการการวิจัย เรื่อง อรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี โดยการดำเนินการวิเคราะห์หองค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์ ด้วยตัวสถิติ การวิเคราะห์หองค์ประกอบ (Factor analysis) การวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis : EFA) วิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis :PCA) การหมุนแกนแบบตั้งฉาก (Orthogonal Rotation) ด้วยวิธี Varimax Method โดยมีตัวสถิติการทดสอบความสอดคล้องกลมกลืน คือ KMO และ Bartlett's Test และกำหนดเกณฑ์จำนวนหองค์ประกอบ คือ (1) ค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) ต้องมีค่ามากกว่า 1 (2) ค่าร้อยละของความแปรปรวนสะสมมากกว่า 60% (3) ค่าน้ำหนักหองค์ประกอบ (Factor Loading) ต้องมากกว่า 0.3 และ (4) หองค์ประกอบแต่ละตัวต้องมีตัวแปรสังเกตได้ตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์หองค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์ที่มีความสอดคล้องกลมกลืนด้วยตัวสถิติ KMO และ Bartlett's Test

ตัวสถิติความสอดคล้อง	ค่าตัวสถิติ
Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy	0.813
Bartlett's Test of Sphericity Approx. Chi-Square	2233.346
df	190
Sig.	< .001

จากตารางที่ 3 ผลของการตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของการวิเคราะห์หองค์ประกอบด้วยตัวสถิติ KMO ได้ค่า 0.813 มากกว่าเกณฑ์ 0.50 มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์หองค์ประกอบมากตามเกณฑ์ของ Angsuchot, Wicitwananna and Phinyopanuwat (2011) และผลการตรวจสอบความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ด้วยตัวสถิติ Bartlett's test of Sphericity ตามสมมติฐานหลัก H0: ตัวแปรต่าง ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กัน ปรากฏว่ามีค่า Chi-Square = 2233.346 และ Sig. < .001 นั่นคือปฏิเสธสมมติฐานหลักยอมรับสมมติฐานแย้ง H1: ตัวแปรต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันในแต่ละหองค์ประกอบที่ระดับนัยสำคัญ .05 นั่นคือการใช้วิธีการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงการสำรวจมีความเหมาะสม

ตารางที่ 4 ค่าลักษณะเฉพาะ ร้อยละของความแปรปรวนและความแปรปรวนสะสมขององค์ประกอบปัจจัย

องค์ประกอบปัจจัยที่	ค่าลักษณะเฉพาะ	ร้อยละของความแปรปรวน	ร้อยละของความแปรปรวนสะสม
1	5.780	28.898	28.898
2	1.916	9.580	38.478
3	1.634	8.168	46.646
4	1.471	7.354	54.001
5	1.220	6.100	60.101
6	1.069	5.347	65.448

หมายเหตุ Eigen Value คือ ค่าลักษณะเฉพาะที่บอกให้ทราบว่าองค์ประกอบมีความเป็นอิสระต่อกัน

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ได้ทำการสกัดองค์ประกอบปัจจัยทั้งหมด 6 องค์ประกอบ ที่มีค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) อยู่ระหว่าง 1.069 - 5.780 และมีค่าความแปรปรวนสะสมร้อยละ 65.448 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าองค์ประกอบปัจจัยของอรรถประโยชน์ของการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 จะประกอบด้วย 6 องค์ประกอบปัจจัย เมื่อนำผลที่ได้ไปพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (Factor Loading) และองค์ประกอบแต่ละตัวต้องมีตัวแปรสังเกตได้ตั้งแต่ 3 ประเด็นของข้อความขึ้นไปตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัย (Factor Loading) ของอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์

ข้อความที่	องค์ประกอบปัจจัยที่					
	1	2	3	4	5	6
17	0.811	0.250	0.101			0.213
13	0.735			0.199	0.191	
20	0.695		0.128	0.266		0.178
6	0.681	0.134	0.205	0.191	0.289	-0.157
14	0.601	0.168	0.528		0.104	-0.133
18	0.177	0.819	0.150			
19		0.787	0.149	0.225	-0.100	
10	0.266	0.619			0.495	
8	-0.177	0.514		0.329	0.144	0.417
9	0.289	0.430	-0.406	0.363	0.329	0.126
11	0.386		0.967	0.218		
7	0.218	0.153	0.606		0.321	0.122
4		0.103	0.567	0.116		0.420
12	0,231			0.793		0.205
15	0.105	0.130	0.550	0.639	0.146	-0.173
5	0.382			0.465	0.152	0.265
3			0.215		0.792	0.154
2	0.282			0.339	0.653	0.126
1			0.254		0.126	0.756
16	0.108	0.155	-0.178	0.291	0.128	0,594

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของข้อความหลังจากการหมุนแกนแบบมุมฉาก (Orthogonal Rotation) ด้วยวิธี Varimax Method สามารถอธิบายได้ว่าแต่ละองค์ประกอบปัจจัยประกอบด้วยประเด็นข้อความตามแบบสอบถามอะไรบ้าง ซึ่งมีองค์ประกอบปัจจัยที่เป็นอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรีสรุปได้ทั้งหมด 6 องค์ประกอบ โดยค่าน้ำหนักของข้อความที่อยู่ในแต่ละตัวแปรในองค์ประกอบปัจจัย

มากกว่า 0.3 ทุกข้อเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบปัจจัยว่าควรมีอย่างน้อย 3 ประเด็นคำถาม พบว่ามีองค์ประกอบปัจจัยที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพียง 4 องค์ประกอบปัจจัย ดังนี้

(1) องค์ประกอบปัจจัยที่ 1 คือ ด้านเศรษฐกิจ ประกอบด้วยคำถามข้อ 17, 13, 20, 6 และ 14 มีค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) เท่ากับ 2.266, ค่าน้ำหนักองค์ประกอบปัจจัย (Factor loading) อยู่ระหว่าง 0.601 - 0.811 ซึ่งสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ที่เกิดขึ้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับเศรษฐกิจ พิจารณาจากข้อคำถาม ช่วยให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมลดลง ค่าไฟฟ้า ค่าเดินทางในการทำงานกลุ่มกับเพื่อนผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้ และค่าเทอมและค่าบำรุงการศึกษาถูก(มหาวิทยาลัยมีการลดค่าลงทะเบียน)

(2) องค์ประกอบปัจจัยที่ 2 คือ ด้านสังคม ประกอบด้วยประเด็นคำถามข้อ 18, 19, 10, 8 และ 9 มี Eigen Value เท่ากับ 2.124, Factor loading อยู่ระหว่าง 0.430 - 0.819 ซึ่งสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 ที่เกิดขึ้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับช่วยทำให้นักศึกษายังคงทำกิจกรรมทางสังคมได้ พิจารณาจากข้อคำถาม มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกับเพื่อนและอาจารย์ผ่านช่องทางออนไลน์ได้ สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับเพื่อนได้แบบออนไลน์ไม่มีปัญหา

(3) องค์ประกอบปัจจัยที่ 3 คือ ด้านการเรียนการสอน ประกอบด้วยประเด็นคำถามข้อ 11, 7 และ 4 มี Eigen Value เท่ากับ 1.149, Factor loading อยู่ระหว่าง 0.567 - 0.679 ซึ่งสรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 เป็นเรื่องเกี่ยวกับวิธีการเรียนการสอนแบบออนไลน์ที่ถูกนำมาใช้ในช่วงวิกฤต คือ นักศึกษามีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเรียนการสอนแบบออนไลน์ในระดับมาก นั่นคือการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบออนไลน์ของทางมหาวิทยาลัยมีความเหมาะสม และนักศึกษายังคงสามารถเข้าร่วมกิจกรรมออนไลน์ต่าง ๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยจัดได้

(4) องค์ประกอบปัจจัยที่ 4 คือ ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยประเด็นคำถามข้อ 12, 15 และ 5 มี Eigen Value เท่ากับ 1.253, Factor loading อยู่ระหว่าง 0.465 - 0.793 ซึ่งสรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงวิกฤตโควิด-19 เป็นเรื่องเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่ได้ทำให้ความรู้อาจตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละรายวิชาเปลี่ยนไป ยังคงสามารถพัฒนาทักษะความสามารถด้านต่าง ๆ ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

จากทั้ง 4 องค์ประกอบปัจจัยเขียนเป็นสมการเชิงเส้นได้ดังสมการที่ (3) และ (4)

$$Y = (0.811+0.735+0.695+0.681) F_1+(0.819+0.787+0.619+0.514+0.430) F_2+(0.967+0.606+0.567) F_3+(0.793+0.639+0.465) F_4+ e \quad (3)$$

$$Y = (3.523) F_1+(3.169) F_2+(2.14) F_3+(1.897) F_4+ e \quad (4)$$

โดยที่ Y คือ วัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี ที่สามารถเขียนอธิบายด้วยองค์ประกอบปัจจัยด้วยองค์ประกอบเหล่านี้เป็นค่าถ่วงน้ำหนักของ Factor Loading

F_1 คือ องค์ประกอบทางเศรษฐกิจ

F_2 คือ องค์ประกอบทางสังคม

F_3 คือ องค์ประกอบทางการเรียนการสอน

F_4 คือ องค์ประกอบทางผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

และ e คือ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ ดังสมการที่ (4)

จากสมการนี้สรุปได้ว่าวัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรีที่มีผลมากที่สุด คือ วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจ และน้อยสุดเป็นด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นี่อาจเป็นการแสดงให้เห็นว่าทัศนคติของนักศึกษาต่อการเรียนในรูปแบบออนไลน์ไม่แตกต่างจากการเรียนในห้องเรียนในเหตุการณ์ปกติก็เป็นไปได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่องวัตถุประสงค์ของการเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี สรุปผลการวิจัยได้ว่า องค์ประกอบปัจจัยของวัตถุประสงค์การเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบที่ 1 วัตถุประสงค์ด้านเศรษฐกิจ องค์ประกอบที่ 2 วัตถุประสงค์ด้านสังคม องค์ประกอบที่ 3 วัตถุประสงค์ด้านการเรียนการสอน และองค์ประกอบที่ 4 วัตถุประสงค์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยเรื่องอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์ในช่วงวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี ในครั้งนี้ คือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้อย่างครอบคลุมทั้งประเทศเป็นเพียงกลุ่มตัวอย่างในเขตกรุงเทพฯ ที่นักศึกษามีความพร้อมในเรื่อง คอมพิวเตอร์และสัญญาณอินเทอร์เน็ต ถ้ามีการศึกษาในเขตภูมิภาคอาจได้ข้อสรุปที่แตกต่างกันก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามผลการวิจัย ทำให้เห็นแนวทางการพัฒนาการเรียนการสอนในยุคดิจิทัลของศตวรรษที่ 21 ที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องการเรียนการสอน อีกบริบทหนึ่ง และนอกจากนี้คณะผู้วิจัยควรมีการเปรียบเทียบการเรียนแบบออนไลน์และแบบปกติในห้องเรียนมีผลกระทบต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือไม่อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

โครงการวิจัยเรื่องอรรถประโยชน์ของการเรียนแบบออนไลน์ช่วงเกิดวิกฤตโควิด-19 ของนักศึกษาปริญญาตรี ได้มีการ ทำข้อเสนอโครงการวิจัยและแบบสอบถามเสนอของอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี และได้รับการอนุมัติตามใบรับรองการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ตามเลขที่ใบอนุญาต KMUTT-IRB-2022/0217/058 ว่าถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for persons) หลัก คุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) ก่อนการเก็บข้อมูลจริงตามขั้นตอนของการวิจัย

References

- Aggavaddhano, P. N. (2021). Component Analysis of Factors Affecting Academic Achievement of Secondary School Students. *Journal of Bovern Multi-Education and Human Social Sciences*, (2), 59-65.
- Angsuchot, S., Wicitwananna, S. and Phinyopanuwat, R. (2011). *Statistical analysis for research in the social sciences and behavioral sciences, Techniques for using the LISREL program* (3rd edition, revised edition). Bangkok: CharoenDe printing.
- Best John. W. (1997). *Research in Education. 3rd ed.* New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Chen, P. D., Lambert, A. D. and Guidry, K. R. (2010). Engaging online learners: The impact of web-based technology on college student engagement. *Comput. Educ.*, (54) 1222-1232.
- Cochran, W. G. (1974). *Sampling Techniques*. New York: Wiley.
- Kalogiannakis, M. and Papadakis, S. (2019). Evaluating pre-service kindergarten teachers' intention to adopt and use tablets into teaching practice. *Natural sciences*, (13), 113–127.
- Likert, R. (1967). *The Method of Constructing and Attitude Scale, in Attitude Theory and Measurement*. New York: Wiley & Son.
- Nawapanpimol, K. and Muangnil, P. (2021). Preparing for the reopening of schools After the COVID-19 crisis. Retrieved from **Bureau**: <https://www.bic.moe.go.th/index.php/component/content/article/93-articles-2013-10-14-23-08-53/>
- Network of 38 Rajabhat Universities. (2020). Online teaching in the situation of the COVID-19 epidemic. Retrieved from **RajabhatPoll**: https://register.kpru.ac.th/RajabhatPoll?nu=20200007_report_poll
- Niyomves, B., Kunacheva, N., Sutadarat, S. and Kenaphoom, S. (2023). An Exploratory Factor Analysis of Good Teaching Characteristics Among Ramkhamhaeng University Faculty Members. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, (8), 228-240.
- Office of Student Registration KMUTT. (2022). *Student Statistics*. Retrieved from **KMUTT** http://regis.kmutt.ac.th2web2static/?fbclid=IwARIZHCuzWrSZyOfU4FHOQeA9X9GCg4TU_RAAyujl2IHtfa7NjKRCOJx-mVI
- Pinyosinwat, P. (2021). How to manage teaching and learning in the situation of COVID-19. Retrieved from **TDRI**: <https://tdri.or.th/2020/05/examples-of-teaching-and-learning-in-covid-19-pandemic/?fbclid=IwAR3wdlS641>
- Teresa C, H. A., Montserrat, H.-S. and Hontoria, J. F. (2020). Online Learning Tools in the Era of m-Learning: Utility and Attitudes in Accounting College Students. *Sustainability* 2020 (12) 5171, 1-23.
- Walpole, R. E., Myers, R. H. and Myers, S. L. (1998). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. London: Prentice-Hall International Limited.

- Wanichanan, P. (2021). Basic education in the COVID-19 era: how to open and close schools? Retrieved from TDRI: <https://tdri.or.th/2020/05/basic-education-in-covid-19-crisis-reopening-school>
- Williams, R., Karousou, R. and Mackness, J. (2011). Emergent learning and learning ecologies in Web 2.0. The International Review of Research in **Open and Distributed Learning**. *OpenDistrib*, (12), 39–59.

Research Article

The development of learning competencies entitled food rheology using the active learning in collaboration with food industry for 4th year undergraduate students in food science and technology

Naksit Panyoyai^{1,*}

¹ Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Mae-Rim Campus, Saluang Subdistrict
Mae-Rim District, Chiang Mai, 50330

*Email: naksit_pan@cmru.ac.th

Received <16 April 2023>; Revised <16 October 2023>; Accepted <21 November 2023>

Abstract

The objectives were to explore the food industry's requirements regarding food rheology (the science of flow), to design actively competency-based learning, and to measure and evaluate applications of food rheology in 3 steps, basic, practical and applied rheology. The target group comprised 24 undergraduate students in their fourth year of studying food science and technology during the academic year 2021. The research tools were: 1) survey questionnaires on food rheology for the food industry, 2) course details of food analysis and preparation for field experience in the food industry, and 3) 15-item competency assessment form for food rheology obtained from food industrial survey. The statistical data were analyzed using frequency, mean, standard deviation and compared with quality criteria stated by the food industry. The results revealed that the food industry emphasized a rheological performance in 3 areas: 1) food rheology, principles and measurement, 2) reading and interpretation of rheology measurement and 3) the application of rheological tools in work development. The competency-based learning, using the action research spiral model, was designed into 3 stages: 1) the fundamental stage, focusing on food analysis and emphasizing theory and rheological principles, 2) the practical stage, providing learners with rheological experience to apply in quality control of food products, and 3) the application stage, where students work on industrial projects involving rheological principles. Active learning management was developed for both basic and practical aspects of rheology, and the food industry evaluated the application of rheology in industrial projects at a B level (good), with the highest mean in basic rheology (\bar{x} = 3.54), following by practical rheology (\bar{x} = 3.44), and applied rheology (\bar{x} = 3.82). Therefore, the competence of learning outcomes, specifically in food rheology, can be achieved by engaging undergraduate students in collaborative learning experiences between universities and industry establishments. This research collaboration encompasses theoretical and practical aspects of learning, involving the competency identification and assessment related to knowledge, skills, and ethical behaviour in the graduates' work. Research and development in enhancing these competencies, particularly in food science and technology, can lead to further advancements in learning outcomes and other food-related subjects.

Keywords: Actively competency-based learning management, Collaboration research,
Food Science and Technology, Food Rheology, Food Industry

บทความวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร
โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับอุตสาหกรรมอาหาร
ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

นักสิทธิ์ ปัญญาใหญ่^{1,*}¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ศูนย์แม่ริม ตำบลสะลวง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ 50330

*Email: naksit_pan@cmru.ac.th

รับบทความ: 16 เมษายน 2566 แก้ไขบทความ: 16 ตุลาคม 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 21 พฤศจิกายน 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ของนักศึกษาปริญญาตรี เรื่อง รีโอโลยีอาหาร หรือ วิทยาศาสตร์การไหล จากสถานประกอบการแปรรูปอาหาร 12 แห่งในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อนำผลสำรวจมาออกแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานสมรรถนะเชิงรุก และเพื่อวัดและประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นพื้นฐาน ชั้นฝึกปฏิบัติ และชั้นประยุกต์ กลุ่มเป้าหมายคือ นักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ปีการศึกษา 2564 จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบสอบถามความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารเรื่อง รีโอโลยีอาหาร 2) รายละเอียด รายวิชาหลักการวิเคราะห์อาหาร รายวิชาการเตรียมฝึกสหกิจศึกษา และสหกิจศึกษา และ 3) แบบประเมินสมรรถนะการเรียนรู้เรื่อง รีโอโลยีอาหาร จำนวน 15 ข้อ สืบจากความต้องการอุตสาหกรรมอาหาร การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยความถี่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า อุตสาหกรรมอาหารต้องการสมรรถนะรีโอโลยี 3 ด้าน ได้แก่ 1) หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดรีโอโลยี 2) การอ่านผลและการแปลผลการวัดรีโอโลยี และ 3) การประยุกต์พัฒนางานอาหารด้วยรีโอโลยี ดังนั้น การออกแบบการจัดการเรียนรู้บนฐานสมรรถนะจากเกลิยวิจัยเชิงปฏิบัติการจึงแบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นพื้นฐาน หลักการวิเคราะห์เน้นทฤษฎีและหลักการวัดรีโอโลยี 2) ชั้นฝึกทักษะ การเตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพให้ผู้เรียนได้นำหลักการรีโอโลยีมาควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหาร และ 3) ชั้นประยุกต์ นักศึกษาทำโครงการในสถานประกอบการที่มีหลักการรีโอโลยีเกี่ยวข้อง สมรรถนะเชิงรุกของผู้เรียนรีโอโลยีในระดับชั้นพื้นฐานและชั้นฝึกฝนมีการพัฒนาขึ้น และสถานประกอบการประเมินการนำรีโอโลยีของนักศึกษาไปประยุกต์ใช้ในโครงการสถานประกอบการในระดับ B (ดี) โดยค่าเฉลี่ยคะแนนสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีชั้นพื้นฐาน (\bar{X} = 3.54) ชั้นฝึกปฏิบัติ (\bar{X} = 3.44) และชั้นประยุกต์ (\bar{X} = 3.82) ดังนั้น สมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ของนักศึกษาปริญญาตรีได้จากการออกแบบการจัดการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการ ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ การมีส่วนร่วมวิจัยกำหนดสมรรถนะและประเมินสมรรถนะด้านความรู้ ทักษะ และจรรยาบรรณการทำงานของบัณฑิต การวิจัยพัฒนาสมรรถนะเรื่องนี้จึงนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารประเด็นอื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะ การวิจัยร่วม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร รีโอโลยีอาหาร

อุตสาหกรรมอาหาร

บทนำ

สมรรถนะการทำงาน (workplace competencies) ของผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่ผู้เรียนต้องนำไปใช้ในการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะผู้เรียนในระดับปริญญาตรีที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ ผู้ใช้บัณฑิตคาดหวังผู้ร่วมงานให้มีสมรรถนะ คือ ความสามารถในการทำบางสิ่งได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญที่มีในตัวบุคคลที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานและความสำเร็จของงาน ซึ่งเรียกว่า คนที่มีสมรรถนะในการทำงาน ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีฐานเศรษฐกิจขึ้นกับภาคการเกษตรเชื่อมต่อกับอุตสาหกรรมเกษตรใช้แรงงานทักษะเป็นจำนวนมาก อุตสาหกรรมเกษตรเป็นอุตสาหกรรมที่เน้นการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรให้เป็นทั้งอาหารและไม่ใช่อาหาร มูลค่ากว่าร้อยละ 20 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) ของภาคอุตสาหกรรม และมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออก 1 ใน 10 ของโลก (Thansettakij, 2020) ดังนั้น การพัฒนาสมรรถนะบัณฑิตให้พร้อมทำงานในบริบทองค์กรธุรกิจไทย พบว่าเกี่ยวข้องกับสมรรถนะ 3 กลุ่ม ได้แก่ สมรรถนะเพื่อการทำงานแบบมืออาชีพ (working professionally) เช่น การจัดการปัญหาบนฐานการคิด ตั้งใจใฝ่รู้เพื่อพัฒนางาน ฉลาดรู้ทางดิจิทัลและข้อมูล สมรรถนะในการทำงานร่วมกับผู้อื่น (working with others) และสมรรถนะเพื่อการทำงานสู่ความสำเร็จตามเป้าหมายองค์กร (working to achieve goals) เช่น สร้างคุณค่าให้กับองค์กร การรับมือกับสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน การปรับตัว และความรับผิดชอบต่อสังคม (Bangkokbiznew, 2020) แม้ว่าความคาดหวังจากผู้บัณฑิตต้องการให้ผู้สำเร็จการศึกษาจากอุดมศึกษาพร้อมทำงาน แต่ปัจจุบันกลับพบว่าบัณฑิตส่วนหนึ่งไม่ได้งานทำเนื่องจากมีสมรรถนะการทำงานที่ไม่ได้ตรงกับที่ผู้ใช้บัณฑิตต้องการเพราะองค์ความรู้และทักษะเฉพาะทางไม่เพียงพอกับการทำงาน ดังนั้น ทางกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (อว.) จึงได้วางแผนการพัฒนาทักษะ (reskill-upskill) ให้กับบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาใหม่ตามความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตให้ทำงานได้จริง (Prachachat, 2023) และสอดคล้องกับพระบรมราโชบายด้านการศึกษาในรัชกาลที่ 10 กล่าวถึงคุณลักษณะคนไทยที่พึงประสงค์ การศึกษาต้องสร้างให้คนไทยมีคุณสมบัติ ทักษะที่ดีและถูกต้อง พื้นฐานชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีระเบียบวินัย มีงานทำ มีอาชีพ และเป็นพลเมืองที่ดี ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะจึงเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในหลายสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุก ในระดับอุดมศึกษาจึงมีเป้าหมายของการพัฒนาทักษะ โดยให้ทักษะเป็นปัจจัยหลักที่มีความรู้และคุณลักษณะที่พึงประสงค์แฝงไว้ให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่นำไปประยุกต์ใช้ได้จริง โดยผ่านกระบวนการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติที่ผู้เรียนมีความตื่นตัว (active learning) ในการทำงาน ดำเนินการเรียนรู้ ลงมือกระทำต่อสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง จนเกิดความรู้ ความเข้าใจอย่างแท้จริง ซึ่งหลักการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุกมีหลักการเน้นการปฏิบัติ (Office of the Education Council, 2020) การจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และฝึกฝนมากขึ้นตามที่ผู้ใช้บัณฑิตต้องการ ดังนั้น หลักสูตรและรายวิชาจึงต้องวิเคราะห์สมรรถนะที่จำเป็นและจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะนั้น ๆ ให้มากที่สุด โดยมีความรู้ เจตคติ คุณลักษณะอย่างไร และต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ไปใช้ในการปฏิบัติจริงจนชำนาญกระทั่งเกิดเป็นสมรรถนะในระดับที่ต้องการในการทำงาน โดยใช้การป้อนข้อมูลกลับให้กับผู้เรียนอย่างต่อเนื่องจนเกิดสมรรถนะ แนวทางการจัดการเรียนรู้ฐานสมรรถนะเชิงรุกมีได้หลายรูปแบบ ได้แก่ แนวทางที่ 1 เสริมสมรรถนะจากงานเดิม โดยการสอดแทรกสมรรถนะที่สอดคล้องกับบทเรียนอย่างเข้มข้น เกิดสมรรถนะที่ต้องการพร้อมกับการเรียนเนื้อหา แนวทางที่ 2 เพิ่มเติมสมรรถนะจากงานเดิม ออกแบบงานหรือจัดสถานการณ์ถึงขั้นการฝึกฝนทักษะและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ และแนวทางที่ 3 สมรรถนะเป็นฐาน ผสานตัวชี้วัด นำสมรรถนะที่ต้องการพัฒนามากำหนดและนำตัวชี้วัดที่สอดคล้องกันมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ในระหว่างการจัดการเรียนรู้พัฒนาสมรรถนะผู้เรียนต้องมีโมทัศน์สำคัญในการจัดการเรียนรู้เชิงรุก 4 รุก เพื่อให้เกิดการสนับสนุนการจัดการเรียนรู้เน้นสมรรถนะ ได้แก่ การตื่นตัวทางกาย (physically active) เน้นการปฏิบัติทั้งในห้องปฏิบัติการและสถานประกอบการให้ผู้เรียนได้มีกิจกรรมมากกว่านั่งฟังการบรรยายอย่างเดียว การตื่นตัวทางสติปัญญา (intellectually active) ฝึกใช้ความคิด สติปัญญาในเรื่องสนใจ ทำทหาย การตื่นตัวทางอารมณ์ (emotionally active) การจัดการกับอารมณ์ในขณะที่ทำงาน หรือการจัดการกับปัญหาการทำงาน และ การตื่นตัวทางสังคม (social active) มีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่นและสิ่งแวดล้อมรอบตัวได้เหมาะสม

รีโอโลยี (rheology) เป็นศาสตร์การไหลและการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุตามแรงกระทำ การศึกษาเรื่องนี้มีเนื้อหาสอดแทรกในฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเกี่ยวกับ ของแข็งและของไหล ได้แก่ สภาพยืดหยุ่นของของแข็ง ความตึงผิวของของเหลว ความหนืดของของเหลว กฎของสโตกส์ (Stokes law) กฎของปาสคาล (Pascal law) หลักของอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle) ในระดับอุดมศึกษารีโอโลยีเป็นศาสตร์ที่ประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น เคมีพอลิเมอร์ บีโตรีเคมี เกษศาสตร์ เครื่องสำอาง และวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร (Vernom, 1966) รีโอโลยีอาหารมีความสำคัญทั้งด้านผู้ผลิตอาหารและผู้บริโภคผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปในชีวิตประจำวัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหารและชีวิตประจำวัน (Tattiyakul, 2014)

รีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหาร	รีโอโลยีในชีวิตประจำวัน
การเลือกบีบสุบอาหารเหลวให้ไหลในท่อ	การออกแรงบีบขวดซอส นมข้นหวาน น้ำผึ้ง
การเลือกเครื่องผสมของเหลว เครื่องนวดแป้งสาลี	การออกแรงปาดแยม สเปรด สังขยา
การเปลี่ยนวัตถุดิบ ส่วนผสมในการออกแบบสูตรอาหาร	การเคลือบช็อกโกแลต
การเลือกเครื่องบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารเหลว อาหารหนืด	การเก็บรักษาโยเกิร์ต ไอศกรีมที่อุณหภูมิต่ำ
การวิจัยบรรจุภัณฑ์อาหารที่ย่อยสลายได้ง่าย	การใช้น้ำยาล้างคราบสกปรกบนภาชนะใส่อาหาร

การศึกษาตั้งแต่มัธยมศึกษาจนถึงปริญญาในต่างประเทศ การเรียนรีโอโลยีของอาหารระดับบัณฑิตศึกษาเน้นการเรียนรู้แบบรายวิชา (subject-based learning) เน้นในภาคทฤษฎี การคำนวณและสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนระดับปริญญาตรีเน้นให้ผู้เรียนเรียนหลักการในชั้นปีที่ 2 และแผนเนื้อหาไว้ในรายวิชาต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมอาหาร การควบคุมคุณภาพอาหาร หน่วยปฏิบัติการอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนผู้เรียนชั้นปีที่ 4 เน้นการใช้เครื่องมือวัดพื้นฐาน การวัดและการรายงานผล (Muller and Ward 1974; Muller, 1985) โดยยึดตามหลักการรีโอโลยีและตัวอย่างการคำนวณมากกว่าการนำไปใช้ในภาคอุตสาหกรรมอาหาร หรือความต้องการในการทำงานเฉพาะด้านรีโอโลยีของผู้ใช้บัณฑิต

ปัญหาการวิจัยเรื่องนี้เกิดจากความคาดหวังของอุตสาหกรรมอาหารที่ต้องการให้บัณฑิตมีความรู้และทักษะการทำงานด้านรีโอโลยีทั้งในด้านทฤษฎีพื้นฐานและการปฏิบัติ ได้แก่ การวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร การอ่าน การบันทึก และการรายงานผลการวัด การจัดการข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบตารางและกราฟ การอธิบายผลข้อมูลด้วยสถิติ ซึ่งเป็นทักษะจำเป็นในการทำงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร อย่างไรก็ตามสิ่งที่ปรากฏคือการจัดการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัยเน้นภาคทฤษฎีรีโอโลยีมากกว่าการปฏิบัติ (Elsevier, 2021) ศึกษาเชิงโครงสร้างอาหารและการอธิบายปรากฏการณ์พฤติกรรมตามหลักฟิสิกส์ ดังนั้น การพัฒนาสมรรถนะรีโอโลยีอาหารโดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับอุตสาหกรรมอาหารเพื่อเป็นการประกันคุณภาพของบัณฑิตให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้บัณฑิตและพร้อมพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารในท้องถิ่นตามแผนยุทธศาสตร์ระดับคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ระยะ 6 ปี (พ.ศ. 2565-2570) ในต่างประเทศ งานวิจัยของ Vermant, Leuvon, and Macosko (2008) ได้จัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่องรีโอโลยีให้นักศึกษาปริญญาโท เน้นให้ผู้เรียนทำกรณีศึกษาเชิงลึกโครงสร้างผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง พอลิเมอร์ โดยใช้ทฤษฎีรีโอโลยีอธิบายพฤติกรรมการไหลของส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแล้วศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ส่วนในประเทศไทยยังไม่ปรากฏการวิจัยที่เกี่ยวข้องจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง รีโอโลยี รวมทั้งมีช่องว่างการวิจัยการจัดการเรียนรู้เฉพาะรีโอโลยีที่จำเป็นในอุตสาหกรรมอาหาร

ดังนั้น การวิจัยเรื่องนี้จึงสำรวจความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ซึ่งหมายถึง สมรรถนะการเรียนรู้ทฤษฎี หลักการ เครื่องมือ ทักษะการใช้เครื่องมือ การคำนวณ การแปลผลและการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งจรรยาบรรณในการทำงานของนักศึกษาและบัณฑิต นำผลสำรวจมาออกแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกตามแนวทางเพิ่มเติมสมรรถนะจากการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ นำมาออกแบบงานด้านรีโอโลยีหรือจัดสถานการณ์ตั้งขึ้นการฝึกฝนทักษะและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ โดยให้ผู้เรียนมีความตื่นตัวทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ กาย สติปัญญา อารมณ์ สังคม สอดคล้องกับโลกการทำงานอุตสาหกรรมอาหาร อาจารย์กับผู้ใช้บัณฑิตประเมินสมรรถนะผู้เรียนประกอบด้วยทักษะ ความรู้ และจรรยาบรรณในการทำงาน

วัตถุประสงค์การวิจัย

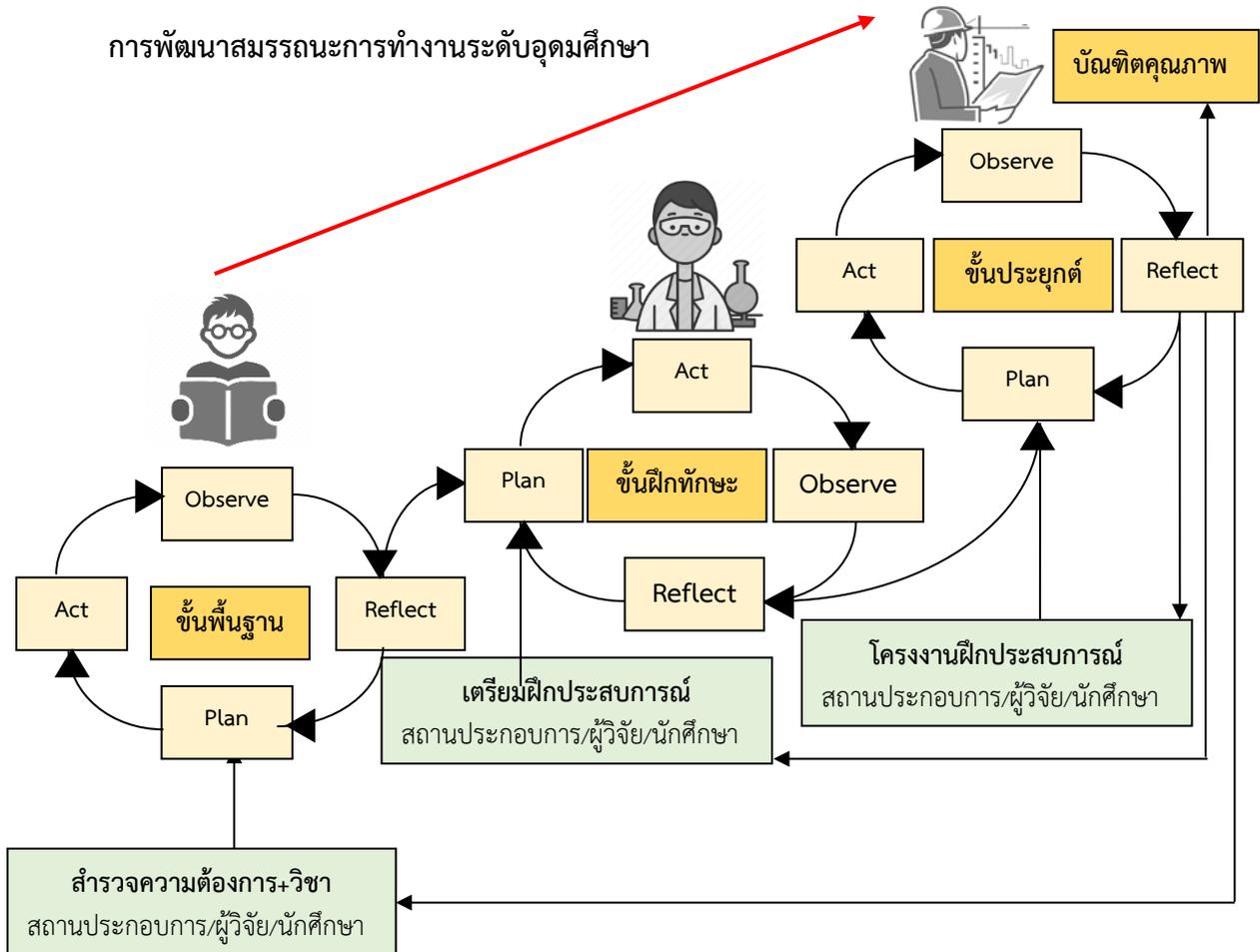
1. เพื่อสำรวจความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารและนำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ บนฐานสมรรถนะเชิงรุก เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
2. เพื่อวัดและประเมินสมรรถนะ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารโดยการมีส่วนร่วมกับอุตสาหกรรมอาหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ระยะได้แก่ ระยะที่ 1 การวิจัยวิจัยสำรวจ (survey research) ความต้องการของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อนำข้อมูลการสำรวจมาดำเนินการระยะที่ 2 การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (collaborative action research) ระหว่างนักศึกษา อาจารย์ สถานประกอบการผ่านการจัดการเรียนรู้เชิงรุกพัฒนาสมรรถนะนักศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้ประยุกต์กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1. การวางแผน (Plan-P)

2. การปฏิบัติ (Act-A) 3. การสังเกต (Observe-O) และ 4. การสะท้อนกลับ (Reflect-R) (Phooddee, 2023; Wongwanich, 2011) การมีส่วนร่วมของสถานประกอบการในการตอบแบบสำรวจ ที่สถานประกอบการที่ตอบแบบสำรวจ คือ พนักงานที่ปฏิบัติงานด้านการแปรรูป การควบคุมคุณภาพการผลิต และการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร จากนั้นผู้วิจัยรวบรวมผลการสำรวจแล้วสรุป นำผลการสำรวจมาดำเนินการวิจัยปฏิบัติการร่วมกับทีมสถานประกอบการ โดยในแต่ละสถานประกอบการมีผู้ร่วมทีมอย่างน้อย 2 คน ในการดำเนินการ 1. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน 2. การกำหนดสมรรถนะการเรียนรู้เรื่อง รีโอโลยี 3. การประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี และ 4. สรุปรวบยอดสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ด้านความรู้ ทักษะ และจรรยาบรรณการทำงานของบัณฑิต และ 5. ให้ข้อเสนอแนะการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ออกแบบการวิจัยโดยใช้แนวทางเกลียวการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research spiral) สอดแทรก กับการออกแบบจัดการเรียนรู้ตาม มคอ.3 ในการดำเนินการพัฒนาผู้เรียน 3 ชั้น ได้แก่ 1. ชั้นพื้นฐาน (คนอ่านหนังสือศึกษา หลักการทฤษฎี) กล่าวคือ (P) วางแผน จัดการเรียนรู้จากเนื้อหาที่สถานประกอบการและความต้องการนักศึกษา กำหนด ออกแบบเนื้อหาและกิจกรรม จากนั้น (A) อาจารย์ฝึกนักศึกษาคำนวณและวิเคราะห์ผลตามโจทย์ที่รับมาจากสถานประกอบการ (O) อาจารย์สังเกตวิธีการคำนวณและให้เหตุผลของนักศึกษา และ (R) สถานประกอบการและอาจารย์สอบภาคทฤษฎี เฉลยข้อสอบและปรับแก้ไขการคำนวณให้ถูกต้อง 2. ชั้นฝึกทักษะ (ฝึกในห้องปฏิบัติการ) (P) อาจารย์และสถานประกอบการนำผลจากการเรียนชั้นพื้นฐานมาออกแบบปฏิบัติการ (A) อาจารย์ฝึกทักษะในห้องปฏิบัติการของสถานประกอบการ (O) สถานประกอบการและอาจารย์สังเกตการปฏิบัติงานให้เรียบร้อย ปลอดภัย (R) สถานประกอบการและอาจารย์สอบการวัดสมรรถนะ การปฏิบัติ และ 3. ชั้นประยุกต์ (นำหลักการ ทฤษฎี ทักษะ ไปใช้ทำงานในสถานประกอบการ) (P) สถานประกอบการและอาจารย์นำผลภาคทฤษฎีและปฏิบัติมาวางแผนโครงการร่วมกับนักศึกษา (A) ผู้เรียนเสนอโครงการและดำเนินการตามแผน อาจารย์และสถานประกอบการกำกับและปรับงานให้ได้ตามแผน (O) สถานประกอบการสังเกตการทำงานของนักศึกษาและรายงานให้อาจารย์ และ (R) อาจารย์ นักศึกษา สถานประกอบการสะท้อนการทำงานโครงการ ทั้งนี้หากนักศึกษายังพัฒนาศักยภาพไม่ถึงขั้นที่สูงขึ้นต้องกลับไปทบทวนหลักการทฤษฎีหรือฝึกทักษะเพิ่มเติม ดังภาพที่ 1 ซึ่งเกลียวการวิจัยปฏิบัติการร่วมเป็นการเปิดโอกาสให้สถานประกอบการได้มีส่วนร่วมในการพัฒนานักศึกษา การกลั่นกรองคุณภาพนักศึกษาโดยถือเป็นความรับผิดชอบร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญในด้านวิชาการและการพัฒนาทักษะกับสถานประกอบการในการต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่การใช้งานจริงในวิชาชีพของบัณฑิตมีคุณภาพ



ภาพที่ 1 แบบแผนการวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการ เพื่อพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอไลย์อาหาร



ภาพที่ 2 นักศึกษาฝึกใช้งานเครื่องมือวัดรีโอไลย์พื้นฐาน (ก) นักศึกษาอ่านผลและการแปลผลการวัดรีโอไลย์ (ข) นักศึกษาฝึกทักษะการแปรรูปอาหารในสถานการณ์จำลอง (ค) นักศึกษาฝึกงานในสถานประกอบการ (ง)

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ประชากร ได้แก่ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ปีการศึกษา 2564 ชั้นปีที่ 1-4 จำนวน 46 คน กลุ่มตัวอย่างคัดเลือกเฉพาะนักศึกษาชั้นปีที่ 4 จำนวน 24 คน แบ่งเป็นนักศึกษาหญิง 20 คน นักศึกษาชาย 4 คนที่เตรียมไปฝึกสหกิจศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย เครื่องมือมี 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบสอบถามความต้องการสมรรถนะรีโอโลยี ข้อคำถามแบบเลือกตอบแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ วุฒิการศึกษา สายงานและประสบการณ์ทำงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และ ส่วนที่ 2 สมรรถนะรีโอโลยีที่ต้องการให้เลือกระหว่างต้องการและไม่ต้องการ โดยแบ่งออกเป็น 5 ด้านตามผลการเรียนรู้ของ มคอ. 3 ดังนี้ 1. ความรู้ 2. ทักษะ 3. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ 5. คุณธรรม จริยธรรม โดยแต่ละด้านมีข้อคำถามย่อย เช่น ด้านความรู้ มีข้อคำถามย่อย 3 ข้อ ได้แก่ 1. คำศัพท์รีโอโลยี และประโยชน์รีโอโลยีกับงานอาหาร 2. พฤติกรรมการไหลของอาหารเหลว และ 3. เครื่องมือวัดความหนืดที่ต้องใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน 3 คน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิประจำคณะ อาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ผู้ใช้บัณฑิตจากเอกชน ตรวจสอบพิจารณาความถูกต้องของเนื้อหา ข้อเสนอแนะในการแก้ไขข้อคำถามให้ตรงกับสภาพจริงและถูกต้องตามวัตถุประสงค์การวิจัย นำแบบทดสอบไปใช้กับสถานประกอบการ 5 ราย ที่มีสายงานด้านตรวจระบบประกันคุณภาพอาหาร 2 คน ด้านผู้ควบคุมกระบวนการผลิตอาหาร 2 คน และสายงานด้านพัฒนาสูตรและผลิตภัณฑ์อาหาร 1 คน วิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ได้คะแนน IOC อยู่ระหว่าง 0.80 ขึ้นไป นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงข้อคำถาม ปรับแก้ไขก่อนนำไปสอบถามสถานประกอบการ

2. มคอ. 3 รายละเอียดรายวิชา แผนและการประเมินผลการเรียนรู้ จำนวน 3 รายวิชา โดยรายวิชา AGI 3301 หลักการวิเคราะห์อาหาร (วิเคราะห์ทางกายภาพ) จำนวน 3 หน่วยกิต และรายวิชา COOP 3801 เตรียมฝึกสหกิจศึกษา จำนวน 1 หน่วยกิตเรียนภาคเรียนที่ 1 ส่วน COOP 4801 สหกิจศึกษา เรียนภาคเรียนที่ 2 ทั้งนี้ผู้เรียนต้องเรียนหลักการและทฤษฎีปฏิบัติการในมหาวิทยาลัย ในรายวิชา AGI 3301 และเตรียมความพร้อมในการฝึกสหกิจโดยเข้าไปฝึกปฏิบัติการในสถานประกอบการเพื่อฝึกใช้เครื่องมือรีโอโลยี จากนั้นทำโครงการต่อเนื่องใน COOP 4801 สหกิจศึกษา ทั้งภาคเรียน แผนจัดการเรียนรู้จำนวนรวม 5 แผน รวม 578 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 3 ชั้นตอน ดังตารางที่ 2 โดยการวิจัยนี้ได้นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ได้แก่ กรณีตัวอย่าง การใช้คำถาม การแก้ปัญหา ทำปฏิบัติการ สถานการณ์จำลอง ทักษะศึกษา โครงการและการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลแบบนิรนัย (deductive analysis) เป็นการให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานงานวิจัยเพื่อทดสอบทฤษฎีรีโอโลยีโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองในสถานประกอบการมาวิเคราะห์ เพื่อเทียบเคียงสมรรถนะรีโอโลยีที่ต้องการของนักศึกษาและนำผลสะท้อนกลับไปวางแผนวงจรปฏิบัติการที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะรีโอโลยีของนักศึกษาให้สูงขึ้น โดยการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการประเมินผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้ใช้การสร้างชุมชนแห่งการเรียนรู้กับอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรและสถานประกอบการ

3. แบบประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ข้อคำถามแบบเลือกตอบ จำนวน 15 ข้อ ให้คะแนนแบบรูบริกส์แบบแยกย่อย (analytic scoring rubrics) เกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะออกเป็น ส่วน ๆ โดยระบุรายการประเมิน 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นพื้นฐาน ชั้นฝึกปฏิบัติ และชั้นประยุกต์ ชั้นละ 5 ข้อ กำหนดคะแนน 5 คะแนน (มากที่สุด) 4 คะแนน (มาก) 3 คะแนน (ปานกลาง) 2 คะแนน (น้อย) 1 คะแนน (น้อยที่สุด) ดังตารางที่ 3 การหาคุณภาพแบบประเมินสมรรถนะใช้วิธีการเดียวกับแบบสอบถามความต้องการสมรรถนะรีโอโลยี การผ่านสมรรถนะทั้ง 3 ชั้น ผู้เรียนและทั้งหมดผู้เรียนต้องมีระดับสมรรถนะระดับ 3 (ปานกลางขึ้นไป) แบบประเมินสมรรถนะใช้ในเกลียวการวิจัยในชั้นตอนการสังเกต (O) โดยมีการประเมินขั้นพื้นฐานโดยอาจารย์ชั้นฝึกปฏิบัติ และ ชั้นประยุกต์ประเมินโดยอาจารย์และพี่เลี้ยงโครงการในสถานประกอบการ เช่น หัวหน้าฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพ หัวหน้าฝ่ายวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ร้อยละ 70:30 และ 50:50 ตามลำดับ การประเมินมี 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ชั้นพื้นฐานและชั้นฝึกปฏิบัติทำในช่วงจัดการเรียนรู้เชิงรุก โดยผ่านภาคการคำนวณและทำปฏิบัติการ และการประเมินครั้งที่ 2 ดำเนินการหลังให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงภายใน 2 สัปดาห์แล้วผู้เรียนดำเนินการพัฒนาสมรรถนะแล้วทำซ้ำ ส่วนชั้นประยุกต์ประเมินตลอด 1 ภาคเรียน ครั้งที่ 1 ภายใน 2 เดือน และครั้งที่ 2 ประเมินเมื่อสิ้นสุดการฝึกสหกิจ 4 เดือน

ตารางที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้สมรรถนะเชิงรุกในรายวิชาต่าง ๆ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

รายวิชา	ลำดับขั้นการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร	กิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร	เวลาชั่วโมง
AGI 3301	ขั้นพื้นฐาน		

รายวิชา	ลำดับขั้นการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร	กิจกรรมพัฒนาการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร	เวลาชั่วโมง
หลักการวิเคราะห์อาหาร (วิเคราะห์ทางกายภาพ)	หลักการรีโอโลยี	นำโจทย์ปัญหาจากสถานประกอบการจริงมาให้วิเคราะห์และคำนวณ	3
	การใช้งานเครื่องมือวัดรีโอโลยี	นำคู่มือการใช้งานเครื่องวัดรีโอโลยีของสถานประกอบการมาให้นักศึกษาทดลองกับเครื่องมือแบบเดียวกันในมหาวิทยาลัย	6
COOP 3801 เตรียมฝึกสหกิจศึกษา	ขั้นฝึกทักษะ รีโอโลยีในการผลิตและควบคุมคุณภาพ การแก้ไขปัญหาอาหารด้วยรีโอโลยี	สถานการณ์จริงในสถานประกอบการให้นักศึกษาฝึกปฏิบัติและแก้ไขปัญหาโดยมีพนักงานฝ่ายควบคุมคุณภาพเป็นผู้กำหนดสถานการณ์ อาจารย์ร่วมสังเกตและสะท้อนผลกลับผู้เรียน	9
COOP 4801 สหกิจศึกษา	ขั้นประยุกต์ การทำโครงการสหกิจศึกษาที่มี การประยุกต์รีโอโลยี	นักศึกษาเสนอหัวข้อวิจัยให้สถานประกอบการ อาจารย์ให้ข้อเสนอแนะการประยุกต์รีโอโลยีในโครงการแล้วร่วมกับสถานประกอบการ กำกับการทำงาน การนำเสนอ และประเมินสมรรถนะนักศึกษา	560

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากอุตสาหกรรมอาหาร รวบรวมข้อมูลแบบสอบถามความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ข้อมูลนี้ได้มาจากสถานประกอบการ 12 แห่งที่มีการใช้รีโอโลยีในการแปรรูปในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน และลำปาง ซึ่งได้จากการนำฐานข้อมูลที่ส่งนักศึกษาไปฝึกสหกิจในช่วง 5 ปีย้อนหลัง ดังนี้ การแปรรูปผักและผลไม้ 5 แห่ง การแปรรูปน้ำนมและผลิตภัณฑ์นม 2 แห่ง การแปรรูปขนมอบ 2 แห่ง การแปรรูปน้ำผึ้ง 2 แห่ง และการแปรรูปเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ 1 แห่ง การสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับ 1. ความรู้ 2. ทักษะ 3. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ 5. คุณธรรม จริยธรรม นำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสมรรถนะจำเป็น แล้วจัดการประชุมออนไลน์กับตัวแทนสถานประกอบการ 6 แห่งเพื่อออกแบบเกณฑ์พิจารณาสมรรถนะตาม

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

รายการประเมิน	ระดับสมรรถนะ	เกณฑ์พิจารณา
1. ขั้นพื้นฐาน	5 (ดีมาก)	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายความหมายของคำว่า ความหนืด การไหล รีโอโลยีได้ถูกต้อง บอกความสำคัญของรีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหารได้ จำแนกการไหลของอาหารนิวโตเนียน นอนนิวโตเนียนแบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง เลือกเครื่องมือวัดรีโอโลยีให้เหมาะสมกับชนิดอาหารได้ อธิบายหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดรีโอโลยีได้ถูกต้อง

รายการประเมิน	ระดับสมรรถนะ	เกณฑ์พิจารณา
	4 (ดี)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 4 ข้อ
	3 (ปานกลาง)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 3 ข้อ
	2 (พอใช้)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 2 ข้อ
	1 (น้อย)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 1 ข้อ
2. ขั้นฝึกทักษะ	5 (ดีมาก)	1. เตรียมตัวอย่างอาหาร เครื่องมือวัดรีโอโลยีให้พร้อมกับการวัดได้ 2. วัดและอ่านผลการวัดถูกต้อง บำรุงรักษาเครื่องมือวัดรีโอโลยีและปฏิบัติงานได้สะอาด 3. ใช้ Excel สร้างสูตรการคำนวณเปลี่ยนหน่วยความหนืด และแรงดันคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ 4. ใช้ Excel สร้างเส้นกราฟความหนืดที่สัมพันธ์กับอัตราเฉือนได้ 5. รายงานผลการวัดความหนืดและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานด้วยสถิติได้
	4 (ดี)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 4 ข้อ
	3 (ปานกลาง)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 3 ข้อ
	2 (พอใช้)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 2 ข้อ
	1 (น้อย)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 1 ข้อ
3. ขั้นประยุกต์	5 (ดีมาก)	1. กำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ที่มีรีโอโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาได้ 2. วางแผนกระบวนการพัฒนางานวิจัย โครงการ และการศึกษารีโอโลยีได้ 3. ดำเนินการกระบวนการตามแผนงานได้ครบถ้วนในเวลาที่กำหนด 4. รายงานผลการศึกษา สรุปและให้ข้อเสนอแนะรูปแบบเอกสารและบรรยาย 5. ถ่ายทอดองค์ความรู้จากโครงการให้กับสถานประกอบการด้วยสื่อออนไลน์
	4 (ดี)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 4 ข้อ
	3 (ปานกลาง)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 3 ข้อ
	2 (พอใช้)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 2 ข้อ
	1 (น้อย)	ดำเนินการตามเกณฑ์พิจารณาระดับดีมากได้ 1 ข้อ

หมายเหตุ : การประเมินขั้นพื้นฐานและขั้นฝึกทักษะ อาจารย์และสถานประกอบการมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์พิจารณาและระดับสมรรถนะผ่านการประชุมร่วมกัน นำไปเขียนใน มคอ.3 และแจ้งนักศึกษา การประเมินขั้นพื้นฐานดำเนินการโดยอาจารย์เท่านั้น ส่วนการประเมินขั้นฝึกทักษะประเมินโดยอาจารย์และหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพในสถานประกอบการจำนวน 4 แห่ง โดยตกลงการตัดสินการประเมิน ผู้สอนและสถานประกอบการร้อยละ 70:30

2. การประเมินขั้นประยุกต์ อาจารย์กับหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพสถานประกอบการ 4 แห่งนำเกณฑ์การประเมินโครงการสหกิจศึกษา (มคอ.4) มาพิจารณาปรับเกณฑ์พิจารณาคุณภาพและระดับสมรรถนะให้สอดคล้องกับสมรรถนะการเรียนรู้เรื่อง รีโอโลยี โดยตกลงการตัดสินการประเมิน อาจารย์และหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพในสถานประกอบการร้อยละ 50:50การพัฒนา 3 ชั้น แต่ละชั้นมี 5 ข้อย่อย โดยถ้านักศึกษาทำครบ 5 ข้อมีสมรรถนะดีมาก ระดับสมรรถนะลดหลั่นกันไปตามจำนวนข้อที่นักศึกษาปฏิบัติได้ นำข้อเสนอแนะมาออกแบบวิจัยปฏิบัติการร่วม รวบรวมผลการประเมินสมรรถนะรีโอโลยีและข้อเสนอแนะโครงการสหกิจศึกษาจากสถานประกอบการมาสรุป

2. การวิจัยปฏิบัติการร่วม ผู้วิจัยนำผลการสำรวจมาดำเนินการวิจัยปฏิบัติการร่วมกับสถานประกอบการ โดยใช้การดำเนินการ Plan-Act-Observe-Reflect (PAOR) ไปเก็บผลจากการจัดการเรียนรู้เชิงรุกขั้นพื้นฐาน ขั้นฝึกทักษะและขั้นประยุกต์

ขั้นพื้นฐาน ดังนี้

P- อาจารย์สรุปผลการสำรวจสมรรถนะการเรียนรู้เรื่อง รีโอโลยีที่สถานประกอบการต้องการ โดยอ้างอิงผลลัพธ์การเรียนรู้ 5 ด้าน ได้แก่ 1. ความรู้ 2. ทักษะ 3. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และเทคโนโลยีสารสนเทศ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ 5. คุณธรรม จริยธรรม แล้วนำสมรรถนะทั้ง 5 ไปแทรกไว้ในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับอุตสาหกรรมอาหาร อาจารย์ร่วมกับสถานประกอบการกำหนดระดับขั้นสมรรถนะพื้นฐานและร่วมกันวางแผนการจัดการเรียนรู้เน้นหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับรีโอโลยีและฝึกปฏิบัติการตามคู่มือ อาจารย์ชี้แจงนักศึกษาตาม

มคอ. 3 รายละเอียดวิชาหลักการวิเคราะห์อาหารและปฏิบัติการ การวัดและประเมินผลจำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 วัดในระหว่างฝึกปฏิบัติการ และ ครั้งที่ 2 หลังจากการให้ข้อเสนอแนะแก่นักศึกษาไปฝึกหัดแล้วประเมินอีกครั้ง

A- อาจารย์ดำเนินการตามแผนจัดการเรียนรู้ในภาคบรรยายเนื้อหา นิยามความหนืด พฤติกรรม การไหล หน่วยความหนืด เครื่องมือวัดความหนืดและหลักการทํางาน การยกตัวอย่างเครื่องมือที่อุตสาหกรรมอาหารใช้ และภาคปฏิบัติการนักวิทยาศาสตร์สาธิตและให้นักศึกษาฝึกหัดวิเคราะห์ตัวอย่างนำมาจากภาคอุตสาหกรรมอาหาร โดยเลือกใช้เครื่องมือรีโอโลยีที่ให้บริการในห้องปฏิบัติการ

O- อาจารย์สังเกตการณ์มีส่วนร่วมของนักศึกษา เช่น การตอบคำถาม การร่วมกิจกรรมกลุ่มอภิปรายกรณีศึกษา การสอบเก็บคะแนนย่อย (quiz) และการสอบปฏิบัติการใช้เครื่องมือวัดเป็นรายบุคคล การทํารายงานปฏิบัติการส่งแล้วอาจารย์ประเมินสมรรถนะนักศึกษาเป็นรายบุคคลโดยใช้เกณฑ์ตามตารางที่ 2

R- อาจารย์ร่วมกับนักศึกษาให้ข้อเสนอแนะการทำปฏิบัติการ เฉลยการสอบเก็บคะแนนย่อย และกรณีศึกษาในตารางที่ 1 ให้กับผู้เรียน แล้วให้ผู้เรียนไปทบทวนเนื้อหา ฝึกปฏิบัติใช้เครื่องมือ และแก้โจทย์ปัญหาส่งงานออนไลน์ อาจารย์สะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคล จากการทำกิจกรรมในชั้น A และ การประเมินสมรรถนะในชั้น O แล้วเปรียบเทียบกับความต้องการสมรรถนะที่สถานประกอบการต้องการเพื่อนำไปปรับการทำกิจกรรมในชั้นตอน A ใหม่แล้วประเมิน O ของผู้เรียนเป็นครั้งที่ 2

ขั้นฝึกทักษะ ดังนี้

P- อาจารย์และหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพนำข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการผลิต การควบคุมคุณภาพ หรือ การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มาสร้างสถานการณ์จำลองให้กับนักศึกษา กำหนดระดับขั้นสมรรถนะฝึกทักษะตามผลลัพธ์การเรียนรู้ 5 ด้าน และร่วมกันวางแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการมหาวิทยาลัยและในสถานประกอบการ เน้นการตั้งคำถามและการแก้ไขปัญหา วางแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้การทำโครงการส่ง รวมทั้งการใช้โปรแกรมการคำนวณ Excel และโปรแกรมสถิติวิเคราะห์ข้อมูล

A- จัดการเรียนรู้ตามแผน ให้นักศึกษาศึกษาโดยใช้ประสบการณ์พื้นฐานมาต่อยอดและบูรณาการกับองค์ความรู้อื่น ๆ เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา ศึกษาทดลอง การให้นักศึกษาส่งผลงานให้ข้อเสนอแนะโดยหัวหน้าฝ่ายควบคุมคุณภาพ

O- นำนักศึกษาไปทัศนศึกษาดูงาน ณ สถานประกอบการ สังเกตการสอบถามวิทยากรจากสถานประกอบการ การมีส่วนร่วมในการเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จำลอง สังเกตการรายงานผลโครงการ เช่น การคำนวณ การสร้างกราฟ การทดสอบสมมติฐาน และการสรุปแนวทางแก้ไขปัญหาตามวิธีที่นักศึกษาและสถานประกอบการแลกเปลี่ยนข้อมูล จากนั้นประเมินสมรรถนะจากการทำโครงการครั้งที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ตามตารางที่ 2

R- อาจารย์ร่วมกับสถานประกอบการ สะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม การทำโครงการนักศึกษาและแนวทำปฏิบัติการที่ดี การใช้โปรแกรมคำนวณและโปรแกรมสถิติให้กับผู้เรียน แล้วให้ผู้เรียนไปทบทวนเนื้อหา ฝึกปฏิบัติใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง และแก้โจทย์ปัญหาส่งงานออนไลน์ ประเมินสมรรถนะจากการปรับแก้โครงการครั้งที่ 2

ขั้นประยุกต์ ดังนี้

P- ประสานสถานประกอบการในการรับนักศึกษาเข้าไปฝึกสหกิจศึกษา และคัดเลือกสถานประกอบการที่ทํางานเกี่ยวข้องกับรีโอโลยี นำข้อมูลมานำเสนอให้กับนักศึกษาที่สนใจไปเข้าฝึกงานและประสานพี่เลี้ยงด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารจากสถานประกอบการในการติดตามโครงการและการประเมินโครงการ โดยอธิบายผลลัพธ์การเรียนรู้ 5 ด้านจากการสำรวจให้กับสถานประกอบการและนักศึกษา

A- นักศึกษากำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ วางแผนกระบวนการพัฒนางานวิจัยและการศึกษารีโอโลยีโดยใช้ความรู้พื้นฐานและทักษะที่ฝึกฝนมาก่อนหน้านี้ ศึกษาตามแผนและรายงานความก้าวหน้า สถานประกอบการร่วมกับอาจารย์ตรวจสอบโครงร่างงานวิจัย

O- สถานประกอบการ อาจารย์ นักศึกษานัดประชุมติดตามการทำโครงการโดยผ่านการนิเทศก์งาน การตรวจสอบข้อมูลและการเขียนอธิบาย โดยให้นักศึกษานำเสนองานในรูปแบบเอกสารและการบรรยาย ประเมินสมรรถนะครั้งที่ 1 ตามเกณฑ์ตารางที่ 2 แล้วให้นักศึกษาไปปรับแก้และพัฒนาผลงานเพิ่มเติม

R- สถานประกอบการและอาจารย์สะท้อนรายงานความก้าวหน้าโครงการสหกิจศึกษาครั้งที่ 1 ให้นักศึกษานำไปพัฒนาผลงานแล้วนำเสนอในรูปแบบอินโฟกราฟิกในการประเมินสมรรถนะครั้งที่ 2 สิ้นสุดการฝึกสหกิจศึกษาสรุปผลการจัดการเรียนรู้และการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยนำข้อมูลจากแบบสอบถามความต้องการสมรรถนะรีโอโลยีมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และนำเสนอในรูปแบบตาราง แล้วนำข้อมูลสำรวจมาวางแผนการจัดการเรียนรู้สมรรถนะเชิงรุกในรายวิชาต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และนำผลการประเมินสมรรถนะรีโอโลยีมาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และนำเสนอในรูปแบบตารางพร้อมอภิปรายผลการวิจัยเชิงปฏิบัติการร่วมกับอุตสาหกรรมอาหาร ส่วนการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างสมรรถนะก่อนและหลังการจัดการจัดการเรียนรู้เชิงรุกใช้การทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่าง โดยวิธีจับคู่ (paired-difference test) ที่นัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม Statistix7 (U.S.A.)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย ผลการวิจัยปฏิบัติการร่วมพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ได้ผลดังนี้

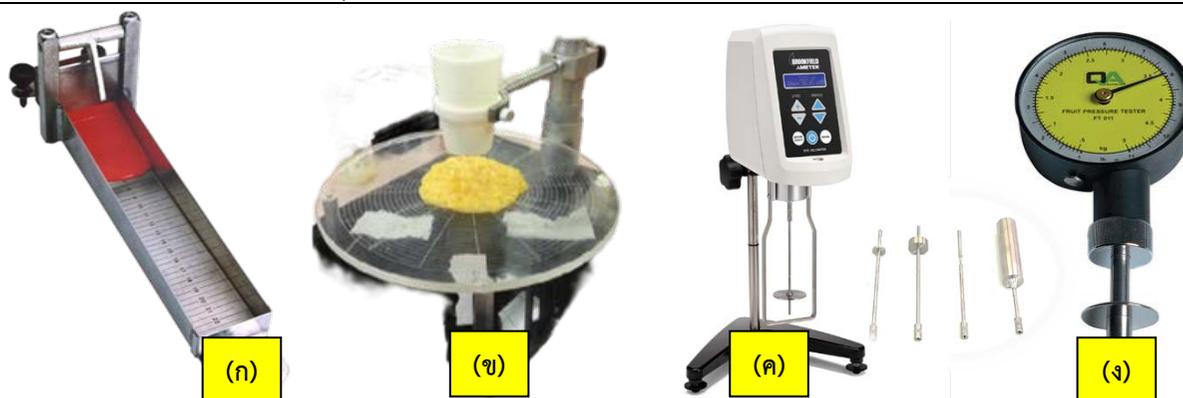
1. การสำรวจความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร

การสำรวจความต้องการอุตสาหกรรมอาหาร 12 แห่งที่แปรรูปผักและผลไม้ แปรรูปน้ำมันและผลิตภัณฑ์นม แปรรูปขนมอบ แปรรูปน้ำผึ้ง และแปรรูปเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์ ได้ผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการสำรวจความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร

รายการ	รายละเอียด	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานผู้ตอบแบบสอบถาม			
เพศ	ชาย	2	16.67
	หญิง	10	83.33
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี	8	66.67
	ปริญญาโท	3	25.00
	ปริญญาเอก	1	8.33
สายงานอุตสาหกรรมอาหาร	การผลิตอาหาร	5	41.67
	การควบคุมคุณภาพอาหาร	5	41.67
	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร	2	16.66
ประสบการณ์ทำงานด้านอุตสาหกรรมอาหาร	น้อยกว่า 5 ปี	9	75.00
	5-10 ปี	1	12.50
	10-20 ปี	1	12.50
	25 ปีขึ้นไป	1	12.50
ส่วนที่ 2 สมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีที่อุตสาหกรรมอาหารต้องการ			
ความรู้	คำศัพท์รีโอโลยี และประโยชน์รีโอโลยีกับงานอาหาร	12	100.00
	พฤติกรรมกรไหลของอาหารเหลว	10	83.33
	เครื่องมือวัดความหนืดที่ต้องใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร	12	100.00
ทักษะ	การใช้เครื่องมือวัดความหนืด และอ่านค่า	12	100.00
	การคำนวณเปลี่ยนหน่วยความหนืด	10	83.33
	การแก้ไขโจทย์ปัญหาความหนืดจากสมการการไหล	8	66.67
	การพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่เกี่ยวข้องกับความหนืด	8	66.67
การวิเคราะห์เชิงตัวเลข	การจัดทำตารางบันทึกข้อมูล การบันทึกข้อมูลความหนืด	10	83.33
การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	การใช้สถิติรายงานข้อมูลความหนืด	11	91.67
	การสร้างกราฟ ตาราง อินโฟกราฟฟิกและคลิปวิดีโอรายงานผลการศึกษา	11	91.67
ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและ	การทำงานเป็นกลุ่ม ช่วยกันทำปฏิบัติการ รายงาน อภิปราย	12	100.00
	ผลวิเคราะห์และสรุป		
ความรับผิดชอบ	การนำเสนอรายงานด้วยการบรรยายรายบุคคล	12	100.00
	ความรับผิดชอบในการส่งรายงานและการนำเสนองาน	12	100.00

รายการ	รายละเอียด	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
คุณธรรม จริยธรรม	ตรงเวลาและงานครบถ้วนตามที่กำหนด		
	การรายงานผลการศึกษามีเอกสารอ้างอิงข้อมูล ตรวจสอบได้	12	100.00
	การปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มือทำงาน	12	100.00
	ไม่เกิดอันตรายกับผู้ร่วมงาน		
	การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดและบริเวณทำงานให้สะอาด	12	100.00



ภาพที่ 3 ตัวอย่างเครื่องมือวัดทางรีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหาร

Bostwick consistometer (ก) Adam consistometer (ข) Brookfield consistometer (ค) Penetrometer (ง)

จากตารางที่ 4 ข้อมูลพื้นฐานผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 12 คน ผู้ให้ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 83.33 วุฒิการศึกษาปริญญาตรีร้อยละ 66.67 รับผิดชอบงานด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพอาหารร้อยละ 93.34 มีประสบการณ์ในการทำงานในอุตสาหกรรมอาหารไม่เกิน 5 ปี ร้อยละ 75.00 ความต้องการสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีจำแนกเป็นประเด็นตามมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษา ปริญญาตรี ในด้านความรู้และทักษะเกี่ยวข้อง ทุกสถานประกอบการเน้นพื้นฐานรีโอโลยี การใช้เครื่องมือวัดรีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหารที่ใช้กันทั่วไป เช่น Bostwick consistometer ใช้วัดความคงตัวของซอสพริก ซอสมะเขือเทศ น้ำจิ้ม Adam consistometer ใช้วัดความคงตัวของซูปข้าวโพด Brookfield consistometer ใช้วัดความหนืดของ น้ำผึ้ง ส่วนผสมไอศกรีม โยเกิร์ต และ Penetrometer วัดความแน่นเนื้อ ไส้กรอก ลูกชิ้น หมูยอ ผู้ให้ข้อมูลเสนอให้หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารเน้นการใช้สถิติรายงานข้อมูลความหนืด การสร้างกราฟ ตาราง และเทคโนโลยีสื่อสาร เช่น คลิปวิดีโอรายงานผลการวัด การสื่อสารทั้งการนำเสนอการเขียนรายงานและการบรรยายให้กับสถานประกอบการ ส่วนคุณธรรมจริยธรรมผู้ให้ข้อมูลทุกแห่งให้ข้อมูลตรงกันเกี่ยวกับความรับผิดชอบในการส่งรายงานที่มีข้อมูลครบถ้วน ถูกต้อง รวมทั้งพฤติกรรมการใช้เครื่องมือ การบำรุงรักษาหลังการใช้งาน การรักษาความสะอาด ผลจากการสำรวจความต้องการจากสถานประกอบการนำไปออกแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเชิงปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วม การออกแบบการจัดการเรียนรู้ได้นำแผนการเรียน คำอธิบายรายวิชาต่าง ๆ ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ไปวิเคราะห์กับสถานประกอบการที่ให้ข้อมูล โดยนำสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีจากการสำรวจมาจำแนกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1. หลักการและทฤษฎี 2. ปฏิบัติ และ 3. ประยุกต์ จากนั้นเลือกรายวิชาในหลักสูตรที่มีคำอธิบายรายวิชาเกี่ยวข้องกับสมรรถนะต่าง ๆ นำสมรรถนะในแต่ละกลุ่มมาจัดเรียงให้เป็นลำดับโดยเรียงจากความรู้ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมิน และการสร้างสรรค์งานใหม่ หรือ Revised Bloom's Taxonomy (Anderson and Krathwohl, 2001; Bloom *et al.*, 1956) แล้วกำหนดเป็นสมรรถนะขั้นพื้นฐาน ขั้นฝึกปฏิบัติ และขั้นประยุกต์ การออกแบบกิจกรรมเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ตามลำดับขั้น Revised Bloom's Taxonomy อย่างเด่นชัดจากตัวทฤษฎีและหลักการรีโอโลยี ความเข้าใจเครื่องมือวัดรีโอโลยี การนำเครื่องมือรีโอโลยีไปใช้วัดคุณภาพอาหาร การวิเคราะห์ผลการวัดรีโอโลยี การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารจากผลการวิเคราะห์ และการนำรีโอโลยีไปออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์อาหารที่สถานประกอบการต้องการ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใหม่นี้จะเชื่อมโยงทฤษฎีและหลักการในมหาวิทยาลัยไปสู่โลกการทำงานในสถานประกอบการได้

2. การวิจัยปฏิบัติการร่วม

ผลการวิจัยในตารางที่ 5 แสดงผลการวิจัยปฏิบัติการร่วมระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการเพื่อพัฒนาสมรรถนะรีโอโลยีของนักศึกษาโดยนำสมรรถนะที่อุตสาหกรรมอาหารต้องการมาวิเคราะห์และกำหนดเป็นสมรรถนะ 3 ระดับได้แก่ ชั้นพื้นฐาน ชั้นฝึกทักษะ และชั้นประยุกต์ โดยในแต่ละชั้นตอนมีการใช้การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาต่าง ๆ ด้วย ตารางที่ 5 ผลการประเมินสมรรถนะการเรียนรู้เรื่อง รีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหารของนักศึกษาระดับปริญญาตรี

ประเด็น	รายละเอียดสมรรถนะ	ประเมินครั้งที่ 1		ประเมินครั้งที่ 2	
		คะแนน	คุณภาพ	คะแนน	คุณภาพ
ชั้นพื้นฐาน	1. อธิบายความหมายของคำว่า ความหนืด การไหล รีโอโลยีได้ถูกต้อง	2.29±0.51	พอใช้	4.33±0.48	ดี
	2. บอกความสำคัญของรีโอโลยีในอุตสาหกรรมอาหารได้	2.08±0.05	พอใช้	3.75±0.44	ดี
	3. จำแนกการไหลของอาหารนิวโตเนียน นอนนิวโตเนียนแบบต่าง ๆ ถูกต้อง	2.50±0.51	พอใช้	3.54±0.46	ดี
	4. เลือกเครื่องมือวัดรีโอโลยีให้เหมาะสมกับชนิดอาหารได้	3.54±0.46	ปานกลาง	3.96±0.46	ดี
	5. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องมือวัดรีโอโลยีได้ถูกต้อง	2.92±0.50	ปานกลาง	3.65±0.49	ดี
	ค่าเฉลี่ยสมรรถนะชั้นพื้นฐาน	2.67±0.50	ปานกลาง	3.54±0.46	ดี
ชั้นฝึกปฏิบัติ	1. เตรียมตัวอย่างอาหาร เครื่องมือวัดรีโอโลยีให้พร้อมกับการวัดได้	3.75±0.44	ดี	4.38±0.48	ดี
	2. วัดและอ่านผลการวัดถูกต้อง บำรุงรักษาเครื่องมือวัดรีโอโลยีและปฏิบัติงานได้สะอาด ปลอดภัย	3.54±0.46	ดี	3.75±0.44	ดี
	3. ใช้ Excel สร้างสูตรการคำนวณเปลี่ยนหน่วยความหนืด และแรงได้ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานได้	2.29±0.51	พอใช้	4.17±0.38	ดี
	4. ใช้ Excel สร้างกราฟความหนืดสัมพันธ์กับอัตราเฉือน	2.08±0.50	พอใช้	3.13±0.49	ปานกลาง
	5. รายงานผลการวัดความหนืดและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานด้วยสถิติได้	1.88±0.49	พอใช้	2.71±0.51	ปานกลาง
	ค่าเฉลี่ยสมรรถนะชั้นฝึกปฏิบัติ	2.57±0.41	ปานกลาง	3.44±0.43	ดี
ชั้นประยุกต์	1. กำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ที่มีรีโอโลยีเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาได้	1.67±0.52	พอใช้	4.17±0.41	ดี
	2. วางแผนกระบวนการพัฒนางานวิจัย โครงการงาน และการศึกษารีโอโลยีได้	2.50±0.55	พอใช้	4.33±0.52	ดี
	3. ดำเนินการกระบวนการตามแผนงานได้ครบถ้วนในเวลาที่กำหนด	3.33±0.52	ปานกลาง	5.00±0.00	ดีมาก
	4. รายงานผลการศึกษา สรุปและให้ข้อเสนอแนะรูปแบบเอกสารและบรรยาย	1.67±0.52	พอใช้	4.17±0.41	ดี
	5. ถ่ายทอดองค์ความรู้จากโครงการนี้ให้กับสถานประกอบการด้วยสื่อออนไลน์	0.83±0.41	ปรับปรุง	2.52±0.55	ปานกลาง
	ค่าเฉลี่ยสมรรถนะชั้นประยุกต์	2.00±0.42	พอใช้	3.82±0.17	ดี

หมายเหตุ 1. ช่วงคะแนนคุณภาพ ดังนี้ 0-1.50 (ปรับปรุง) 1.51-2.50 (พอใช้) 2.51-3.50 (ปานกลาง) 3.51-4.50 (ดี) และ 4.51-5.00 (ดีมาก) 2. ชั้นพื้นฐานและฝึกปฏิบัติมีนักศึกษา 24 คน ชั้นประยุกต์มีนักศึกษา 6 คน (ทำโครงการเกี่ยวกับรีโอโลยี) วิธีการเชิงรุกที่หลากหลายให้ผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีใกล้เคียงกับการนำไปใช้ในการทำงาน และใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการติดตามการพัฒนาของนักศึกษาควบคู่ไปกับการให้ข้อเสนอแนะมุ่งสู่คุณภาพ

2.1 ชั้นพื้นฐาน กำหนดสมรรถนะตามนิยามและหลักการรีโอโลยี อธิบายความสำคัญ เครื่องมือวัดเกี่ยวกับการทำงานและการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหาร การจัดการเรียนรู้ใช้บรรยายหลักการประกอบกรณีตัวอย่างใน

อุตสาหกรรมอาหาร การจัดการใช้เครื่องมือวัดต่าง ๆ กับผลิตภัณฑ์อาหาร และการทำปฏิบัติการวิเคราะห์รีโอโลยีของตัวอย่างที่ได้จากอุตสาหกรรมอาหาร จากตารางที่ 6 การประเมินครั้งที่ 1 สมรรถนะขั้นพื้นฐานจำนวน 5 ข้อ พบว่ามีคุณภาพในระดับพอใช้ถึงปานกลาง และสมรรถนะการประเมินครั้งที่ 2 คุณภาพโดยรวมในระดับดี

2.2 ขั้นฝึกทักษะ กำหนดสมรรถนะการวัด การอ่านผล การทำรายงาน และการบำรุงรักษาเครื่องมือและทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน รักษาความปลอดภัยในการทำงาน กิจกรรมการเรียนรู้ใช้สถานการณ์จำลอง การนำนักศึกษาทัศนศึกษาที่สถานประกอบการเพื่อปฏิบัติการใช้เครื่องมือรีโอโลยี การใช้คำถามให้นักศึกษาได้แลกเปลี่ยนกันในกลุ่ม การแก้ปัญหาจากสถานประกอบการ จากตารางที่ 6 การประเมินครั้งที่ 1 สมรรถนะขั้นพื้นฐานจำนวน 5 ข้อ พบว่ามีคุณภาพในระดับพอใช้ถึงดี และสมรรถนะการประเมินครั้งที่ 2 คุณภาพโดยรวมในระดับปานกลางถึงดี

2.3 ขั้นประยุกต์ กำหนดสมรรถนะการทำโครงการร่วมกับอุตสาหกรรมอาหารโดยนำพื้นฐานและทักษะไปประยุกต์ใช้ รวมทั้งกระบวนการวิจัย และมีการนำเสนอผลงาน จากตารางที่ 6 การประเมินครั้งที่ 1 สมรรถนะขั้นพื้นฐานจำนวน 5 ข้อ พบว่ามีคุณภาพในระดับปรับปรุงถึงปานกลาง สมรรถนะการประเมินครั้งที่ 2 คุณภาพโดยรวมในระดับปานกลางถึงดีมาก

ตารางที่ 6 ผลประเมินพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร โดยภาพรวมของนักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

สมรรถนะรีโอโลยี	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-test	ระดับความเป็นอิสระ	ค่านัยสำคัญ (ทางเดียว)
	คะแนนประเมินครั้งที่ 1	คะแนนประเมินครั้งที่ 1	คะแนนประเมินครั้งที่ 2	คะแนนประเมินครั้งที่ 2			
ขั้นพื้นฐาน	2.67	0.50	3.54	0.46	3.31	23	0.0015*
ขั้นฝึกปฏิบัติ	2.57	0.41	3.44	0.43	4.31	23	0.0001*
ขั้นประยุกต์	2.00	0.42	3.82	0.17	3.38	5	0.0099*

หมายเหตุ : 1. การทดสอบทางสถิติด้วยวิธีการทดสอบความแตกต่างโดยวิธีจับคู่ (paired-difference test) ที่นัยสำคัญ 0.05
2. ช่วงสมรรถนะโดยรวม ดังนี้ 0-1.99 คะแนน (ไม่ได้สมรรถนะ, F) 2.50-2.99 คะแนน (สมรรถนะพอใช้, C) 3.00-3.49 คะแนน (สมรรถนะปานกลาง, C⁺) 3.50-3.99 คะแนน (สมรรถนะดี, B) 4.00-4.50 คะแนน (สมรรถนะดีมาก, B⁺) และ 4.51-5.00 คะแนน (สมรรถนะดีเยี่ยม, A) ขั้นพื้นฐานและฝึกปฏิบัติมีนักศึกษา 24 คน ขั้นประยุกต์มีนักศึกษา 6 คน

จากตารางที่ 6 ผลการประเมินสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหารโดยภาพรวม พบว่า คะแนนเฉลี่ยจากการประเมินครั้งที่ 1 ขั้นพื้นฐานและขั้นฝึกปฏิบัติ คือ 2.67 คะแนน และ 2.57 คะแนน ตามลำดับ คุณภาพจัดอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ยครั้งที่ 2 ขั้นพื้นฐานและขั้นฝึกปฏิบัติ คือ 3.54 คะแนน และ 3.44 คะแนน ตามลำดับ คุณภาพจัดอยู่ในระดับดี ส่วนสมรรถนะรีโอโลยีขั้นประยุกต์มีคะแนนเฉลี่ย ประเมินครั้งที่ 1 คือ 2.00 คะแนน ระดับคุณภาพพอใช้ และคะแนนการพัฒนาสมรรถนะเพิ่มเป็น 3.82 คะแนน ในระดับคุณภาพ ดี การทดสอบสถิติเปรียบเทียบคะแนนจากการประเมินสมรรถนะครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญ 0.05 สมรรถนะที่ผู้เรียนพัฒนาโดยรวมทั้ง 3 ขั้นจัดอยู่ระดับสมรรถนะดี

การพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ทั้ง 3 ชั้น อย่างต่อเนื่อง โดยการประเมินครั้งที่ 1 พบว่า อาจารย์ประเมินสมรรถนะผู้เรียนขั้นพื้นฐานหลังการบรรยายแล้วให้ตัวอย่างการคำนวณ นักศึกษายังมีข้อผิดพลาดในการคำนวณ เช่น การเลือกใช้สมการ การเปลี่ยนหน่วย ภายหลังจากนักศึกษาได้รับโจทย์คำนวณจากอาจารย์ให้นักศึกษานำไปฝึกฝนในชั้นเรียนเพิ่มเติม และนำโจทย์ปัญหาจากสถานประกอบการที่คล้ายกับชั้นเรียนมาให้ นักศึกษาลองเปรียบเทียบ แล้วเชื่อมโยงวิธีการจากทฤษฎีไปสู่สถานการณ์จริง ประเมินครั้งที่ 2 พบว่า นักศึกษาแก้ไขปัญหา จัดการข้อมูลและเลือกใช้สมการ พร้อมทั้งตรวจสอบวิธีคำนวณและคำตอบกับอาจารย์และสถานประกอบการแล้วถูกต้อง ทำให้เกิดทักษะคำนวณมากขึ้น ขั้นฝึกปฏิบัติ การประเมินครั้งที่ 1 พบว่า นักศึกษาได้ฝึกหัดการใช้งานเครื่องมือในสถานประกอบการจากเจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพมาสาธิต การบันทึกข้อมูล การคำนวณและรายงานผลในระยะเวลาสั้น ๆ เกิดประสบการณ์เบื้องต้น การที่นักศึกษาได้กลับมาฝึกฝนการใช้งานเครื่องมือเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัย เพื่อให้เกิดทักษะความชำนาญมากขึ้น เรียนรู้การใช้และรายงานผลการวัด ส่งผลทำให้ผลการประเมินครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้น และขั้นประยุกต์ การร่วมมือกันระหว่างนักศึกษา อาจารย์ สถานประกอบการ วางแผนโครงการสหกิจ กำหนดโครงการ ให้นักศึกษาได้นำเสนอการทำงานครั้งที่ 1 แล้วประเมินการทำงาน การสะท้อนคิดของนักศึกษา

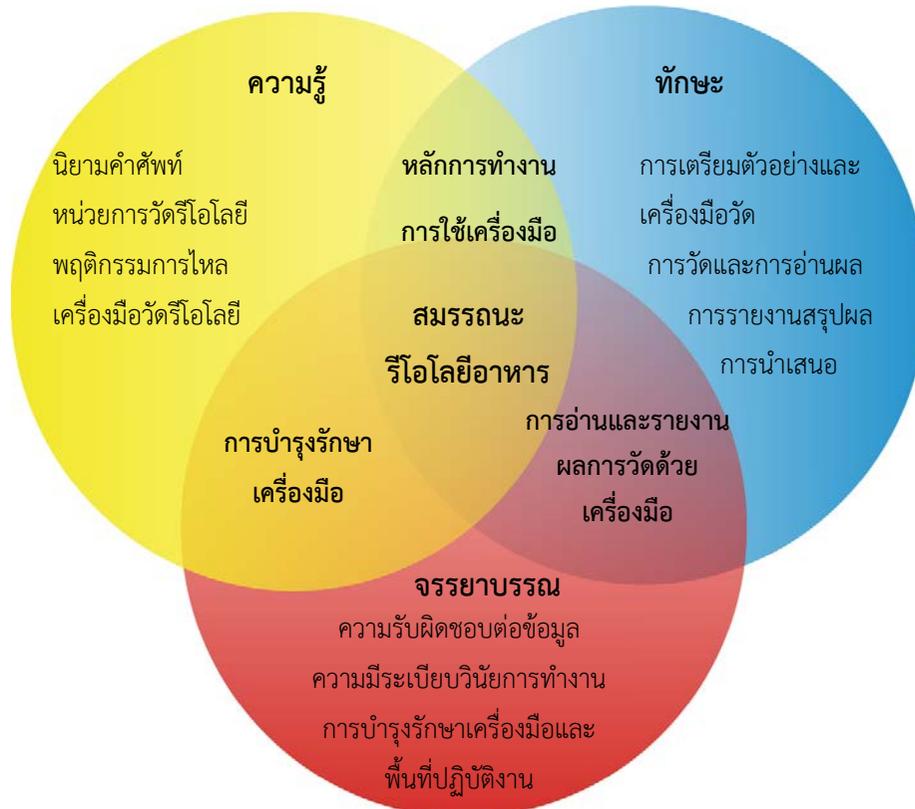
เพื่อพัฒนาการทำงานครั้งต่อไป อาจารย์และสถานประกอบการติดตามการทำงานนักศึกษาให้นำความรู้และทักษะในขั้นพื้นฐาน และขั้นฝึกปฏิบัติมาปรับใช้ การตรวจสอบรายงานและนำเสนองานต่อเนื่องจนนักศึกษาและสถานประกอบการบรรลุ วัตถุประสงค์การทำโครงการสหกิจแล้วประเมินครั้งที่ 2 ทำให้ผู้เรียนได้สมรรถนะการทำงานที่เข้ากับบริบทภาคอุตสาหกรรมได้

อภิปรายผล

ผลการศึกษาเรื่องนี้นำมาสู่การอภิปรายใน 2 ประเด็นสำคัญ คือ สมรรถนะการเรียนรู้เชิงรุกด้านรีโอโลยี และการจัดการเรียนรู้และวิจัยระหว่างอุตสาหกรรมอาหารและมหาวิทยาลัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ผลจากการจัดการเรียนรู้สมรรถนะเชิงรุก เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร หลักการเน้นการปฏิบัติการจนชำนาญกระทั่งเกิดเป็นสมรรถนะในการทำงานระดับที่ ต้องการ โดยการวิจัยนี้ได้พัฒนาสมรรถนะจากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นฝึกทักษะให้เกิดความชำนาญ และขั้นนำไปประยุกต์ได้ โดยในแต่ละขั้นสมรรถนะต้องวัดได้โดยการแบ่งสมรรถนะแต่ละขั้นออกเป็นรายย่อย ๆ เช่น สมรรถนะขั้นพื้นฐานรีโอโลยีแต่ละขั้นมี 5 รายการ และจัดการพัฒนาผู้เรียนเป็นรายบุคคล (Wattanarong, 2013) ซึ่งผู้เรียนได้พัฒนาสมรรถนะทั้งจากการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่หลากหลาย เช่น การบรรยายความรู้และการยกตัวอย่าง การทำปฏิบัติการฝึกทักษะความชำนาญ การใช้เครื่องมือ และพัฒนาไปสู่ระดับที่สูงขึ้นในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์จำลองที่มักพบในอุตสาหกรรมอาหาร สอดคล้องกับ Kumpang and Wattanachai (2021) ที่เห็นว่าผู้เรียนสัตวแพทย์ต้องพัฒนาทักษะการแก้ไขปัญหาโดยใช้สถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียง เหตุการณ์จริงมาฝึกฝนผู้เรียนให้ตัดสินใจได้ถูกต้อง ผู้เรียนสามารถพัฒนาโครงการร่วมกับสถานประกอบการได้ใกล้เคียงกับ ความรับผิดชอบและจรรยาบรรณในวิชาชีพ

สมรรถนะรีโอโลยีอาหารของผู้เรียนจากการเรียนรู้เชิงรุกอย่างต่อเนื่องหลากหลายวิชาผสมผสานระหว่างภาคทฤษฎี และปฏิบัติการ 3 ชั้น จากขั้นพื้นฐาน ขั้นฝึกปฏิบัติ และขั้นประยุกต์โดยมีการประเมิน 2 ครั้งก่อนและหลังการพัฒนาสมรรถนะ ดังตารางที่ 6 หากนำองค์ประกอบย่อยรายระดับสมรรถนะมาวิเคราะห์จำแนกได้ 3 ส่วน ได้แก่ องค์ความรู้พื้นฐาน คือทฤษฎี หลักการรีโอโลยี การฝึกทักษะเฉพาะรีโอโลยี และจรรยาบรรณกำกับการทำงานของผู้เรียน ดังแสดงในภาพที่ 4 ทั้งนี้ในแต่ละ องค์ประกอบทั้ง 3 ส่วนมีส่วนเกี่ยวข้องกันเช่น ความรู้เกี่ยวกับหลักการการทำงานของเครื่องมือวัดจะนำไปสู่การใช้งานและรายงาน ผลที่ถูกต้องรวมทั้งจรรยาบรรณในการทำงานกับเครื่องมือให้เป็นระเบียบ สะอาด และปลอดภัยทั้งต่อตนเองและผู้อื่น



ภาพที่ 4 ภาพรวมสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ของปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร

ภาพรวมสมรรถนะรีโอโลยีเกี่ยวข้องกับ ความรู้ ทักษะ และจรรยาบรรณ ทั้งนี้ปัจจัยสำคัญ 2 ปัจจัยที่ช่วยให้เกิดสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยี ได้แก่ 1) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาในการพัฒนาสมรรถนะทั้งด้านความรู้และทักษะอย่างต่อเนื่อง โดยการจัดแนวทางส่งเสริมสมรรถนะ เช่น การศึกษาด้วยตนเองผ่านระบบออนไลน์ การเตรียมอุปกรณ์และสถานที่ให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนทักษะปฏิบัติการและคุ้นเคยกับเครื่องมือวัดรีโอโลยี (Tacettin and Mustafa Cem, 2021) และบทบาทของอาจารย์ที่ต้องเปลี่ยนจากผู้สอนมาเป็นผู้กระตุ้นให้คิด จัดสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับสมรรถนะและผลลัพธ์การเรียนรู้ที่วิชาชีพต้องการ โดยผ่านกิจกรรมภาคทฤษฎีและปฏิบัติที่สอดคล้องกัน (Barman and Konwar, 2011; Kulik *et al.*, 2020) อาจารย์ให้ข้อเสนอแนะผู้เรียนเป็นรายบุคคลนำไปพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนประเมินพัฒนาการตนเองทั้งองค์ความรู้และทักษะเพื่อปรับปรุงการเรียนรู้ (Assessment for Learning: AfL) (Jangsawang *et al.*, 2022) รวมทั้งการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงและประเมินสมรรถนะที่เพียงพอจนนำไปใช้ในอาชีพได้โดยใช้การออกแบบโครงสร้างรายวิชาที่เกี่ยวข้องเข้าไว้ด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้เวลาฝึกฝนได้อย่างเต็มที่ เช่น การศึกษาครั้งนี้มีการบูรณาการรายวิชาทฤษฎี เตรียมฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการฝึกสหกิจศึกษาเข้าไว้ด้วยกัน (Chelli, 2011)

ผลการวิจัยเชิงวิจัยปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีระหว่างอุตสาหกรรมอาหารและมหาวิทยาลัย หลักการสำคัญคือ การมีส่วนร่วมในการแลกเปลี่ยนคุณค่าการจัดการศึกษาระหว่างวิชาการและธุรกิจ (Elsevier, 2021) โดยการศึกษาความต้องการสมรรถนะของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารในด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพอาหารในเขตภาคเหนือ ประเทศไทย ต้องการความรู้และทักษะเฉพาะทางเช่น การแปรรูปผักและผลไม้เนยหมักแปรรูปซอส น้ำจิ้ม น้ำสลัด แยม ต้องเพิ่มทักษะใช้เครื่องมือวัดที่ใช้ในการผลิตและตรวจคุณภาพเป็นประจำ เช่น Bostwick consistometer และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือปรับเนื้อสัมผัสความหนืดของผลิตภัณฑ์หากมีการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ (Panyoyai, 2023) ดังนั้น ผลการวิจัยเรื่องนี้จึงสรุปบทบาทของการวิจัยร่วมกันระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการคือข้อมูลพื้นฐานที่อุตสาหกรรมอาหารต้องการมาร่วมกันวิเคราะห์และระบุระดับสมรรถนะให้เหมาะสม การร่วมออกแบบกิจกรรมขั้นพื้นฐานและการฝึกปฏิบัติที่เป็นลำดับขั้นเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ การกำหนดหัวข้อโครงการร่วมกับอาจารย์ การติดต่อประสานในระหว่างการวิจัย การเก็บข้อมูลพัฒนาสมรรถนะผู้เรียน การแก้ไขปัญหาพร้อมทั้งผู้เรียน อาจารย์ และสถานประกอบการ การกำหนดรูปแบบการประเมินในสภาพงานจริง การให้ข้อเสนอแนะและประเมินเป้าหมายสมรรถนะผู้เรียนแต่ละคนอย่างต่อเนื่อง การสะท้อนผลจากการประเมินนักศึกษาเพื่อหาจุดพัฒนาทั้งตัวนักศึกษาและกิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับแนวทางของ Platteel *et al.* (2010) การวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Sanno *et al.* (2019) ในสวีเดนที่พบว่าการจัดการศึกษาร่วมกันระหว่างอุดมศึกษาในการสนับสนุนองค์ความรู้และทักษะวิจัยให้กับนักศึกษาในสถานประกอบการจริงช่วยให้นักศึกษาปริญญาตรีนำองค์ความรู้ที่มีในตนเองมาแสดงศักยภาพการทำงาน ใช้จรรยาบรรณในการทำงานร่วมกับผู้อื่นมากขึ้นโดยทั้งมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการเสริมสมรรถนะที่ถนัดให้กับนักศึกษาเกิดการพัฒนางานให้สถานประกอบการ และ มหาวิทยาลัยได้บริการวิชาการแก่สังคม อย่างไรก็ตามผู้เรียนต้องตระหนักถึงการพัฒนาสมรรถนะตนเองอย่างต่อเนื่องและเพิ่มเติมสมรรถนะที่ไม่เพียงพอในการทำงาน โดยเฉพาะสมรรถนะด้านดิจิทัลและสารสนเทศ (Wang *et al.*, 2012) เช่น การใช้สื่อออนไลน์ในการสื่อสารผลการศึกษาศาสตร์ให้กับสถานประกอบการ ซึ่งในการวิจัยนี้ยังอยู่ในระดับปานกลาง ผู้เรียนต้องไปศึกษาและพัฒนาสมรรถนะด้านนี้หลังสำเร็จการศึกษาต่อไป

ข้อค้นพบจากการวิจัยเรื่องนี้ที่สำคัญคือ สมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีที่เกิดจากการให้ข้อมูลระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการ การวิเคราะห์ศักยภาพการเรียนรู้เนื้อหาและฝึกปฏิบัติผู้เรียนเพื่อนำไปออกแบบลำดับขั้นการเรียนรู้จากพื้นฐานไปสู่ประยุกต์ได้ โดยมีกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันเพื่อให้ผู้เรียนมีสมรรถนะปริญญาตรีตรงความต้องการผู้ใช้งานชนิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ใหม่แตกต่างการวิจัยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีที่มีรายงานก่อนหน้านี้ซึ่งมุ่งเน้นภาคทฤษฎีและทำปฏิบัติการในมหาวิทยาลัยเท่านั้น โดยขาดการมีส่วนร่วมของภาคอุตสาหกรรมอาหาร การวิจัยเรื่องนี้สร้างรูปแบบการพัฒนาสมรรถนะผู้เรียนให้เปิดกว้างขึ้นโดยผู้มีส่วนได้เสียมีโอกาสจัดการเรียนรู้มุ่งสู่คุณภาพบัณฑิตโดยตรง รูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อสมรรถนะในระดับปริญญาตรีอย่างมีส่วนร่วมจึงเป็นแนวทางพัฒนาสมรรถนะเฉพาะทางในด้านอุตสาหกรรมอาหารในประเด็นอื่น ๆ ได้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาสมรรถนะการเรียนรู้รีโอโลยีอาหาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับสถานประกอบการอาหารของนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร โดยสำรวจจากผลลัพธ์การเรียนรู้ 5 ด้านที่อุตสาหกรรมอาหารต้องการ ได้แก่ 1. ความรู้ 2. ทักษะ 3. การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 4. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ และ 5. คุณธรรม จริยธรรม นำสมรรถนะเหล่านี้มาวิเคราะห์และกำหนด

เป็นสมรรถนะการเรียนรู้ทฤษฎี หลักการ เครื่องมือ ทักษะการใช้เครื่องมือ การคำนวณ การแปลผลและการนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งจรรยาบรรณในการทำงานของนักศึกษาและบัณฑิตสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก 3 ชั้น ได้แก่

1. ชั้นพื้นฐาน เกี่ยวข้องกับหลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดรีโอโลยี ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก ผู้เรียน 20 คน จาก 24 คน (ร้อยละ 83.33) อธิบายความหมายของคำว่า ความหนืด การไหล รีโอโลยีได้ จำแนกประเภทพฤติกรรมกรรมการไหลของอาหาร เลือกเครื่องมือวัดความหนืดให้เหมาะสมกับชนิดอาหาร เตรียมตัวอย่าง อุปกรณ์วัดรีโอโลยีและดำเนินการตามขั้นตอนการวัดได้ และจัดเก็บอุปกรณ์วัดรีโอโลยีและการบำรุงรักษาได้ถูกต้อง

2. ชั้นฝึกทักษะ เกี่ยวข้องกับการอ่านผลและการแปลผลการวัดรีโอโลยี ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ผู้เรียน 19 คน จาก 24 คน (ร้อยละ 79.16) อ่านค่าจากเครื่องมือวัดรีโอโลยี เช่น Bostwick consistometer, Adam consistometer, Brookfield viscometer และเปลี่ยนหน่วยความหนืดได้ คำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วรายงานผลการวัดได้ถูกต้อง รวมทั้งใช้ Excel สร้างสูตรการคำนวณและเส้นกราฟความหนืดที่สัมพันธ์กับอัตราเฉือนได้ การเขียนรายงานผลการวัดความหนืดและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดแล้วทดสอบความแตกต่างทางสถิติได้

3. ชั้นประยุกต์ เกี่ยวข้องกับการประยุกต์พัฒนางานอาหารด้วยรีโอโลยี ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ผู้เรียนที่ทำโครงการสหกิจศึกษากับสถานประกอบการ จำนวน 5 คน จาก 6 คน (ร้อยละ 83.33) กำหนดวัตถุประสงค์โครงการให้มีการใช้รีโอโลยีเป็นส่วนหนึ่งของงาน การวางแผนกระบวนการพัฒนางาน การรายงานและนำเสนอผลการพัฒนางาน การให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนางาน และการถ่ายทอดองค์ความรู้จากโครงการให้กับสถานประกอบการ

การดำเนินการจัดการเรียนเชิงรุกของมหาวิทยาลัยร่วมกับอุตสาหกรรมอาหารดำเนินการตั้งแต่การเรียนรู้หลักการทฤษฎีรีโอโลยีและตัวอย่างการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร การฝึกปฏิบัติการใช้เครื่องมือวัดรีโอโลยี การศึกษาคูณรีโอโลยีในสถานประกอบการ การทำโครงการวิจัยร่วมกับสถานประกอบการเพื่อเชื่อมโยงการเรียนรู้ในมหาวิทยาลัยกับภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการศึกษาอุดมศึกษาเน้นเชิงประสบการณ์บนฐานสมรรถนะ (competencies-based education)

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. จากการวิจัยสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ผู้วิจัยพบว่า สมรรถนะการอ่านผลและแปลผลการวัดรีโอโลยีมีบางข้อที่จัดอยู่ในระดับคะแนนปานกลาง เช่น การสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดและอัตราเฉือน และการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการวัด มีข้อเสนอแนะให้นักศึกษาฝึกโปรแกรมคำนวณ เช่น Excel ในการพิมพ์สูตรเปลี่ยนหน่วย การใช้ฟังก์ชันคำนวณ และการสร้างกราฟเส้น โดยตรวจสอบการคำนวณและความสมบูรณ์ของกราฟกับอาจารย์

2. จากการวิจัยสมรรถนะการเรียนรู้ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร สถานประกอบการอาหารรายงานว่า มีบางข้อที่จัดอยู่ในระดับคะแนนปานกลาง เช่น การวางแผนการศึกษาเพื่อพัฒนางานตามวัตถุประสงค์ และการวิจารณ์ผลการศึกษา โดย มีข้อเสนอแนะว่านักศึกษาควรศึกษางานวิจัยตัวอย่างแล้วสรุปเป็นแนวทางใหม่ในการพัฒนาในที่ประชุมระหว่างพี่เลี้ยงในสถานประกอบการและอาจารย์นิเทศก์ และควรศึกษางานวิจัยตัวอย่างในการวิจารณ์ผลการศึกษาเปรียบเทียบกับข้อมูลในสถานประกอบการ หรือ งานวิจัย มาตรฐานอาหารในรูปแบบที่กระชับ สามารถรายงานให้กับผู้บริหารสถานประกอบการได้ถูกต้องและรวดเร็ว รวมทั้งการพัฒนาทักษะดิจิทัลและโปรแกรมอินโฟกราฟิกในการใช้สรุปภาพรวมโครงการ

3. จากการวิจัยสมรรถนะ เรื่อง รีโอโลยีอาหาร ผู้วิจัยพบว่า เกณฑ์การประเมินระดับสมรรถนะเน้นความรู้ ทักษะ เป็นสำคัญ ส่วนจรรยาบรรณในวิชาชีพ เกี่ยวข้องกับคุณธรรม จริยธรรม เช่น การรายงานผลการศึกษามีเอกสารอ้างอิงข้อมูลตรวจสอบได้ การปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มือทำงาน ไม่เกิดอันตรายกับผู้ร่วมงาน การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดและบริเวณทำงานให้สะอาด อาจทำเป็นเป็นเกณฑ์การประเมินในเชิงคุณภาพประกอบ การร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยและสถานประกอบการในการประเมินตามสมรรถนะรีโอโลยีตามภาพที่ 4 ทำให้ประเมินผู้เรียนทุกมิติใกล้เคียงการทำงานจริง

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง รีโอโลยีอาหารได้เชื่อมโยงความรู้ ทักษะ และจรรยาบรรณในตัวผู้เรียนจากมหาวิทยาลัยไปสู่การทำงานในสถานประกอบการ ดังนั้นอาจารย์ควรร่วมกับสถานประกอบการกำหนดสมรรถนะเฉพาะด้านที่จำเป็นในตัวผู้เรียนก่อน ศึกษาการจัดการเรียนรู้เชิงรุกในระดับอุดมศึกษาว่ามีรูปแบบผสมผสานภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างไร สร้างสถานการณ์จำลองให้นักศึกษาได้เตรียมพร้อมทั้งบรรยากาศการผลิตอาหารโดยใช้โรงงานต้นแบบ การบูรณาการรีโอโลยีในรายวิชาสำคัญอื่น ๆ เช่น การแปรรูปอาหาร การควบคุมคุณภาพ การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารให้สอดคล้องกับการนำไปประกอบอาชีพในอุตสาหกรรมอาหาร และประยุกต์รีโอโลยีไปใช้กับโครงการจากสถานประกอบการอาหารให้เหมาะสม

2. อาจารย์ควรจัดทำสื่อการเรียนรู้ออนไลน์รีโอโลยี เช่น เนื้อหาภาคบรรยายและการสาธิตปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาเข้ามาศึกษาเพิ่มเติมหรือทบทวนได้ รวมทั้งศิษย์เก่า และสถานประกอบการที่ทำงานในภาคอุตสาหกรรมอาหารจากการสำรวจ

ในงานวิจัยนี้มีความต้องการเพิ่มเติมหลักการและทฤษฎี รวมทั้งการฝึกทักษะเครื่องมือ การวัดและแปลผลการวิจัยจึงอาจทำสื่อหรือเปิดหลักสูตรรีโอโลยีระยะสั้นส่งเสริมการเรียนรู้รีโอโลยีอาหาร

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งถัดไป

1. การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ความต้องการของผู้ใช้งานบัณฑิตมีส่วนเกี่ยวข้องกับการนำไปออกแบบการจัดการเรียนรู้เฉพาะทาง ดังนั้นหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารควรมีการสำรวจผู้ใช้งานบัณฑิตเพื่อปรับปรุงหลักสูตร เนื้อหารายวิชาใน มคอ. 3 การนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะจากสถานประกอบการที่ส่งนักศึกษาไปฝึกประสบการณ์วิชาชีพมาวิเคราะห์สมรรถนะอื่น ๆ ที่อุตสาหกรรมอาหารกำหนดให้บัณฑิตจำเป็นต้องมีก่อนเข้าไปทำงาน โดยนำข้อมูลมาออกแบบการจัดการเรียนรู้ภาคทฤษฎีและปฏิบัติการ

2. หลักสูตรระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร ควรวิจัยสมรรถนะรีโอโลยีเชิงลึกในการพิสูจน์และพัฒนาทฤษฎี หลักการวัดรีโอโลยี เช่น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทำนายปรากฏการณ์วัตถุที่มีการไหลของวัสดุอาหารที่นักศึกษาควรพัฒนาไปต่อยอดการวิจัยและสร้างนวัตกรรมอาหารแห่งอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนวัสดุฝึกและ ผู้ใช้บัณฑิตจากบริษัทและโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร ผู้ประกอบการอาหารในเขตภาคเหนือที่ให้ข้อมูลพื้นฐานความต้องการสมรรถนะการทำงานเฉพาะด้าน เรื่อง รีโอโลยีพื้นฐานและรับนักศึกษาเข้าไปทำโครงการงานสหกิจและประเมินผลการปฏิบัติงาน โครงการ และให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์

จริยธรรมการวิจัย

ผู้เขียนเข้ารับการอบรมจริยธรรมการวิจัยจากสำนักมาตรฐานการวิจัยในคน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และดำเนินการวิจัยที่ไม่ขัดต่อจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ได้แก่ การได้ลงนามเอกสารความยินยอมให้สำรวจข้อมูล การศึกษาดูงาน การทำโครงการสหกิจศึกษา การให้บุคลากรจากสถานประกอบการมีส่วนร่วมในการออกแบบและประเมินผลการเรียนรู้จากสถานประกอบการ การปกปิดข้อมูลเกี่ยวกับสถานประกอบการโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการทำงาน หลักความเคารพในบุคคลที่ให้นักศึกษาเข้าร่วมกระบวนการวิจัยปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมโดยไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตรายในการทดลองใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และหลักความยุติธรรมในการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้พัฒนาสมรรถนะรีโอโลยีโดยไม่แบ่งเพศ เชื้อชาติ ศาสนา การเมือง ซึ่งการผลการศึกษาค้นคว้านี้ไม่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนในรายวิชาต่าง ๆ ที่ใช้จัดการเรียนการสอนและการวิจัย เพราะทุกรายวิชาจัดผู้สอนสอนร่วมกันหลายคนจึงมีการแบ่งสัดส่วนการให้คะแนนให้กับผู้สอนแต่ละคนเฉพาะหัวข้อไม่เกินร้อยละ 25 ของคะแนนทั้งรายวิชา มีการประชุมคณะผู้สอน (และสถานประกอบการ ศูนย์สหกิจศึกษา) พิจารณาให้ผลการเรียนร่วมกัน ดังนั้น ผู้สอน (หรือผู้วิจัย) จึงไม่มีส่วนรับผิดชอบในการให้ผลการเรียนกับนักศึกษาแต่ละคนโดยตรงจึงลดผลประโยชน์ทับซ้อนในการวิจัยครั้งนี้ได้

References

- Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (Eds.) (2001). **A taxonomy for Learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives**. New York: Addison Wesley Longman.
- Bangkokbiznews. (2020). 10 Essential competencies that workers must have (in Thai). Retrieved 11 March 2023, from Bangkokbiznews: <https://www.bangkokbiznews.com/social/906516>
- Barman, A. and Konwar, J., (2011) Competency based curriculum in higher education: A necessity grounded by globalization. **Romanian Journal for Multidimensional Education**, 3(6), 7-15.
- Bloom, B. S. (Ed.), Engelhart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H. and Krathwohl, D.R. (1956). **Taxonomy of educational objectives: Handbook I: Cognitive domain**. New York: David McKay.
- Chelli, S. (2011). The competency-based approach in higher education. **Revue des Sciences Humanities**, 22, 21-31.
- Elsevier. (2021). University-industry collaboration: a closer look for research leader. Retrieved 11 March 2023, from Elsevier: <https://www.elsevier.com/research-intelligence/university-industry-collaboration>

- Jangsawang, P., Pongsophon, P., Jantarakantee, E. and Tanak, A. (2022). Assessment for learning and assessment as learning: Revised assessment in science learning model (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 5(2), 332-340.
- Kumpang, P. and Wattanachai, S. (2021). The validation of constructivist learning environments model cooperate simulation to enhance problem solving for veterinary students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 4(2), 231 – 243.
- Kulik, A. A., Lazareva, P. V., Ippolitova, N. V., Egorova, A. E. and Nedorezova, O. Yu. (2020). Competency-based approach and competencies in higher education: a theoretical review. **Propósitos y Representaciones**, 8(2), 38.
- Muller, H. G. and Ward, A. G. (1974). The teaching of food rheology. **Journal of Texture Studies**, 5(3), 263-266.
- Muller, H. G. (1985). Undergraduate teaching of food rheology at the University of Leeds. **Rheology Acta**, 24, 438-440.
- Office of the Education Council. (2020). **Actively competency-based learning management** (in Thai). Bangkok: Ministry of Education.
- Panyoyai, N. (2023). Work competencies of bachelors in food science and technology and higher education development guidelines for the needs of graduate users in northern Thailand (in Thai). **Journal of the Association of Researchers**, 28(1), 90-118.
- Phoodee, W. (2023). The development teamwork and collaboration competence of learners using the 6E model in STEM education merge with the BCG economic model for grade-7 students in Chumchon Bankampok Thadokkeaw school (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 6(1), 105-119.
- Platteel, T., Hulshof, H., Ponle, P., Van Driel, J. and Verloop, N. (2010). Forming a collaborative research partnership. **Educational Action Research**, 18(4), 429-451.
- Prachachat. (2020). Fast mission of Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation to solve the problem of unemployed graduates-towards the internationalization of research (in Thai). Retrieved 11 March 2023, from **Prachachat** <https://www.prachachat.net/education/news-516744>
- Sanno, A., Oberg, A. F., Flores-Garcia, E. and Jackson, M. (2019). Increasing the impact of industry-academia collaboration through co-education. **Technology Innovation Management Review**, 9(4), 37-47.
- Tacettin, A. and Mustafa Cem, B. (2021). Competency-based education: theory and practice. **Psycho-Educational Research Reviews**, 10(3), 67-95.
- Tattiyakul, J. (2014). **Food rheology** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Thansettakij. (2020). Food Industry in a new context after COVID-19 (in Thai). Retrieved 11 March 2023, from **Thansettakij**: <https://www.thansettakij.com/columnist/435604>
- Vermant, J., Leuvon, K. U. and Macosko, C. (2008). Teaching rheology using product design. **Rheology Bulletin**, 77(2), 8-13.
- Vernon, J. H. C. (1966). The teaching of rheology: An account of a symposium held by the British Society of Rheology. **Rheology Acta**, 5(1), 61-63.
- Wang, C., Ke, Y., Wu, J. and Hsu, W. (2012). Collaborative action research on technology integration for science learning. **Journal of Science Education and Technology**, 21, 125-132.
- Wattananarong, K. (2013). **Vocational competency** (in Thai). Retrieved 12 March 2023, from Kroobannok <https://www.moe.go.th/สมรรถนะวิชาชีพ-vocational-competency/>
- Wongwanich, S. (2011). **Classroom action research** (in Thai). 5th edition Bangkok: Chulalongkorn University Press.



Research Article

The Development of multimedia with programmed instruction : Chemical reaction, for developing learning achievement of grade-12 students

Siwakorn Sributta^{1,*} and Umporn Wutchana²¹Program in Innovative Curriculum and Learning Management, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University²Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Ramkhamhaeng University

*Email: siwakornsri@gmail.com

Received <17 May 2023>; Revised <19 September 2023>; Accepted <29 September 2023>

Abstract

After the COVID-19 outbreak, schooling mainly moved online, which led to learning loss. Supporting individual, flexible, and fewer absenteeism methods are necessary to recover the learning loss. The programmed instruction was found to be suitable for this situation. Consequently, the researcher developed multimedia for programmed instruction to teach "Chemical Reactions" to grade-12 students. The purpose of this research was three-fold: 1) to develop multimedia with programmed instruction for Chemical Reactions, using the Chemistry Triplets concept, 2) to study the effect of using multimedia developed with programmed instruction on grade-12 students' achievement growth level, and 3) to study the satisfaction of multimedia developed with programmed instruction for Chemical Reaction. The sample group consisted of 35 grade-12 students in the 2021 academic year, selected through purposive sampling. The research instruments included lesson plans that utilized multimedia developed with programmed instructions, learning achievement tests, and satisfaction assessment for multimedia developed with programmed instructions. The statistical tools used in this study were average, standard deviation, and relative gain scores. The research findings showed that programmed instruction for Chemical Reactions was effective at 83/78.83 which was considered acceptable. The findings showed that the average test scores after learning ($\bar{X}=14.20$, $SD=3.57$) were higher than the testing score before learning ($\bar{X}=6.14$, $SD=3.30$). The average growth score was 56.43, indicating a high level of growth. The students expressed high satisfaction with this programmed instruction ($\bar{X}=4.27$, $SD=0.66$).

Keywords: Development of multimedia, Programmed instruction, Learning achievement

การพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สิวกร ศรีบุตตา^{1*} และอัมพร วัจนะ²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

²ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

*Email: siwakornsri@gmail.com

รับบทความ: 17 พฤษภาคม 2566 แก้ไขบทความ: 19 กันยายน 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 29 กันยายน 2566

บทคัดย่อ

หลังจากการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ที่การจัดการเรียนการสอนเปลี่ยนสู่การเรียนออนไลน์เป็นหลัก ทำให้เกิดปัญหาการถดถอยทางการเรียนรู้ มาตรการฟื้นฟูปัญหาส่วนหนึ่ง คือ การส่งเสริมการเรียนรู้ที่เป็นรายบุคคล การเรียนรู้ที่ยืดหยุ่น ลดข้อจำกัดของการมาหรือไม่มาเรียนในชั้นเรียน การใช้บทเรียนโปรแกรมจึงมีความเหมาะสมในการนำมาเป็นสื่อการเรียนรู้ โดย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี โดยใช้แนวคิดสามเหลี่ยมเคมี (Chemistry triplet) 2) เพื่อศึกษาผลการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกริยาเคมีที่ส่งผลกระทบต่อระดับพัฒนาการของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่องปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบกับสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนโปรแกรม เรื่องปฏิกริยาเคมี มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83/78.83 ซึ่งสามารถยอมรับได้เกณฑ์ที่ตั้งไว้ที่ 80/80 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการทดสอบหลังเรียน ($\bar{X}=14.20$, $SD=3.57$) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{X}=6.14$, $SD=3.30$) ค่าเฉลี่ยร้อยละคะแนนพัฒนาการมีค่าเท่ากับ 56.43 ระดับพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อบทเรียนโปรแกรมนี้นี้ในระดับมาก ($\bar{X}=4.27$, $SD=0.66$)

คำสำคัญ: การพัฒนาสื่อมัลติมีเดีย บทเรียนโปรแกรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทนำ

จากการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 นับตั้งแต่พฤษภาคม 2562 การแพร่ระบาดนี้ ส่งผลกระทบต่อระบบสาธารณสุข เศรษฐกิจ รวมทั้งด้านการศึกษาที่ต้องมีการปรับตัวขนานใหญ่ในหลายประเทศก็มีความพยายามในการจัดการเรียนการสอนเพื่อความต่อเนื่องในการเรียนรู้ มีการสร้างแพลตฟอร์มสำหรับการเรียนรู้ เช่น อาร์เจนตินา โครเอเชีย จีน อียิปต์ ฝรั่งเศส อิตาลี ญี่ปุ่น เม็กซิโก โปตุเกส เกาหลีใต้ เป็นต้น หลายประเทศใช้การสื่อสารผ่านแอปพลิเคชัน จัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนแบบออนไลน์ (MOOC) การถ่ายทอดการสอนผ่านระบบโทรทัศน์ เช่น จีน ฝรั่งเศส อิหร่าน เกาหลีใต้ ซาอุดีอาระเบีย สเปน เปรู ไทย เป็นต้น (Gwang and Satoko, 2022) ในประเทศไทยโดยกระทรวงศึกษาธิการ เน้นให้ใช้การเรียนการสอนแบบออนไลน์ (Online) เป็นการเรียนการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่นักเรียนสามารถเลือกเรียนตามความสนใจหรือครูกำหนดเนื้อหาการเรียนรู้ที่นักเรียนเข้าถึงได้ด้วยตนเองอย่างหลากหลาย (Nonpala, 2021) จนถึงปัจจุบันที่สถานการณ์คลี่คลายลงไปมากแล้วโดยการประกาศให้โควิด-19 เป็นโรคประจำถิ่น แต่การกลับเรียนในห้องเรียน (On-site) เต็มรูปแบบอีกครั้งกลับพบปัญหาที่ตามมาจากการจัดการเรียนรู้ในช่วงของการแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 อย่างมาก

หลังสถานการณ์การแพร่ระบาดในประเทศไทย พบว่าครอบครัวที่มีฐานะยากจนต้องแบกรับค่าใช้จ่ายด้านการศึกษาสูงมาก คนรายถึง 4 เท่า จนเกิดปัญหาหลุดออกจากระบบการศึกษา นักเรียนไม่กลับมาเรียนในห้องเรียนเนื่องจากไม่สะดวกในการสลับวันเรียน (Thumthong, 2022) นอกจากนี้ยังมีนักเรียนประสบกับภาวะถดถอยทางการเรียนรู้ครั้งใหญ่ (Paichayontvijit and Thitisawan, 2022) ซึ่งเกิดในหลายมิติและช่วงวัย โดยปัญหาหลักที่ทักษะการอ่านและการคิดคำนวณ รวมทั้งขาดแรงจูงใจ ขาดความสนใจ ขาดความเข้าใจในเนื้อหาที่เคยเรียน และสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนที่ลดลง ที่เป็นผลจากการขาดความสามารถในการกำกับตนเองของนักเรียน ทักษะการสอนทางไกลของครู การขาดการสนับสนุนจากผู้ปกครองและการจัดสภาพแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ (Srivachiraphat, 2022; Luemongkol, 2021)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นกระทรวงศึกษาธิการ (Office of the Education Council, 2022) ได้เสนอแนวทางในการฟื้นฟูปัญหาดังกล่าวในด้านการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยการปรับหลักสูตรเน้นช่วยเหลือนักเรียนในเนื้อหาที่พบปัญหา หลักสูตรมีความกระชับ ยืดหยุ่นด้านเนื้อหา ใช้การวัดประเมินผลที่หลากหลายและยืดหยุ่น มีความสอดคล้องกับความถนัดที่หลากหลายของนักเรียนและเป็นการประเมินตามสภาพจริง จัดการเรียนรู้บูรณาการกับชีวิตประจำวันและพัฒนาทักษะสังคมและอารมณ์ ให้นักเรียนได้กำกับตนเองในการเรียนรู้อย่างเหมาะสมกับวัย ส่งเสริมการเรียนรู้รายบุคคลโดยอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ตามความสามารถและความถนัดของนักเรียน พัฒนาช่องทางการเรียนรู้ที่หลากหลายเอื้อต่อการเรียนรู้เป็นบุคคล สร้างช่องทางในการเรียนรู้สำหรับนักเรียนที่ไม่สามารถมาเรียนได้ รวมทั้งส่งเสริมครูให้เป็นผู้ผลิตสื่อการเรียนรู้ทั้งรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์เพิ่มโอกาสในการเรียนรู้ทั้งที่บ้านและสถานศึกษา ซึ่งจากแนวทางดังกล่าว บทเรียนโปรแกรม หรือบทเรียนสำเร็จรูป มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน

บทเรียนโปรแกรม เป็นสื่อการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง มีการเรียนรู้ตามขั้นตอนที่กำหนด โดยแบ่งเนื้อหาเป็นส่วนย่อยๆ จากง่ายไปยาก มีแบบฝึกหัดและการทดสอบที่ทำให้ผู้เรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น (Moonkam, 2002; Kanjanawasee, 2009; Sangdech, 2009) นักเรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความสนใจและก้าวไปตามความสามารถของแต่ละคน (Boonyakanjana, 2008; Pooranachot, 2009) บทเรียนโปรแกรมจึงเหมาะกับการนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในช่วงหลังการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในด้านการเรียนรู้ ให้นักเรียนสามารถตั้งเป้าหมายและเวลาในการเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่หลากหลาย ซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมหรือแพลตฟอร์มออนไลน์มากมายที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการออกแบบและจัดทำบทเรียนโปรแกรมสำหรับการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ที่มีสื่อประสมได้อย่างหลากหลายรูปแบบ เช่น ภาพ เสียง วิดีทัศน์ เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ที่ต้องอาศัยการมองโลกแบบเคมี (Chemistry world view) ที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงหรือพฤติกรรมของสาร ทั้งในระดับที่สังเกตได้จริงด้วยการมองเห็นหรือสัมผัสได้ ในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ และการใช้สัญลักษณ์แทนการเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (American Association for the Advancement of Science (AAAS), 2009) การใช้สื่อประสมที่หลากหลายจึงเหมาะกับการนำมาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นให้เข้าใจได้ง่าย

ในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เป็นการอธิบายปรากฏการณ์สารในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ มีความเป็นนามธรรมและมีความซับซ้อน ยากต่อความเข้าใจทำให้เกิดโมทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Gkitzia, Salta and Tzougraki, 2011) การทำความเข้าใจปรากฏการณ์หรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น ต้องเกิดการคิดในสามระดับ คือ ระดับมหภาค (Macroscopic level) ที่เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงและสังเกตเห็นได้ด้วยประสาทสัมผัส ซึ่งเรียนรู้ได้จากการปฏิบัติจริง การทำการทดลอง เป็นต้น ระดับจุลภาค (Submicroscopic level) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นแต่เป็นระดับที่ไม่สามารถเห็นได้ เช่น การเคลื่อนที่ หรือการชนกันของโมเลกุล อะตอม ศึกษาได้จากภาพจำลองอนุภาคต่างๆ เป็นต้น และ ระดับสัญลักษณ์ (Symbolic level) ที่เป็นสิ่งแทนปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นและเชื่อมโยงกับสองระดับก่อนหน้า ในทางเคมี คือ สูตรเคมีต่าง ๆ การจะเข้าใจอย่างลึกซึ้งจึงต้องเข้าใจทั้งสามส่วนประกอบกัน ซึ่งทั้งสามนี้เรียกว่า สามเหลี่ยมของ Johnstone (Johnstone's triangle) หรือ สามเหลี่ยมวิชาเคมี (Chemistry

triplet) (Johnstone, 1991; Posthuma, 2016) จึงมีการ ใช้แนวคิดดังกล่าว ทั้งรูปแบบภาพ วัตถุ สัญลักษณ์ มาใช้ประกอบการอธิบาย หรือใช้หลายรูปแบบประกอบกันทั้ง ตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง และวิดีโอประกอบกัน ที่เราเรียกว่า มัลติมีเดีย (multimedia) ซึ่งสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Al-Duhani, Saat and Abdullah, 2023) และความคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ (Fibonacci *et al.*, 2020)

ด้วยเหตุนี้จึงมุ่งทำการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แนวคิดสามเหลี่ยมเคมี ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกิดขึ้นได้ทั้งในระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 โดยใช้แนวคิดแนวคิดสามเหลี่ยมเคมี
2. เพื่อศึกษาผลการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมีที่ส่งผลต่อ ระดับพัฒนาการของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่องปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วิธีการดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) แบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (The One-Group Pretest-Posttest Design) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ดำเนินการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี แล้วทำแบบทดสอบหลังเรียน

กลุ่มเป้าหมาย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 35 คน

บริบทของการวิจัย ขอบเขตด้านเนื้อหาการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วยเนื้อหา สมการเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์ และสารกัมมันตรังสี แบ่งเป็นหัวข้อที่ควรรู้ คือ หัวข้อ 2.1 ม.5/20 ระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมี 2.1 ม.5/21 ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และ 2.1 ม.5/24 อธิบายสมบัติของสารกัมมันตรังสี และคำนวณครึ่งชีวิตและปริมาณของสารกัมมันตรังสี หัวข้อที่ควรรู้ คือ หัวข้อ 2.1 ม.5/23 อธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดอกซ์ และ 2.1 ม.5/25 สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างประโยชน์ของสารกัมมันตรังสีและการป้องกันอันตรายที่เกิดจากกัมมันตภาพรังสี โดยจัดการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์ทีม ทั้งหมด 5 ครั้ง 3 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการ คือ สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี และ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี

1. สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จำนวน 5 ชุด เป็นบทเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง (linear programmer) โดยมีจำนวนคาบ จำนวนรอบการเรียน และเวลา ดังตารางที่ 1 แต่ละชุดประกอบด้วย คำชี้แจงสำหรับครู คำชี้แจงสำหรับนักเรียน จุดประสงค์การเรียนรู้ แบบทดสอบก่อนเรียน กรอบการเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน โดยนักเรียนต้องทำความเข้าใจที่ละกรอบการเรียน จนกว่าจะตอบคำถามได้ถูกต้องทั้งหมด จึงไปศึกษากรอบถัดไป มีการลำดับเนื้อหาในแต่ละกรอบจากง่ายไปยากตามลำดับ นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน การทดสอบหลังเรียน และคำถามในแต่ละกรอบได้ด้วยตนเอง ซึ่งบทเรียนโปรแกรมใช้แพลตฟอร์มแคนวา (Canva) ในการจัดทำ สื่อมัลติมีเดียพัฒนาโดยใช้คีย์โน้ต (Keynote) และไอโมวี่ (iMovie) โดยสร้างสื่อมัลติมีเดียโดยอาศัยแนวคิดสามเหลี่ยมเคมี ที่แบ่งออกเป็น (1) ระดับมหภาค ที่ใช้การแสดง (Demonstration) การเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังภาพที่ 1 (ก) ระดับจุลภาคที่ใช้ภาพเคลื่อนไหว (Animation) ในการแสดงแบบจำลอง (model) ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของอนุภาค โมเลกุล และไอออนดังภาพที่ 2 และ (3) ระดับสัญลักษณ์ ที่แสดงในรูปของสมการเคมีและสูตรสารประกอบทางเคมีต่าง ๆ ดังภาพที่ 1 (ข)

ตารางที่ 1 สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี จำนวนคาบเรียน จำนวนกรอบการเรียน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ และ QR code สำหรับเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม

ชุดที่	1	2	3	4	5
บทเรียนโปรแกรมเรื่อง	ปฏิกิริยาเคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยารีดอกซ์	สารกัมมันตรังสี
จำนวนคาบ	2	1	2	1	2
จำนวนกรอบการเรียน	11	5	8	5	9
เวลา	1 ชั่วโมง 40 นาที	50 นาที	1 ชั่วโมง 40 นาที	50 นาที	1 ชั่วโมง 40 นาที
QR code สำหรับเข้าถึงสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม					



ภาพที่ 1 ตัวอย่างสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่เป็นการแสดงการทดลองในระดับมหภาค (ก) และการแสดงการทดลองและแบบจำลอง ในระดับสัญลักษณ์ ระดับมหภาค และระดับจุลภาค (ข)

นำสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี จากนั้นนำกลับมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ นำบทเรียนโปรแกรมและแผนการจัดการเรียนรู้ไปหาค่าประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 (Brahmawong, 2013) ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 หาประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) โดยนักเรียนจำนวน 3 คน ที่เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลางและอ่อน ทำการแบ่งโดยใช้คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน กลุ่มละ 1 คน พบว่าบทเรียนโปรแกรมและแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 81.67/83.33

ขั้นที่ 2 หาประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) โดยนักเรียนจำนวน 6 คน ที่เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลางและอ่อน กลุ่มละ 2 คน พบว่าบทเรียนโปรแกรมและแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 80.83/79.17 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 (Brahmawong, 2013)

ขั้นที่ 3 หาประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) โดยนักเรียนจำนวน 30 คน ที่เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลางและอ่อน กลุ่มละ 10 คน พบว่าบทเรียนโปรแกรมและแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 83/78.83 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 (Brahmawong, 2013) จึงมีประสิทธิภาพและนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้

2. แผนการจัดการเรียนรู้ประกอบการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จำนวน 5 แผน จำนวน 8 คาบเรียน (6 ชั่วโมง 40 นาที) ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ 1) ช้่นนำครูชี้แจงวัตถุประสงค์ของการเรียน 2) ชั้นสอน ครูให้นักเรียนศึกษาวิธีการเรียนในสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมและให้สอบถามเพิ่มเติม และ 3) ชั้นสรุป ครูและนักเรียนร่วมสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน โดยจัดการเรียนรู้ในรูปแบบออนไลน์ทั้งหมด นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำกลับมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ประกอบด้วยเนื้อหา เรื่อง สมการเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยารีดอกซ์และสารกัมมันตรังสี โดยวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความสามารถทางสติปัญญา 5 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ จำนวน 4 ข้อ ความเข้าใจ จำนวน 6 ข้อ ประยุกต์ใช้ จำนวน 6 ข้อ วิเคราะห์ จำนวน 3 ข้อ และคิดสร้างสรรค์ จำนวน 1 ข้อ ทั้งสิ้น 20 ข้อ มีเวลาในการทำ 20 นาที ค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.4-0.67 อำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20-0.73 และ ค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson 20 : KR-20) มีค่าเท่ากับ (KR-20) 0.85 ซึ่งการสร้างข้อสอบจะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องการวัด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ที่ระดับพฤติกรรมความเข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ และคิดสร้างสรรค์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ
1) นักเรียนระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีได้	2. ข้อใดคือสารตั้งต้นของปฏิกิริยานี้ $\text{Mg(s)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$ (ว 2.1 ม.5/20) (เข้าใจ) ก. $\text{H}_2\text{(g)}$ ข. Mg(s) ค. Mg(s) และ HCl(aq) ง. $\text{MgCl}_2\text{(aq)}$ และ $\text{H}_2\text{(g)}$ จ. HCl(aq) และ $\text{MgCl}_2\text{(aq)}$
1) นักเรียนระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และแปลความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีได้	6. พิจารณาสมการของปฏิกิริยาการเผาไหม้ของออกเทน (C_8H_{18}) ดังต่อไปนี้ $2\text{C}_8\text{H}_{18}\text{(l)} + 25\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 16\text{CO}_2\text{(l)} + 18\text{H}_2\text{O(g)}$ ในการเผาไหม้ของออกเทน 2 โมเลกุล จะต้องใช้แก๊สออกซิเจนกี่โมเลกุล และได้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์กี่โมเลกุล (ว 2.1 ม.5/20) (นำไปใช้) ก. ออกซิเจน 2 โมเลกุล และ 16 โมเลกุล ข. ออกซิเจน 16 โมเลกุล และ 32 โมเลกุล ค. ออกซิเจน 25 โมเลกุล และ 16 โมเลกุล ง. ออกซิเจน 25 โมเลกุล และ 18 โมเลกุล จ. ออกซิเจน 18 โมเลกุล และ 16 โมเลกุล
3) นักเรียนบอกความหมายของการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	12. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับความหมายของปฏิกิริยาเคมี (ว 2.1 ม.5/20) (จำ) a) เกิดสารใหม่ b) ต้องมีการเปลี่ยนสถานะ c) เกิดสารที่มีสมบัติต่างจากเดิม ก. a เท่านั้น ข. b เท่านั้น ค. a และ b ง. a และ c จ. a b และ c
9) นักเรียนระบุประโยชน์ของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่พบในชีวิตประจำวันได้	29. นักเรียนจะเลือกวิธีการใดในการป้องกันการเกิดสนิมของเหล็กและให้เกิดความสวยงาม โดยมีพื้นผิวแบบโลหะ(ว 2.1 ม.5/23) (สร้างสรรค์) ก. ทาสี ข. รมดำ ค. ขูดด้วยสแตนเลส ง. เคลือบด้วยน้ำมัน จ. ขัดผิวของเหล็กเป็นประจำ
11) นักเรียนอธิบายความหมายและคำนวณครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสีได้	37. ถ้านักเรียนทำบริษัทขนส่งสารกัมมันตรังสี สิ่งใดที่นักเรียนไม่จำเป็นต้องคำนึงถึง เพื่อขนส่งสารกัมมันตรังสี (ว 2.1 ม.5/24) (วิเคราะห์) ก. เวลาที่ใช้ในการขนส่ง ข. จำนวนสารที่ต้องขนส่ง ค. เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ง. ขนาดก้อนของสารในการขนส่ง จ. ปริมาณของสารที่จะเหลือเมื่อถึงปลายทาง

4. แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี ซึ่งวัดความรู้สึกของนักเรียนที่พึงพอใจ ไม่พึงพอใจ ชอบหรือไม่ชอบต่อการใช้สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่องปฏิกิริยาเคมี ที่พัฒนาขึ้น มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) 5 ระดับ โดยกำหนดระดับคุณภาพ 5 ระดับ ดังนี้ ระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง พึงพอใจมาก ระดับ 3 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง พึงพอใจน้อย และระดับ 1 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด โดยพิจารณาประเด็นคำถาม 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน 5 ข้อ 2) ด้านกระบวนการจัดการเรียนการสอน 5 ข้อ 3) ด้านสื่อการสอน 5 ข้อ และ 4) ด้านการประเมินผล 5 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านระบบออนไลน์ โดยมีลำดับดังนี้

1. ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ก่อนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 20 ข้อ
2. ดำเนินการ จัดการเรียนรู้อยู่โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้และบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมีจำนวน 5 แผนการสอนตามลำดับดังนี้ เรื่องที่ 1 ปฏิกิริยาเคมี 2 คาบ เรื่องที่ 2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1 คาบ เรื่องที่ 3 ปัจจัยการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2 คาบ เรื่องที่ 4 ปฏิกิริยารีดอกซ์ 1 คาบ และเรื่องที่ 5 กัมมันตรังสี 2 คาบ
3. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามที่กำหนดทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้กับกลุ่มที่ทำการศึกษาโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีจำนวน 20 ข้อ
4. สอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนโปรแกรมเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สูตรการคำนวณและแปลผลตามเกณฑ์พัฒนาการตามใช้เกณฑ์ ของ Kanjanawasee (2009) โดยมีสูตรการคำนวณ คือ

$$\text{คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์} = \frac{\text{คะแนนหลังเรียน} - \text{คะแนนก่อนเรียน}}{\text{คะแนนเต็ม} - \text{คะแนนก่อนเรียน}} \times 100$$

นำคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์มาแปลผลเป็นระดับพัฒนาการ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และระดับพัฒนาการตามใช้เกณฑ์ ของ Kanjanawasee (2009)

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
76 – 100	ระดับสูงมาก
51 – 75	ระดับสูง
26 – 50	ระดับกลาง
0 – 25	ระดับต้น

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี โดยหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนจากแบบประเมินความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนและใช้เกณฑ์ (Srisa-ard, 2002) ดังนี้

- 4.51-5.00 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มากที่สุด
 - 3.51-4.50 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มาก
 - 2.51-3.50 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ปานกลาง
 - 1.51-2.50 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ น้อย
 - 1.00-1.50 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ที่สุด
- โดยนำมาวิเคราะห์ประเมินผลและเรียบเรียงนำเสนอ

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

จากการพัฒนาสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี และนำไปหาค่าประสิทธิภาพของเครื่องมือในกลุ่มนักเรียนที่คล้ายคลึงกับกลุ่มเป้าหมาย พบว่ามีค่าประสิทธิภาพจากการทดสอบภาคสนาม (E_1/E_2) 83/78.83 อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 (Brahmawong, 2013) จึงมีประสิทธิภาพและนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลได้

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ก่อนและหลังการใช้บทเรียนโปรแกรมเรื่อง ปฏิกริยาเคมี

จากการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ผลการวิเคราะห์เป็นดังตารางที่ 4 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนมีค่า 6.14 (SD=3.30) โดยมีคะแนนต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ คือ 2 คะแนน และ 15 คะแนน และหลังเรียนมีค่า 14.20 (SD=3.57) โดยมีคะแนนต่ำสุดและสูงสุดตามลำดับ คือ 7 คะแนนและ 19 คะแนน

ตารางที่ 4 คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ปฏิกริยาเคมี คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง (n)	คะแนนเต็ม	คะแนนสูงสุด	คะแนนต่ำสุด	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	SD
ก่อนเรียน	35	20	2	15	6.14	3.30
หลังเรียน			7	19	14.20	3.57

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และระดับพัฒนาการ

จากการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และระดับพัฒนาการ พบว่า คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่า 56.43 อยู่ในระดับพัฒนาการระดับสูง นักเรียนมีระดับพัฒนาการในระดับสูงมากร้อยละ 28.57 (10 คน) ระดับสูงร้อยละ 37.14 (13 คน) ระดับกลางร้อยละ 20.00 (7 คน) ระดับต้นร้อยละ 11.43 (4 คน) และไม่พัฒนาการ 2.86 (1 คน)

ตารางที่ 5 จำนวนนักเรียน คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ย และร้อยละในระดับพัฒนาการต่าง ๆ

จำนวนนักเรียน (คน)	คะแนนพัฒนาการเฉลี่ย (คะแนน)	ระดับพัฒนาการ (คน)				
		สูงมาก	สูง	กลาง	ต้น	ไม่มีพัฒนาการ
35	56.43	10	13	7	4	1
ร้อยละ		28.57	37.14	20.00	11.43	2.86

ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกริยาเคมี

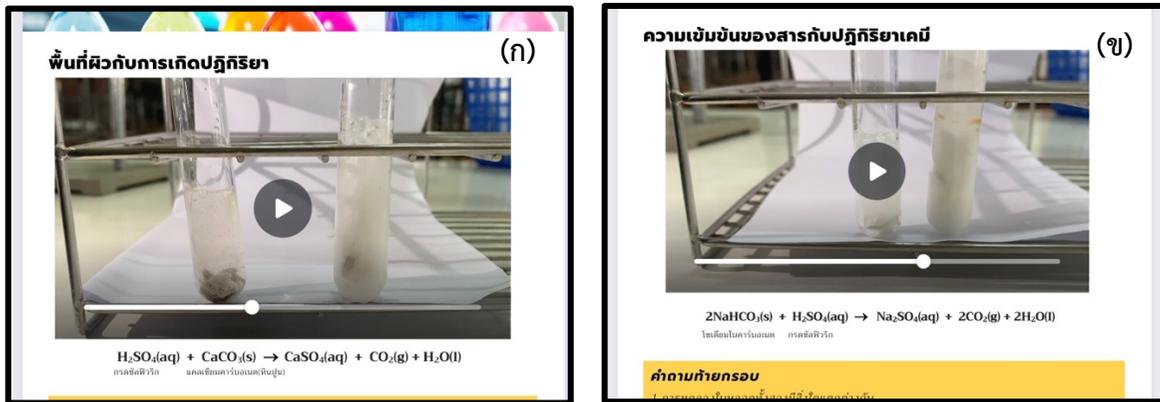
จากวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจในการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนอยู่ในระดับมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 ด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากเป็นอันดับแรก ได้แก่ ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยคือ 4.42 โดยมีด้านความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน ด้านการประเมินผลและด้านสื่อการสอน มีคะแนนเฉลี่ย 4.40, 4.27 และ 4.02 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและระดับความเห็นการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี

ข้อที่	ข้อความ	ค่าเฉลี่ย	SD	ระดับความคิดเห็น
ด้านที่ 1 ความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน		4.40	0.61	มาก
1	ความพร้อมสื่อและอุปกรณ์ที่ใช้จัดการเรียนการสอน	4.37	0.49	มาก
2	ความรู้ภายในสื่อด้านเนื้อหาในเรื่องที่สอน	4.57	0.56	มากที่สุด
3	ความเหมาะสมของรูปแบบสื่อที่ใช้สอน	4.11	0.72	มาก
4	ความเหมาะสมของอุปกรณ์ในการสอนของครู	4.40	0.69	มาก
5	มีการทำความเข้าใจกับนักเรียนก่อนการเรียนการสอนจริง	4.54	0.61	มากที่สุด
ด้านที่ 2 กระบวนการจัดการเรียนการสอน		4.42	0.66	มาก
6	ส่งเสริมการเรียนรู้ตามศักยภาพของนักเรียน	4.11	0.80	มาก
7	กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	4.69	0.58	มากที่สุด
8	ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.60	0.69	มากที่สุด
9	ส่งเสริมให้นักเรียนวางแผนในการเรียนรู้	4.29	0.62	มาก
10	ส่งเสริมความยืดหยุ่นด้านเวลาในการเรียนเรียนรู้	4.40	0.60	มาก
ด้านที่ 3 สื่อการสอน		4.02	0.66	มาก
11	เอกสารและสื่อประกอบการสอน	3.89	0.68	มาก
12	สื่อมีความหลากหลายรูปแบบในการเรียนการสอน	3.83	0.62	มาก
13	สื่อมีเนื้อหาที่ทันสมัย	4.37	0.65	มาก
14	สื่อที่ใช้เหมาะกับเนื้อหาในการจัดการเรียนการสอน	4.17	0.71	มาก
15	สื่อการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ	3.86	0.65	มาก
ด้านที่ 4 การประเมินผล		4.26	0.70	มาก
16	วิธีการประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหา	4.37	0.65	มาก
17	ใช้เครื่องมือและวิธีการประเมินที่หลากหลาย	3.80	0.68	มาก
18	เป็นการประเมินตามสภาพจริง	4.34	0.64	มาก
19	นักเรียนได้ทราบข้อมูลสะท้อนกลับเพื่อปรับปรุง	4.40	0.77	มาก
20	มีส่วนร่วมในการประเมินด้วยตนเอง	4.40	0.74	มาก
รวม		4.27	0.66	มาก

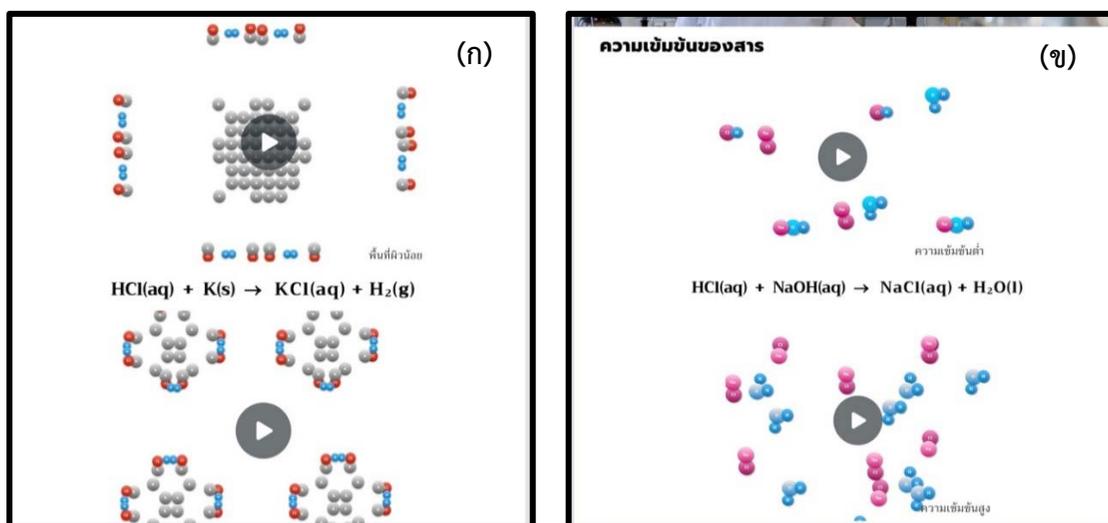
อภิปรายผล

สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีการออกแบบที่อาศัยแนวคิดสามเหลี่ยมเคมีของ Johnstone (1991) เป็นกรอบแนวคิด ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ มหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ โดยแต่ละมโนทัศน์จะออกแบบให้มีหลายระดับ ในระดับมหภาค มีการออกแบบเป็นสื่อวีดิทัศน์แสดงการทดลองให้ผู้เรียนสามารถสังเกตปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยาที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีที่ผู้เรียนต้องสามารถอธิบายผลจากปัจจัยต่างๆที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือลดลง ซึ่งในระดับมหภาคนั้นผู้เรียนสังเกตได้ถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับการปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีก่อนเรียนไม่ถูกต้องใน ข้อคำถามวัดความรู้ที่ตั้งกล่าวไป แต่ผลการทดสอบหลังเรียนตอบได้ถูกต้อง เช่น ข้อคำถามว่า “ถ้าต้องการให้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ควรทำอย่างไร” ที่ผู้เรียนจะต้องมีความเข้าใจทั้งพื้นที่ผิว ความเข้มข้นและอุณหภูมิที่ส่งผลถึงปฏิกิริยาเคมีว่าเกิดขึ้นแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งวีดิทัศน์จะแสดงให้เห็นการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่าง ดังภาพที่ 2 นักเรียนจึงสามารถตอบแบบทดสอบข้อดังกล่าวได้ถูกต้อง เป็นต้น



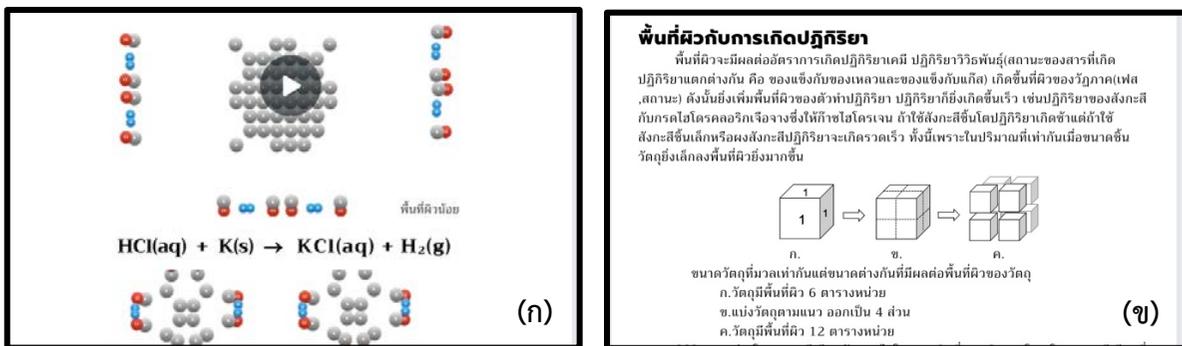
ภาพที่ 2 วิดีทัศน์การทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เมื่อสารมีพื้นที่ผิวแตกต่างกัน (ก) และความเข้มข้นแตกต่างกัน (ข)

ในระดับจุลภาคได้ออกแบบในลักษณะแบบจำลองภาพเคลื่อนไหว โดยใช้โปรแกรม Keynote แสดงการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของสารต่างในการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรูปแบบ 2 มิติ ดังภาพที่ 3 ซึ่งในระดับจุลภาคนั้นเป็นสังเกตการเปลี่ยนแปลงระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ต้องอาศัยตัวแทนในการทำความเข้าใจ เช่น การที่สารมีพื้นที่ผิวแตกต่างกันสามารถทำให้สารเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่แตกต่างกันในระดับโมเลกุลอย่างไร เป็นต้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีก่อนเรียนไม่ถูกต้องในข้อคำถามวัดความรู้ที่ตั้งกล่าวไป แต่ผลการทดสอบหลังเรียนตอบได้ถูกต้อง เช่น ข้อคำถาม “ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน” ที่นักเรียนจะต้องเข้าใจถึงผลของทั้งพื้นที่ผิวและความเข้มข้นที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งสื่อระดับจุลภาคจะช่วยให้นักเรียนจินตนาการปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อใช้ในการตอบคำถามได้



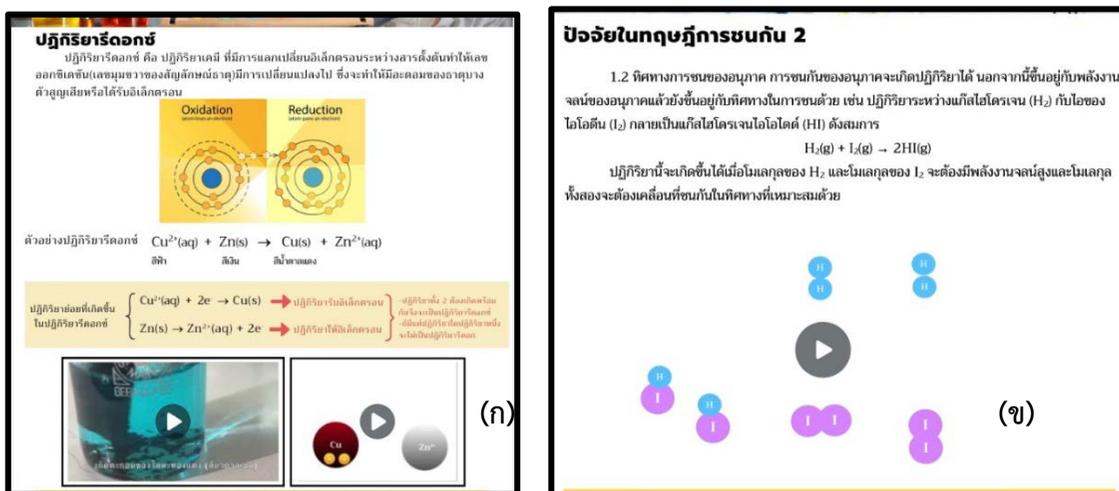
ภาพที่ 3 ภาพเคลื่อนไหว 2 มิติ ของการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เมื่อสารมีพื้นที่ผิวแตกต่างกัน (ก) และความเข้มข้นแตกต่างกัน (ข)

ซึ่งระดับสัญลักษณ์เป็นการเปลี่ยนปรากฏการณ์ทางเคมีเป็นสัญลักษณ์ สูตร เครื่องหมาย และสมการ รวมทั้งคำอธิบายที่เป็นข้อความ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เช่น อธิบายพื้นที่ผิวที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ โดยจากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมีก่อนเรียนไม่ถูกต้องในข้อคำถามวัดความเข้าใจในสมการเคมี แต่ผลการทดสอบหลังเรียนตอบได้ถูกต้อง เช่น ข้อคำถามว่า “การทดลองใดที่สอดคล้องกับความเข้มข้น” ที่นักเรียนต้องทราบว่าพื้นที่ผิวจะมีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เมื่อมีสารตั้งต้นใดสารหนึ่งเป็นของแข็ง ซึ่งมีการระบุในรูปแบบสัญลักษณ์ที่เป็นข้อความ อธิบายและสมการเคมี ดังภาพที่ 4 ทำให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง เป็นต้น



ภาพที่ 4 สมการเคมีของการเกิดปฏิกิริยาเคมีภายในสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี (ก) และข้อความอธิบายการส่งผลของพื้นที่ผิวต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ข)

มีความสอดคล้อง Fibonacci *et al.*, (2020) ที่ทำการพัฒนาสื่อหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (e-book) เคมี โดยใช้แนวคิดสามเหลี่ยมเคมีของ Johnstone (1991) สำหรับการเรียนรู้ออนไลน์ และได้ใช้ในนักศึกษาในกลุ่มทดลอง พบว่าการที่จะทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนวิชาเคมีต้องแสดงความสอดคล้องกันระหว่างการนำเสนอระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ โดยในกลุ่มทดลองมีระดับคะแนนการคิดมีวิจารณ์ญาณที่สูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกันกับ Al-Duhani, Saat and Abdullah, (2023) ที่ศึกษาการนำปฏิบัติการเสมือน (Virtual Laboratory) มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ผ่านระบบออนไลน์ในช่วงการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 โดยใช้ปฏิบัติการเสมือนเป็นส่วนหนึ่งของสื่อการเรียนรู้ ประกอบกับวีดิทัศน์ภาพเคลื่อนไหว 2 มิติและ 3 มิติ ผู้เรียนสามารถเข้าถึงบทเรียนได้หลายครั้งและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยออกแบบตามแนวคิดสามเหลี่ยมเคมีของ Johnstone (1991) พบว่าผู้เรียนในกลุ่มทดลองที่จัดการเรียนรู้ด้วยปฏิบัติการเสมือน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้ด้วยการทดลองจริง (Physical laboratory) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้ปฏิบัติการเสมือน ร่วมกับภาพเคลื่อนไหว 2 มิติและ 3 มิติ ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นความรู้หรือหลักการทางเคมีที่เป็นนามธรรมให้เป็นภาพได้ เช่น การทดลองจริงไม่สามารถทำให้เห็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนได้จึงควรมีการใช้สื่อร่วมหรือประกอบกัน โดยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมนั้นมีจุดแข็ง ในด้านที่ในแต่ละชุดบทเรียนโปรแกรมจะมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นกรอบย่อย ๆ นักเรียนสามารถได้รับผลตอบกลับในการตอบคำถามแต่ละข้อด้วยตนเองได้ทันที มีการจัดเรียงกรอบจากง่ายไปยาก และประกอบด้วยสื่อมัลติมีเดียที่มีองค์ประกอบ 1-3 ระดับ เช่น วีดิทัศน์ ภาพเคลื่อนไหว สมการเคมีและแผนภาพ ดังภาพที่ 5 ทำให้สามารถเชื่อมโยงความเข้าใจได้ง่าย และเข้าถึงหรือใช้งานได้ง่ายจากอุปกรณ์ที่หลากหลาย



ภาพที่ 4 การใช้สื่อมัลติมีเดียในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ ที่ใช้ในกรอบการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยารีดอกซ์ (ก) และ การใช้สื่อมัลติมีเดียในระดับจุลภาคและสัญลักษณ์ ที่ใช้ในกรอบการเรียน เรื่อง ปัจจัยในทฤษฎีการชนกัน

จากคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบก่อนเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี 6.14 คะแนน และเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี 14.20 คะแนน และค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ 56.43 ระดับพัฒนาการอยู่ในระดับสูง สะท้อนว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจเรื่องปฏิกิริยาเคมีมีสูงขึ้นหลังจากผ่านการจัดการเรียนการสอนด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียน

โปรแกรม เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถกำหนดเวลาในการเรียนรู้ในแต่ละเนื้อหาตามความสามารถแต่ละบุคคล มีการเรียงลำดับเนื้อหาอย่างเป็นลำดับตามความยากง่าย สามารถตรวจสอบความรู้ ความเข้าใจจากคำถามและแบบทดสอบภายในกรอบได้ด้วยตนเอง ได้รับผลสะท้อนกลับในทันทีและยังสามารถกลับไปศึกษาหรือทบทวนในส่วนที่ไม่เข้าใจได้ เมื่อพิจารณาตามทฤษฎีด้านจิตวิทยา Thorndike (1927) กล่าวถึง กฎการเรียนรู้ ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้กระทำเกิดความพร้อม มีความสบายใจ และได้รับการเสริมแรงทางบวก รวมทั้ง Skinner (1987) กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขและสภาวะแวดล้อม การเสริมแรงให้เกิดพฤติกรรมที่เข้มแข็งขึ้น การเสริมแรงทางบวกในขั้นตอนที่เหมาะสมจะทำให้นักเรียนเกิดกำลังใจในการเรียนต่อได้ เช่น การเฉลยคำตอบให้ทราบทันที ที่สอดคล้องกับ Khammani (2009) บทเรียนโปรแกรมเป็นการนำเนื้อหามาแตกเป็นหน่วยย่อยให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเอง ทำให้ง่ายต่อการเรียนรู้ นักเรียนสามารถตอบสนองและตรวจสอบต่อการเรียนรู้ของตนเองได้ทันทีว่าถูกต้องหรือไม่ สามารถใช้เวลาอย่างน้อยตามความสามารถ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Koocharoenpisal (2017) ที่ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้ออนไลน์ โดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนิสิตระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนโปรแกรมคะแนนผลการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 82.71 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งบทเรียนโปรแกรมส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถทบทวนความรู้หลังจากได้เรียนในห้องเรียน และมีคำถามหลากหลายให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการตอบคำถามและตรวจสอบการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Boonlua, Chomphuphan and Srichan (2016) ที่ทำการศึกษา เปรียบเทียบการใช้บทเรียนสำเร็จรูป และเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยบทเรียนสำเร็จรูปมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมและประเมินตนเองสามารถทราบคำตอบได้ทันที มีการเสริมแรงทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจใน ส่วนที่ทำได้ถูกต้องและพยายามแก้ไขในส่วนที่ผิดพลาด และได้เรียนรู้ไปทีละน้อย

การใช้สื่อมัลติมีเดียประกอบด้วยคำอธิบายเนื้อหาที่เป็นข้อความ มีส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถเกิดความเข้าใจใน เรื่องการเกิดปฏิกริยาเคมีที่มีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมไม่สามารถเห็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลได้ด้วยตาเปล่า การอธิบายปรากฏการณ์เชิงเคมีจึงทำได้ยาก สื่อมัลติมีเดียที่มีองค์ประกอบ เช่น ภาพ ภาพเคลื่อนไหว ข้อความ สัญลักษณ์ วิดีทัศน์ เป็นต้น ที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์หรือทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น นักเรียนเข้าถึงข้อมูลได้หลายลักษณะ เข้าถึงได้จากทุกที่ ลดความซับซ้อนในการทำ ความเข้าใจเนื้อหายาก (Hatfield and Bitter, 1994) การนำสื่อมัลติมีเดียมาใช้ในการออกแบบสื่อโดยเฉพาะในรูปแบบวีดิทัศน์ทำให้เข้าใจ คำอธิบายที่เป็นข้อความได้ง่ายขึ้น และสื่อในรูปแบบอื่น ๆ ก็ช่วยส่งเสริม ความเข้าใจด้วยเช่นกัน และ เมื่อประกอบกับการใช้แนวคิดสามเหลี่ยมเคมี (Chemistry Triplet) โดยให้สื่อแต่ละส่วนมีการออกแบบอิงตามแนวคิดดังกล่าวให้เกิดความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงทางเคมีทั้งระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ เช่น การเกิดปฏิกริยาของโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก ที่ระดับมหภาค นักเรียนมองเห็นการเกิดปฏิกริยาที่เกิดขึ้นบริเวณผิวโลหะแมกนีเซียมที่สัมผัสกับกรดไฮโดรคลอริกเกิดฟองแก๊สไฮโดรเจนผ่านวีดิทัศน์ ในระดับจุลภาคนักเรียนมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของอะตอมของสารตั้งต้นเป็นผลิตภัณฑ์ผ่านภาพเคลื่อนไหว และระดับสัญลักษณ์ที่แสดงถึงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตามหลักการเขียนสมการเคมี ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาของวิชาเคมี ทำให้เกิดความเข้าใจและมีระดับพัฒนาการเฉลี่ยระดับสูง สอดคล้องกับ Gilbert (2009) เพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนของธรรมชาติของสารเคมีการทำ ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ แบ่งเป็น 3 ระดับ 1) ระดับ 1 ปรากฏการณ์สมบัติที่สังเกตได้ มองเห็นได้ สังเกตได้ในการทดลองในห้องปฏิบัติการ อยู่ในชีวิตประจำวัน 2) ระดับ 2 แบบจำลอง เพื่อใช้อธิบายสาเหตุของปรากฏการณ์อย่างครอบคลุม 3) ระดับ 3 สัญลักษณ์ ที่จัดวางเพื่อเป็นตัวแทนของอะตอม โดยใช้สื่อมัลติมีเดียเป็นเครื่องมือช่วยเรียนรู้ด้วยการออกแบบสื่อที่เป็นรูปภาพ ภาพสามมิติ ภาพสองมิติ ช่วยนักเรียนให้เห็นภาพของสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น อะตอมหรือโมเลกุล (Chiu and Wu, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Deephisuthi, Phibachon and Sirisawat (2021) ที่ได้ศึกษา การใช้สื่อภาพเคลื่อนไหว ประกอบการจัดการเรียนแบบวัฏจักร 5 ขั้นตอนทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มนักเรียนที่ใช้ภาพเคลื่อนไหวสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้ภาพเคลื่อนไหวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหา ได้ง่ายและชัดเจนขึ้นเชื่อมโยงความรู้ได้ดีขึ้น Chawarangoon, Kankaew and Niyomka (2020) ที่พบว่าการสื่อมัลติมีเดียในการจัดการเรียนรู้ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยการมีสื่อวีดิทัศน์ที่น่าสนใจประกอบ ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ สามารถเข้าใจและจดจำเนื้อหาได้ง่าย และปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ Kidhathong and Tonkuriman (2022) การใช้สื่อมัลติมีเดียในการร่วมสอนทำ ให้กลุ่มทดลองมีคะแนนความรู้สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และกลุ่มทดลองคะแนนความรู้สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยสื่อมัลติมีเดียทำให้เข้าใจได้ง่าย ภาพและเสียงกระตุ้นความสนใจและการจดจำ สามารถทบทวนความรู้ตามความต้องการเช่นเดียวกับ Ahmad *et al.*, (2021) ที่ศึกษาการใช้ภาพเคลื่อนไหวและแบบจำลองในการเรียนการสอนเรื่องไฟฟ้าเคมี พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบหลังการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่าภาพเคลื่อนไหวและแบบจำลองยกระดับความเข้าใจโมโนทัศน์ที่ยากในวิชาเคมี ได้รับความสนใจ และสร้างแรงจูงใจการเรียนรู้วิชาเคมี

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน ข้อคำถามที่ค่าเฉลี่ยความเห็นในระดับมากที่สุด คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วย บทเรียนโปรแกรมทำให้ให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นให้ผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียน วางแผนด้านเวลาในการเรียนรู้ได้ ซึ่งในการจัดการเรียนรู้จริงนักเรียนจำนวนมากไม่สามารถเรียนรู้ได้ ในแต่ละบทเรียนจึงมีการปรับ การจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนไปศึกษาต่อ ภายในบทเรียนโปรแกรม แล้วกลับมาสรุปในคาบถัดไปทำให้เกิดการยืดหยุ่นด้านเวลามากขึ้น สามารถทบทวนได้ตามความต้องการ สอดคล้องกับ Boonyatorn (1999) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยบทเรียนโปรแกรม สนองตอบความแตกต่างของผู้เรียน สามารถ เรียนจากที่ไหน เมื่อไหร่ก็ได้ ได้รับการกระตุ้นให้กำลังใจระหว่างเรียน และสอดคล้องกับการวิจัยของ Koocharoenpaisal (2017) ที่ ศึกษาการใช้บทเรียนโปรแกรมในนิติตขั้นปีที่หนึ่งพบว่ามีความพึงพอใจในระดับมาก กิจกรรมการเรียนรู้อส่งเสริมให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วย ตนเอง สามารถทบทวนความรู้หลังจากได้เรียนในห้องแล้ว สำหรับข้อคำถามที่ค่าเฉลี่ยความเห็นน้อยที่สุด คือ ใช้เครื่องมือและวิธีการ ประเมินที่หลากหลาย ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้วิธีการประเมินที่ใช้แบบทดสอบท้ายบทเรียนโปรแกรมเท่านั้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากทดสอบนำร่อง พบว่า สื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83/78.83 มีค่าเป็นไปตามที่เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 มีประสิทธิภาพใน การนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน

2. คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์และระดับพัฒนาการ จากคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบก่อนเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปฏิกิริยาเคมี 6.14 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบหลังเรียนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปฏิกิริยาเคมี 14.20 คะแนน มีค่าเฉลี่ยคะแนนพัฒนาการ 56.43 และนักเรียนมีระดับพัฒนาการในระดับสูงมาก สูง กลาง ต่ำ และไม่มีพัฒนาการ ร้อยละ 28.57, 37.14, 20.00, 11.43 และ 2.86 ตามลำดับ

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรมเรื่องปฏิกิริยาเคมี ระดับความพึงพอใจใน การจัดการเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียร่วมกับบทเรียนโปรแกรม เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกด้าน คือ ด้านความพร้อมในการจัดการเรียนการสอน ด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ ด้านสื่อการสอน และด้านการประเมินผล โดยค่าเฉลี่ย ความพึงพอใจทั้งหมดของนักเรียนมีค่า 4.27 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำบทเรียนโปรแกรมไปใช้ป็นสื่อการสอนเสริม ที่ให้นักเรียน ศึกษาเพิ่มเติมหลังจากการเรียนในชั้นเรียน โดยมอบหมาย ให้เป็นการบ้านสำหรับนักเรียนที่ไม่เข้าใจในชั้นเรียน หรือใช้กับนักเรียนที่ขาดเรียนในคาบที่จัดการเรียนการสอนเรื่องปฏิกิริยาเคมีให้ เรียนได้ทันเพื่อน หรือเพื่อทบทวนความรู้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนบทเรียนอื่น ๆ ซึ่งความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีเป็นพื้นฐานที่สำคัญ ของการเรียนเคมี

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาครั้งต่อไป

ในการวิจัย ครั้งนี้ใช้กลุ่มเป้าหมายที่จำเพาะเจาะจงจึงทำให้ไม่เป็นตัวแทนที่ดีของประชากรและไม่สามารถอ้างอิง ผลการวิจัยไปยังประชากรได้ในการทำวิจัยครั้งต่อไปควรใช้การเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีการสุ่มตัวอย่างร่วมด้วยและควรมีกุ่ม เปรียบเทียบ (กลุ่มควบคุม) เพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นด้วย

References

- Ahmad, N. J., Yakob, N., Bunyamin, M. A. H., Winarno, N. and Akmal, W. H. (2021). The effect of interactive computer animation and simulation on students' achievement and motivation in learning electrochemistry. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 311-324.
- Al-Duhani, F., Saat, R. M. and Abdullah, M. N. S. (2023). Effectiveness of virtual laboratory on grade eight students' achievement in learning electricity. *Malaysian Online Journal of Educational Sciences*, 11(3), 30-43.
- American Association for the Advancement of Science. (2009). Science for All American. Washing D.C. Retrieved from *Science for All American*: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap1.htm>

- Boonlua, N., Chomphuphan, C. and Srichan, P. (2016). A comparison of academic achievement of Grade 9 students on information technology using learning package and a computer assisted instruction with basic knowledge equality (in Thai). **The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal**, 22(1), 134-143.
- Boonyakanjana., C. (2008). **Educational Innovation** (in Thai). Bangkok: Tharn Aksorn Publisher.
- Boonyatorn, I. (1999). **Teaching Principle** (in Thai). Bangkok: Bansomdejchaopraya Rajabhat University Press.
- Brahmawong, C. (2013). Developmental Testing of Media and Instructional Package (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 5(1), 7-20.
- Chawarangkoon, C., Kankaew, S. and Niyomka, W. (2020). Development of interactive multimedia using the program basic adobe audition (in Thai). **Journal of Science and Technology RMUTSB**, 4(2). 36-47.
- Chiu, M. H. and Wu, H. K. (2009). The roles of multimedia in the teaching and learning of the triplet relationship in chemistry. In **Multiple representations in chemical education** (pp. 251-283). Dordrecht: Springer.
- Deephisuthi, W., Phibachon, S. and Sirisawat, C. (2021). Application of animation media with 5E inquiry learning management for enhancing learning achievement and attitude of Grade 11 students (in Thai). **Sripatum Chonburi Journal**, 18(1). 158-168.
- Fibonacci, A., Wahid, A., Lathifa, U., Zammi, M., Wibowo, T. and Kusuma, H. H. (2021). Development of chemistry e-module flip pages based on chemistry triplet representation and unity of sciences for online learning. **Journal of Physics: Conference Series**, 1796, 012110.
- Gilbert, J. K. (2009). Science fiction. In **Multiple representations in chemical education (Vol. 4, pp. 1-8)**. D. F. Treagust (Ed.). Dordrecht: Springer.
- Gwang, C. C. and Satoko, Y. (2022). How are countries addressing the Covid-19 challenges in education? A snapshot of policy measures. UNESCO. Retrieved 27 March 2022, from **UNESCO**: <https://world-education-blog.org/2020/03/24/how-are-countries-addressing-the-covid-19-challenges-in-education-a-snapshot-of-policy-measures/>
- Hatfield, M. M. and Bitter, G. G. (1994). A multimedia approach to the professional development of teachers: A virtual classroom. In D. Achiele (Ed.), **Technology in professional development** (pp. 102-115). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Johnstone, A. H., (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, 75-83.
- Kanjanawasee, S. (2009). **Classical test theory** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Khammani, T. (2009). **Science of Teaching Pedagogy** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Kidhathong, S. and Tonkuriman, A. (2022). Effectiveness of using multimedia as co-teaching on nursing students' knowledge and skills in therapeutic relationships and communication (in Thai). **Nursing Journal of The Ministry of Public Health**, 32(1), 14-26.
- Koocharoenpisal, N. (2017). Learning outcomes on polymer chemistry of first-year undergraduate students through learning with programmed lesson and concept mapping (in Thai). **Silpakorn University Journal**, 37(3), 87-108.
- Luemongkol, K. (2021). Stress among students in online classes during the Covid-19 outbreak in a secondary school, Chaiyaphum Province (in Thai). **Chaiyaphum medical journal**, 41(2), 11-20.
- Moonkam, S. and Moonkam, O. (2002). **Learning Management Method**(in Thai). Parbpim Limited Company.
- Nonpala, K. (2021). Guidelines for teaching and learning for the first semester of the academic year 2021 in the epidemic situation of coronavirus disease 2019 (COVID-19) of schools under the Office of the Basic Education Commission (in Thai). Retrieved 15 April 2022, from **Office of the Basic Education Commission**: <http://www.sea12.go.th/ict/images/stories/covid2019/2564/3-info-covid-190564.pdf>
- Office of the Education Council. (2022). **Learning loss recovery** (In Thai). Bangkok: S.B.K. Printing Co., Ltd.
- Pooranachot, T. (2009). **Creating Programmed Instruction** (In Thai). Bangkok: Chulalongkorn Pres.

- Posthuma, E. (2016). Integrating three types of chemical representation. Retrieved 15 April 2022, from **ChemEd X**: <https://www.chemedx.org/article/integrating-three-types-chemical-representation>.
- Rungsang, T. and Nuansri (2021). The Development of Problem-Solving Ability of Grade 9 Student Using Storyline Learning Management in the Topic of Ecosystem (In Thai). **Journal of Roi Kaensan Academi**, 6(7), 47-61.
- Skinner, B. F. (1987). Whatever happened to psychology as the science of behavior? **American psychologist**, 42(8), 780.
- Thorndike, E. L. (1927). The law of effect. **The American journal of psychology**, 39(1), 212-222.
- Thumthong, B. (2022). Effects of the COVID Situation on Thai Education Management: Alternative Education is the Main Way and the Way to Survive Education in the Future (In Thai). **Journal of Education Prince of Songkla University Pattani Campus**, 33(3), 15-29.
- Paichayontvijit, T. and Thitisawan, S. (2022). Effect of COVID-19 pandemic to Education (In Thai). Retrieved 11 April 2022 From **Faculty of Economics Ramkhamhaeng University**: <http://www.eco.ru.ac.th/images/document/article/TreeNut/publish02-02.pdf>
- Sangdech, K (2009). **Programmed Instruction ; A guide book to developed instructional media that Child-centered learning for elementary education** (In Thai). Bangkok: Physics Center Press LTD.
- Srisa-ard, B (2002). **Introduction to Research (7th ed.)** (In Thai). Bangkok: SUWEERIVASARN COMPANY LIMITED.
- Srivachiraphat, P (2022). Strategies for Mitigating Thai Students' Learning Losses from Online Teaching and Learning During the COVID-19 Pandemic (In Thai). **Mahidol Integrated Social Science Journal**. 9(1), 71-86.
- Gkitzia, V., Salta, K. and Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, 12(1), 5-14.



Research Article

Development of engagement in learning that affects mathematics achievement on the graph of quadratic functions for Grade-9 students by using Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program

Nawamin Chansrirat^{1,*} and Wannapol Pimpasalee²

¹*Bachelor of Education, Program in Mathematics, Kalasin University*

²*Department of Science and Mathematics, Faculty of Science and health technology, Kalasin University*

**Email: Nawamin.ch@ksu.ac.th*

Received <14 January 2024>; Revised <20 March 2024>; Accepted <26 March 2024>

Abstract

The purposes of this study were to 1) compare grade-9 students' engagement in learning mathematics graph of quadratic functions, and 2) compare their learning achievement in mathematics on the graph of quadratic functions before and after learning using the Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program. The research sample group consisted of 43 grade-9 students from a school in Kalasin province during the first semester of the 2023 academic year, selected using simple random sampling. The research tools include learning management plans, achievement tests, and engagement in learning assessments. Statistical methods used in data analysis include mean, standard deviation, percentage, and the t-test for dependent samples. Using the Think-Talk-Write technique with the GeoGebra program, the study discovered 1) the results of grade-9 students' engagement in learning mathematics on the graph functions after learning were higher than before learning, with statistical significance at the level .05, and 2) grade-9 students' academic achievement in mathematics on the graph of quadratic functions after learning was higher than before learning with statistical significance at the level .05.

Keywords: Engagement, Learning achievement, GeoGebra program, Think-Talk-Write technique

บทความวิจัย

การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

นวมินทร์ จันทศรีราช^{1*} และ วรณพล พิมพะสา²

¹หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Email: Nawamin.ch@ksu.ac.th

รับบทความ: 14 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 20 มีนาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 26 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 43 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และการทดสอบค่าทีแบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: ความยึดมั่นผูกพัน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โปรแกรมGeoGebra เทคนิคThink-Talk-Write

บทนำ

วิชาคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างมากต่อศาสตร์แขนงต่าง ๆ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน เป็นรากฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ธุรกิจและภาครัฐ ซึ่งล้วนต้องมีคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานแทรกอยู่ทั้งสิ้นในทุก ๆ บริบท (Piper, Marchand-Martella and Martella, 2010) นอกจากนี้วิชาคณิตศาสตร์ยังถูกใช้เป็นวิชาหลักในการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ (Programme for international student assessment หรือ PISA) งานวิจัยพบว่า ปัญหาที่พบมากที่สุด คือ ผู้เรียนส่วนใหญ่ทั่วโลกไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ (Gafoor and Kurukkan, 2015) ไม่สนใจเรียน ไม่ชอบการคิดคำนวณ เนื้อหาในรายวิชาหนักและยากเกินไป น่าเบื่อ ไม่สามารถประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ ตลอดจนบรรยากาศในการเรียนเครียด ครูสอนไม่น่าสนใจ (Fonglam, 2011) ผลก็คือนักเรียนขาดความเชื่อมั่นผูกพันกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ไม่สามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ซึ่งส่งผลเสียต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของผู้เรียน

การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนควรจะได้เรียนรู้ ผึกฝน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตนเอง เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ เพื่อให้ผู้เรียนมีแนวทางในการคิดที่หลากหลาย รู้จักประยุกต์และปรับเปลี่ยนวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสม และจะต้องทำความเข้าใจปัญหา คิดวิเคราะห์วางแผน แก้ปัญหาและเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความสมเหตุสมผลของคำตอบพร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้อง (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) และเทคนิคการสอนที่จะทำให้ผู้วิจัยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดีขึ้นคือเทคนิค Think-Talk-Write ที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาผ่านทางช่องทางการพูด และการเขียน โดยแนวความคิดนี้มีพื้นฐานมาจากการเข้าใจทางการเรียนทำให้ผู้เรียน คิด พูด และเขียนได้ (Thongnak, 2016)

เทคนิค Think-Talk-Write เป็นเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือรูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจประกอบการสอนเพื่อเน้นทักษะการคิด พูดและเขียน โดยคิดในประเด็นที่สงสัยหรือต้องการหาคำตอบ พูดแลกเปลี่ยนอภิปรายความคิดและเขียนข้อสรุปจากการอภิปราย เทคนิค Think-Talk-Write นอกจากช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนแล้วยังส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาได้ด้วย อีกทั้ง Dila (2012) ได้กล่าวว่า เทคนิค Think-Talk-Write คือ เทคนิคที่ส่งเสริมทางการคิดแก้ปัญหา การพูดและการเขียนอย่างคล่องแคล่ว เทคนิคนี้อยู่บนพื้นฐานของการเข้าใจในการเรียน และเป็นพฤติกรรมที่ส่งเสริมทางการคิดแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียน คิดพูด แล้วสามารถเขียนออกมาได้

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในการเรียนรู้สูงขึ้น เรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางและทั่วถึง สื่อการศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญ ดังนั้นการพัฒนาสื่อให้มีความสอดคล้องกับความรู้ ผู้สอนจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับสื่อ จะต้องประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับเนื้อหา โดยต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ผู้เรียน รวมถึงการประเมินผลที่สอดคล้องกัน จึงจะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและเรียนรู้อย่างมีความสุข (Ministry of Education, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) โดยจะเน้นที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในการเรียนให้เกิดการเรียนรู้ อย่างมีความหมาย ลักษณะนี้จะเป็นวิธีการเรียนให้เกิดการกระตือรือร้นและมีทักษะที่สามารถเลือกรับข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีระบบ (Suwannatthachot, 2018) การเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติและศึกษาความรู้ด้วยตนเอง โดยการลงมือทำจากกิจกรรมการเรียนการสอนที่ได้รับผ่านทาง การฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความสามารถของตนเองออกมาอย่างเต็มที่ช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้อย่างมีความหมายเข้าใจได้อย่างกว้างขวางลึกซึ้งและจดจำได้นานมากขึ้น (Phattharakorn, 2009)

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมคณิตศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้ในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ สามารถสร้างกราฟ ภาคตัดกรวยแสดงสมการเป็นรูปทั่วไป หรือสมการมาตรฐานของกราฟนั้น ๆ ได้ด้วย Markus Hohenwarter นักพัฒนา application ชาวออสเตรีย ได้ริเริ่มตั้งแต่ปี 2001 ต่อมาปี 2007 Michael Borcherds ชาวอังกฤษ ได้นำทีมพัฒนาต่อมา จนเป็นที่นิยม สถาบันต่าง ๆ ในหลายประเทศที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาได้ให้การสนับสนุนอย่างมาก (Wuttisant, 2023) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เป็นการนำโปรแกรมไปใช้เป็นเครื่องมือหรือสื่อในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้เห็นเป็นรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถเคลื่อนไหว พลิก หมุน หรือเปลี่ยนค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชัน ทำให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นระหว่างสมการและกราฟได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นโปรแกรมที่รวมเรขาคณิต พีชคณิต และแคลคูลัสไว้ด้วยกัน สามารถใช้ในการสร้างชิ้นงานเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตได้ในภายหลัง การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปบูรณาการกับการเรียนรู้คณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มพูนและพัฒนาศักยภาพของครูผู้สอน นอกจากนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามความสามารถของตน ส่งผลให้มีเจตคติที่ดี มีความคิดสร้างสรรค์ มีจินตนาการ เกิดทักษะ และกระบวนการทางคณิตศาสตร์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017) อีกทั้งเมื่อผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม สามารถพิสูจน์และเข้าใจที่มาได้ ผู้เรียนจึงมีความเชื่อมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

ความยึดมั่นผูกพันกับการเรียน (Learning engagement) จึงเป็นสิ่งสำคัญประการแรกที่ต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับตัวผู้เรียน การจัดการศึกษาแก่ผู้เรียน คือ การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียน รู้สึกยึดมั่นผูกพันกับการเรียน เมื่อผู้เรียนมีความยึดมั่นผูกพันก็จะสามารถเรียนรู้และอยากแสวงหาความรู้ด้วยตนเองมีแรงขับเคลื่อนภายในตนเอง นั้นย่อมเป็นจุดเริ่มต้นแรกของการรู้สึกรักอยากมาเรียน ผู้เรียนที่มีความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนสูง มีแนวโน้มที่จะหลงใหลเกี่ยวกับการเรียนรู้ (Hurst, 2013) ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงตามไปด้วย (Fredricks, Blumenfeld and Paris 2004; Wang and Holcombe, 2010) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนที่มี ส่วนร่วมในการเรียนระดับต่ำ ในการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ (Programme for international student assessment: PISA) พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของผู้เรียนไทยที่มีความยึดมั่นผูกพันระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 25.4 ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของ องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for European Economic Co-operation: OECD) ที่มีค่าเท่ากับ 20 (Willms, 2003) จากสภาพการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าเรื่องความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องส่งเสริมให้เพิ่มขึ้นกับผู้เรียน อย่างไรก็ตามความยึดมั่นผูกพันกับการเรียนเป็นส่วนหนึ่งที่ได้มาจากการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ (Hurst, 2013)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ในเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ส่งเสริมความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนและเพื่อยกระดับผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์ ให้นักเรียนมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ความเพลิดเพลินเกิดแรงจูงใจที่จะเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต เพื่อพัฒนาตนเองและสังคมต่อไป

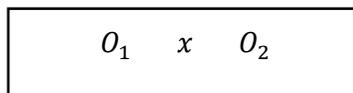
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ดำเนินการวิจัยตามแบบวิจัย One Group Pretest – Posttest Design



O_1	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre – test)
X	แทน	การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra
O_2	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง (Post – test)

2. กลุ่มตัวอย่างของการวิจัย

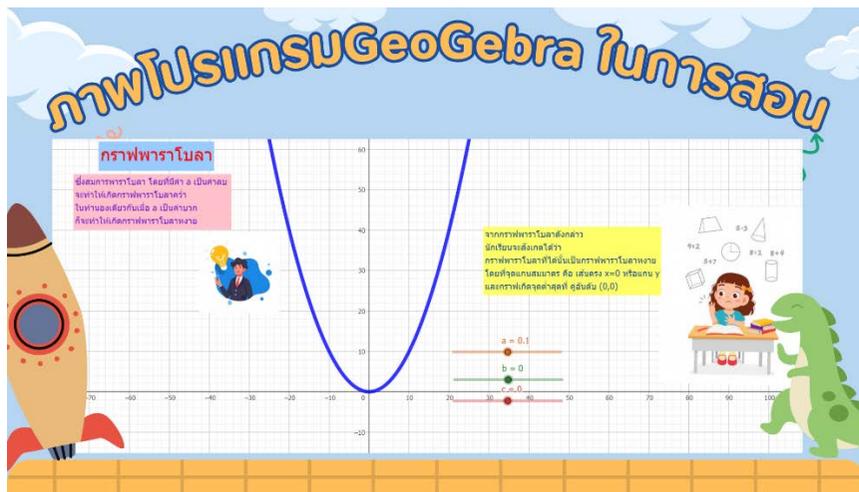
ประชากรที่ใช้ในการวิจัยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ รวมทั้งหมด 575 คน โดยกลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 43 คน โดยได้มาจากการเลือกสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra จำนวน 8 แผน 10 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1 และการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง แสดงดังรูปภาพที่ 1

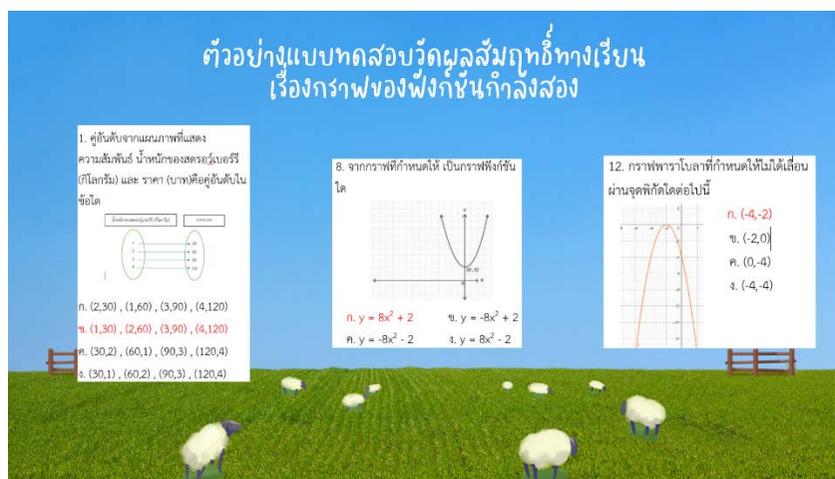
ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

แผนการจัดการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1	แนะนำฟังก์ชัน	2
2	สมการของพาราโบลา	1
3	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2$	1
4	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2 + k$	1
5	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = a(x-h)^2$	1
6	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = a(x-h)^2 + k$	1
7	พาราโบลาที่กำหนดด้วยสมการ $y = ax^2 + bx + c$	1
8	กราฟของฟังก์ชันกำลังสองที่มีลักษณะเป็นสมการของพาราโบลาแบบต่างๆ	2
รวม		10



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

3.3 แบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง เพื่อวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยองค์ประกอบที่วัด คือ ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ และความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

องค์ประกอบที่วัด	ลักษณะ	จำนวน (ข้อ)	ร้อยละ	
			คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน
ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม (Behavior Engagement)	ผู้เรียนปฏิบัติตามกฎระเบียบของชั้นเรียน มีความรับผิดชอบต่อการเรียน การมีส่วนร่วมทั้งในและนอกห้องเรียน	6	15.98	22.28
ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ (Emotional Engagement)	ผู้เรียนแสดงออกด้านอารมณ์ที่มีต่อห้องเรียนคณิตศาสตร์ ครู และเพื่อนร่วมห้อง เห็นคุณค่าของตนเอง จนกระทั่งเห็นคุณค่าของการเรียนวิชา คณิตศาสตร์	7	16.98	26.19
ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา (Cognitive Engagement)	ผู้เรียนมีความพยายามในการเรียนรู้รวมถึงการตั้งใจเรียนความทุ่มเทในการเรียนรู้ จนกระทั่งสามารถกำกับตนเอง และพัฒนาตนเองเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งใจไว้	7	16.25	27.58
รวม		20	49.21	76.05

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

4.1.1 ทำหนังสือขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูลการวิจัยในชั้นเรียน คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษาไปยังผู้อำนวยการโรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1.2 ประสานขอความร่วมมือในการกำหนดตารางสอน และขอบเขตเนื้อหาที่ใช้กระบวนการเรียนการสอนกับหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

4.1.3 ผู้วิจัยจัดเตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อ อุปกรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

4.1.4 ผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ นำมาหาความเชื่อมั่น พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 4.50-5.00 ซึ่งมีความสอดคล้องมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้ใช้แผนการจัดการเรียนรู้อยู่ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra นำไปใช้ในการจัดการเรียนสอนกับนักเรียน

4.2 ขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นนำสู่บทเรียน คือ ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนและทบทวนเนื้อหาความรู้เดิมที่นักเรียนมีเพื่อนำเนื้อหาใหม่มาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ขั้นสอน คือ ครูนำเสนอเนื้อหาหรือบทเรียนใหม่พร้อมทั้งแสดงการหาคำตอบ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ให้นักเรียนตอบ ขั้นฝึกทักษะ คือ ครูกำหนดประเด็นปัญหาให้กับนักเรียนและให้นักเรียนคิดและทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่ครูกำหนดให้ (Think) จากนั้นครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมพูดคุย แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นของตนเองกับเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน (Talk) และเขียนสรุป (Write) และ ขั้นสรุป คือ ครูและนักเรียนร่วมกันตรวจสอบประเด็นปัญหาและสรุปเนื้อหาสาระที่ได้จากการเรียนและการทำกิจกรรมในคาบเรียน รวมทั้งสิ้น จำนวน 8 แผน 10 ชั่วโมง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566

4.2.2 ในระหว่างการเรียนการสอนผู้วิจัยยังเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ จากแบบฝึกทักษะหลังเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง

4.2.3 ให้นักเรียนทำแบบวัดความยึดมั่นผูกพันในการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra

4.3 ขั้นตอนหลังการทดลอง

4.3.1 เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ซึ่งเป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ มาทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1. วิเคราะห์ข้อมูลค่าความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการเรียนรู้ เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test Dependent Sample

5.2. การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้คณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐานและสถิติทดสอบสมมติฐาน t-test Dependent Sample

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) การวัดระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง พบว่าคะแนนของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 49.21 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 76.05 คะแนน เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที (t-test Dependent Sample) ได้ค่า $t = 5.472$, $df = 42$, $sig = .000$ จึงสรุปได้ว่าระดับความยึดมั่นผูกพันในการเรียนของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบความยึดมั่นผูกพันในการเรียน ก่อนและหลังใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนน	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	49.21	18.488	26.84	32.159	5.472*	42	0.000
หลังเรียน	76.05	17.223					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2) การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง พบว่าคะแนนของผู้เรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 7.40 คะแนน และมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 14.60 คะแนน เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที (t-test Dependent Sample) ได้ค่า $t = 16.258$, $df = 42$, $sig = .000$ จึงสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง กราฟของฟังก์ชันกำลังสอง โดยการจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนสอบทั้งสองครั้ง พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

คะแนน	Mean	S.D.	ค่าเฉลี่ยของผลต่าง	S.D. ค่าเฉลี่ยผลต่าง	t	df	Sig 1 tailed
ก่อนเรียน	7.40	3.506	7.21	2.908	16.258*	42	0.000
หลังเรียน	14.60	3.346					

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

อภิปรายผล

การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนซึ่งมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งหมายความว่า โดยรวมก่อนการจัดการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra โดยมีคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 49.21 และ 18.488 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และหลังการจัดการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra โดยมีคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 76.05 และ 17.223 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน และนำองค์ประกอบที่วัดมาพิจารณาโดยมีคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ก่อนและหลังเรียนตามลำดับพบว่า ความยึดมั่นผูกพันเชิงพฤติกรรม มีคะแนนเฉลี่ย 15.98 และ 22.28 ความยึดมั่นผูกพันเชิงอารมณ์ มีคะแนนเฉลี่ย 16.98 และ 26.19 และ ความยึดมั่นผูกพันเชิงปัญญา มีคะแนนเฉลี่ย 16.26 และ 27.58 พิจารณาได้ว่านักเรียนมีความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krueksanoi and Kaewpuang (2023) จากการสังเกตการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ทำให้ผู้เรียนเกิดความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้นั้นล้วนเกิดจากการจัดการเรียนรู้อยู่ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง อาศัยความรู้เรื่อง สมการ คู่อันดับและกราฟ ซึ่งการสอนนั้นจะใช้โปรแกรม GeoGebra และสื่อการสอนทางคณิตศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนได้เข้าใจในบทเรียน และเห็นภาพจริงที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นและเข้าใจที่มาของกราฟ รูปแบบโปรแกรมที่สร้างสรรค์ ทำให้เกิดความสนุกและตื่นตันทึ่งทำให้คะแนนความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อยู่ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ก่อนจัดการเรียนรู้อยู่ มีคะแนนการทดสอบก่อนเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 7.40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน และการทดสอบหลังเรียนพบว่า มีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 14.60 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เกิดจากการผ่านกระบวนการขั้นตอนในการจัดทำอย่างเป็นระบบวิธีการที่เหมาะสมโดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาหลักสูตรคู่มือครู และเนื้อหาวิชา ตลอดจนหลักการสร้างการจัดการเรียนรู้อยู่ โดยการจัดการเรียนรู้อยู่ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra และใช้กับบทเรียนเรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง หรือ พาราโบลา ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจเป็นอย่างมากในการเรียน ทั้งนี้เทคนิค Think-Talk-Write คือ เทคนิคที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นเทคนิคที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกฝน เพื่อส่งเสริมความสามารถของผู้เรียน 3 ด้าน คือ การคิด การพูด และการเขียน โดยมีพื้นฐานมาจากความเข้าใจทางการเรียน องค์ประกอบเหล่านี้ถือว่ามีความสำคัญ ผู้เรียนได้สื่อสารความหมายทางคณิตศาสตร์ พูดสรุปในสิ่งที่ตนเองเข้าใจ การเขียนและการคิดที่สามารถสรุปองค์ความรู้ให้ผู้เรียนเข้าใจได้ด้วยตนเอง และยังมีปฏิสัมพันธ์ภายในชั้นเรียนกับเพื่อนร่วมชั้น และอีกทั้งในปัจจุบันมีโปรแกรมมาเสริมการสอนแบบปกติ ทำให้การเรียนการสอนนั้นน่าสนใจ จึงได้นำโปรแกรม GeoGebra มาบูรณาการ ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในส่วนของ คู่อันดับ จุดตัด สามารถพิจารณากราฟได้จากสมการพาราโบลาไปจนถึงวิธีการสร้างพาราโบลาได้ด้วยตนเองได้ ซึ่งผู้เรียนนั้นได้ลองผิดลองถูก สนุกไม่เครียดและสร้างสรรค์ผลงานอย่างน่าประทับใจ ผู้วิจัยศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางและได้ผ่านการตรวจสอบประเมินความถูกต้องจากผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้อยู่ดังกล่าว ทำให้ผู้เรียนลงมือทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองและผู้เรียนจะเรียนรู้ด้วยตนเองจากสื่อ อีกทั้งยังมุ่งเน้นการสร้างสร้งสร้งองค์ความรู้ด้วยตัวผู้เรียนเอง ตามทักษะความรู้ความสามารถทางการเรียนของแต่ละคน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pasing (2016) ได้ทำการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดการจัดการเรียนรู้อยู่ตามรูปแบบ 4MAT เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น พบว่าการจัดการเรียนรู้อยู่ที่เหมาะสมเป็นสิ่งที่สำคัญ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มีผลต่อการเรียนของนักเรียนเป็นอย่างดี และยังสอดคล้องกับ Thipraksa (2017) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจและความคงทนในการเรียนรู้อยู่เรื่องพาราโบลาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ผ่านโปรแกรม GeoGebra พบว่าการทำกิจกรรมในขั้นตอนการสอน มีการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการสำรวจกราฟของพาราโบลาด้วยตนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อยู่จดจำและเกิดความเข้าใจซึ่งความเข้าใจที่เกิดจากการฝึกฝนก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้อยู่และทำให้เกิดความจำได้นาน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาความยึดมั่นผูกพันในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องกราฟของฟังก์ชันกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์หลังการจัดการเรียนรู้

1.1 ครูผู้สอนควรให้ความสำคัญกับข้อมูลการเรียนการสอนที่ส่งให้ผู้เรียน โดยเป็นข้อมูลที่ชัดเจน กระชับ และครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญ จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายมากขึ้น

1.2 ครูผู้สอนควรศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้ ขั้นตอนการใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้เทคนิค Think-Talk-Write ร่วมกับ โปรแกรม GeoGebra ทดลองใช้ก่อนนำไปสอนจริง

1.3 ครูผู้สอนควรมีกิจกรรมที่หลากหลายในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน เพื่อที่จะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ ไม่น่าเบื่อในการเรียนรู้ต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ในการออกแบบสื่อการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ผู้สอนควรที่จะศึกษาวิธีการสร้างสื่อ เพื่อให้มีความชำนาญก่อนที่จะสร้างสื่อ เพื่อลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น

2.2 ควรศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ที่มีต่อพฤติกรรมด้านอื่น ๆ เช่น ด้านความรู้ หรือด้านทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการขออนุญาตผู้เข้าร่วมวิจัย และปิดบังรายชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคน โดยผู้วิจัยได้คำนึง หลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ไม่ก่ออันตราย และหลักความยุติธรรม (Justice)

References

- Dila, D. O. (2012). Think-Talk-Write strategies. Retrieved 23 December 2023, from **dila' s story**: http://syahputri90dila.blogspot.com/2012/01/metode-pembelajaran-bahasainggris_12.html
- Fonglam. P. (2011). Problems in organizing the teaching and learning of general mathematics courses. (in Thai) **Master's Thesis**. Bangkok: Sripatum University.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C. and Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. **Review of educational research**, 74 (1), 59-109.
- Gafoor, K. A. and Kurukkan, A. (2015). Why High School Students Feel Mathematics Difficult? An Exploration of Affective Beliefs. **Pedagogy of Teacher Education: Trends and Challenges**, 23-27. 147887365.
- Hurst, S. (2013). Seven ways to increase student engagement in the classroom. Retrieved 23 December 2023, **Reading Horizons**: <https://readinghorizons.website/blog/seven-ways-to-increase-student-engagement-in-the-classroom/>
- Kruedsanoi. P. and Kaewpuang, P. (2023). Development of educational game activity packages for enhancing learning engagement and learning achievement in economics for seventh grade students (in Thai). **Journal of MCU Social Science Review**, 12(3), 150–165.
- Ministry of Education. (2017). **Learning standards and indicators. Mathematics learning group (revised edition 2017) according to the Basic Education Core Curriculum 2008** (in Thai). Bangkok: Agricultural Cooperative Assembly Printing Press Thailand Co., Ltd.

- Pasong, A. (2016). Using the GeoGebra program to support 4MAT learning to develop academic achievement. study mathematics about basic calculus for grade 12 students (in Thai). **Master's Thesis**. Nakhon Ratchasima: Nakhon Ratchasima Rajabhat University.
- Phattharakorn, S. (2009). The effect of organizing active learning on problem solving and mathematical communication abilities of Mathayomsuksa III students in probability (in Thai). **Master's Thesis**. Bangkok: Srinakharinwirot University.
- Piper, L., Marchand-Martella, N. and Martella, R. (2010). Use of explicit instruction and double-dosing to teach ratios, proportions, and percentages to at-risk middle school students. **The Journal of At-Risk Issues**, 15(2), 9-17.
- Suwannatthachot. P. (2018). **Active Learning** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). Report on research results of the TIMSS 2015 project (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from <https://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2015report>
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). Mathematics learning group course manual. (Revised edition 2017) Lower secondary school level (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from **SciMath knowledge base**: <https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8380-2560-2551-8380>
- Thipraksa. W. (2017). A study of understanding and learning retention on parabola for grade 9 students by using learning activities through GeoGebra (in Thai). **Master's Thesis**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani. University.
- Thongnak. P. (2016). The effects of organizing learning activities through heuristics with Think-Talk-Write technique on mathematical problem solving and communication abilities of Mathayomsuksa four students (in Thai). **Journal of Education**, 29(1), 127-142.
- Wang, M. T. and Holcombe, R. (2010). Adolescents' perceptions of school environment, engagement, and academic achievement in middle school. **American educational research journal**, 47(3), 633-662.
- Willms, J. D. (2003). Student engagement at school: A sense of belonging and participation: Results from PISA 2000. Retrieved 23 December 2023, from **OECD iLibrary**: https://www.oecd-ilibrary.org/education/student-engagement-at-school_9789264018938-en?fbclid=IwAR3B99LbTvXF04MVpj-_3ZqGdrE3ojnL5Qisy0eDqbTCTktouq324UJ7ZWw
- Wuttisant. P. (2023). GeoGebra, another interesting option for mathematics teachers (in Thai). Retrieved 23 December 2023, from **SciMath knowledge base system**: <https://www.scimath.org/article-mathematics/item/12824-geogebra>

Research Article

Development of Mathematical Problem-Solving Ability in Addition, Subtraction, Multiplication, and Division Using Problem-Based Learning (PBL) with Board Games for Grade 2 Students

Atcharaporn Assawaphum^{1,*} and Nongluk Viriyapong¹¹Mathematical Education Program, Faculty of science, Mahasarakham University

*Email: 64010285006@msu.ac.th

Received <4 June 2023>; Revised <11 September 2023>; Accepted <13 September 2023>

Abstract

The purposes of this study were: (1) to develop plans for the organization of mathematics learning activities using problem-based learning (PBL) with board games with a required efficiency of 70/70; (2) to find out the effectiveness index of plans for the organization of mathematics learning activities using PBL with board games; (3) to compare the mathematical achievement of students studying on PBL with board games with 70 percent criteria; (4) to compare the mathematical problem-solving ability of students studying using PBL with board games with 70 percent criteria; (5) to explore the satisfaction of students with their learning activities using PBL with board games. The participants, selected by using the cluster random sampling technique, were 19 Grade 2 students at Khon Kean University Demonstration School International Division in the second semester of the academic year 2022. The instruments were (1) mathematics learning activities plans using problem-based learning (PBL) with board games; (2) the learning achievement test; (3) the mathematical problem-solving ability test; and (4) the satisfaction of students' test. The statistics are used to analyze the data, consisting of percentage, mean, and standard deviation, and to examine the hypothesis by using a t-test for one sample. The results of the study using PBL with board games as the instrument of the study were as follows: (1) The lesson plans for the organization of mathematics learning activities were 88.63/78.93. (2) The effectiveness index of plans for the organization of mathematics learning activities was 0.4061, or 40.61 percent, respectively. (3) The mathematical achievement of students who studied using PBL with board games accounted for 78.93 percent of over 70 criteria at .05 level of significance. (4) The mathematical problem-solving ability of students who studied using PBL with board games accounted for 81.73 percent of over 70 criteria at .05 level of significance. (5) Students are highly satisfied with the learning activities. The overall summary score is 4.69, indicating the highest level of satisfaction.

Keywords: Mathematical problem-solving ability, Problem-based learning (PBL), Board games, achievement

บทความวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

อัจฉราภรณ์ อัครภูมิ^{1*} และ นงลักษณ์ วิริยะพงษ์¹¹สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

*Email: 64010285005@msu.ac.th

รับบทความ: 14 มิ.ย. 2566 แก้ไขบทความ: 11 ก.ย. 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 13 ก.ย. 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย (1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดานให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 (2) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน (3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (4) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ได้จัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (5) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝายนานาชาติ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 19 คน ที่ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แผนการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ (4) แบบวัดความพึงพอใจในการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน (Board Games) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ t-test for One Sample ผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ (1) แผนการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 88.63/78.93 (2) ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน มีค่าเท่ากับ 0.4061 แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าคิดเป็นร้อยละ 40.61 (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน คิดเป็นร้อยละ 78.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (4) ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนที่ได้รับการจัดการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน คิดเป็นร้อยละ 81.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (5) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ผลสรุปโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

คำสำคัญ: ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ การเรียนรู้อย่างเป็นระบบแก้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เกมกระดาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทนำ

การแก้ปัญหาเป็นกระบวนการที่นักเรียนควรเรียนรู้ ผึกฝน และพัฒนาให้เกิดทักษะขึ้นในตัวนักเรียน การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะช่วยให้เด็กนักเรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลายและมีความมั่นใจในปัญหาที่เผชิญอยู่ (Institution for the Promotion of Science and Technology, 2018) ผู้สอนควรเตรียมปัญหาที่มีความเหมาะสมตามวัยและพัฒนาการของนักเรียน โดยปัญหาที่ผู้สอนนำมาควรมีลักษณะที่ดึงดูดความสนใจท้าทายความสามารถของนักเรียน ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพราะการแก้ปัญหาแต่ละครั้งจะช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดและกระบวนการของการแก้ปัญหาได้ประยุกต์ใช้ความรู้และสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ใหม่ ๆ ผ่านการแก้ปัญหา (Angganapattarakajorn, 2012)

การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning: PBL) เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแบบหนึ่ง เพื่อส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะการแก้ปัญหาและการเรียนรู้ที่มีความหมายอีกวิธีหนึ่ง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นหลักหรือจุดเริ่มต้นเพื่อกระตุ้น จูงใจ เร้าความสนใจเพื่อเรียนรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยปัญหาเป็นฐานสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้และกระบวนการเรียนรู้นั้น ปัญหาเหล่านั้นจะต้องเป็นปัญหาที่มาจากตัวนักเรียน เป็นปัญหาที่นักเรียนสนใจต้องการที่จะแสวงหา ค้นคว้าหาคำตอบ และหาเหตุผลมาแก้ปัญหาหรือทำให้ปัญหานั้นชัดเจนจนมองเห็นแนวทางแก้ไข ซึ่งจะทำให้เกิดการเรียนรู้ สามารถผสมผสานความรู้เพื่อไปประยุกต์ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่สำคัญการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะส่งเสริมการเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นของผู้เรียน การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาหรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นโดยสร้างความรู้จากกระบวนการทำงานกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับชีวิตประจำวันและมีความสำคัญต่อนักเรียน ตัวปัญหาจะเป็นตัวตั้งต้นของกระบวนการเรียนรู้และเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยเหตุผล และการสืบค้นหาข้อมูลเพื่อเข้าใจกลไกของตัวปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา การเรียนรู้แบบนี้มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในด้านทักษะและกระบวนการเรียนรู้และพัฒนานักเรียนให้สามารถเรียนรู้โดยการชี้แนะตนเองซึ่งนักเรียนจะได้ฝึกฝนการสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยผ่านกระบวนการคิดด้วยการแก้ปัญหาของนักเรียน (Office of the Education Council, 2007) และในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และสามารถนำคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพของชีวิตและพัฒนาคุณภาพของสังคมไทยให้ดีขึ้น ครูผู้สอนจะต้องดูความเหมาะสมและความจำเป็นในหลาย ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นความพร้อมของสถานศึกษา ในด้านบุคลากร ผู้เรียน และสิ่งอำนวยความสะดวก เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันได้ (Chaisirithawonkun and Thongmoon, 2023)

ปัจจุบันการพัฒนาทักษะทางด้านการแก้ปัญหา มีหลากหลายกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา (STAM Education) วิธีการสอนแบบสืบเสาะ 7E ร่วมกับเทคนิคการตั้งคำถาม 5W1H เป็นต้น และอีกหนึ่งเทคนิคที่สามารถใช้พัฒนาทักษะทางการคิดวิเคราะห์ได้อีกหนึ่งประการ คือ การใช้เกม เกมเป็นสื่อการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่ผู้เรียนให้ความสนใจ เป็นวิธีสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้สูง ผู้เรียนได้รับความสนุกสนานและเกิดการเรียนรู้จากการเล่น ข้อดีของเกม คือ มีความท้าทาย เปิดโอกาสให้ผู้เล่นลองผิดลองถูก และมีอำนาจตัดสินใจ เนื้อหาของเกมเข้าถึงความต้องการสามัญของมนุษย์ มีลักษณะที่ตอบสนองท้าทายให้อยากเอาชนะ ขวนติดตาม การทำให้ผู้เล่นเข้าไปอยู่ในสิ่งจำลอง แล้วปล่อยให้ผู้เล่นมีโอกาสแสดงออกมา ซึ่งจะต้องเล่นตามเงื่อนไขที่กำหนด มิฉะนั้น ผู้เล่นไม่สามารถเล่นเกมนั้นได้ (Kaemane, 2017) รูปแบบการเรียนรู้โดยใช้เกม จะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาที่บ่งชี้ความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างสนุกสนานและสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ การสอนโดยใช้เกมมีการพัฒนาและมีรูปแบบที่หลากหลายมากขึ้นถึงแม้ว่าเทคโนโลยีได้พัฒนาก้าวหน้าขึ้น เกมมีอยู่ในแพลตฟอร์มใหม่ ๆ และมีการเล่นแบบออนไลน์ สามารถเล่นผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตทั้งที่เล่นกับระบบเกม และเล่นกับผู้เล่นที่อยู่คนละสถานที่ได้จากทั่วโลก แต่บอร์ดเกม (Board Game) หรือเกมกระดาน เป็นเกมที่มีรูปแบบการเล่นแบบออฟไลน์หรือเผชิญหน้าและมีปฏิสัมพันธ์ขณะเล่น ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของเกมที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน บอร์ดเกมได้กลายมาเป็นกิจกรรมของกลุ่มเพื่อนกิจกรรมหนึ่งในยุคนี้ มีร้านบอร์ดเกมคาเฟ่ (Board Game Cafe) ธุรกิจรูปแบบใหม่ที่ได้เข้ามาในประเทศไทยอย่างเต็มรูปแบบเป็นเวลากว่า 10 ปี เป็นสถานที่นัดหมายสำหรับกลุ่มผู้ที่ต้องการเล่นเกมร่วมกัน ซึ่งมีทุกเพศ ทุกวัย ปรากฏการณ์เหล่านี้เป็นเครื่องยืนยันถึงความนิยมบอร์ดเกมที่เพิ่มขึ้นมากขึ้นเรื่อย ๆ ในประเทศไทย บอร์ดเกมจึงเป็นเกมอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาเป็นเครื่องมือสำหรับสื่อสารหรือเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ รวมถึงเพื่อการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้

การเล่นบอร์ดเกม หรือ เกมกระดาน นอกจากผู้เล่นจะได้รับความสนุกสนานและความบันเทิงแล้ว ผู้เล่นยังได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การวางแผน การตัดสินใจ ซึ่งในปัจจุบันมีการใช้เกมกระดานในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือการนำความรู้หรือเนื้อหาในบทเรียนสอดแทรกเข้าไปไว้ในเกม ทำให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหาหรือความรู้ที่เรียนไป ได้ฝึกทักษะและเกิดพฤติกรรมเชิงบวก คือมีความกระตือรือร้น สนุกสนานกับการเรียน การแก้ปัญหาและสามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนตั้ง

ไว้ได้ เกมกระดานจึงจัดเป็นสื่อที่ทำให้ผู้เรียนได้สร้างประสบการณ์ตรง สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานจะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลที่ดีขึ้น ทำงานเป็นกลุ่ม การสื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมจะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาหาค่าของความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างสนุกสนานและสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ เหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยตระหนักถึงปัญหาการจัดการเรียนรู้ และสนใจที่จะพัฒนาแผนการจัดการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เพื่อปรับปรุงพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้สามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามศักยภาพได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ ร้อยละ 70
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ ร้อยละ 70
5. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่องการบวก การลบ การคูณ และการหาร

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝายนานาชาติ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 2 ห้อง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 46 คน โดยมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝายนานาชาติ อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้อง รวมนักเรียนทั้งสิ้น 19 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 15 แผน แผนละ 1 คาบ คาบละ 50 นาที ผลคะแนนมีค่าเฉลี่ยโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สำหรับใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 15 ข้อ โดยมีเนื้อหาเรื่องการบวก จำนวน 3 ข้อ เนื้อหาเรื่องการลบ จำนวน 4 ข้อ เนื้อหาเรื่องการคูณ 4 ข้อ และเนื้อหาเรื่องการหาร จำนวน 4 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60-1.00 มีค่าความยาก (p) มีค่าตั้งแต่ 0.28 – 0.55 มีค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.29 – 0.59 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.74
3. แบบทดสอบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีลักษณะเป็นอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ข้อละ 8 คะแนน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 1.00 มีค่าความยาก (p) ตั้งแต่ 0.38 – 0.48 มีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.51 – 0.67 และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.81
4. แบบสอบถามความพึงพอใจ ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้อิงคณิตศาสตร์เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

ตารางที่ 1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน จำนวน 15 แผน

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	การบวกแบบไม่มีตัวทด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	การบวกแบบมีตัวทด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	การบวก 3 จำนวน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	การลบที่ไม่มีกรกระจาย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	การลบที่ไม่มีกรกระจาย (1)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	การลบที่มีการกระจาย
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	การลบที่มีการกระจาย (1)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	การคูณจำนวน 1 หลักกับ 1 หลัก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9	การคูณจำนวน 1 หลักกับ 1 หลัก (1)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10	การคูณจำนวน 2 หลักกับ 1 หลัก
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11	การคูณจำนวน 2 หลักกับ 1 หลัก (1)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12	การหารลงตัว
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13	การหารลงตัว (1)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14	การหารแบบไม่ลงตัว
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 15	การหารแบบไม่ลงตัว (1)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยไปยังโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายนานาชาติ
2. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบก่อนเรียน (pre-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายนานาชาติ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน 50 นาที
3. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และเก็บคะแนนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ในระหว่างการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้
4. ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบหลังเรียน (post-test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฝ่ายนานาชาติ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบก่อนเรียน 50 นาที ซึ่งแบบทดสอบก่อนเรียน (pre-test) และแบบทดสอบหลังเรียน (post-test) เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน และไม่มีความแตกต่างกัน
5. นำคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะการแก้ปัญหา ทางคณิตศาสตร์ มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบค่าที (t - test) แบบไม่เป็นอิสระต่อกัน (dependent)
6. ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้โดยจัดการเรียนรู้ ด้วยการใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 15 ข้อ แล้วนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์



ภาพที่ 1 การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

ตอนที่ 3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 4 วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 5 วิเคราะห์หาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 ผลปรากฏดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน

การทดสอบ	กระบวนการ (E ₁)	ผลลัพธ์ (E ₂)
ประสิทธิภาพ	88.63	78.93
การแปลผล	สูงกว่าเกณฑ์	สูงกว่าเกณฑ์

จากตารางที่ 1 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ การหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพด้านกระบวนการ (E₁) เท่ากับ 88.63 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ คะแนน 11.84 จากคะแนนเต็ม 15 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.93 แสดงว่า ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E₂) เท่ากับ 78.93 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดานที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ทั้งนี้เพราะแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน ได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 นั่นคือ อยู่ในเกณฑ์มีความเหมาะสมมากที่สุด ผ่านกระบวนการขั้นตอนในการจัดทำอย่างมีระบบ กล่าวคือ มีการวิเคราะห์หลักสูตรตามการศึกษาขั้นพื้นฐาน ศึกษาเอกสารด้านเนื้อหา ด้านการวิจัย การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ การสร้างแบบทดสอบจากตำราต่าง ๆ ผ่านการทดสอบ ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมตามหลักสถิติก่อนนำไปใช้จริง ทำให้แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีประสิทธิภาพ เกมกระดานที่นำมาสอดแทรกในกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ในขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา และขั้นที่ 4 ขั้นสังเคราะห์ความรู้ เป็นสื่อการเรียนรู้ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม จับต้องได้ ช่วยให้ผู้เรียนสนุกสนานในการเรียน เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์หรือแนวทางการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง อีกทั้งเกมกระดานยังมีความท้าทายและแปลกใหม่ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากรู้และอยากลองได้ดี จึงเป็นผลทำให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Chaikad and Chai-ngam (2022) ได้ศึกษา การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเกมกระดานที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พลังงานบนโลกของเรา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเกมกระดาน มีประสิทธิภาพเท่ากับ 72.69/74.27 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด และผลการวิจัยของ Tholaeng (2016) ที่ได้ศึกษา การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้น

ประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้ตามแบบวิถีจัดการเรียนรู้ 4 MAT ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเรื่องบทประยুক্ত ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 87.75/81.88 ซึ่งเป็นไปตามที่ตั้งไว้ เนื่องจากการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เพื่อค้นหาคำตอบปัญหา มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ทำให้แผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผลของแผนการจัดการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีประสิทธิผลของการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน

การจัด การเรียนรู้	จำนวนนักเรียน	คะแนนเต็ม	ผลรวมคะแนน		ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)
			ทดสอบ ก่อนเรียน	ทดสอบ หลังเรียน	
PBL	19	15	119	225	0.4061

ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 0.4061 แสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.61 ทั้งนี้เป็นเพราะแผนการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดานพัฒนาขึ้นได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ประสบการณ์ และกระบวนการเรียนการสอน ทำให้ได้แผนการจัดการเรียนการสอนที่มีความเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหา กิจกรรม และสื่อประกอบการจัดการเรียนการสอน เหมาะสมกับนักเรียนเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสร้างประสบการณ์ให้กับนักเรียนทำให้สามารถใช้กระบวนการแก้ปัญหาที่มีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาค้นหาคำตอบด้วยตัวนักเรียนเอง ซึ่งทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ นักเรียนมีความสุขในการเรียนรู้มีความตั้งใจในการสร้างความรู้และสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูและนักเรียน ยังได้สรุปความรู้ร่วมกันในขั้นตอนสุดท้ายซึ่งแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถนำไปสู่การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ดี พร้อมกับการใช้เกมกระดาน เป็นกิจกรรมที่สร้างความสนใจ และความสนุกสนานให้แก่ผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทำให้ผู้เรียนเข้าใจและจดจำบทเรียนได้ง่ายและพัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้แก่ การรู้จักทำงานร่วมกัน การประเมินผลสำเร็จของ การเล่นเกม อาจมีการแข่งขันแพ้ ชนะ หรือไม่มีก็ได้ รวมทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Songsai and Sitiwong (2020) พบว่า บอร์ดเกมสามารถนำมาใช้ประกอบการสอนในขั้นตอน การนำเข้าสู่บทเรียน การสอน หรือการสรุปบทเรียน การใช้บอร์ดเกมประกอบการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้ประสิทธิภาพในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ดีขึ้น เสริมสร้างทักษะความสามารถ ในการคิดหาเหตุผล มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน บอร์ดเกมสามารถส่งเสริมการเรียนรู้โดยการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา และเรียนรู้ด้วยตนเอง

ตอนที่ 3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

แบบทดสอบ	การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน						
	n	\bar{X}	ร้อยละ	S.D.	t	df	p-value
ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	19	11.84	78.93	1.608	3.639	18	.001*

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 78.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทั้งนี้เป็นเพราะนักเรียนได้เรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดานที่มีประสิทธิภาพ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาความรู้และลงมือปฏิบัติแก้สถานการณ์ปัญหาด้วยตนเอง ได้อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้กันโดยผ่านการทำงานแบบกลุ่ม แล้วยังได้สะท้อนความคิดร่วมกันผ่านการนำเสนอแนวทางการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนสามารถประมวลผลความรู้ได้ และยังสามารถฝึกทำโจทย์และแก้ปัญหาดูด้วยตนเอง เพื่อที่ต้องได้คะแนนในเกม นักเรียนได้ลงมือหาคำตอบด้วยตนเอง เกิดความคิดรวบยอดด้วยตนเอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Jathaisong, Boonchoo and Tangwangsakun (2017) ได้ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์หลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานสูงกว่าเกณฑ์ (ร้อยละ 75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.5105 และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Aiemthong (2018) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยรูปแบบ Problem-based Learning กับรูปแบบการสอนปกติ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนโดยรูปแบบรูปแบบ Problem-based Learning มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่เรียนโดยรูปแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีปัญหาเป็นเครื่องกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง เป็นการเรียน ที่เริ่มจากผู้สอนนำปัญหาที่แปลกใหม่ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้จากประสบการณ์เดิมมาใช้แก้ปัญหาได้ และมีการจัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากประสบการณ์จริง ฝึกคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาอีกด้วย จึงเป็นผลทำให้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่มากขึ้นอีกด้วย

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน กับเกณฑ์ร้อยละ 70

แบบทดสอบ	การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน						
	n	\bar{X}	ร้อยละ	S.D.	t	df	p-value
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	19	19.63	81.79	1.606	7.686	18	.00000021*

* มีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 81.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ทั้งนี้เพราะกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติแก้สถานการณ์ปัญหา และได้อภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนได้เห็นแนวทางการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และเลือกแนวทางที่เหมาะสมกับตนเองได้ ทำให้ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนจากการศึกษาของผู้วิจัยเป็นไปตามสมมติฐานนั้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Auysin (2016) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) เรื่อง ข้อมูลข่าวสารและค่าสถิติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนท่าดั่งพิทยาคม พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ข้อมูลข่าวสารและค่าสถิติ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยมีค่าเฉลี่ย 40.07 คิดเป็นร้อยละ 80.14 และสอดคล้องกับการวิจัยของ Janponto (2020) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ปัญหาจะถูกเสนอให้นักเรียนเป็นอันดับแรกในขั้นของการเรียนรู้ ปัญหาที่ใช้ในการเรียนรู้ จะเป็นปัญหาที่เหมือนกับปัญหาที่นักเรียนสามารถพบในชีวิตจริง นักเรียนจะทำงานเป็นกลุ่มในการแก้ปัญหา โดยมีอิสระในการแสดงความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้ด้วยตนเองที่มีขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นแนวทางในการกำหนดกระบวนการทำงาน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ผลปรากฏดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร

ข้อความ	\bar{X}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
1. นักเรียนมีส่วนร่วมกับเพื่อนในการทำงาน ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น	4.58	0.69	มากที่สุด
2. นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาด้วยตนเอง	4.47	0.96	มาก
3. กิจกรรมการเรียนการสอนสนุกสนานและน่าสนใจ	4.79	0.42	มากที่สุด
4. กิจกรรมสอดคล้องกับเนื้อหา	4.84	0.37	มากที่สุด
ด้านบรรยากาศการเรียนรู้			
5. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน	4.4	0.96	มาก
6. บรรยากาศในการเรียนผ่อนคลาย ไม่เคร่งเครียด	4.47	0.96	มาก
7. นักเรียนได้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันในระหว่างเรียน	4.47	0.84	มาก
8. นักเรียนมีความสนุกสนาน	4.95	0.23	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากการร่วมกิจกรรม			
9. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้	4.95	0.23	มากที่สุด
10. นักเรียนได้แสดงออกทางความคิด	4.79	0.42	มากที่สุด
11. นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความเห็นกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม	4.42	0.9	มาก
12. นักเรียนมีความสามารถการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เพิ่มมากขึ้น	4.79	0.71	มากที่สุด
ด้านสื่อการเรียนรู้			
13. สื่อการเรียนรู้มีความน่าสนใจ	4.84	0.37	มากที่สุด
14. สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน	4.84	0.37	มากที่สุด
15. สื่อการเรียนรู้มีรูปแบบและสีสันสวยงาม	4.74	0.56	มากที่สุด
\bar{X}			4.69
S. D.			0.60

จากตารางที่ 5 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ผลสรุปโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน นักเรียนมีความสนุกสนานในการทำกิจกรรมและเล่นเกมกระดาน อีกทั้งเกมกระดานเป็นเกมที่แปลกใหม่สำหรับนักเรียน มีความน่าสนใจ นักเรียนได้มีโอกาสคิดและตัดสินใจด้วยตนเอง มั่นใจในการแสดงออก ได้ฝึกวิธีการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง แต่ยังคงได้ทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อน ได้แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อน จากการศึกษางานวิจัย การพัฒนาบอร์ดเกม พบว่า โดยส่วนใหญ่บอร์ดเกมมีคุณภาพต่อการจัดการเรียนการสอน ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการใช้บอร์ดเกมและส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Preedakorn (2014) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของบอร์ดเกมการศึกษา เรื่อง วงศ์ธรรมชาติ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบอร์ดเกมในระดับมากที่สุดทุกด้าน รวมทั้งนักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเรื่องสี สามารถเข้าใจถึงกระบวนการทางความคิดเรื่องวงศ์ธรรมชาติและการผสมสีมากยิ่งขึ้น และการศึกษาของ Marosalee et al. (2021) ศึกษาการพัฒนาบอร์ดเกมการศึกษา เรื่อง ผจญภัยบนแผนที่มหาสนุก เพื่อ

ส่งเสริมทักษะอัลกอริทึม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อบอร์ดเกมการศึกษาในระดับมากที่สุด รวมทั้งกลุ่มนักเรียน ที่เรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่เรียนรู้โดยไม่ใช้บอร์ดเกม กลุ่มนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้บอร์ดเกมมีความตั้งใจและสนใจเนื้อหาบทเรียนมากขึ้น เนื่องจากมีความสุข ดังนั้น การใช้บอร์ดเกมจึงถือเป็นสื่อการเรียนรู้ที่สามารถส่งเสริมและพัฒนาความสามารถทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับการจัดการศึกษาที่ยึดหลักว่า ผู้เรียนทุกคน มีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียน สามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ

14	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน	✓				
15	สื่อการเรียนรู้รูปแบบและสีสันสวยงาม	✓				

ข้อเสนอแนะ
อยากเล่นอีก และสนุกมาก ชอบที่สุดเลย
อิสิเอลมาขึ้น

14	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน	✓				
15	สื่อการเรียนรู้รูปแบบและสีสันสวยงาม	✓				

ข้อเสนอแนะ
ไม่ต้องเปลี่ยนครั้งดีแล้ว

14	สื่อการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอน	✓				
15	สื่อการเรียนรู้รูปแบบและสีสันสวยงาม	✓				

ข้อเสนอแนะ
อยากได้ worksheet มากขึ้น

ข้อเสนอแนะ
ขอให้ มีเกมเยอะๆ แล้วขอให้คนครูบอกเด็กหัดเรียงหน้าอย่าง
เรื่องสายงตั้ง แล้วขอให้ คนครูทำ time table ให้กับรับ

ภาพที่ 2 ข้อเสนอแนะของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 88.63/78.93
2. ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 เท่ากับ 0.4061 แสดงว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 40.61
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 78.93 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

4. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 81.79 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

5. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) ร่วมกับเกมกระดาน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ การหาร อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X} = 4.69$ และ $S.D. = 0.60$)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้
 - 1.1 การกำหนดสถานการณ์ปัญหาเพื่อใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องคำนึงสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวัน อยู่ในความสนใจ และท้าทายความสามารถ
 - 1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน เช่น ขั้นวางแผน ขั้นหาคำตอบ ขั้นสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ ครูควรกำหนดเวลาที่ชัดเจน และกระตุ้นนักเรียนให้คิดแก้สถานการณ์ปัญหาอยู่ในกรอบเวลาที่กำหนด
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป
 - 2.1 ศึกษาพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานที่ส่งเสริมความสามารถทางคณิตศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการสื่อสาร สื่อความหมาย เป็นต้น
 - 2.2 ค่าใช้จ่ายในการสร้างหรือจัดทำเกมกระดานค่อนข้างสูง ควรศึกษาดิจิทัลบอร์ดเกม หรือบอร์ดเกมออนไลน์มากขึ้น เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย

จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

ผู้วิจัยได้ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลจากโรงเรียน ขอความอนุเคราะห์เก็บข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์และขออนุญาตผู้ปกครองในการเก็บข้อมูลนักเรียน อีกทั้งยังขอความยินยอมด้วยวาจาจากนักเรียน โดยมีเหตุผลเหมาะสม ได้ทำการแจ้งหัวข้อวิจัย วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนวิธีที่จะปฏิบัติต่อนักเรียน ประโยชน์ที่จะได้รับจากการทำวิจัย ระยะเวลาที่ต้องใช้ทำวิจัย และผู้วิจัยได้ทำการปกปิดชื่อ-นามสกุล คณะของนักเรียนทั้งก่อนและหลังผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนมาแล้ว การถ่ายภาพหรือการบันทึกบันทึกวิดีโอขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ทำการขอความยินยอมจากนักเรียนและเก็บรูปภาพหรือวิดีโอไว้ในคอมพิวเตอร์ที่มีรหัสผ่าน

References

- Aiemthong, N. (2018). A Comparison of Mathematics Learning Achievement and Analytical Ability in Matthayomsuksa 5 Using Problem-based Learning and Conventional teaching method (in Thai). *Ratchaphruek Journal*, 16(2), 53-60.
- Angganapattarakajorn, V. (2012). *All about for Mathematic Teacher. Curriculum Teaching and Research* (in Thai). Bangkok: Jarunsanitvongkanpim Co.,Ltd.
- Auysin, S. (2016). Development the Ability to Solve Mathematical Problems and the Ability of Math Reasoning with problem-based learning management (PBL) on information, news and statistics of Mathayomsuksa 3 students at Tha Duang Pittayakom School (in Thai). **Report from the Academic Symposium (Proceedings of 17th) National research presentations Graduate Studies Network** (pp. 161-173). July 21, 2017. Phitsanulok: Pibulsongkram Rajabhat University.
- Chaikad, N. and Chai-ngam, R. (2021). The 5 E Inquiry-Based Learning with Board Game to achievement on Topic Energy Our on Earth of Students in Grade 3. **Master's Thisis**. The Faculty of Education Mahasarakham University .
- Chaisirithawonkun, P. and Thongmoon, M. (2023). The Effects of Organizing Mathematics Learning Activities Based on Heuristics and Higher Order Questions on Mathematics Problem Solving Ability of Matthayomsuksa 5 Students (in Thai). *Journal of Science and Science Education*, 6(1), 50-62.
- Department of Curriculum and Instruction Development. (2002). **Research for Learning Development According to School Curriculum at the Basic Level**. Bangkok: Kurusapa Ladprao Press.

- Institution for the Promotion of Science and Technology. (2018). **Professional Mathematics Skills/Processes (2nd ed.)**. Bangkok: S. Charoen Kamphai Press.
- Janponto, P. (2020). The Development of Mathematical Problem-Solving Ability of Matthayomsuksa I Students by Using Problem-based Learning (in Thai). **Journal of Education Prince os Songkla University, Pattani Campus**, 31(2), 38-51.
- Jathaisong, K., Boonchoo, K. and Tangwangsakun, W. (2017). A study Mathematics achievement by using problem-based learning For Grade 7 students (in Thai). Retrieved 21 August 2022, form **Faculty of Education, Kamphaeng Phet Rajabhat University**: <https://edu.kpru.ac.th/math//contents/research/17.pdf>
- Kaemane, T. (2017). **Teaching Science** : The knowledge for the Effective Learning Process (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Marosalee, M., Danthaweelap, S., Kaway, H., Waemong, I. and Duemong, F. (2021). Game-based learning development on Adventure with a Fun Map to promote algorithmic skills for grade 7 students. In **Proceedings of the 6th National Network Science and Technology Conference** (pp. 598-606). Surat Thani: Suratthani Rajabhat University.
- Ministry of Education. (2008). **Organizing learning activities in the mathematics learning group Basic Education Core Curriculum** (in Thai). Bangkok: The Printing House of the Teachers' Council (Wat Sangwet Witsayaram Printing School).
- Office of the Education Council. (2007). Problem-based Learning: PBL (in Thai). Retrieved 21 August 2022, form **Srinakharinwirot University**: <http://thesis.swu.ac.th/swuebook/h234917v3.pdf>
- Preedakorn, A. (2014). Design A Boardgame to study ColourCircle for Students in Grade 6. **Master's Thesis, M.Ed.(Art Education)**. Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
- Songsai, N. and Sitiwong, T. (2020). The study of the result in using board games as the teaching materials in science subject; "ecosystem" for encouraging the critical thinking skills of 3rd-grade students in Risamrongchanupatham School. **Innovative Education and Creative Communication e-Journal**, 3(2), 4.
- Tholaeng, S. (2016). Comparisons of Learning Achievement, Problems Solving Skills and Mathematicla Connection Ability, Entitled Content Application of Prathomsuksa 6 Students Between Using Problem-Based Learning Approach and 4MAT Learning Model (in Thai). **Journal of Education, Mahasarakham University**, 10,1148-1149.



Research Article

Development of Scientific Explanation Competency and Science Motivation of Secondary School Students Using Seamless STEM Learning Approach

Kwanjira Chaimoon¹, Kornchawal Chaipah² and Niwat Srisawasdi^{3,*}

¹Science and Technology Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Thailand

³Division of Mathematics, Science, and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand

*Email: niwsri@kku.ac.th

Received <13 January 2023>; Revised <29 February 2023>; Accepted <5 March 2024>

Abstract

The scientific explanation competency and science motivation are recognized as superior learning outcomes in science education to lead students to success in science literacy. This research studied the progression of scientific explanatory competence and science motivation in high school students who were engaged in a seamless STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) learning approach that integrates both formal (in-class) and informal (out-of-class) learning settings. The researchers developed and implemented the seamless STEM learning approach with 23 high school students for over 400 minutes. Data were collected before and after the learning sessions using a performance test to measure self-generated scientific explanations and a 5-point Likert scale questionnaire to assess their science motivation. The data were analyzed by calculating the Normalized Gain in learning progress. The results revealed that the students progressed in all three sub-components of scientific explanatory competence - claims, evidence, and reasoning - and all five aspects of science motivation: intrinsic motivation, self-determination, self-efficacy, career motivation, and grade motivation. Thus, the seamless STEM learning approach effectively enhanced scientific explanatory competency and science motivation learning outcomes. This approach could serve as a new instructional direction for school science education and provide an emerging approach to science learning for teachers at the school level.

Keywords: Seamless learning, STEM education, Physics instruction, Science motivation, Scientific explanation

บทความวิจัย

การพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแบบไร้รอยต่อ

ขวัญจิรา ชัยมูล¹, กรชวัล ขายผา², และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{3,*}¹สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย²สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย³กลุ่มวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

*Email: niwsri@kku.ac.th

รับบทความ: 13 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 29 กุมภาพันธ์ 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 5 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ถูกยอมรับว่าเป็นผลลัพธ์ของการเรียนรู้ที่สำคัญของการจัดการศึกษาศาสตร์ระดับโรงเรียนอันจะนำไปสู่การประสบผลสำเร็จในการรู้วิทยาศาสตร์ได้ งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อในบริบทที่เป็นการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้แบบเป็นทางการ (ในชั้นเรียน) และไม่เป็นทางการ (นอกชั้นเรียน) ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อดังกล่าวและทดลองใช้ในการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 23 คน เป็นระยะเวลา 400 นาที โดยเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการเรียนรู้ด้วยกลวิธีดังกล่าวของนักเรียนโดยใช้แบบวัดการสร้างคำอธิบายวิทยาศาสตร์แบบอัตนัย และแบบสอบถามวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการคำนวณหาค่าความก้าวหน้าทางการเรียนรู้แบบที่เป็น Normalized Gain ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทั้ง 3 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ คำกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล และมีความก้าวหน้าในแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ครบถ้วนทั้ง 5 ด้านย่อย ได้แก่ ความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน หลังจากที่ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อของการวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อนี้มีประสิทธิภาพที่สามารถสร้างความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ในมิติผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เป็นสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งกลวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถที่จะเป็นอีกแนวทางใหม่ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนและเป็นบริบทของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กลวิธีใหม่สำหรับครูผู้สอนในระดับโรงเรียนได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ สะเต็มศึกษา การสอนฟิสิกส์ แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์
การสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาทางการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ จากผลสมรรถนะของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความรู้และทักษะในชีวิตจริงด้านวิทยาศาสตร์ ในการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ปี ค.ศ. 2022 ขององค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (OECD) พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านวิทยาศาสตร์ 409 คะแนน โดยตั้งแต่ระดับ 2 ขึ้นไปเพียง 47% (ค่าเฉลี่ย OECD 76%) จาก 6 ระดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับคุณภาพของสมรรถนะต่ำ (IPST, 2023) โดยที่สมรรถนะหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้รับการกำหนดไว้สำหรับการประเมินของ PISA โดย OECD นั้นคือ สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation) อันเกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะที่มีแนวทางเชิงวิธีการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ของเหล่านักวิทยาศาสตร์เพื่อการค้นคว้าให้ได้ค้นพบองค์ความรู้ของธรรมชาติ แล้วนำเสนอผลการค้นคว่านั้นในรูปแบบของคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานของประจักษ์พยานที่ถูกต้องตรวจสอบได้ด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้ ดังเช่นหลักแนวคิดของ Berland and Reiser (2009) ที่ได้กล่าวไว้ว่า เป้าหมายสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการสืบเสาะนั้นมี 2 ประการ โดยประการที่หนึ่ง คือ ผู้เรียนควรมีความสามารถในการใช้ข้อมูลและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในการสร้างรูปแบบหรือคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และประการที่สอง คือ ผู้เรียนควรได้รับการกระตุ้นให้นำเสนอและโต้แย้งทางความคิดบนฐานของประจักษ์พยานที่สืบเสาะมาได้แล้วนั้นแล้วความสำคัญของการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์โดยผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะนั้นจึงถูกนำมาสู่การปรับเปลี่ยนกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันใหม่ จากเดิมที่เป็นการเน้นให้นักเรียนเก็บรวบรวมข้อเท็จจริงของปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อบอกได้ มาเป็นการเน้นให้สร้างความเข้าใจในปรากฏการณ์โดยการเชื่อมโยงความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ไปสู่หลักฐานและการให้เหตุผลเพื่อสื่อสารผ่านการอธิบายความได้ (Beyer and Davis, 2008)

การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญหนึ่งของการรู้วิทยาศาสตร์ โดยที่การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง การอธิบายว่าสิ่งต่าง ๆ เกิดขึ้นได้อย่างไรโดยมีการใช้หลักฐานและเหตุผลเพื่อสนับสนุนคำอธิบายนั้นอย่างเป็นแบบแผน ซึ่งคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้นมีองค์ประกอบโดยพื้นฐานที่ประกอบด้วย 1) คำกล่าวอ้าง (Claim) หมายถึง ข้อยืนยันคำตอบของคำถามที่นักเรียนต้องการค้นคว้าหาคำตอบ 2) ประจักษ์พยาน (Evidence) หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง โดยที่ประจักษ์พยานนี้อาจได้มาจากการสังเกตโดยตรงในปรากฏการณ์ในธรรมชาติ การปฏิบัติงานทดลอง การอ่านศึกษาค้นคว้าจากเอกสารหรือแหล่งสารสนเทศที่เกี่ยวข้อง และการอภิปรายของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ตรงสูง เป็นต้น และ 3) การให้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานกับคำกล่าวอ้าง (McNeill and Krajcik, 2008) ดังนั้นหากพิจารณาจากสถานการณ์ทางการศึกษาจากผลการประเมินของ PISA ของประเทศไทยในปัจจุบันแล้วนั้น อาจจะมีสมรรถนะที่เป็นไปได้ว่าแนวทางการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนนั้นยังมีได้มุ่งเน้นการสร้างเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นรูปธรรมและแม่นยำต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ที่เป็นลักษณะผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงบูรณาการทั้งความรู้ ทักษะ เจตคติ และค่านิยม ซึ่งก็คือ สมรรถนะ ของผู้เรียน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องปรับเปลี่ยนกลวิธีและแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อเร่งพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนที่จะเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศไทยในอนาคตให้ได้มีสมรรถนะสำคัญ เช่น การอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ อันต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ ทักษะ และเจตคติที่จำเป็น และรวมไปถึงค่านิยมที่เหมาะสมทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และเน้นให้ผู้เรียนสามารถที่จะนำผลลัพธ์การเรียนรู้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบสัมมาอาชีพได้อย่างอย่างแม่นยำ โดยปัจจุบันนั้นกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็ม (STEM มาจากคำว่า Science, Technology, Engineering และ Mathematics) เป็นแนวทางสำคัญของการเปลี่ยนรูปการจัดการเรียนรู้อธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์สืบเสาะเพื่อให้ได้ผลลัพธ์การเรียนรู้เชิงบูรณาการหรือสมรรถนะของผู้เรียนที่สอดคล้องเป็นไปตามเป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยในยุคปัจจุบันนี้ หากพิจารณาในมิติจิตพิสัยของผลลัพธ์ในการเรียนรู้ในแขนงวิชาวิทยาศาสตร์แล้วนั้น แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science motivation) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการเรียนรู้สาระวิชาทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก แต่ทว่ารายงานผลการวิจัยของ Vedder-Weiss and Fortus (2012) ที่ผ่านมาได้เน้นย้ำให้เห็นถึงแนวโน้มที่น่าเป็นห่วงถึงการลดลงอย่างชัดเจนของระดับแรงจูงใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในการศึกษาในช่วงเป็นเด็กถึงช่วงเป็นวัยรุ่น ดังนั้นแล้ว การคิดค้นหาแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเหนี่ยวนำและเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งเช่นกันกับการเสริมสร้างสมรรถนะที่จำเป็นทางวิทยาศาสตร์ อันจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนยุคปัจจุบันอย่างแน่นอน

การจัดการศึกษาแบบสะเต็ม หรือ สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาประยุกต์ที่ออกแบบให้กระบวนการเรียนรู้ครอบคลุมในขอบเขตสาระแบบบูรณาการใน 4 แขนงวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการเรียนรู้แบบการประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือสถานการณ์ในการดำเนินชีวิตจริง รวมทั้งการ

คิดค้นเพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานในยุคปัจจุบัน (Chamrat, 2017) ปัจจุบันกลวิธีการจัดการเรียนรู้แบบที่เป็นสะเต็มศึกษานั้นมีการนำเสนอไว้ในหลากหลายรูปแบบและแนวทาง โดยขึ้นอยู่กับมุมมองและวิธีการตีความของกระบวนการเรียนรู้ที่อิงหลักคิดของการจัดการศึกษาดังกล่าว ดังจะเห็นได้จาก ผลงานวิจัยของ Phaprom and Srisawasdi (2018) ทำการศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดหลักและการปฏิบัติงานทาง วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน ของนักเรียนด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์ สืบเสาะ ผลการศึกษาพบว่ากลวิธีดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทั้งในมิติความเข้าใจแนวคิดหลัก ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เชิงบูรณาการได้ นอกจากนี้แล้ว จากผลงานวิจัยของ Sritawan and Srisawasdi (2022) ที่คิดออกแบบและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่เรียกว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ (Seamless STEM learning) เพื่อการเสริมสร้างสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็น วิทยาศาสตร์ในขอบเขตเนื้อหาเรื่อง กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และพบว่ากลวิธี การจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจึงเป็นอีกกลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายเชิง วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ดีมากกว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยพื้นฐานแบบอื่น ดังนั้นแล้วกลวิธีการจัดการเรียนรู้ สะเต็มแบบไร้รอยต่อจึงเป็นอีกวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้แล้ว จากผลงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีดิจิทัลนั้นมีความเชื่อมโยงกับการพัฒนาแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน (Ginzberg and Barak, 2023) แต่ทว่าในส่วนของผลของการศึกษาผลของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาแบบไร้รอยต่อที่มีต่อแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้นก็ยังไม่ พบการศึกษาในบริบทดังกล่าวมาก่อน ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นโอกาสในการได้ข้อค้นพบใหม่ที่สามารถเติมเต็มความ เข้าใจที่บริบูรณ์มากขึ้นในบริบทของงานการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนได้

จากสารสนเทศดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และ แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ โดยคาดหวังว่าจะได้ข้อค้นพบในแนวทางการจัดการเรียนรู้สะเต็มที่ตอบสนองและเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน และอาจเหนี่ยวนำให้นักเรียนสามารถใช้สมรรถนะและความสามารถในการ เรียนรู้ได้ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพในอนาคตได้อีกด้วย

คำถามการวิจัย

จากที่มา ความสำคัญ และการศึกษาวรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดคำถาม การวิจัยในครั้งนี้อย่างต่อไปนี้

- 1) กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจะสามารถพัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific explanation competency) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่
- 2) กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อจะสามารถส่งเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science motivation) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้หรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัยที่กำหนดนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับประสบการณ์ การเรียนรู้ในกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ
- 2) เพื่อศึกษาแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในกลวิธี การจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เพื่อศึกษาผลลัพธ์ของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อที่มีต่อสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในงานวิจัยนี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับ หลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ ดังต่อไปนี้

การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยีการสื่อสารแบบพกพา (Mobile Seamless Learning)

การจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ (Seamless Learning) เป็นกลวิธีจัดการเรียนรู้ให้เกิดความต่อเนื่องจากการเรียนรู้ในห้องเรียนและการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยนักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติการสืบเสาะนอกห้องเรียนผ่านงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง ซึ่งความรู้และประสบการณ์นั้นจะต่อเนื่องกับการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนผ่านวิธีการสอนอย่างเหมาะสม (Wong and Looi, 2011) นอกจากนี้ Chan *et al.*, (2006) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อไว้ว่า เป็นบริบทการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเมื่อที่ต้องการในสถานการณ์หลากหลาย และสามารถเปลี่ยนจากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่งได้อย่างง่ายและรวดเร็วโดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา (Mobile device) เป็นเครื่องมือสื่อกลางซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจส่วนตัวของนักเรียน และเกิดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบพกพา (Mobile Seamless Learning: MSL) ในกลวิธีต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1) MSL1 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมนอกห้องเรียนและกิจกรรมในห้องเรียน โดยออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

2) MSL2 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบบุคคลและสังคม (Encompassing personalized and social learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมการเรียนรู้จากเรียนรู้ตัวเองและการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่มโดยใช้อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

3) MSL3 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามเวลา (Across time) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาผ่านอุปกรณ์พกพา

4) MSL4 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามสถานที่ (Across locations) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ผ่านการใช้อุปกรณ์พกพา

5) MSL5 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย (Ubiquitous knowledge access) โดยการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่แพร่หลาย

6) MSL6 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือน (Encompassing physical and digital worlds) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การปฏิบัติจริงและการปฏิบัติในสถานการณ์จำลองให้เกิดความต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พกพา.

7) MSL7 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยใช้อุปกรณ์หลากหลายประเภทร่วมกัน (Combined use of multiple device types) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบให้มีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายที่มีความเสถียร เช่น อุปกรณ์พกพา คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

8) MSL8 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อจากชิ้นงาน (Seamless switching between multiple learning tasks) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ระหว่างสร้างชิ้นงาน จากการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสื่อสารผ่านอุปกรณ์พกพา

9) MSL9 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสังเคราะห์ความรู้ (Knowledge synthesis) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนนำความรู้เดิมและประสบการณ์ที่ผ่านมามาประยุกต์ใช้ผ่านทักษะการคิดและการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชาชีพ

10) MSL10 - การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบใช้การจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธี (Encompassing multiple pedagogical or learning activity models) เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนที่หลากหลายมาจัดกระทำให้เกิดความต่อเนื่องในการเรียนรู้ของนักเรียน นั่นคือการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อหมายถึง การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมนอกห้องเรียนและกิจกรรมในห้องเรียน โดยออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อพบว่ามีการนำการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อไปใช้ในวงการวิชาการดังนี้

Song (2018) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการร่วมมือกันแก้ปัญหาโดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ร่วมกับการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยใช้โครงงาน เรื่องการปรับตัวของพืช ในห้องเรียนที่ 1 มีนักเรียน 27 คน จัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานด้วยการออกแบบการสอนแบบการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อ ในชั้นเรียนที่ 2 มีนักเรียน 26 คน เป็นการเรียนรู้แบบปกติ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ครอบคลุมทั้งทั้งฟาร์ม ชั้นเรียน บ้าน และพื้นที่ออนไลน์ที่รองรับโดยอุปกรณ์พกพา เก็บข้อมูลจากผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นในกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน การสะท้อนผลจากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เรียน และการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนห้องเรียนที่ 1 มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งซึ่งเกี่ยวกับแนวคิด และมีการร่วมมือกันแก้ไขปัญหา

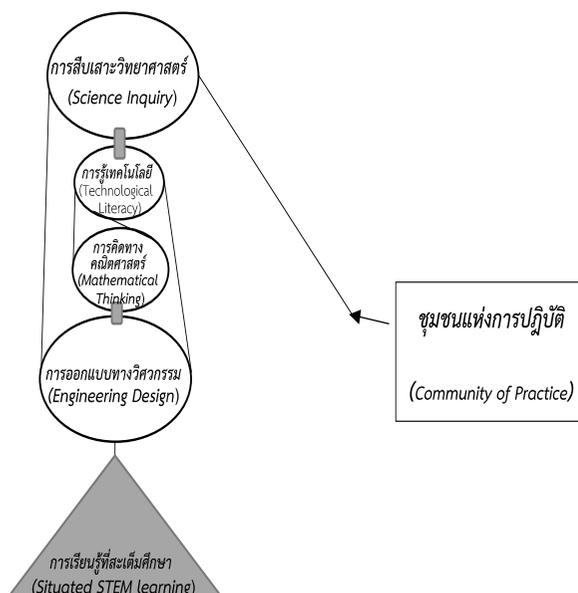
ร่วมกันมากกว่า ห้องเรียนที่ 2 และนักเรียนในห้องเรียนที่ 1 มีแนวคิดเชิงบวกมากขึ้น ในการเผชิญกับความท้าทายในการเรียนรู้ ด้วยโครงการเป็นฐาน และพัฒนาถึงความรู้สึกของเป็นเจ้าของการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผลการวิจัยบ่งชี้ว่าการออกแบบการเรียน การสอนของการเรียนรู้จากความไม่สมบูรณ์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อเอื้อต่อการพัฒนาความสามารถในการ แก้ปัญหาาร่วมกันของนักเรียนระดับประถมศึกษาในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมไร้รอยต่อ

Song (2014) ทำการศึกษาการนำอุปกรณ์พกพาส่วนตัว (Bring Your Own Device: BYOD) เพื่อการสืบเสาะ วิทยาศาสตร์แบบไร้รอยต่อสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ในประเทศฮ่องกง โดยทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 1 ปี ซึ่ง BYOD ในการศึกษานี้หมายถึง "รูปแบบเทคโนโลยีที่นักเรียนนำอุปกรณ์พกพาส่วนตัวที่มีแอปพลิเคชันและพีเจอาร์มต่าง ๆ ไปใช้ได้ทุก ที่ ทุกเวลา เพื่อจุดประสงค์ในการเรียนรู้" การศึกษานี้เพื่อตรวจสอบ 1) ความก้าวหน้าของความรู้ด้านเนื้อหาที่นักเรียนทำในการ สืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ไร้รอยต่อ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากอุปกรณ์มือถือส่วนตัว 2) นักเรียนได้พัฒนาความรู้เนื้อหาในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างไร และ 3) การรับรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับ ประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้รับการสนับสนุนจากอุปกรณ์พกพาส่วนตัว โดยหัวข้อของการสืบเสาะคือ "กายวิภาคของปลา" รวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบก่อนและหลังเรียน แบบรายงานการประเมินตนเอง ผลงานของนักเรียน การสังเกตการณ์ในชั้น เรียน และบันทึกผลภาคสนาม ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหาจากผลงานของนักเรียนในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบและ ติดตามความก้าวหน้าทางความรู้ของนักเรียน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับกายวิภาคของปลาเพิ่มขึ้น กว่าที่มีอยู่ในตำราเรียน และมีการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบไร้รอยต่อซึ่งสนับสนุนโดยอุปกรณ์พกพา ส่วนตัวของพวกเขาเอง

กรอบแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาแบบสะเต็มบูรณาการ (Integrated STEM Education)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เป็นจัดการศึกษาที่บูรณาการความรู้ใน 4 สหวิทยาการได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

Kelley and Knowles (2016) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาระดับมัธยมปลาย เพื่อให้แนวปฏิบัติ ดังภาพที่ 1 แสดงตุ่มน้ำหมึกและรอกสี่ตัวเพื่อยกน้ำหนัก นั่นคือ "การเรียนรู้สะเต็มศึกษา" โดยที่ตุ่มน้ำหมึก และรอกเป็นระบบรอกที่ช่วยสร้างความได้ความได้เปรียบเชิงกลในการยกของได้ง่ายขึ้น จากภาพประกอบด้วย ชุมชนแห่งการ ปฏิบัติ (Community of Practice) เชื่อมต่อการสืบเสาะวิทยาศาสตร์ (Science Inquiry) การออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design) ความฉลาดรู้เทคโนโลยี (Technological Literacy) และการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematic Thinking) เป็นระบบการบูรณาการ โดยรอกแต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันภายในสาขาวิชาสะเต็ม และถูกผูกเชื่อมด้วยชุมชนแห่งการ ปฏิบัติ โดยองค์ประกอบของวิชาสะเต็มจะต้องเกิดขึ้นในทุกประสบการณ์เรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งครูต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ในความสัมพันธ์ของวิชาสะเต็ม และข้อจำกัดในการบูรณาการสู่ชุมชนแห่งการปฏิบัติ



ภาพที่ 1 กรอบแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาบูรณาการ (Kelley and Knowles, 2016)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้สะเต็มพบว่าการนำการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ในวงการวิชาการ
ดังนี้

Phaprom and Srisawasdi (2018) ทำการศึกษาการส่งเสริมแนวคิดหลักและการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และ
วิศวกรรมศาสตร์ ด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจแนวคิดหลักและ
การปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยโมดูลการ
เรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะ ซึ่งโมดูลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 2 หน่วย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 22 คน ของโรงเรียนภาครัฐแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น เก็บข้อมูลโดยการทดสอบทั้ง
ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแบบวัดความเข้าใจแนวคิดหลัก เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน และแบบวัดการปฏิบัติงานทาง
วิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบ
ที่ แบบสัมพันธ์กัน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดหลัก เรื่อง วิทยาศาสตร์ระดับนาโน และคะแนนการปฏิบัติงาน
ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์หลังเรียนที่สูงขึ้นกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งชี้ให้เห็นได้
ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยโมดูลการเรียนรู้สะเต็มบนฐานวิทยาศาสตร์สืบเสาะนั้น สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนได้ทั้งในมิติความเข้าใจแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์และ
วิศวกรรมศาสตร์เชิงบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาของประเทศไทยได้

Fung, Poon and Ng (2022) ศึกษาการส่งเสริมทักษะสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครูในศตวรรษที่ 21 โดยใช้รูปแบบพลิก
กลับด้าน ด้วยการสอนสะเต็มศึกษา การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าการเรียนรู้แบบกลับด้าน ส่งเสริมการสอนสะเต็ม
ศึกษาอย่างไร ผ่านการพัฒนาความเข้าใจและทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียน ด้วยการใช้อีก่อนชั้นเรียน 7-12 นาทีตาม
ด้วยช่วงในชั้นเรียน 40 นาที ผลการวิจัยพบว่าการเรียนรู้แบบพลิกกลับสามารถสร้างความเข้าใจของนักเรียน ความสนใจในการ
เรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ และ Soft skill ในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ดังนั้นการเรียนรู้แบบพลิกกลับด้านอาจเป็นแนวทางที่มี
ประสิทธิภาพสำหรับวิธีการสะเต็มศึกษา (STEM Education)

กลวิธีการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดกระบวนการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ

กระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบที่เน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ Buck, Bretz and Towns
(2008) ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการประยุกต์ออกแบบกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะในผลงานวิจัยของ
Soodjai and Srisawasdi (2021) และ Yodsanga and Srisawasdi (2021) และในบริบทกลวิธีการจัดการเรียนรู้สะเต็มแบบไร้
รอยต่อที่ถูกนำเสนอไว้ในงานวิจัยของ Sritawan and Srisawasdi (2022) โดยเกณฑ์การจัดระดับกระบวนการวิทยาศาสตร์
สืบเสาะในการจัดการเรียนรู้ไว้โดยแบ่งองค์ประกอบของกระบวนการสืบเสาะ 6 องค์ประกอบ ตามลักษณะของกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปัญหาหรือคำถาม ทฤษฎีหรือข้อมูลพื้นฐาน กระบวนการหรือรูปแบบในการแก้ปัญหา ผลการวิเคราะห์
ข้อมูล การนำเสนอข้อมูล และการสรุปผล เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดระดับ โดยแบ่งระดับการสืบเสาะได้เป็น 5 ระดับตาม
องค์ประกอบที่ให้แก่นักเรียน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์เชิงปริมาณในการจัดระดับการสืบเสาะในการปฏิบัติการทดลอง (Buck, Bretz and Towns, 2008)

องค์ประกอบ กระบวนการ	การสืบเสาะ แบบยืนยัน	การสืบเสาะ แบบนำทาง	การสืบเสาะแบบ ชี้แนวแนะทาง	การสืบเสาะ แบบเปิด	การสืบเสาะตาม บริบทจริง
ปัญหา/คำถาม	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
ทฤษฎี	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
วิธีการ/การออกแบบ	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การวิเคราะห์ข้อมูล	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การสื่อสารความหมาย	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การสรุปผล	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้

โดยที่แต่ละองค์ประกอบกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) ปัญหาหรือคำถาม เป็นส่วนนำกระบวนการเรียนรู้โดยจะต้องเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อของการค้นคว้า และคำถาม
จะไม่เป็นคำถามที่ซับซ้อนและบ่งบอกถึงการศึกษาค้นคว้า
- 2) ทฤษฎีหรือข้อมูลเบื้องต้น เป็นข้อมูลความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาหรือคำถามที่ถูก
กำหนดไว้

- 3) วิธีการหรือการออกแบบ เป็นการวางแผน ออกแบบ และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือการแก้ไขปัญหาตามที่กำหนด
- 4) การวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลดิบหรือสารสนเทศที่ได้จากลงมือปฏิบัติเพื่อการตีความข้อมูลหรือสารสนเทศที่ค้นพบมาได้
- 5) การสื่อสารความหมาย เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยนักเรียนสามารถออกแบบการนำเสนอเองหรือตามที่กำหนดไว้ได้
- 6) การสรุปผล เป็นการลงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าหรือรายการผลการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบชี้แนะแนวทางเป็นกลวิธีในการจัดการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดกระบวนการวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ดังนั้น กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อเป็นการจัดการเรียนรู้ไร้รอยต่อการจัดการเรียนรู้แบบสถานการณ์ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ให้เกิดความต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พหุภาพเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนและนอกห้องเรียนที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (MSL1) และบูรณาการการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ในมิติต่าง ๆ ให้เกิดความต่อเนื่องในบริบทการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยการนำเทคโนโลยี ได้แก่ แอปพลิเคชัน KKU Smart iNote และสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) ของ PhET นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และใช้หลักวิศวกรรมในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบ สมมติฐานที่ตั้งไว้บนเงื่อนไขการตรวจสอบ เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงกับชีวิตจริงได้ โดยมีการนำคณิตศาสตร์เข้ามาคำนวณ ในการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning)

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 14 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 9 คน รวมจำนวนทั้งสิ้น จำนวน 23 คน ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง โดยใช้ห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบงานการสอนรายวิชาฟิสิกส์ในฐานะครูประจำการของสถานศึกษามัธยมศึกษาขนาดเล็กแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ที่ไม่เคยผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะมาก่อน ซึ่งได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงโดยใช้ห้องเรียนที่ผู้วิจัยในฐานะครูประจำการที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบงานการสอนรายวิชาฟิสิกส์โดยสถานศึกษา

กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง (การสะท้อนของคลื่นเสียง การหักเหของคลื่นเสียง การเลี้ยวเบน และการแทรกสอดของคลื่นเสียง) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง และเรื่อง ไฟฟ้า (ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้ากับความต่างศักย์ ความต้านทานในเส้น และการต่อวงจรตัวต้านทาน) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่ระดับขั้นแบบไร้รอยต่อมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน 3 ขั้นตอน (Sritawan and Srisawasdi, 2023) ได้แก่ (1) ขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ (Pre - Laboratory) คือ การกำหนดสถานการณ์ปัญหาและคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับการสืบเสาะ และศึกษาแนวคิดทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง แต่แนวคิดทฤษฎีพื้นฐานนั้นต้องไม่แนะนำคำตอบของคำถาม ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ขั้นตอนนี้จะเป็นการมอบหมายภารกิจการเรียนรู้โดยใช้เป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบไม่เป็นทางการ (Informal learning) นอกห้องเรียน (2) ขั้นปฏิบัติการสืบเสาะ (Laboratory) คือ การดำเนินการสืบเสาะ โดยมีกรออกแบบวิธีการสืบเสาะหรือทดลอง สังเกตสำรวจตรวจสอบ จากนั้นนำผลที่ได้การทดลองปฏิบัติการสืบเสาะมาวิเคราะห์เพื่อตอบคำถามหรือปัญหานั้น และ (3) ขั้นหลังปฏิบัติการสืบเสาะ (Post - Laboratory) คือ การนำเสนอข้อมูลผลการสืบเสาะหรือทดลอง เพื่อแลกเปลี่ยนแนวคิดและอภิปรายผลร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การสรุปผลการปฏิบัติการสืบเสาะ และในการออกแบบประสบการณ์การเรียนรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยกำหนดให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบชี้แนะแนวทาง (Guided inquiry) ซึ่งก็คือครูเตรียมสารสนเทศที่เป็น คำถาม ทฤษฎี และวิธีการให้สำหรับผู้เรียน ส่วนผู้เรียนจะเน้นลงมือปฏิบัติจริงในส่วนที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล การนำเสนอ และการสรุปผล

ตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ทดลองวิจัย

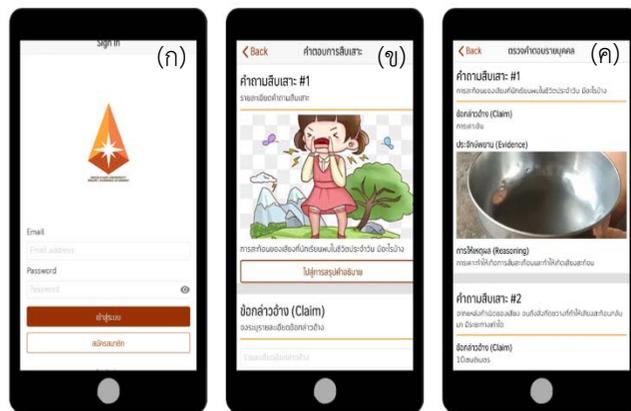
ผู้วิจัยนำเสนอตัวอย่างกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเรื่อง พฤติกรรมของเสียง ซึ่งเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การสะท้อนของเสียง โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ขั้นก่อนปฏิบัติการทดลอง

- 1) ปัญหา/คำถาม (ประสบการณ์นอกห้องเรียน)

บทบาทของครู : การนำเข้าสู่ขั้นก่อนปฏิบัติการทดลองมีการสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเรื่องที่จะศึกษา โดยให้นักเรียนนำเสนอสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน และร่วมกันอภิปรายว่า “จากสถานการณ์ที่นักเรียนแต่ละคนได้ตอบมานั้น ในการสะท้อนของเสียงมีปัจจัยใดที่เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง” จากนั้นครูใช้คำถามเพื่อปลายเปิดเพื่อให้นักเรียนได้ออกแบบการสำรวจตรวจสอบสถานการณ์ที่นักเรียนได้ตอบผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote (ดังแสดงในภาพที่ 2) ว่า “นักเรียนจะสามารถทราบได้อย่างไรว่าเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ที่นักเรียนพบนั้นเกิดการสะท้อนของเสียงขึ้น นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไร”

บทบาทของนักเรียน : นักเรียนร่วมอภิปรายถึงสถานการณ์หรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน ร่วมตอบคำถามเพื่อแบบแผนความคิดในการหาคำตอบเพื่อเป็นหลักฐาน (Evidence) นำมาสู่ข้อกล่าวอ้างของเรียน (Claim) โดยระบุข้อกล่าวอ้างผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน KKU iStyle Science Note : หน้าจอการลงเข้าใช้งาน (ก) หน้าจอตัวอย่างบทเรียนสะเต็มศึกษาที่สร้างขึ้นมาโดยครู (ข) หน้าจอตัวอย่างการตอบคำถามผ่านกระบวนการวิทยาศาสตร์สืบเสาะของนักเรียน (ค)

- 2) ทฤษฎี (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

บทบาทของครู : นำสถานการณ์ของนักเรียนที่ได้พบขึ้นมาอภิปรายในชั้นเรียนถึงพฤติกรรมของเสียงที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนของเสียง ซึ่งเป็นการแสดงพฤติกรรมของคลื่นกล ตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบเกี่ยวแนวคิดในการสะท้อนของเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร เมื่อเสียงเดินทางไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก ส่งผลให้พฤติกรรมของเสียงเป็นอย่างไร การได้ยินเสียงก้องวาลเกิดขึ้นได้อย่างไร และมีปัจจัยใดที่เกี่ยวข้องบ้าง พร้อมทั้งให้แนวคิดผู้เรียนถึงความเร็วของเสียงในอากาศมีปัจจัยใดเกี่ยวข้องบ้าง ในการหาความเร็วของเสียงสามารถหาค่าได้อย่างไร หลังจากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความรู้และนำเสนอแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียง

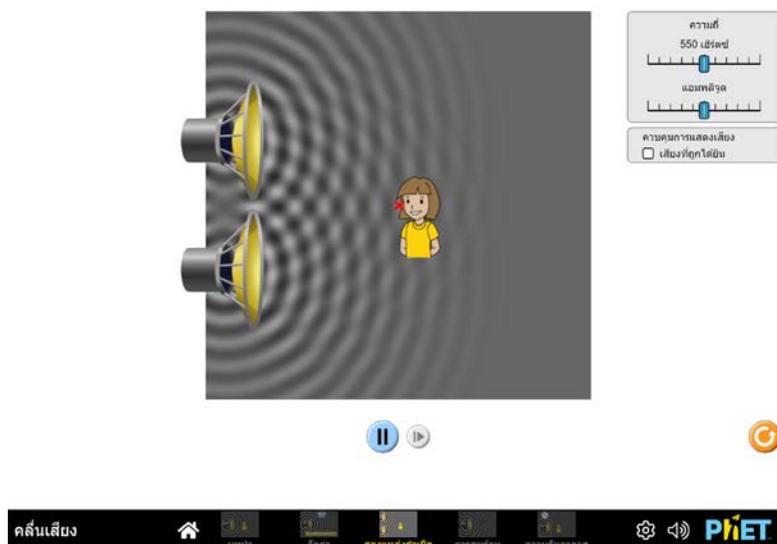
บทบาทของนักเรียน : นักเรียนตอบคำถาม เพื่อเข้าสู่แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียงนักเรียนต้องทราบก่อนเริ่มทำการทดลอง

- ขั้นปฏิบัติการทดลอง (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

- 3) วิธีการ/การออกแบบ

บทบาทของครู : เป็นผู้อำนวยความสะดวกและแนะแนวทางผู้เรียนในดำเนินการทดลองผ่านสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ (ดังแสดงในภาพที่ 3) เพื่อให้ผู้เรียนสามารถควบคุมค่าตัวแปรต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

บทบาทของนักเรียน : นักเรียนกำหนดตัวแปรในการทดลอง (ตัวแปรต้น ตัวแปรควบคุม ตัวแปรตาม) ออกแบบตารางการบันทึกผลการทดลอง สังเกตปรากฏการณ์ ดำเนินการสืบเสาะจัดกระทำ เก็บผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยทำการทดลองจริงและเก็บค่าผลการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3 ตัวอย่างสถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ของ PhET เรื่อง คลื่นเสียง ที่นำมาใช้ในการทดลองจัดการเรียนรู้

4) การวิเคราะห์ข้อมูล

บทบาทของครู : ทบทวนความรู้แนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของเสียง การหาค่าความเร็วที่เสียงเดินทางในอากาศ

บทบาทของนักเรียน : เก็บผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยทำการทดลองจริง และเก็บค่าผลการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะประกอบด้วยเวลาของเสียงตั้งเริ่มปล่อยจากแหล่งกำเนิดเสียง จนสะท้อนกลับมาและได้ยินอีกครั้งหนึ่ง และระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงจนถึงสิ่งกีดขวาง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยระบุหลักฐาน (Evidence) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote

- ชั้นหลังปฏิบัติการทดลอง (ประสบการณ์ในห้องเรียน)

5) การนำเสนอ

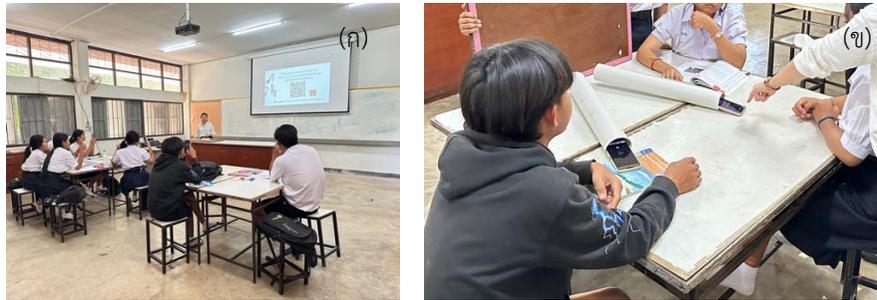
บทบาทของครู : ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบเสาะ พร้อมทั้งร่วมกันสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับพฤติกรรมในการสะท้อนของเสียง โดยหาหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด

บทบาทของนักเรียน: นักเรียนนำเสนอผลการสืบเสาะที่ได้จากการดำเนินการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอแลกเปลี่ยนแนวคิด และอภิปรายผลร่วมกันระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน ซึ่งจะต้องประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างในชั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ และหลักฐานในชั้นปฏิบัติการสืบเสาะ

6) การสรุปผล

บทบาทของครู : ครูกระตุ้นและแนะแนวทางแต่ละกลุ่มเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปผลการสืบเสาะ (ดังแสดงในภาพที่ 4)

บทบาทของนักเรียน : สรุปผลที่เกี่ยวข้องกับหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถหาหลักการและทฤษฎีที่ได้มาในการให้เหตุผล (Reasoning) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานดังกล่าวให้เป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือได้



ภาพที่ 4 อภิปรายถึงปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของเสียงที่นักเรียนพบ (ก) และนักเรียนออกแบบการทดลองและบันทึกผลการทดลอง (ข)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการทดลองขั้นต้น (Pre-experimental research design) ในแผนงานแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลัง (One group pretest-posttest design) โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยเป็นไปตามแบบแผนการวิจัยที่กล่าวข้างต้นดังต่อไปนี้

- 1) ผู้วิจัยลำดับที่ 1 แจ้งวัตถุประสงค์ของการวิจัยต่อนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยและแจ้งขอความยินยอมจากนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย พร้อมทั้งชี้แจงถึงการเก็บข้อมูลวิจัยในครั้งนี้ว่าจะไม่มีผลกระทบต่อผลการเรียนในรายวิชาที่ผู้วิจัยทำการสอนและผู้วิจัยจะไม่เปิดเผยข้อมูลส่วนตัว รวมถึงผลคะแนนที่ระบุถึงตัวตนของผู้เข้าร่วมงานวิจัยโดยใช้สไลด์นำเสนอสารสนเทศและบรรยายความแบบปากเปล่า เป็นระยะเวลา 30 นาที
- 2) ทดสอบก่อนเรียนที่จะได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะกับนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยใช้ (1) แบบวัดวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และ (2) แบบสอบถามวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 50 นาที
- 3) ครูผู้สอน (ผู้วิจัยลำดับที่ 1) ทดลองจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ จำนวนทั้งสิ้น 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้แบบคาบคู่ 2 คาบ รวมเป็นจำนวนคาบเรียนทั้งสิ้น 8 คาบเรียน ซึ่งคิดเป็นระยะเวลารวมทั้งสิ้น 400 นาทีต่อเนื่องกัน
- 4) ทดสอบหลังเรียนหลังจากที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะกับกลุ่มนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยใช้แบบวัดและแบบสอบถามเดียวกันกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียนและใช้ระยะเวลาเท่ากัน

เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

แบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง และเรื่อง ไฟฟ้า ก่อนและหลังที่ผู้เรียนผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ โดยแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาแบบไร้รอยต่อ ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เรื่อง พฤติกรรมของเสียง จำนวน 3 สถานการณ์ และ เรื่อง ไฟฟ้า จำนวน 3 สถานการณ์ ในแต่ละสถานการณ์ ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ซึ่งในแต่ละองค์ประกอบนั้นมีระดับคะแนนสูงสุดที่ 2 คะแนน ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ตามระดับความสมบูรณ์ของแต่ละองค์ประกอบ ดังนั้นจึงคิดเป็นคะแนนเต็มของแบบวัดมีค่าเท่ากับ 18 คะแนน โดยแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นแบบวัดแบบอัตนัย ผู้วิจัยดำเนินการหาคุณภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาและการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 คนเป็นผู้พิจารณาความสอดคล้องและความเหมาะสมของสถานการณ์ที่กำหนดและประเด็นคำถามตามโครงสร้างพื้นฐานของการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และนำผลการพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญมาปรับแต่งแบบวัดดังกล่าว

แบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ เป็นแบบวัดประเภทการสำรวจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 25 ข้อ (Glyn et al., 2011) ผู้วิจัยใช้แบบวัดที่ประกอบด้วยประโยคบอกเล่าเกี่ยวกับสภาพอารมณ์ภายในซึ่งไปกระตุ้น ควบคุม และสนับสนุนพฤติกรรมการเรียนรู้ ที่จะส่งเสริมนักเรียนให้ประสบความสำเร็จทางด้านวิชาการ โดยวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

5 ด้าน ได้แก่ ด้านความจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation: IM) ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (Self-Determination: SDT) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (Self-Efficacy: SEC) ด้านความจูงใจในการทำงาน (Career Motivation: CM) และ ด้านความจูงใจในผลการเรียน (Grade Motivation: GM) แบบวัดดังกล่าวได้รับการแปลเป็นฉบับภาษาไทยและค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha ของแบบสอบถามในฉบับภาษาไทยนั้นเท่ากับ 0.92 กล่าวเป็นนัยว่าแบบสอบถามมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เนื่องด้วยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงในแผนงานแบบกลุ่มเดียวที่มีการทดสอบก่อนและหลัง และการศึกษาวิจัยนี้ออกแบบมาเพื่อประเมินผลกระทบของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เติมศึกษาแบบไร้รอยต่อแบบเป็นรายบุคคลและเป็นรายชั้นเรียนของนักเรียนกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยที่เป็นกลุ่มเดียวตามบริบทของสถานศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีการวิเคราะห์การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาด้วยค่าผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้น หรือที่เรียกว่า Normalized gain (Hake, 1998) ซึ่งการวิเคราะห์นี้นำมาใช้เพื่อลดผลกระทบของที่มีคะแนนก่อนเรียนแตกต่างกันจากผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นรายบุคคล (Individual actual gains; Gi) เมื่อ $G_i =$ คะแนนก่อนเรียน - คะแนนหลังเรียน จึงถูกนำมาคำนวณให้เป็นผลการเรียนที่เพิ่มขึ้นสัมบูรณ์ (Absolute gain) โดยที่ $\Delta =$ ค่าเฉลี่ย G_i / คะแนนสูงสุดที่ได้ และคะแนนสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น (Relative gain) แสดงเป็นร้อยละ โดยที่ $C =$ ค่าเฉลี่ย G_i / คะแนนก่อนเรียน สำหรับชั้นเรียนการวัดประสิทธิภาพของกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อคำนวณจากความก้าวหน้าทางการเรียนเฉลี่ยของชั้นเรียน (Class average normalized gains: $g(ave)$)

โดยค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ หรือ normalized gain แปลความได้ว่า ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของนักเรียน (Actual gain = (%post-test) - (%Pre-test)) คิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100 %) - (% Pre-test)) ดังสมการที่ 1 ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0

$$\begin{aligned} \langle g \rangle &= \langle \%G \rangle / \langle \%G \rangle_{\max} \\ \langle g \rangle &= [\langle \%post\text{-test} \rangle - \langle \%pre\text{-test} \rangle] / [100\% - \langle \%pre\text{-test} \rangle] \end{aligned} \quad (1)$$

จากการศึกษาของ Hake (1998) พบว่า ค่าความก้าวหน้าทางการเรียน $\langle g \rangle$ หรือ normalized gain แบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ High gain มีค่า $g \geq 0.7$ Medium gain มีค่า $0.3 \leq g < 0.7$ และ Low gain มีค่า $0.0 \leq g < 0.3$ โดยจากนิยามในทางการศึกษา ค่าที่ต่ำที่สุดที่ถือว่าการจัดการเรียนรู้นั้นมีประสิทธิภาพ คือ 0.3 หรือ 30% ดังนั้นจึงผลความก้าวหน้าทางการเรียนที่มีประสิทธิภาพของนักเรียนรายบุคคลต้องอยู่ที่ระดับ Medium gain ขึ้นไป

นอกจากนี้ยังสามารถพิจารณาผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งชั้นว่าเพิ่มขึ้นคิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ นั่นคือ Class average normalized gain หรือ $g(ave)$ โดยสามารถหาได้จากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้น ทั้งก่อนและหลังเรียนในการพิจารณาผลการเรียนของนักเรียนในลักษณะนี้ใช้เพื่อดูว่าผลการเรียนการสอนโดยภาพรวมของทั้งชั้นนั้นมีพัฒนาการอย่างไร ดังสมการที่ 2

$$g(ave) = \frac{[\sum_{i=1}^N (g_i)]}{N} \quad (2)$$

โดยที่ N คือ จำนวนของนักเรียนก่อนและหลังที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อ เนื่องจากมีความเป็นไปได้ที่คะแนนหลังเรียนจะน้อยกว่าคะแนนก่อนเรียน $g(ave)$ จะถูกคำนวณโดยแทนค่า g_i ที่ติดลบด้วยศูนย์ และไม่นำนักเรียนที่ Negative gain มาคิดคำนวณ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์จากคะแนนที่ได้จากแบบวัดสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 23 คน โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อ พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อ 4.17/18 คิดเป็น 23% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.2 และคะแนนเฉลี่ยหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อ 12.30/18 คิดเป็น 68% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.7 ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นสัมบูรณ์ (Absolute gain) คิดเป็น 45% ผลการเรียนรู้สัมพัทธ์ (Relative gain) คิดเป็น 171% ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 83% และความก้าวหน้าทางการเรียนของชั้นเรียน คิดเป็น 56% นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์คะแนนแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ย โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อเช่นเดียวกันนั้น พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนผ่านกลวิธีการเรียนรู้สู่เติมแบบไร้รอยต่อ 74.48/125 คิดเป็น 60% ค่า

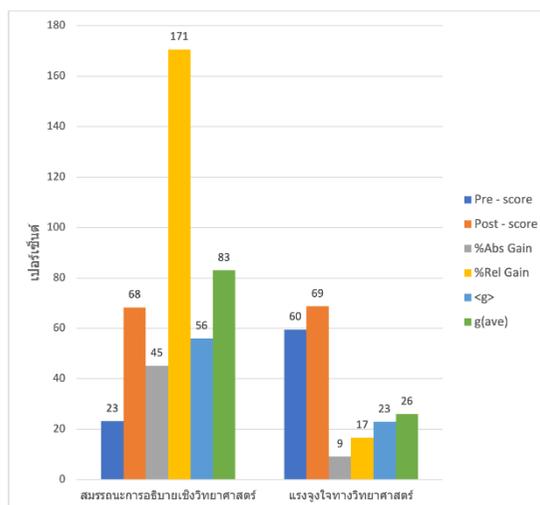
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.3 และคะแนนเฉลี่ยหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ 85.69/125 คิดเป็น 69% ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.2 ผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นสัมบูรณ์ (Absolute gain) คิดเป็น 9% ผลการเรียนรู้สัมพัทธ์ คิดเป็น 17% ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 26% และความก้าวหน้าทางการเรียนของชั้นเรียน คิดเป็น 23% ดังแสดงในตารางที่ 2 และในภาพที่ 5

ตารางที่ 2 คะแนนก่อนและหลังผ่านกลวิธีการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ (N = 23)

ตัวแปรตาม	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	Absolute gain	Relative gain	<g>	g(ave)
สมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์	4.17 ± 3.2 (23%)	12.30 ± 3.7 (68%)	45%	171%	83%*	56%*
แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์	74.48 ± 12.3 (60%)	85.69 ± 11.2 (69%)	9%	17%	26%	23%

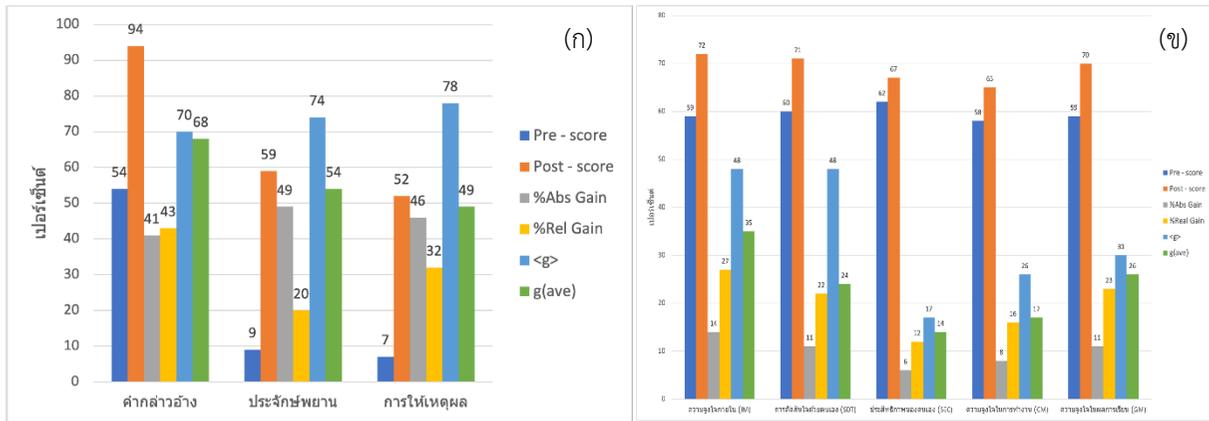
หมายเหตุ: * เป็นสัญลักษณ์ซึ่งบ่งถึงความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนรายบุคคลที่อยู่ในระดับปานกลางขึ้นไป ($g > 30\%$)

นอกจากนั้นแล้ว ขนาดของผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนรายบุคคล <g> และความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของทั้งชั้นเรียน g(ave) นั้น สามารถวิเคราะห์ได้โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Hake, 1998) ได้แก่ High gain มีค่า $g \geq 0.7$ Medium gain มีค่า $0.3 \leq g < 0.7$ และ Low gain มีค่า $0.0 \leq g < 0.3$ จากผลลัพธ์ในตารางที่ 2 นั้น พบว่า ผลความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลนั้นมีค่าเท่ากับ 83% และของทั้งชั้นเรียนมีค่าเท่ากับ 56% ซึ่งอยู่ที่ระดับสูงมากกว่า Medium gain ขึ้นไป แต่ทว่าหากพิจารณาคุณผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนรายบุคคลนั้น จะมีค่าเท่ากับ 26% และของทั้งชั้นเรียนจะมีค่าเท่ากับ 23% ซึ่งอยู่ระดับต่ำกว่า Medium gain ลงไป (ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 และภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงผลลัพธ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ผ่านกลวิธีการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ

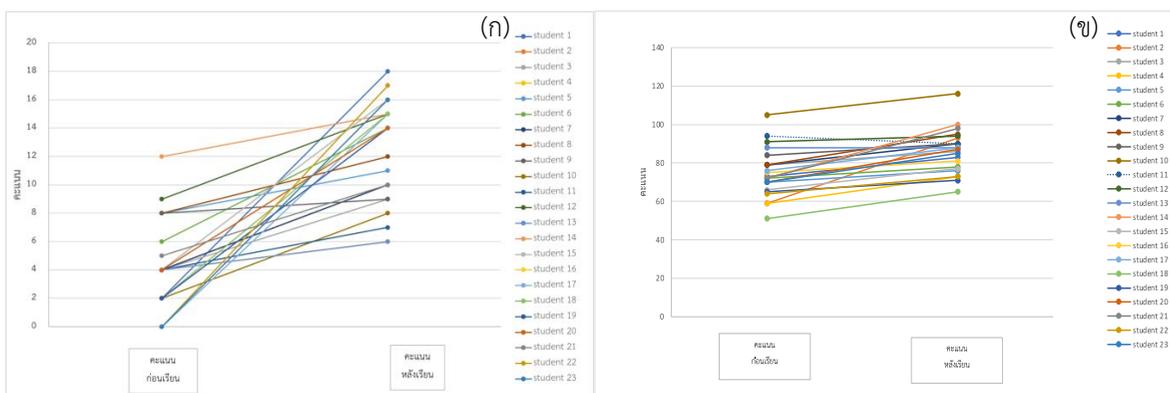
เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ โดยแยกเป็นองค์ประกอบย่อยทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) ประจักษ์พยาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยแยกเป็นองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ความสนใจภายใน (IM) การตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) ประสิทธิภาพของตนเอง (SEC) ความสนใจในการทำงาน (CM) และความสนใจในผลการเรียน (GM) ในแต่ละองค์ประกอบแล้วนั้น ผลการวิจัยนำเสนอได้ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟแสดงผลสัมฤทธิ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบย่อยทั้ง 3 องค์ประกอบ (ก) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 องค์ประกอบ (ข)

จากผลลัพธ์ในภาพที่ 6 แสดงให้เห็นได้ว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มแบบไร้รอยต่อมีความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบย่อยได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 70% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 68%) ประจักษ์พยาน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 74% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 54%) และการให้เหตุผล (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 78% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 49%) ตามลำดับ เวก เช่นเดียวกันนักเรียนกลุ่มดังกล่าวก็มีความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในทุกองค์ประกอบย่อย ได้แก่ ความสนใจภายใน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 48% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 35%) การตัดสินใจด้วยตนเอง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 48% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 24%) ประสิทธิภาพของตนเอง (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 17% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 14%) ความสนใจในการทำงาน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 26% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 17%) และ ความสนใจในผลการเรียน (ความก้าวหน้าของนักเรียนรายบุคคล คิดเป็น 30% และความก้าวหน้าของทั้งชั้นเรียน คิดเป็น 26%) ตามลำดับ

หากพิจารณาผลลัพธ์ของความก้าวหน้าในสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคลผ่านการเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนแล้วนั้น จะพบว่านักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายทุกคนในการศึกษาวิจัยนี้มีความก้าวหน้าทั้งในสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กราฟแสดงผลสัมฤทธิ์ความก้าวหน้าของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล (ก) และความก้าวหน้าของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เป็นรายบุคคล (ข)

อภิปรายผล

จากการวิจัยการจัดการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มแบบไร้รอยต่อของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้น ส่วนของผลลัพธ์ที่เป็นสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์นั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้สู่สะเต็มแบบไร้รอยต่อมี

ความก้าวหน้าของสมรรถนะดังกล่าว ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยในแบบแผนที่เป็นการผลิตร่วมระหว่างการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการนอกห้องเรียนและการเรียนรู้อย่างเป็นทางการในห้องเรียนนั้นมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งในองค์ประกอบย่อยคือกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยข้อค้นพบดังกล่าวสอดคล้องกับผลการวิจัยก่อนหน้าของ Sritawan and Srisawasdi (2022) ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเอื้ออำนวยต่อการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นทางการของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพและดีกว่าวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจจะเป็นอันเนื่องมาจากในกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อดังกล่าวได้มีการออกแบบกระบวนการเรียนรู้ตามแนวคิดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะแบบชี้แนะแนวทางจากครูผู้สอน และจากที่ได้รับออกแบบไว้ในโมบายแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote โดยเน้นการชี้แนะแนวทางอย่างเป็นทางการเป็นลำดับขั้นตามองค์ประกอบย่อยทั้งสามของสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นทางการ จนนำมาสู่การสร้างคำอธิบายอย่างเป็นทางการเพื่อเป็นคำตอบต่อคำถามสืบเสาะที่ครูผู้สอนกำหนดให้ไว้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับข้อค้นพบจากผลการวิจัยของ Kamtet, Kruea-In, and Wannagatesiri (2020) ที่พบว่าการจัดประสบการณ์ให้ได้ลงมือปฏิบัติสร้างหลักฐานทางวิทยาศาสตร์และเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์นั้นช่วยเสริมสร้างให้ผู้ได้รับประสบการณ์นั้นสามารถสร้างคำอธิบายอย่างเป็นทางการให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นแล้วด้วยด้วยประสบการณ์การเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองอย่างมีความหมายอันเนื่องจากการเปิดโอกาสให้ได้สร้างการเชื่อมต่อระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ซึ่งจะช่วยให้ส่งเสริมให้ได้พัฒนาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นทางการได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลงานการวิจัยของ Asmilyah, Khaerudin and Solihatin (2021) ที่รายงานผลการวิจัยไว้ว่านักเรียนจะสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดี หากนักเรียนมีประสบการณ์หรือมีความคุ้นเคยในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จากการทำให้นักเรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตหรือในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยออกแบบการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้มีโอกาสเชื่อมโยงความรู้ในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียนให้ต่อเนื่องกันผ่านการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ซึ่งจะสามารถช่วยให้นักเรียนมีได้นำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อประกอบการอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้

นอกจากนั้น ส่วนของผลลัพธ์ที่เป็นแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อมีความก้าวหน้าของแรงจูงใจดังกล่าวเช่นเดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นได้ว่า นอกจากการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยในแบบแผนที่เป็นการผลิตร่วมระหว่างการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการนอกห้องเรียนและการเรียนรู้อย่างเป็นทางการในห้องเรียนนั้นมีประสิทธิภาพในการสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้วนั้น ยังเป็นกลวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้อีกด้วย ในทุกองค์ประกอบย่อยทั้ง 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Soodjai and Srisawasdi (2021) และ Yodsanga and Srisawasdi (2021) ที่รายงานไว้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดและการ์ดเกมดิจิทัลที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพานั้น พัฒนาระดับแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ในทุกองค์ประกอบย่อย โดยยังพบอีกว่าองค์ประกอบย่อยที่เป็นความสนใจภายในเป็นด้านย่อยที่มีผลการถูกพัฒนามากที่สุดกว่าด้านย่อยอื่น ๆ ซึ่งทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากเมื่อนักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองในกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อแล้วนั้น ทำให้นักเรียนมีความต้องการที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้นและสนใจที่จะหาคำตอบของสถานการณ์ที่กำหนดให้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น จึงทำให้แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ดีมากยิ่งขึ้นด้วย

บทสรุปจากการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมรรถนะการอธิบายอย่างเป็นทางการและแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อ และข้อค้นพบจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่ากลวิธีการจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมแบบไร้รอยต่อเป็นกลวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่สร้างเสริมความสามารถในการระบุกล่าวอ้าง ประจักษ์พยาน และการให้เหตุผล อันเป็นองค์ประกอบสำคัญของสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้แล้วข้อค้นพบจากการวิจัยครั้งนี้ยังแสดงให้เห็นด้วยว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถที่จะสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้เช่นเดียวกัน ทั้งในส่วนที่เป็นองค์ประกอบย่อยความสนใจภายใน การตัดสินใจด้วยตนเอง ประสิทธิภาพของตนเอง ความสนใจในการทำงาน และความสนใจในผลการเรียน จากข้อค้นพบดังที่กล่าวมานั้นเป็นอีกแนวทางการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับโรงเรียนที่เป็นอีกบริบทกลวิธีใหม่ที่ตอบสนองและเอื้ออำนวยต่อการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้เป็นอย่างดี

ข้อจำกัดหรือข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อจำกัด

1) บริบทของกลุ่มเป้าหมายเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก นอกเขตเมือง อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น จำนวนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพียง จำนวน 23 คน จึงทำให้งานวิจัยสามารถมีกลุ่มทดลองเพียงกลุ่มเดียว ไม่สามารถมีกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบผลลวิธการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อได้ ดังนั้นผลการวิจัยในครั้งนี้อาจจะยังไม่เหมาะสมต่อการนำไปสรุปอ้างอิงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ นอกเหนือจากนักเรียนกลุ่มนี้ได้

2) เนื่องจากจำนวนนักเรียนน้อยและนักเรียนไม่ครบทุกระดับชั้นเรียน จึงไม่สามารถจัดกลวิธีการเรียนรู้ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ครบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 5 และ 6 และในแต่ละระดับชั้นเรียนไม่สามารถควบคุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ให้เป็นเนื้อหาหรือแนวคิดวิทยาศาสตร์เดียวกันได้ เนื่องจากตามสาระการเรียนรู้แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มีตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกำหนดไว้ในแต่ละระดับชั้นที่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยครั้งนี้ ในขั้นตอนของการเรียนรู้ในกิจกรรมไม่เป็นทางการ (นอกชั้นเรียน) ได้มีสถานการณ์มอบหมายงานให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานปรากฏการณ์ที่นักเรียนได้พบในชีวิตประจำวัน โดยใช้แอปพลิเคชัน KKU I Note แล้วนำหลักฐานเหล่านั้นมาอภิปรายในห้องเรียนร่วมกัน พบว่ามีนักเรียนบางส่วนเก็บหลักฐานมา ไม่ตรงกับข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนสร้างขึ้น ในห้องเรียนได้มีการสะท้อนผลข้อมูลย้อนกลับให้ผู้เรียน แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ จึงไม่ได้ให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานมาใหม่เพื่อตรวจสอบ ดังนั้นในการวิจัยครั้งถัดไป หลังจากสะท้อนผลให้ผู้เรียน ควรให้ผู้เรียนเก็บหลักฐานมาใหม่เพื่อตรวจสอบความเข้าใจ

2) จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดจำนวนของกลุ่มเป้าหมาย เนื่องจากเป็นโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก กลุ่มเป้าหมายมีจำนวนน้อย และไม่ครบทุกระดับชั้นเรียนของชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หากนักเรียนมีจำนวนมาก ครบในทุกระดับชั้นเพื่อทำการวิจัยแบบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม อีกทั้งบริบทของกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนนอกเขตเมือง อำเภอเขาสวนกวาง จังหวัดขอนแก่น ไม่สามารถอ้างอิงได้ถึงนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้ทั้งหมด หากบริบทของกลุ่มเป้าหมายมีความแตกต่างกัน อาจส่งผลให้ทั้งผลการสร้างคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์และผลของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันตามการวิจัยทางสังคมศาสตร์

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอม และชี้แจงถึงการสังเกตการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และขออนุญาต ถ่ายภาพ โดยไม่ให้เห็นหน้าของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ประการใด จะไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัว และดำเนินการทำลายข้อมูลภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย

References

- Asmilyah, A., Khaerudin, K. and Solihatin, E. (2021). Mobile learning with STEM approach in physics learning. *Journal of Education Research and Evaluation*, 5(4), 606.
- Berland, L. and Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Beyer, C. J. and Davis, E. A. (2008). Fostering second graders' scientific explanations: A beginning elementary teacher's knowledge, beliefs, and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(3), 381-414.
- Buck, L. B., Bretz, S. L., and Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38, 52-58.
- Chamrat, S. (2017). The definition of STEM and key features of STEM education learning activity (in Thai). *STOU Education Journal*, 10(2), 13-34.
- Chan, T. W., Roschelle, J., His, S., Kinshuk, D., Sharples, M., Brown, T., Patton, C., Cherniavsky, J., Pea, R., Norris, C., Soloway, N., Balacheff, N., Scardamalia, M., Dillenbourg, P., Looi, C. k., Milrad, M. and Hoppe, U. (2006).

- One-to-one technology-enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. **Research and Practice in Technology-Enhanced Learning**, 1(1), 3–29.
- Fung, C. H., Poon, K. K. and Ng, S. P. (2022). Fostering student teachers' 21st century skills by using flipped learning by teaching in STEM education. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 18(12), em2204
- Ginzburg, T. and Barak, M. (2023). Technology-enhanced learning and its association with motivation to learn science from a cross-cultural perspective. **Journal of Science Education and Technology**, 32, 597-606.
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N. and Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience Majors. **Journal of Research in Science Teaching**, 48(10), 1159-1176.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: a six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, 66, 64–74.
- Kamtet, W., Kruea-In, N. and Wannagatesiri, T. (2020). Developing scientific explanation ability of biology student teachers by providing experiences in generating scientific evidences and writing scientific explanations. **Journal of Education and Innovation**, 25(1), 238–251.
- Kelley, T. R., and Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. **International Journal of STEM Education**, 3, 11.
- McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2008). Inquiry and scientific explanations: Helping students use evidence and reasoning. In J. Luft, R. Bell & J. Gess-Newsome (Eds.). **Science as inquiry in the secondary setting**. (p. 121-134). Arlington, VA: National Science Teacher Association Press.
- Phaprom, P. and Srisawasdi, N. (2018). Promoting students' conceptual understanding and scientific and engineering practices for the students in Mattayomsuksa 6 with Inquiry-based STEM learning module on nanoscience (in Thai). **Journal of Graduate Research**, 9(2), 43–67.
- Song, Y. (2014). Bring Your Own Device (BYOD)" for seamless science inquiry in a primary school. **Computers & Education**, 74, 50-60.
- Song, Y. (2018). Improving primary students' collaborative problem solving competency in project-based science learning with productive failure instructional design in a seamless learning environment. **Educational Technology Research and Development**, 66, 979–1008.
- Soodjai, S. and Srisawasdi, N. (2021). Effect of Digital Card Game-based Open Inquiry Science Learning on Protein Synthesis on Secondary School Students' Learning Motivation toward Biology (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(4), 68-83.
- Sritawan, N. and Srisawasdi, N. (2022). Effect of seamless STEM learning on Newton's law of motion on scientific explanation competency (in Thai). **Journal of Education (Graduate Studies Research) Khon Kaen University**, 16(1), (32-54).
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2023). **PISA 2022 Results: Executive Summary** (in Thai). Bangkok: The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology Press.
- Vedder-Weiss, D. and Fortus, D. (2012). Students' declining motivation to learn science: A follow up study. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(9), 1057-1095.
- Wong, L. H. and Looi, C. K. (2011). What seems do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. **Computers & Education**, 57(4), 2364–2381.
- Yodsanga, S. and Srisawasdi, N. (2021) The Effect of Using Digital Board Game-Based Learning Scientific Inquiry Approach. On Science Motivation Regarding Photosynthesis Phenomenon (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(3), 144-162.



Research Article

The Developing Students' Creative Thinking Using 6E Learning based on the STEM BCG for Education for Grade-9 Students

Wuttichai Phoodee^{1,*} Chitchanok Sompita¹ Adul bootdeevong¹ Tewin Wadeesirisak¹
Kassara Udomdechawet¹ and Tusanee UTaisan¹

¹Chumchon Bankampok Thadokkaew School, Tha Champa, Tha Uthen District, Nakhon Phanom Province, Thailand.

*Email: w.phoodee@gmail.com

Received <8 October 2023>; Revised <31 December 2023>; Accepted <10 January 2024>

Abstract

The purposes of this research were to develop students' creative thinking using 6E learning based on the STEM BCG for education, and to examine students' attitudes towards the 6E learning. The target group used in the research was grade-9 students studying in the first semester of the academic year 2023, total 26 students. The research instruments were 1) innovative STEM BCG-based learning activities on the topic of ECO printing, consisting of 7 innovations with a total duration of 20 hours, 2) the creative thinking assessment for students, and 3) the questionnaire on students' attitudes toward using 6E Learning, consists of 20 items. In this research, there were two cycles of classroom action research. The statistics used in the data analysis consisted of percentages, mean, standard deviation, and comparison with the quality criteria. The results showed that the implementation of 6E Learning activities based on the STEM BCG for Education has the capability to enhance students' creative thinking, elevating it from a satisfactory level (mean 1.98) to a good level (mean 2.52). These students collaboratively engaged in the development of products from Handmade weaving, an original community product. They utilized creative thinking to design and create new products, analyzed, and solved problems, and devised marketing plans. The outcome was a suitable product that added value to the original product. 2) Students have positive attitudes towards 6E learning activities based on the STEM BCG for education at an agreed level (\bar{x} = 4.20, SD = 0.58).

Keywords: Creative thinking, STEM BCG for education, Attitude.

บทความวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

วุฒิชัย ภูติ^{1*} ชิตชนก สมปิตะ¹ อุดลย์ บุตติวงศ์¹ เทวินทร์ วตศิริศักดิ์¹ เกศรา อุดมเดชาเวทย์¹ และ ทศนีย์ อุทัยแสน¹

¹โรงเรียนชุมชนบ้านคำพอกท่าดอกแก้ว ตำบลท่าจำปา อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม

*Email: w.phoodee@gmail.com

รับบทความ: 8 ตุลาคม 2566 แก้ไขบทความ: 31 ธันวาคม 2566 ยอมรับตีพิมพ์: 10 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา และเพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) นวัตกรรมการเรียนรู้สะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา เรื่อง ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ จำนวน 7 นวัตกรรม ใช้เวลา 20 ชั่วโมง 2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และ 3) แบบสอบถามเจตคติของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา จำนวน 20 ข้อ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนประกอบด้วย 2 วงจรปฏิบัติการ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการเทียบกับเกณฑ์คุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน เพิ่มขึ้นจากระดับพอใช้ (ค่าเฉลี่ย 1.98) เป็นระดับดี (ค่าเฉลี่ย 2.52) ซึ่งนักเรียนสามารถร่วมกันพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้าฝ้ายทอมือที่เป็นผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมของชุมชน โดยการใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ มีการวิเคราะห์แก้ปัญหาและวางแผนการตลาด จนได้ผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ได้ และนักเรียนมีเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย (\bar{X} =4.20, SD= 0.58)

คำสำคัญ: ความคิดสร้างสรรค์ สะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา เจตคติ

บทนำ

เศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy หรือ BCG economy Model) คือ โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งเป็นรูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยไปสู่รูปแบบใหม่ที่เป็นกุญแจสำคัญในการขับเคลื่อนและพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทยตั้งแต่ปี 2564 โดยมีความสอดคล้องและเชื่อมโยงโดยตรงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ที่หลายประเทศทั่วโลกยึดถือภายใต้การสนับสนุนขององค์การสหประชาชาติ เป็นกลยุทธ์ในการกระตุ้นเศรษฐกิจของประเทศบนพื้นฐานของการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า ช่วยกระจายรายได้สู่ชุมชน และลดการทำลายสิ่งแวดล้อมและยังทำให้ผู้ประกอบการตื่นตัวในการแสวงหาความรู้ใหม่เพื่อต่อยอดสินค้าให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ (Office of Knowledge Management and Development, 2023) โดย BCG economy Model ประกอบด้วย 3 มิติ ได้แก่ 1) เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) มุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรชีวภาพเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยนำวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมมาสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับทรัพยากรทั้งการผลิตสินค้า บริการและการรักษาสมาคมของสิ่งแวดล้อม 2) เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) มุ่งเน้นการนำวัสดุต่าง ๆ กลับมาใช้ประโยชน์อย่างสูงสุดและสร้างมูลค่าเพิ่มจากทรัพยากรโดยนำกลับมาใช้ประโยชน์ตลอดจนการลดขยะและของเสีย และ 3) เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) มุ่งเน้นความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อมใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า (Phoodee, 2023) ซึ่งสอดคล้องกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และการศึกษาแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2560-2579 ได้กำหนดวิสัยทัศน์ ไว้ว่า คนไทยทุกคนได้รับการศึกษาและเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างมีคุณภาพ ดำรงชีวิตอย่างเป็นสุข โดยมีจัดระบบการศึกษาที่มีความยืดหยุ่น หลากหลายและตอบสนองความต้องการของนักเรียนเพื่อยกระดับขั้นของสังคม ภายใต้ระบบเศรษฐกิจฐานความรู้ที่เอื้อต่อการสร้างสังคมแห่งปัญญาและการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ (Office of the Education Council, 2017) ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความคิดสร้างสรรค์เป็นหนึ่งในทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่ทำให้มีการพิจารณาไตร่ตรอง แก้ปัญหา หาทางเลือกคิดค้นและประดิษฐ์สิ่งใหม่ที่แปลกใหม่ที่มีคุณค่า ซึ่งเป็นความคิดที่เกิดจากการทำงานของสมองด้วยกระบวนการที่ซับซ้อน (Chuelooppo, Bongkotphet and Warangkanagool, 2018) และการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สามารถฝึกในวัยที่สมองกำลังเติบโตยิ่งจะทำให้เกิดความคิดและจินตนาการสูง ซึ่งการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย หนึ่งในปัจจัยที่สำคัญคือแนวทางการจัดการเรียนรู้ ต้องมีการส่งเสริมสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ภายในและภายนอกห้องเรียนทำให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดจากกิจกรรมที่หลากหลาย (Vongpralub, 2010) สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายและหลักการตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 22 “การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่านักเรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่านักเรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษา ต้องส่งเสริมให้นักเรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ” (Ministry of Education, 2003) โดยความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบดังนี้ 1) ความคิดคล่อง 2) ความคิดริเริ่ม 3) ความคิดยืดหยุ่น และ 4) ความคิดละเอียดลออ ซึ่งเป็นทักษะการคิดที่นักเรียนต้องมีและใช้ในการพัฒนาตนเองและสังคมในการขับเคลื่อนผ่านการสร้างชิ้นงานและผลิตภัณฑ์ให้ตอบโจทย์การภาคเศรษฐกิจ (Pongsupan, Sinlarat and Kiewkor, 2019; Insupan and Nuangchalerm, 2020) ดังนั้นครูผู้สอนต้องมีการบูรณาการในการจัดการเรียนรู้แบบสหวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เกิดความคิดสร้างสรรค์และสามารถเชื่อมโยงความรู้ในแต่ละวิชามาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการเรียนรู้ที่บูรณาการสหวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยการเชื่อมโยงสถานการณ์ปัญหาในชีวิต หรือเกี่ยวข้องกับประสบการณ์ของนักเรียน (Supap, 2018) มาการออกแบบกิจกรรมและสร้างความท้าทายให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหา ซึ่งเป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้ ทักษะ และสมรรถนะ (Tupsai, 2021; Phoodee, 2023) การจัดการเรียนรู้ 6E Learning เป็นแนวทางหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาที่ได้รับ การพัฒนามาจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหรือ 5E instructional model ของ Bybee (1997) โดยมีการเพิ่มด้วยชั้นวิศวกรรม (Engineering) และชั้นปรับปรุง (Enrich) แทนขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นผู้ดำเนินการในชั้นเรียนเองเป็นการผสมผสานให้เกิดการเรียนรู้ในกิจกรรมที่ครูผู้สอนกำหนดขึ้น โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้ปรับประยุกต์ใช้ความรู้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และสามารถพัฒนาทักษะต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ (Burke, 2014; Seeprasong, Prakongsup and Puckdee, 2021) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phoodee (2023) พบว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับโมเดลเศรษฐกิจบีซีจี สามารถพัฒนาสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนได้ สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้กับนักเรียน ช่วยให้นักเรียนทำงานเป็นทีมอย่างเป็นระบบ มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้นักเรียนมีความกล้าแสดงออกในสิ่งที่ถูกต้อง และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดสมรรถนะที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน รวมทั้งยังเป็นการปลูกจิตสำนึกให้นักเรียนภูมิใจและรักวิชาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง

และงานวิจัยของ Ruengrung (2022) พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มปีซีจี เพื่อแก้ไขปัญหาในท้องถิ่น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนได้ และงานวิจัยของ Yokyong and Pitipornatapin (2019) พบว่าการจัดการเรียนรู้ 6E Learning กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนและกิจกรรมที่หลากหลายทักษะการโต้แย้งที่เพิ่มขึ้นจากการที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติและสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนสามารถนำความรู้ร่วมแลกเปลี่ยนกับเพื่อนในชั้นเรียนและนำมาใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ส่งผลให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีในการเรียน และงานวิจัยของ Jongluecha and Worapun (2022) พบว่า การจัดการเรียนรู้ 6E Learning ตามแนวคิดสเต็มศึกษาช่วยพัฒนาคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานโดยรวมอยู่ในระดับ ดี ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาเป็นแนวทางที่น่าสนใจและสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ซึ่งมีความแตกต่างกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาแบบเดิมที่ให้นักเรียนเรียนรู้ตามกิจกรรมที่ครูอบรมมาจากส่วนกลางเท่านั้น แต่แนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาจะใช้ลักษณะของสถานการณ์กิจกรรมต้องการนำบริบทท้องถิ่น ชุมชน และวัฒนธรรมสังคมที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจปีซีจีและต้องเป็นสถานการณ์ที่นำไปสู่ปัญหาเชิงวิศวกรรมที่เน้นแก้ปัญหาผ่านการพัฒนานวัตกรรมที่ตอบโจทย์บริบทจริงในชุมชนมาเป็นโจทย์หรือสถานการณ์สำหรับนักเรียนจะทำให้เกิดการพัฒนาคิดสร้างสรรค์

จากการสังเกตชั้นเรียนในรายวิชาสะเต็มศึกษาของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 ของโรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในเขตอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม พบว่านักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ สังเกตได้จากนักเรียนไม่สามารถคิด หรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ยังออกแบบชิ้นงานคล้ายๆกัน และไม่มีการคิดค้นสิ่งที่แปลกใหม่หรือวิธีการแก้ปัญหาที่แปลกใหม่ได้ในการแก้ปัญหาตามภารกิจที่ครูมอบหมายได้ นอกจากนี้ นักเรียนไม่สามารถคิดได้หลากหลาย แปลกใหม่ รวดเร็ว และกำหนดรายละเอียด พร้อมอธิบาย ถึงวิธีการสร้างชิ้นงานได้ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงสนใจที่ศึกษาการจัดการจัดการเรียนการสอนที่จะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ที่สามารถนำไปใช้ได้ชีวิตประจำวันรวมทั้งยังเป็นการปลูกจิตสำนึกในการรักษาวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา
2. เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา

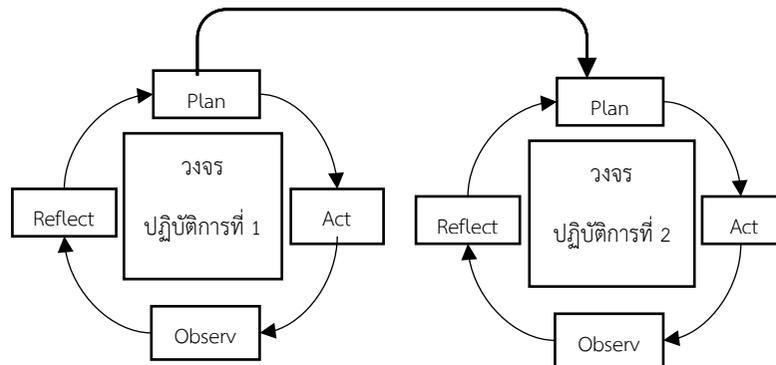
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยมุ่งเน้นในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และศึกษาเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยใช้รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) ซึ่งแนวคิดการวิจัยนี้สนับสนุนให้ครูเป็นนักวิจัยในสิ่งที่ครูปฏิบัติอยู่ โดยมีนักเรียน ผู้บริหาร หรือเพื่อนครูในโรงเรียนมีส่วนร่วมในการวิจัย เพื่อแก้ปัญหาในชั้นเรียนและพัฒนาการสอนของครูที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน (Wongwanich, 2017) ดังนั้นการวิจัยจึงมีการจำเพาะในชั้นเรียนด้วยวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพทำให้คณะผู้วิจัยได้ข้อมูลเชิงลึกในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้และศักยภาพของนักเรียนโดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์และผ่านการสะท้อนผลร่วมกัน (Phoodee, 2023; Saengsawang and Chaipichit, 2021; Prarinthong and Nuangchalerm, 2020) โดยนำกระบวนการของการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการวางแผน (Plan) ขั้นตอนการปฏิบัติการ (Act) ขั้นตอนการสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นตอนการสะท้อนกลับ (Reflect) ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 2 วงจรปฏิบัติการ โดยในแต่ละขั้นจะมีการดำเนินการต่อเนื่องกันเป็นวงจร ดังภาพที่ 1

การวิจัยครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้นำแนวคิดการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนมาใช้ ซึ่งเป็นงานที่ครูผู้สอนปฏิบัติอยู่ในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาการสอนและนำไปสู่การพัฒนาให้นักเรียนอันนำไปสู่การพัฒนาวิชาชีพครูและปรับปรุงพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียนและบริบทของสถานศึกษา ซึ่งเป็นทักษะและประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ของครูและการพัฒนาให้นักเรียนผ่านการเรียนรู้และการสะท้อนคิดในการแก้ปัญหาในชั้นเรียนร่วมกันของครู

กลุ่มเป้าหมาย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในเขตอำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม จำนวน 26 คน ซึ่งคัดเลือกจากระดับชั้นที่มีปัญหาเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์



ภาพที่ 1 การดำเนินการของวงจรการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้มี 3 ประเภทได้แก่

1. นวัตกรรมการเรียนรู้การจัดการจัดการเรียนรู้อย่าง 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษา เรื่อง ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ จำนวน 7 นวัตกรรม จำนวน 20 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 2 วงจรการปฏิบัติการ ดังนิตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจัดการจัดการเรียนรู้อย่าง 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษา เรื่อง ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ

วงจร	กิจกรรม	เรื่อง	ชั่วโมง
วงจรปฏิบัติการที่ 1	กิจกรรมที่ 1	เรียนรู้จากภูมิปัญญาความรู้เรื่องผ้า และการต่อยอดจากภูมิปัญญาเดิม โดยนักเรียนร่วมกันศึกษาวิถีทัศน์การผลิตผ้าฝ้ายทอมือ และร่วมวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของผลิตภัณฑ์ หาแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ฝ้ายทอมือ และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	3
	กิจกรรมที่ 2	ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการย้อมและพิมพ์สีจากธรรมชาติ โดยนักเรียนร่วมกันสำรวจและสืบค้นข้อมูลในการย้อมและพิมพ์สีจากธรรมชาติ และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	3
	กิจกรรมที่ 3	กระบวนการพื้นฐานในการพิมพ์ผ้าจากธรรมชาติและการผสมสารติดสีในการพิมพ์ผ้าจากธรรมชาติ โดยนักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและสืบค้นมาทดลองทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	3
	กิจกรรมที่ 4	การออกแบบองค์ประกอบและการพิมพ์ผ้าจากธรรมชาติ โดยนักเรียนร่วมกันปรับปรุงผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติที่ตนเองทำขึ้น ผ่านการออกแบบองค์ประกอบต่างๆ ที่ค้นพบ เช่น ลักษณะของสีใบไม้ ความคมชัดของลวดลายของใบไม้ ขนาดของใบไม้ เป็นต้น เพื่อให้ได้ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติที่สวยงามในชั้นเรียน	3
วงจรปฏิบัติการที่ 2	กิจกรรมที่ 5	การวิเคราะห์ตลาดและการออกแบบผลิตภัณฑ์ผ้าพิมพ์ลายจากธรรมชาติ โดยนักเรียนร่วมกันสำรวจและสืบค้นเพื่อหาข้อมูลนำมาวิเคราะห์ตลาด และร่วมกันอภิปราย จากนั้นออกแบบและทำผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ เช่น กระเป๋า พวงกุญแจ กีบติดผม เป็นต้น โดยใช้ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติที่สร้างขึ้น รวมทั้งมีการปรับปรุงและแก้ไขสินค้า และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	3
	กิจกรรมที่ 6	การทำบัญชีและการคำนวณราคาสินค้า โดยนักเรียนร่วมกันสำรวจและสืบค้นเกี่ยวกับราคาอุปกรณ์ในการทำผลิตภัณฑ์และนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณราคาสินค้า พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบกับราคาสินค้าในท้องตลาด และทำการปรับปรุงราคาให้เหมาะสม และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	2
	กิจกรรมที่ 7	การขายและการโฆษณา โดยนักเรียนร่วมกันสำรวจและสืบค้นวิธีการส่งเสริมการขาย รวมทั้งนำไปปฏิบัติจริง และนำเสนอประสบการณ์ที่ได้มาร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขวิธีการส่งเสริมการขายของแต่ละกลุ่ม และนำมาอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน	3
รวม			20

2. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยเป็นการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะออกเป็นส่วน ๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อย ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดละเอียดลออ โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ดีมาก (4) ดี (3) พอใช้ (2) และปรับปรุง (1) ดังตาราง 2 และเกณฑ์แปลผลความคิดสร้างสรรค์โดยรวมดังตาราง 3

ตารางที่ 2 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับพฤติกรรม	เกณฑ์การพิจารณา
1. ความคิดริเริ่ม	4 (ดีมาก)	ร่วมกันพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง
	3 (ดี)	ร่วมกันพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่
	2 (พอใช้)	ร่วมกันพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการผสมผสานและดัดแปลงจากความคิดเดิม
	1 (ปรับปรุง)	ร่วมกันพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่มีความคิดแปลกใหม่
2. ความคิดคล่อง	4 (ดีมาก)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 วิธีในเวลาที่กำหนด
	3 (ดี)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธีในเวลาที่กำหนด
	2 (พอใช้)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เพียง 1 วิธี
	1 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ในเวลาที่กำหนด
3. ความคิดยืดหยุ่น	4 (ดีมาก)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่น มาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย
	3 (ดี)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่ หรือนำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้
	2 (พอใช้)	ร่วมกันคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้แต่ยังไม่เหมาะสมกับงาน
	1 (ปรับปรุง)	ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้
4. ความคิดละเอียดลออ	4 (ดีมาก)	ร่วมกันคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วน และมีรายละเอียดที่สมบูรณ์
	3 (ดี)	ร่วมกันคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้
	2 (พอใช้)	ร่วมกันคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดแต่ขาดความชัดเจน
	1 (ปรับปรุง)	ไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด

ตารางที่ 3 เกณฑ์แปลผลความคิดสร้างสรรค์โดยรวม

รายการประเมิน	ระดับพฤติกรรม	คำอธิบาย
ความคิดสร้างสรรค์	3.51 - 4.00 (ดีมาก)	นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่ ซึ่งมีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 2 วิธีในเวลาที่กำหนดเหมาะสมต่อการใช้งานจริงได้ และวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่น มาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย การคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหา หรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วน และมีรายละเอียดที่สมบูรณ์
	2.51 - 3.50 (ดี)	นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่ ซึ่งมีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธีในเวลาที่กำหนด มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้และมีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้
	1.51 - 2.50 (พอใช้)	นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยการผสมผสานและดัดแปลงจากความคิดเดิม โดยมีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้เพียง 1 วิธี ในเวลาที่กำหนดโดยมีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือ นำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้แต่ยังไม่เหมาะสมกับงานและมีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดแต่ขาดความชัดเจน
	1.00 - 1.50 (ควรปรับปรุง)	นักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาโดยไม่มีความคิดแปลกใหม่ ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ในเวลาที่กำหนด ไม่สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้และไม่มีการคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิด

3. แบบสอบถามเจตคติของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยใช้เทคนิค Thurstone จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นการประมาณแบบมาตราส่วน 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Ruangsri, 2007) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เกณฑ์แปลผลระดับเจตคติของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้

คะแนน	ระดับเจตคติ
4.51-5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.51-4.50	เห็นด้วย
2.51-3.50	ไม่แน่ใจ
1.51-2.50	ไม่เห็นด้วย
1.00-1.50	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการด้วยรูปแบบการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom Action Research) โดยแต่ละวงจรปฏิบัติการมีขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

วงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Plan) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวางแผนดังนี้

1) คณะผู้วิจัยร่วมกันสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อหาแนวทางแก้ไขโดยผ่านกระบวนการชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC)

2) คณะผู้วิจัยได้ศึกษาศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มปีซีจีเพื่อศึกษา รวมทั้งร่วมกันแสวงหากิจกรรมที่มีความสอดคล้องกับวัฒนธรรมและบริบทท้องถิ่น

3) คณะผู้วิจัยร่วมกันพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) นวัตกรรมการเรียนรู้สะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา เรื่อง ผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ จำนวน 7 นวัตกรรม 2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และ 3) แบบสอบถามเจตคติของนักเรียน

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติการ (Act) ในการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E

ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยในแต่ละวงรอบการปฏิบัติงานจะมีการสะท้อนผลเพื่อทำการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งอันดับแรกครูผู้สอนได้ทำการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่ม 5-6 คน โดยคละนักเรียนที่มีความสามารถที่แตกต่างกันภายในกลุ่ม จากนั้นจึงทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนดังนี้

1) การสร้างความสนใจ (Engage) ครูผู้สอนกระตุ้นความสนใจนักเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงซึ่งครูให้นักเรียนได้เรียนรู้การทำผ้าทอมือผ่านสื่อวีดิทัศน์ เพื่อให้นักเรียนได้เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งต้องระบุปัญหาภายใต้ข้อจำกัดของสถานการณ์

2) ขั้นสำรวจ (Explore) ร่วมกันสำรวจและวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของผลิตภัณฑ์ โดยนักเรียนจะต้องสำรวจวิธีการทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ

3) ขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยและการทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ

4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) นักเรียนนำความรู้ในการทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติมาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดดังนี้ 1) ใช้วัสดุจากธรรมชาติให้คุ้มค่า 2) มีลวดลายสวยงาม

5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) ร่วมกันวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์

6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ร่วมกันประเมินชิ้นงานร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observe) คณะผู้วิจัยดำเนินการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรม

นักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และดำเนินการตามวงจรปฏิบัติการ

ขั้นตอนที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflect) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผล วิเคราะห์

ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงและพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

วงจรปฏิบัติการที่ 2

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผน (Plan) คณะผู้วิจัยได้ปรับปรุงและพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้หลังจากมีการพบ

ปัญหาและจุดบกพร่องจากวงจรปฏิบัติการที่ 1

ขั้นตอนที่ 2 การปฏิบัติการ (Act) ในการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 6E

ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา ดังนี้

1) การสร้างความสนใจ (Engage) ครูผู้สอนกระตุ้นความสนใจนักเรียนโดยใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงซึ่งครูคลิกโฆษณาสินค้าชนิดหนึ่งพร้อมทั้งให้ตรวจสอบราคาของสินค้าชนิดนั้น

2) ขั้นสำรวจ (Explore) ร่วมกันสำรวจและวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของการตลาดและผลิตภัณฑ์ โดยนักเรียนจะต้องสำรวจหาผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติได้

3) ขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนนำเสนอข้อค้นพบที่ได้จากวิเคราะห์จุดเด่น จุดด้อยของการตลาดจากผลิตภัณฑ์แปรรูปจากผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ ที่นักเรียนสำรวจมาพร้อมทั้งวิเคราะห์รายรับรายจ่ายและกำหนดราคาที่เหมาะสม

4) ขั้นวิศวกรรม (Engineer) นักเรียนออกแบบสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์และการขาย ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดดังนี้
1) ขายได้ทุกเพศทุกวัย 2) มีลวดลายสวยงาม

5) ขั้นปรับปรุง (Enrich) ร่วมกันวิเคราะห์หาข้อบกพร่อง ปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมทั้งออกแบบการขายและการโฆษณา

6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ร่วมกันประเมินชิ้นงานร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 3 การสังเกตการณ์ (Observe) คณะผู้วิจัยดำเนินการสังเกตและจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรมนักเรียนที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 4 การสะท้อนกลับ (Reflect) คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล สรุปผล วิเคราะห์ผลในการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคณะผู้วิจัยได้ใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยเป็นการสร้างเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูบริคส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะออกเป็นส่วนๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อย ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องตัว ความคิดยืดหยุ่นและความคิดละเอียดลออ โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 4 ระดับ (Ritcharoon, 2019) ได้แก่ 4 (ดีมาก) 3 (ดี) 2 (พอใช้) และ 1 (ควรปรับปรุง) ดังตารางที่ 2 และเกณฑ์ระดับพฤติกรรมของสมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีมของนักเรียนโดยรวม ซึ่งมีเกณฑ์การแปลผลระดับคุณภาพจากคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (Srisaat, 2010) ดังตารางที่ 2 และแบบสอบถามเจตคติของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษา โดยใช้เทคนิค Thurstone ซึ่งเป็นการประมาณแบบมาตราส่วน 5 ระดับ ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วยไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Ruaengsri, 2007) จำนวน 20 ข้อ

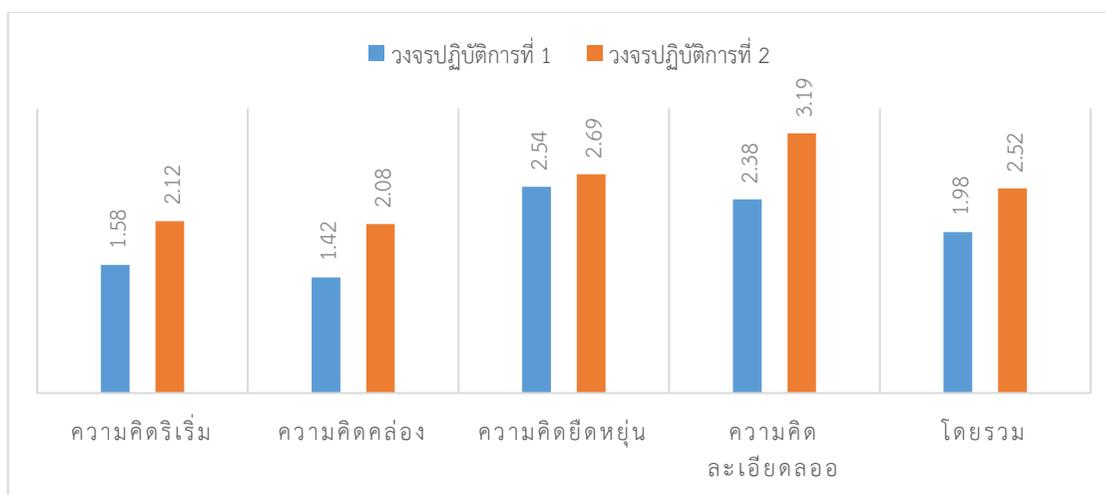
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คณะผู้วิจัยได้แบ่งผลสรุปออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษา

ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีการพัฒนาระดับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์โดยแยกตามองค์ประกอบและวงจรการปฏิบัติการ (ภาพที่ 2) ดังนี้ วงจรการปฏิบัติการที่ 1 ด้านความคิดริเริ่มมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ พอใช้ (1.58) ด้านความคิดคล่องมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง (1.42) ด้านความคิดยืดหยุ่นมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ดี (2.54) ด้านความคิดละเอียดลออมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ พอใช้ (2.38) และโดยรวมมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ พอใช้ (1.98) วงจรการปฏิบัติการที่ 2 ด้านความคิดริเริ่มมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ พอใช้ (2.12) ด้านความคิดคล่องมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ พอใช้ (2.08) ด้านความคิดยืดหยุ่นมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ดี (2.69) ด้านความคิดละเอียดลออมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ดี (3.19) และ โดยรวมมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ดี (2.52) ซึ่งจะเห็นว่าด้านความคิดคล่องมีระดับพฤติกรรมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง (1.42) เพิ่มขึ้นเป็นพอใช้ (2.08) และด้านความคิดละเอียดลออมีระดับพฤติกรรมของนักเรียนเพิ่มขึ้นจากระดับพอใช้ (2.38) เพิ่มขึ้นเป็นระดับดี (3.19) โดยนักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์และออกแบบผลงานได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงระดับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน



ภาพที่ 3 ผลงานการออกแบบและสร้างผลงานของนักเรียน

2. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา ของนักเรียน พบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X}=4.20$, $SD= 0.58$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า นักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง ($\bar{X}=4.52$, $SD= 0.50$) ถัดมาคือ นักเรียนตื่นเต้นเสมอในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ($\bar{X}=4.40$, $SD= 0.56$) และนักเรียนมีความสุขและสนุกในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ($\bar{X}=4.36$, $SD= 0.73$) และนักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนในชั้นเรียนมากขึ้น ($\bar{X}=4.36$, $SD= 0.55$) และนักเรียนคิดว่าในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้การพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น ($\bar{X}=4.28$, $SD= 0.44$) ตามลำดับ โดยนักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเองมากที่สุดซึ่งมีเจตคติอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อ	ประเด็นคำถาม	\bar{X}	SD	แปลผล
1	ตื่นเต้นเสมอในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	4.40	0.56	เห็นด้วย
2	กระตือรือร้นที่จะได้ทำกิจกรรมในชั้นเรียน	4.24	0.69	เห็นด้วย
3	มีความสุขและสนุกในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	4.36	0.73	เห็นด้วย
4	รู้สึกมีอิสระในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	4.16	0.60	เห็นด้วย
5	สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้จริงในชีวิตประจำวัน	4.20	0.70	เห็นด้วย
6	มีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง	4.52	0.50	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
7	มีความคิดที่แปลกใหม่เหมาะสมต่อการใช้งานจริง	4.08	0.67	เห็นด้วย
8	สามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้เสมอเมื่อเผชิญปัญหาในระหว่างทำกิจกรรม	4.04	0.59	เห็นด้วย

ข้อ	ประเด็นคำถาม	\bar{x}	SD	แปลผล
9	สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่น มาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย	4.00	0.62	เห็นด้วย
10	สามารถคิดแจกแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้อย่างครบถ้วน	4.04	0.55	เห็นด้วย
11	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำให้การพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น	4.28	0.44	เห็นด้วย
12	รู้สึกภาคภูมิใจวัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง	4.20	0.50	เห็นด้วย
13	มีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนในชั้นเรียนมากขึ้น	4.36	0.55	เห็นด้วย
14	ครุมีกิจกรรมในชั้นเรียนที่แปลกใหม่น่าสนใจ	4.24	0.58	เห็นด้วย
15	กิจกรรมในชั้นเรียนทำให้ได้ร่วมแบ่งปันความรู้กับเพื่อน	4.20	0.62	เห็นด้วย
16	กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง	4.08	0.47	เห็นด้วย
17	การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนทำให้นำไปสู่การสร้างรายได้	4.04	0.44	เห็นด้วย
18	กิจกรรมในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่สามารถสร้างอาชีพได้	4.24	0.58	เห็นด้วย
19	การจัดกิจกรรมในชั้นเรียนทำให้มั่นใจในการตอบคำถามและกล้าแสดงออก	4.20	0.56	เห็นด้วย
20	กิจกรรมในชั้นเรียนสามารถขยายผลไปทำที่บ้านหรือชุมชนได้	4.16	0.60	เห็นด้วย
โดยรวม		4.20	0.58	เห็นด้วย

อภิปรายผล

การศึกษาผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 คณะผู้วิจัยมีประเด็นในการอภิปรายผลดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ สืบเนื่องจากวงจรการปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีระดับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ในระดับ พอใช้ (1.98) และในวงจรการปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีระดับพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ในระดับ ดี (2.52) ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้าฝ้ายทอมือ ให้มีมูลค่าเพิ่มได้ โดยการทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติดังภาพที่ 4 จากนั้นนักเรียนร่วมกันหาวิธีและแปรรูปสินค้าจากภาพพิมพ์ลายธรรมชาติให้เป็น กระเป๋าชนิดต่าง เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม พวงกุญแจ เป็นต้น ดังภาพที่ 3 และสุดท้ายนักเรียนร่วมกันวิเคราะห์ตลาด ออกแบบการส่งเสริมการขายพร้อมทั้งวางแผนการขาย ดังภาพที่ 6 เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ โดยผลที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการออกแบบกิจกรรมของคณะผู้วิจัยซึ่งได้ใช้กิจกรรมผ่านโมเดลเศรษฐกิจปีซีจี ซึ่งในกิจกรรมที่นำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คณะผู้วิจัยให้ความสำคัญกับความหลากหลายทางชีวภาพและความหลากหลายทางวัฒนธรรมที่มีอยู่ในบริบทของชุมชนเกี่ยวกับเรื่องผ้าฝ้ายทอมือ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้กระบวนการผลิตผ้าทอมือจากธรรมชาติ เริ่มจากการปลูกฝ้ายจนเก็บเกี่ยวผลผลิตของฝ้ายแล้วนำมาผ่านกระบวนการทำให้เป็นเส้นด้ายและสุดท้ายนำมาทอเป็นผ้า โดยผ่านการจัดการเรียนรู้ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจี โดยมุ่งเน้นนักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตในชุมชน ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้การสร้างมูลค่าเพิ่มของทรัพยากรในชุมชน เชื่อมโยงกับเศรษฐกิจหมุนเวียน การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรให้คุ้มค่าให้จนเกิดเกิดเศรษฐกิจสีเขียวตามแนวคิดของ BCG economy Model โดยตั้งแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ มีข้อสังเกต หรือพฤติกรรมที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ ขั้นที่ 1. การสร้างความสนใจ (Engage) นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้พร้อมทั้งมีการตั้งคำถามว่าทำไมราคาผ้าทอมือที่ผลิตมาถึงราคาไม่สูง 2. ขั้นสำรวจ (Explore) นักเรียนร่วมสำรวจวิธีการเพิ่มมูลค่าให้กับผ้าทอมือ รวมทั้งสำรวจการตลาด นักเรียนออกแบบผลิตภัณฑ์ และทำการหารายรับรายจ่ายในการผลิตผลิตภัณฑ์ 3. ขั้นอธิบาย (Explain) นักเรียนร่วมกันอธิบายการวิเคราะห์และผลิตภัณฑ์ของตนเอง พร้อมทั้งมีการอภิปรายโต้แย้งกับเพื่อนร่วมชั้น 4. ขั้นวิศวกรรม (Engineer) นักเรียนร่วมกันสร้างผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งวิเคราะห์รายรับรายจ่ายจริง พร้อมทั้งตั้งราคาที่เหมาะสมกับตลาด 5. ขั้นปรับปรุง (Enrich) นักเรียนปรับปรุงผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งมีการหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตและหาแนวทางการส่งเสริมการขายเพื่อให้เกิดผลกำไร และ 6. ขั้นประเมินผล (Evaluate) ร่วมกันประเมินและวิพากษ์ผลงาน ซึ่งมีขั้นตอนดำเนินงาน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 (ก) ครูกระตุ้นความสนใจและนำเข้าสู่บทเรียน (ข) นักเรียนค้นหาออกแบบผลิตภัณฑ์ (ค) นักเรียนร่วมกันออกแบบปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (ง) นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลงานที่จะปรับปรุงพัฒนา (จ) นักเรียนลงมือทำผ้าพิมพ์ลายธรรมชาติ และ (ฉ) นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลของชิ้นงานและหาจุดบกพร่องและร่วมกันแก้ไขผลิตภัณฑ์ให้สมบูรณ์

สอดคล้องกับ Phooddee (2023) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาแบบ 6E Learning ร่วมกับ โมเดลเศรษฐกิจบีซีจีช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และยังมีคุณภาพภูมิใจในผลงาน วัฒนธรรมและภูมิปัญญาในท้องถิ่นของตนเอง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 (ก) การออกแบบผลิตภัณฑ์จากผ้าพิมพ์ลาย และ (ข) ผลิตภัณฑ์กระเป๋าถือจากผ้าพิมพ์ลาย

2. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับระดับเห็นด้วย (\bar{X} =4.20, SD= 0.58) ซึ่งเมื่อพิจารณารายข้อพบว่า นักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง รองลงมาคือนักเรียนตื่นตัวสนใจในการทำกิจกรรมและมีความสุขและสนุกในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน นอกจากนี้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนในชั้นเรียนมากขึ้น มีการพัฒนาด้านคิดสร้างสรรค์มากขึ้นและนักเรียนคิดว่ากิจกรรมในชั้นเรียนเป็นกิจกรรมที่สามารถสร้างอาชีพได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนากิจกรรมของคณะผู้วิจัยที่ออกแบบกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง โดยใช้สถานการณ์ที่มีอยู่จริงในชุมชน และคณะผู้วิจัยได้ค้นพบว่านักเรียนเกิดทักษะอาชีพสังเกตจากนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ มีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน และมีคุณธรรมและเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Makarin, Jindapan and Thongphubate (2018) พบว่า การพัฒนาทักษะชีวิตและอาชีพด้วยการจัดการเรียนรู้โครงงานสัมมาอาชีพศิลปสามารถส่งเสริมให้เกิดทักษะอาชีพโดยนักเรียนสามารถค้นพบจุดเด่นจุดด้อยของตนเอง คือ จำแนก แยกแยะสิ่งที่ดี สิ่งที่ต้องปรับปรุง และแสดงจุดเด่นจุดด้อยของตนเอง ให้ผู้อื่นรับรู้ด้วยความมั่นใจ สามารถคิดวิเคราะห์ ตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์ปัญหาและแก้ปัญหาที่เหมาะสมเมื่อเผชิญสถานการณ์ปัญหาได้ สามารถจัดการอารมณ์และสามารถสร้างความสุขให้กับตนเองและผู้อื่นได้เหมาะสมกับสถานการณ์ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 (ก) ใบงานการคำนวณราคากระเป๋า (ข) นักเรียนทดลองการขายออนไลน์ และ (ค) นักเรียนนำผลิตภัณฑ์ไปออกร้านขายจริง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระดับพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ วงจรปฏิบัติการที่ 2 ที่สูงขึ้นอยู่ในระดับดี หมายความว่านักเรียนสามารถพัฒนาชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาด้วยความคิดที่แปลกใหม่ ซึ่งมีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ 2 วิธีในเวลาที่กำหนด มีการคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำ สิ่งอื่นมาทดแทนสิ่งที่ขาดได้และมีการคิดแจจแจงรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาหรือขยายความคิดได้

2. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา โดยรวมอยู่ในระดับระดับเห็นด้วย ซึ่งนักเรียนมีความภาคภูมิใจในผลงานของตนเอง ตื่นตัวและมีความสุขและสนุกในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน โดยมีปฏิสัมพันธ์กับครูและเพื่อนในชั้นเรียนมากขึ้น รวมทั้งยังมีการพัฒนาด้านความคิดสร้างสรรค์มากขึ้นและสามารถสร้างอาชีพได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัย คณะผู้วิจัยพบว่ายังมีองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ยังอยู่ในระดับพอใช้ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม และความคิดคล่อง และเจตคติเจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มปีซีจีเพื่อการศึกษา ที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่ 1) นักเรียนสามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่หรือนำสิ่งอื่น มาทดแทนสิ่งที่ขาดได้อย่างหลากหลาย 2) นักเรียนสามารถหาวิธีการแก้ปัญหาได้เสมอเมื่อเผชิญปัญหาในระหว่างทำกิจกรรมและ 3) นักเรียนคิดว่าการจัดกิจกรรมในชั้นเรียนทำให้นำไปสู่การสร้างรายได้ ซึ่งอยู่ในระดับเห็นด้วย

เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนขยายโอกาส ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะมีความสามารถในการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลางลงมา ดังนั้นในการพัฒนาความคิดริเริ่มและการคิดคล่องจึงต้องใช้เวลาใน

การฝึกฝนผ่านสถานการณ์จริงเพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดดังกล่าว และนำไปสู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ตลาดต้องการรวมทั้งมีการคิดการส่งเสริมการขายเพื่อสร้างกำไรจากการลงทุนจนเกิดเป็นรายได้ต่อไป

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 6E Learning ตามแนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อการศึกษาไปใช้ ครูควรออกแบบกิจกรรมและใช้สถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อน มีขอบเขตที่ชัดเจน และมีข้อจำกัดหรือความท้าทายที่รัดกุมเหมาะสมกับความรู้ บริบทและวัฒนธรรมของของนักเรียน และเน้นให้นักเรียนได้มี การค้นคว้าหาความรู้เพื่อที่จะได้มาร่วมกันวิพากษ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งถัดไป

ผู้ที่สนใจในการทำวิจัยครั้งถัดไป การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอาจจะใช้เทคนิคการจัดการเรียนรู้อื่นร่วมกับ BCG economy Model เช่น เทคนิคกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เทคนิค scamper เทคนิค 5w1H เป็นต้น ซึ่งเทคนิคดังกล่าวสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยครูผู้สอนควรนำผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับบริบทและ วัฒนธรรมชุมชนของชุมชนของนักเรียนมาจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน เพื่อให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นและสร้าง มูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์รวมทั้งยังมีความภาคภูมิใจในวัฒนธรรมของตนเอง หรือผู้ที่สนใจอาจใช้แนวคิดสะเต็มพีซีจีเพื่อ การศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะ สมรรถนะและความฉลาดรู้ของนักเรียน ได้แก่ ทักษะการคิดขั้นสูง ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สมรรถนะการรวมพลังทำงานเป็นทีม สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน และความฉลาดรู้ทางการเงิน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนในโครงการการนำวิจัยไปใช้ประโยชน์ของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพ ในสิทธิส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและหลักความยุติธรรม

References

- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann Publications.
- Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E Learning by Design™ Model: Maximizing Informed Design and Inquiry in The Integrative STEM Classroom. *Technology and Engineering Teacher*, 73(6), 14–19.
- Chuelooppo, S., Bongkotphet, T. and Warangkanagool, C. (2018). STEM Education Through Engineering Design Process for Developing 10th Grade Students' Creative Thinking in Rotational Motion Topic (in Thai). *Social Sciences Research and Academic Journal*, 13(37), 119-132.
- Insupan, R. and Nuangchalerm, P. (2020). A Development of Scientific Creativity Thinking and Learning Achievemem to Mathayomsuksa 4 Students Through Inquiry-based STEM Learning (in Thai). *Journal of Yala Rajabhat University*, 15(2), 162-170.
- Jongluecha, P. and Worapun, W. (2022). Development of Creative in Science of Primary 3 student by 6E Learning on Steam education (in Thai). *Doctoral dissertation*, Mahasarakham: Mahasarakham University.
- Kemmis, S. and McTaggart, R. (1988). *The Action Research Planner*. Victoria: Deakin University Press.
- Makarin, S., Jindapan J. and Thongphubate T. (2018). The Developing of Life and Career Skills Based on Samaarcheevasilp Project (in Thai). *Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)*, 12(1), 185–196.

- Ministry of Education. (2003). **National Education Act 1999**. Retrieved 14 September 2023, from **GoToKnow**:. <https://www.moe.go.th/backend/wp-content/uploads/2020/10/1.-พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ-พ.ศ. 2542-ฉ.อ.พ.เดท.พ.ด.ฟ.pdf>
- Office of knowledge management and development. (2023). BCG: Bio-Circular-Green Economy (in Thai). Retrieved 14 September 2023, from **GoToKnow**: https://www.okmd.or.th/upload/pdf/2566/PDF/The_Knowledge_vol_28.pdf
- Office of the Education Council. (2017). **National Education Plan B.E. 2560-2579 (2017-2036)**. Bangkok: Prigwan Graphic.
- Phoodee, W. (2023). The development teamwork and collaboration competence of learners using the 6 E model in STEM education merge with the BCG economic model for grade-7 students in Chumchonbankampocktadokkeaw school (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 6(1), 105–119.
- Pongsupan, P., Sinlarat, P. and Kiewkor, S. (2019). The Development of a STEM-enriched Curriculum to Enhance the Creative Thinking and Productive Thinking Skills of Prathomsuksa 4 students (in Thai). **Journal of Education Studieds Chulalongkorn University**, 47(1), 219-239.
- Prarinthong, W. and Nuangchalerm, P. (2020). Development of modeling skill on entitle acid-base for year 11 students using model-based learning activity (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 17(3), 89-100.
- Ritcharoon, P. (2019). Scoring rubrics: The tool for teachers to accurately and fairly evaluate learning outcomes (in Thai). **STOU Education Journal**, 12(1), 1-16.
- Ruaengsri, S. (2007). In **Test Materials for Guidance Program** (pp. 187-229). Bangkok.
- Ruengrung, S. (2022). The effect of utilizing STEM BCG as project-based learning in solving local problems on Grade-6 students to increase learning achievement and problem-solving ability in science and technology (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 6(1), 150–160.
- Saengsawang, S. and Chaipichit, D. (2021). The development of grade 11 students’ problem-solving ability in the physics subject of sound through the STEM education approach of 6E learning together with the use of multimedia (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 6(6), 303–318.
- Seeprasong, C. Prakongsup, T. and Puckdee, W. (2021). The Development of Grade 10th Students’ Scientific Concepts of Cell Division and Satisfaction through Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education by 6E Learning Cycle (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 13(1), 402-420
- Srisaat, B. (2010). **Preliminary research (7th edition)**. Bangkok: Suwiriyasan.
- Supap, W. (2018). Mathematics learning based on STEM education: Approach, Expectation, and Challenge (in Thai). **Journal of education Naresuan University**, 20(4), 302–315.
- Tupsai, J. (2021). Integration stem education for students’ competencies in the 21st (in Thai). **Journal of Buddhist Education and Research**, 7(2), 288–299.
- Vongpralub, C. (2010). Creativity that can be created (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University (EDKKUJ)**. 33(4), 10-21.
- Wongwanich, S. (2017). **Classroom action research**. Bangkok: Chulabook.
- Yokyong, S. and Pitipornatapin, S. (2019). Development of grade –10 students’ argumentation skills through science, technology, engineering and mathematics (STEM) education by 6E learning cycle in topic of mission of environmental conservation (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 10(2), 183-200.



Research Article

Effects of a Seamless Inquiry-based Science Learning Strategy on Lower Secondary School Students' Science Motivation in Rural Context

Naratip Houynog¹, Kornchawal Chaipah² and Niwat Srisawasdi^{3,*}¹*Science and Technology Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand*²*Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Thailand*³*Division of Mathematics, Science, and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University, Thailand***Email: niwsri@kku.ac.th*

Received <15 January 2024>; Revised <23 February 2024>; Accepted <29 February 2024>

Abstract

Motivation in learning science is a critical factor influencing the efficacy of modern learners' educational experiences. Seamless learning is a pedagogical method that bridges learning gaps and enhances meaning and effectiveness. This approach incorporates digital technology into the learning process, serving as an aid to student engagement. This study aims to investigate the science motivation among a group of students engaged in science learning through a seamless inquiry-based method using mobile technology. The participants comprised 45 lower secondary school students from 7th and 9th graders in a public school. These students were exposed to a 300-minute seamless inquiry-based learning intervention. The science motivation was measured using a 5-point Likert scale questionnaire consisting of 25 items, divided into five subcategories: Intrinsic Motivation (IM), Career Motivation (CM), Self-Determination (SDT), Self-Efficacy (SEC), and Grade Motivation (GM). The students' science motivation was assessed before and after the intervention. The data was analyzed using the Independent Samples t-test to compare the students' science motivation. The research found that the sub-dimensions of IM, CM, SDT, and SEC in science motivation showed higher average scores after the learning period, except for GM, which showed the opposite effect. It was observed that there was a significant statistical improvement in the IM and CM dimensions. The study conclusively demonstrates that the seamless inquiry-based learning approach using mobile technology significantly enhances specific dimensions of science motivation among lower secondary school students.

Keywords: Seamless learning, Inquiry-based science learning, Mobile device, Science motivation

บทความวิจัย

ผลของการเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในบริบท ชุมชนชนบทโดยใช้กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ

นราธิป สุยนอก¹ และ กรชวัล ชายผา² นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{3*}

¹สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

²ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

³กลุ่มวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเทศไทย

*Email: niwsri@kku.ac.th

รับบทความ: 15 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 23 กุมภาพันธ์ 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 29 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการเรียนรู้ของผู้เรียนยุคใหม่ การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อเป็นกลวิธีการเรียนรู้ที่เชื่อมต่อช่องว่างการเรียนรู้ให้มีความหมายและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเรียนรู้เช่นนี้นั้นเป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนรู้และเป็นตัวช่วยในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อผ่านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมาร์ตโฟนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 45 คน โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และปีที่ 3 ของโรงเรียนภาครัฐแห่งหนึ่ง นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อเป็นระยะ 300 นาที และเก็บรวบรวมข้อมูลแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสอบถามแบบประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 25 ประเด็น ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ด้านย่อย ได้แก่ ความสนใจภายใน (IM) ความสนใจในอาชีพ (CM) การตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) ประสิทธิภาพของตนเอง (SEC) และ ความสนใจในผลการเรียน (GM) โดยที่นักเรียนถูกประเมินแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลวิธีดังกล่าว ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้การวิเคราะห์สถิติทดสอบสำหรับกลุ่มอิสระ (Independent Samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า มีதிய่อยด้าน IM, CM, SDT, และ SEC ของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ยกเว้นด้าน GM เท่านั้นที่มีผลตรงกันข้าม และพบว่านักเรียนกลุ่มนี้มีการพัฒนาด้าน IM และ CM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การใช้วิธีการเรียนรู้ที่สืบเสาะแบบไร้รอยต่อโดยใช้เทคโนโลยีสมาร์ตโฟนช่วยเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในมิติที่เฉพาะเจาะจงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์

บทนำ

แรงจูงใจ (Motivation) เป็นปัจจัยสาเหตุสำคัญหนึ่งในงานทางการศึกษาหรืองานด้านการจัดการเรียนการสอนในมิติการเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้ด้านจิตพิสัย (Affective domain) ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะด้านอารมณ์และความรู้สึกของบุคคล นอกจากนั้นแล้วแรงจูงใจมีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียนในงานทางการจัดการศึกษา ซึ่งแรงจูงใจนั้นถูกกล่าวถึงว่าทำหน้าที่เป็นเสมือนประตูของการเรียนรู้เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญที่เหนี่ยวนำความอยากรู้หรือความไม่อยากรู้ของผู้เรียน (Fortus and Touitou, 2021) นอกจากนั้นแล้ว Schunk, Pintrich and Meece (2008) ก็ได้กล่าวถึงความสำคัญองแรงจูงใจไว้ว่าเป็นกระบวนการภายในที่ทำให้กิจกรรมที่มุ่งเน้นเป้าหมายใด ๆ เกิดขึ้นได้และยังคงอยู่ได้อย่างต่อเนื่องต่อไป แต่ทว่ารายงานผลการวิจัยหลายทศวรรษที่ผ่านมาได้เน้นย้ำให้เห็นถึงแนวโน้มที่น่าเป็นห่วงถึงการลดลงอย่างชัดเจนของระดับแรงจูงใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในการศึกษาในช่วงเป็นเด็กถึงช่วงเป็นวัยรุ่น ตัวอย่างเช่นการศึกษาของ Anderman and Midgley (1997) และการศึกษาของ Vedder-Weiss and Fortus (2012) เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วมีการศึกษาวิจัยโครงการขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาของโรงเรียนในประเทศออสเตรเลียที่มีข้อค้นพบเช่นเดียวกันอีกว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทโรงเรียนระดับประถมศึกษาเน้นกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนอยู่กับประสบการณ์ของนักเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ทว่าในบริบทโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาเน้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ไม่ได้สอดคล้องกับประสบการณ์ตามช่วงอายุของนักเรียนและไม่สร้างการเหนี่ยวนำความอยากรู้ของนักเรียนด้วยที่สำคัญคือเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่ได้ตอบสนองต่อความสนใจใคร่รู้ของนักเรียนมากนัก จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนไม่มีแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science motivation) (Rennie, Goodrum and Hacking, 2001) ดังนั้นแล้ว การจัดการเรียนการสอนโดยครูผู้สอนหรือสถานศึกษาเพื่อเหนี่ยวนำและเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์นั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนยุคปัจจุบัน

แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของการเรียนรู้สาระวิชาทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก จากการศึกษาของ Ardura and Pérez-Bitrián (2018) ได้รายงานข้อค้นพบไว้ว่า นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ที่ลึกซึ้งและเคมีสูงนั้นจะได้ผลการเรียนรู้ในรายวิชาที่ตีมากกว่านักเรียนที่มีแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่น้อยกว่า อีกทั้งนักเรียนกลุ่มสูงดังกล่าวมีความสนใจในการเลือกศึกษาต่อทางด้านวิทยาศาสตร์มากด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นการเหนี่ยวนำและสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในบริบทการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนยุคใหม่ในช่วงศตวรรษที่ 21 นั้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่เป็นเครื่องมือในการดำรงชีวิตและการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ของคนยุคใหม่เพื่องานการจัดการศึกษาที่อาจจะเพิ่มระดับแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ได้นั้นได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการบูรณาการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัลในบริบทการจัดการศึกษาปัจจุบันของประเทศไทยนั้นก็ยังคงเป็นความท้าทายและมีตำแหน่งของโอกาสในการพัฒนาอยู่อีกมากโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับฐานความเชื่อเดิมและวัฒนธรรมก่อนหน้าของการจัดการศึกษาในสถานศึกษา Barak (2014) และ Kohen (2019) เคยกล่าวไว้ว่าการบูรณาการเทคโนโลยีเข้าสู่ชั้นเรียนนั้นควรจะต้องแน่ใจและมั่นใจว่ากระบวนการเรียนรู้โดยการใช้เทคโนโลยีนั้นจะต้องมีมูลค่าเพิ่มต่อการเรียนรู้ของนักเรียน และสำหรับบริบทการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แล้วนั้นนักวิชาการก็พบว่ากรอบแบบและการนำการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะไปใช้โดยร่วมกันกับเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพนั้นสามารถที่เพิ่มระดับแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ (Crawford, 2014; Lamb, Akmal and Petrie, 2015; Sharples *et al.*, 2015) สำหรับบริบทการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในโรงเรียนของประเทศไทยนั้น นักวิชาการได้รายงานข้อค้นพบที่น่าสนใจไว้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบเปิดโดยควบคู่กับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัลสามารถสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาได้ (Yodsanga and Srisawasdi, 2021; Soodjai and Srisawasdi, 2021) แต่ถึงกระนั้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในบริบทประเทศไทยเองและในนานาประเทศก็ยังคงเป็นความท้าทายและโอกาสอีกมากสำหรับการพัฒนาคุณภาพการจัดการศึกษาสำหรับผู้เรียนยุคใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบูรณาการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพาและสมาร์ตโฟน สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

ปัจจุบันนั้นมีความพยายามในการออกแบบและพัฒนากระบวนการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อีกรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การนำประโยชน์ของเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น อุปกรณ์พกพาที่เชื่อมต่อส่วนตัวและอุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพา เป็นต้น มาสร้างการเชื่อมต่อเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับการเรียนรู้ในโลกแห่งความเป็นจริงมากขึ้น (Aperio Foundation, 2017) กลวิธีการดังกล่าวสร้างขั้นตอนใหม่ในวิวัฒนาการของการเรียนรู้ที่เพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีโดยมีความต่อเนื่องของประสบการณ์การเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการเรียนรู้ดังกล่าวมานั้นเรียกว่า “การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ (Seamless learning)” การเรียนรู้ที่ไร้รอยต่อบ่งบอกว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเมื่อที่พวกเขาอยากดูอยากเห็น ในสถานการณ์ที่หลากหลายและพวกเขาสามารถเปลี่ยนจากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีก

สถานการณ์หนึ่งได้อย่างง่ายดายและรวดเร็วโดยใช้อุปกรณ์แบบพกพาส่วนตัวเป็นสื่อกลาง สถานการณ์เหล่านี้รวมถึงการเรียนรู้เป็นรายบุคคลกับกลุ่มของนักเรียนเอง กลุ่มออนไลน์ และโดยอาจมีส่วนร่วมของครูที่ปรึกษา และผู้ปกครอง ในระยะทางในสถานที่ต่าง ๆ ที่ไม่ใช่แค่ในห้องเรียน (Chan *et al.*, 2006) นอกจากนี้การเรียนรู้ที่ไร้รอยต่อยังเป็นการเรียนรู้ที่เชื่อมช่องว่างการเรียนรู้ส่วนตัวของผู้เรียนและกลุ่มของห้องเรียนซึ่งการเรียนรู้เกิดขึ้นผ่านความพยายามและความสนใจของแต่ละบุคคล เพื่อให้เกิดเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้ในห้องเรียนและนอกห้องเรียน (Looi *et al.*, 2010) จากรายงานผลการวิจัยของ Sritawan and Srisawasdi (2022) พบว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้สะสมแบบไร้รอยต่อในบริบทปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันนั้นสามารถสร้างเสริมสมรรถนะการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้นได้มากกว่ากลวิธีการเรียนรู้อื่น ดังนั้นแล้วกลวิธีการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อจึงเป็นอีกวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีโอกาสที่อาจจะรวมไปถึงการสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้อีกด้วย และที่สำคัญปัจจุบันมีการศึกษาเพื่อสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลายบริบทวิธีการได้แก่ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล (Yodsanga and Srisawasdi, 2021) การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้การ์ดเกมดิจิทัล (Soodjai and Srisawasdi, 2021) แต่ทว่า ณ ปัจจุบันยังสืบค้นไม่พบการศึกษาหรือวิจัยเกี่ยวกับผลของกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อที่มีต่อการเสริมสร้างแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในบริบทของประเทศไทยมาก่อน

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทดลองศึกษาแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่อยู่ในบริบทท้องถิ่นชนบทที่ได้รับกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ เพื่อให้ได้เป็นโอกาสในการได้ค้นพบแนวทางการประยุกต์ใช้อุปกรณ์การสื่อสารแบบพกพาในบริบทการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งนำข้อค้นพบจากผลการวิจัยที่ได้มาเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อปั้นแต่งแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียนต่อไปได้ในอนาคต

คำถามการวิจัย

จากที่มา ความสำคัญ และการศึกษาวรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดคำถามการวิจัยในครั้งนี้ว่า กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อจะสามารถสร้างเสริมแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในบริบทพื้นที่ชุมชนชนบทได้หรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัยที่กำหนดนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นก่อนและหลังที่ได้รับกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ

หลักการ แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อ (Seamless Learning)

Wong and Looi (2011) อ้างถึงใน Sritawan and Srisawasdi (2022) ได้อธิบายถึงการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อไว้ว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ให้เกิดความต่อเนื่องจากการเรียนรู้นอกห้องเรียนและการเรียนรู้ในห้องเรียน โดยนักเรียนจะได้สืบเสาะความรู้จากห้องเรียนผ่านงานที่ได้รับมอบหมายด้วยตนเอง ซึ่งความรู้และประสบการณ์นั้นจะต่อเนื่องกับการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในห้องเรียนผ่านวิธีการสอนอย่างเหมาะสม นอกจากนี้ Chan *et al.* (2006) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อว่านักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกเมื่อที่ต้องการ ในสถานการณ์หลากหลาย และสามารถเปลี่ยนจากสถานการณ์หนึ่งไปยังอีกสถานการณ์หนึ่งได้อย่างง่ายดายและรวดเร็ว โดยใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile) เป็นสื่อกลาง ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสนใจส่วนตัวของนักเรียน และเกิดการเรียนรู้แบบต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พกพา (Mobile Seamless Learning: MSL) ในรูปแบบต่อไปนี้

- MSL1 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ (Encompassing formal and informal learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมทั้งกิจกรรมนอกห้องเรียนและกิจกรรมในห้องเรียน โดยออกแบบให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องผ่านอุปกรณ์พกพา

- MSL2 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบบุคคลและสังคม (Encompassing personalized and social learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครอบคลุมการเรียนรู้จากเรียนรู้ตัวเองและการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม โดยใช้อุปกรณ์พกพา
- MSL3 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามเวลา (Across time) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเกิดขึ้นได้ทุกเวลาผ่านอุปกรณ์พกพา
- MSL4 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อข้ามสถานที่ (Across locations) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ทุกที่ผ่านการใช้อุปกรณ์พกพา
- MSL5 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย (Ubiquitous knowledge access) โดยการผสมผสานระหว่างการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่แพร่หลาย
- MSL6 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือน (Encompassing physical and digital worlds) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้การปฏิบัติจริงและการปฏิบัติในสถานการณ์จำลองให้เกิดความต่อเนื่องโดยใช้อุปกรณ์พกพา
- MSL7 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการใช้อุปกรณ์หลากหลายประเภทร่วมกัน (Combined use of multiple device types) เป็นการจัดการเรียนรู้โดยออกแบบให้มีการใช้เทคโนโลยีที่หลากหลายที่มีความเสถียร เช่น อุปกรณ์พกพา คอมพิวเตอร์ เป็นต้น
- MSL8 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อจากชิ้นงาน (Seamless switching between multiple learning tasks) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ระหว่างสร้างชิ้นงาน จากการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการสื่อสารผ่านอุปกรณ์พกพา
- MSL9 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสังเคราะห์ความรู้ (Knowledge synthesis) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนนำความรู้เดิมและประสบการณ์ที่ผ่านมา มาประยุกต์ใช้ผ่านทักษะการคิดและการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชาชีพ
- MSL10 — การเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบใช้การจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธี (Encompassing multiple pedagogical or learning activity models) เป็นการนำรูปแบบการจัดการเรียนที่หลากหลายมาจัดกระทำให้ความต่อเนื่องในการเรียนรู้ของนักเรียน

จากแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อที่กล่าวมาแล้วนั้น ดังนั้นแล้วการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือน (MSL6) ซึ่งเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การปฏิบัติจริงและการปฏิบัติในสถานการณ์จำลองโดยให้เกิดความต่อเนื่องในการเรียนรู้โดยใช้อุปกรณ์พกพาเพื่อเชื่อมโยงความรู้ที่เกิดขึ้นในโลกของความจริงและโลกดิจิทัลที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่เป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ แอปพลิเคชัน KKU Smart iNote ที่พัฒนาโดยศูนย์วิจัยนวัตกรรมการเรียนรู้แบบสมาร์ต มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของกลุ่มวิจัย Physic Education Technology (PhET) ของ University of Colorado Boulder ได้รับการนำมาใช้เพื่อสร้างการเชื่อมต่อการเรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้โดยการได้รับประสบการณ์การปฏิบัติจริงและการปฏิบัติกับสถานการณ์จำลองหรือเสมือนด้วย

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ (Inquiry-based science learning)

Buck, Bretz and Towns, (2008) อ้างถึงใน Soodjai and Srisawasdi (2021) ได้อธิบายการพัฒนาและนำเสนอเกณฑ์เชิงปริมาณเพื่อจัดระดับกระบวนการสืบเสาะในการจัดการเรียนรู้ไว้โดยแบ่งองค์ประกอบของกระบวนการสืบเสาะ 6 องค์ประกอบ ตามลักษณะของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถาม (Question/Problem) เป็นส่วนนำกระบวนการเรียนรู้โดยจะต้องเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อของการค้นคว้า และคำถามจะไม่ใช่คำถามที่ซับซ้อนและบ่งบอกถึงการศึกษาค้นคว้า 2) ทฤษฎีหรือข้อมูลพื้นฐาน (Theory/Background) เป็นข้อมูลความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการค้นคว้าหาคำตอบของปัญหาหรือคำถามที่ถูกกำหนดไว้ 3) กระบวนการหรือรูปแบบในการแก้ปัญหา (Procedures/Design) เป็นการวางแผน ออกแบบ และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการตอบคำถามหรือการแก้ไขปัญหาตามที่กำหนด 4) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล (Result analysis) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลดิบหรือสารสนเทศที่ได้จากเครื่องมือปฏิบัติเพื่อการตีความข้อมูลหรือสารสนเทศที่ค้นพบมาได้ 5) การสื่อสารความหมาย (Result communication) เป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองโดยนักเรียนสามารถออกแบบการนำเสนอเองหรือตามที่กำหนดไว้ได้ และ 6) การสรุปผล (Conclusion) เป็นการลงข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าหรือรายการผลการสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการปฏิบัติการทดลอง โดยแบ่งระดับการสืบเสาะได้เป็น 5 ระดับตามองค์ประกอบที่ให้แก่นักเรียน รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์เชิงปริมาณในการจัดระดับการสืบเสาะในการปฏิบัติการทดลอง (Buck, Bretz and Towns, 2008)

ลักษณะเฉพาะ	การสืบเสาะหา ความรู้แบบยืนยัน	การสืบเสาะ หาความรู้ แบบนำทาง	การสืบเสาะหา ความรู้แบบชี้ แนวแนะทาง	การสืบเสาะหา ความรู้แบบ เปิด	การสืบเสาะ หาความรู้ ตามสภาพ จริง
ปัญหา/คำถาม	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
ทฤษฎี	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
วิธีการ/การออกแบบ	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การวิเคราะห์ข้อมูล	ครูเตรียมให้	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การนำเสนอ	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้
การสรุปผล	ครูเตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้	ครูไม่เตรียมให้

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ใช้การสืบเสาะแบบชี้แนะแนวทาง (Guided-inquiry learning) ในรูปแบบสภาวะแวดล้อมการเรียนรู้แบบการจัดการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อแบบสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือน (MSL6)

แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ (Science Motivation)

แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ คือ สภาพทางอารมณ์ภายในซึ่งไปกระตุ้น ควบคุม และสนับสนุนพฤติกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนที่มีแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถประสบความสำเร็จทางวิชาการ โดยการกระตุ้นโน้มน้าว เช่น การถามคำถาม การแสวงหาข้อคิดเห็น การศึกษาและการเรียนแบบมีส่วนร่วม (Glynn *et al.*, 2011) โดยมีองค์ประกอบและความหมายดังต่อไปนี้

1) ด้านความจูงใจภายใน (Intrinsic Motivation) ซึ่งเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีอยู่ของบุคคลในการเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

2) ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (Self-Determination) เป็นการควบคุมความเชื่อของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

3) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (Self-Efficacy) การที่ผู้เรียนสามารถนำความเชื่อที่มีอยู่ เชื่อมโยงและจัดการให้บรรลุเป้าหมายในการเรียนวิทยาศาสตร์ได้

4) ด้านความจูงใจในการทำงาน (Career Motivation) การเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อผลตอบแทนเพื่อที่จะมีงานทำในอนาคต

5) ด้านความจูงใจในผลการเรียน (Grade Motivation) การเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อผลตอบแทนที่จะมีผลการเรียนที่ดี

โมบายแอปพลิเคชัน (Mobile Application)

แอปพลิเคชัน KKU Smart iNote เป็นหนึ่งในเครื่องมือสำคัญของระบบนิเวศการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบดิจิทัลที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการปฏิบัติงานการเรียนรู้ผ่านบริบทการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์สืบเสาะที่เสริมสร้างและการพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน โดยที่เน้นการเอื้ออำนวยการบ่มเพาะความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) นอกจากนั้นแล้วยังเป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการปฏิบัติงานการสอนของครูผู้สอนและนำไปสู่การพัฒนาความรู้ในการสอนจำเพาะเนื้อหาโดยใช้เทคโนโลยี (TPACK) สำหรับครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ได้ด้วย ซึ่งเครื่องมือนี้ถูกออกแบบและพัฒนาโดยนักวิจัยของศูนย์วิจัยของศูนย์วิจัยนวัตกรรมการเรียนรู้แบบสมาร์ต (Smart Learning Innovation Research Center: SLIRC) และถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนางานการสอนของครูผู้สอนวิทยาศาสตร์และส่งเสริมความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาในโครงการ KKU Smart Learning Academy ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นในปัจจุบัน



ภาพที่ 1 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน KKU iStyle Science Note : หน้าจอการลงเข้าใช้งาน (ก) หน้าจอตัวอย่างกิจกรรมการสืบเสาะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ข) และหน้าจอตัวอย่างกิจกรรมการสืบเสาะของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 (ค)

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research methodology) และแบบวิจัยในรูปแบบที่ยังไม่เข้าขั้นการทดลอง (Pre-experimental design) ในการศึกษาแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อโดยใช้เทคโนโลยีสมาร์ทโฟน โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 24 คน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 21 คน จำนวนรวมทั้งสิ้น 45 คนที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนขยายโอกาสประจำตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดบึงกาฬ ซึ่งได้กลุ่มนี้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงจากห้องเรียนที่ผู้วิจัยคนที่หนึ่งได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบปฏิบัติงานการสอน เพื่อเป็นโอกาสในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษาต้นสังกัดและพัฒนาแรงจูงใจของนักเรียนที่ตนเองรับผิดชอบโดยตรง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ปฐมนิเทศนักเรียนให้มีความเข้าใจในการใช้รูปแบบการจัดการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ (Seamless inquiry-based learning)

2) นำแบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนให้นักเรียนประเมินเป็นระยะเวลา 15 นาที

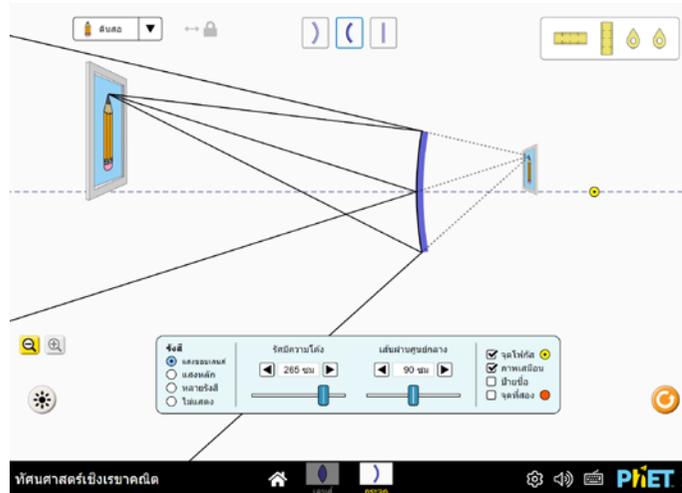
3) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสถานะของสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ คิดเป็นระยะเวลาโดยรวม 300 นาที ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรม ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ

บทบาทของครู: การนำเข้าสู่ขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะมีการสร้างความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมกับ

เรื่องที่จะศึกษา โดยครูนำเสนอสถานการณ์รูปภาพแสงและทัศนอุปกรณ์ โดยครูตั้งคำถามปลายเปิดเพื่อการสำรวจตรวจสอบผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote ว่า “นักเรียนคิดว่าเมื่อนำวัตถุมาวางไว้หน้ากระจกเงาแบบต่าง ๆ ภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นอย่างไรบ้าง” ทบทวนความรู้และนำเสนอแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับสมบัติของกระจกและชนิดของภาพที่เกิดจากกระจกและภาพที่เกิดจากกระจกเงาแบบต่าง ๆ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับสถานการณ์จำลอง (simulation) เรื่องทัศนศาสตร์เชิงเลขาคณิต ดังแสดงในภาพที่ 2

บทบาทของนักเรียน : สังเกตเกิดจากกระจกเงาแบบต่าง ๆ พร้อมทั้งศึกษาแนวคิดพื้นฐานเพื่อหาคำตอบของคำถามนำมาสู่ข้อกล่าวอ้าง (Claim) โดยระบุข้อกล่าวอ้างผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote



ภาพที่ 2 หน้าจอสถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET
(<https://phet.colorado.edu/th/simulations/geometric-optics>)

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการสืบเสาะ

บทบาทของครู : ครูกระตุ้นการให้นักเรียนทำกิจกรรมการสืบเสาะเป็นกลุ่มย่อย พร้อมกับวิเคราะห์ผลหรือข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลอง การสำรวจตรวจสอบทั้งในรูปแบบการทดลองจริงและการทดลองเสมือน

บทบาทของนักเรียน : นักเรียนปฏิบัติการสืบเสาะทั้งในรูปแบบการทดลองจริง และการทดลองเสมือน แล้วบันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกกิจกรรม/การสำรวจ แล้วนำผลที่ได้จากกิจกรรมการสืบเสาะไปวิเคราะห์ผลโดยข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะจะประกอบด้วยผลของการเกิดภาพจากกระจกและเลนส์ในกรณีต่าง ๆ ที่ทำการสืบเสาะจากการทดลองจริงและการทดลองเสมือน จากนั้นนักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง โดยระบุหลักฐาน (Evidence) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพแสดงนักเรียนปฏิบัติการสืบเสาะทั้งในรูปแบบการทดลองจริง (จ) และการทดลองเสมือน (จ)

ขั้นที่ 3 ขั้นหลังปฏิบัติการสืบเสาะ

บทบาทของครู : ครูกระตุ้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบเสาะพร้อมทั้งร่วมกันสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาในรูปแบบต่าง ๆ ในคำถามที่ว่า “นักเรียนคิดว่าชนิดของกระจกเงานั้นมีผลต่อการเกิดภาพอย่างไรบ้าง” อีกทั้งมีคำถามย่อยเพื่อให้นักเรียนเกิดการอภิปรายให้ชัดเจนยิ่งขึ้น คือ ภาพที่เกิดขึ้นเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง” เพื่อที่จะหาหลักฐานและเหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้างให้มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด และนำไปสู่การลงข้อสรุปผลการสืบเสาะ

บทบาทของนักเรียน : ตัวแทนนักเรียนในแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสืบเสาะที่ได้จากการดำเนินการสืบเสาะและวิเคราะห์ผลจากการสังเกต การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ โดยแต่ละกลุ่มนำเสนอแลกเปลี่ยนแนวคิด และอภิปรายผลร่วมกันระหว่างกลุ่มทั้งห้องเรียน ซึ่งจะต้องประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้างในขั้นก่อนปฏิบัติการสืบเสาะ และหลักฐานในขั้นปฏิบัติการสืบเสาะ เพื่อนำมาสู่การสรุปผลที่เกี่ยวข้องกับหลักการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนสามารถหาหลักการและทฤษฎีที่ได้มาใน การให้เหตุผล (Reasoning) ผ่านแอปพลิเคชัน KKU Smart iNote เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและหลักฐานดังกล่าวให้เป็นที่ยอมรับและน่าเชื่อถือ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การให้เหตุผล (Reasoning) ผ่านแอปพลิเคชัน iStyle Science Note เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง (ฉ) และหลักฐาน (ช)

4) หลังจากที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสร็จสิ้นแล้ว นำแบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนให้นักเรียนประเมิน

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้แบบวัดแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวนทั้งสิ้น 25 ข้อ (Glyn *et al.*, 2011) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ด้านย่อย ได้แก่ 1) ด้านความสนใจภายใน (Intrinsic Motivation: IM) 2) ด้านความสนใจในการทำงาน (Career Motivation: CM) 3) ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (Self-Determination: SDT) 4) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (Self-Efficacy: SEC) 5) ด้านความสนใจในผลการเรียน (Grade Motivation: GM) และมีจำนวนประเด็นถามของแต่ละด้านย่อยจำนวนด้านย่อยละ 5 ข้อ แบบสอบถามดังกล่าวได้รับการแปลเป็นฉบับภาษาไทยและค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha ของแบบสอบถามในฉบับภาษาไทยนั้นเท่ากับ 0.92 กล่าวเป็นนัยว่าแบบสอบถามมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

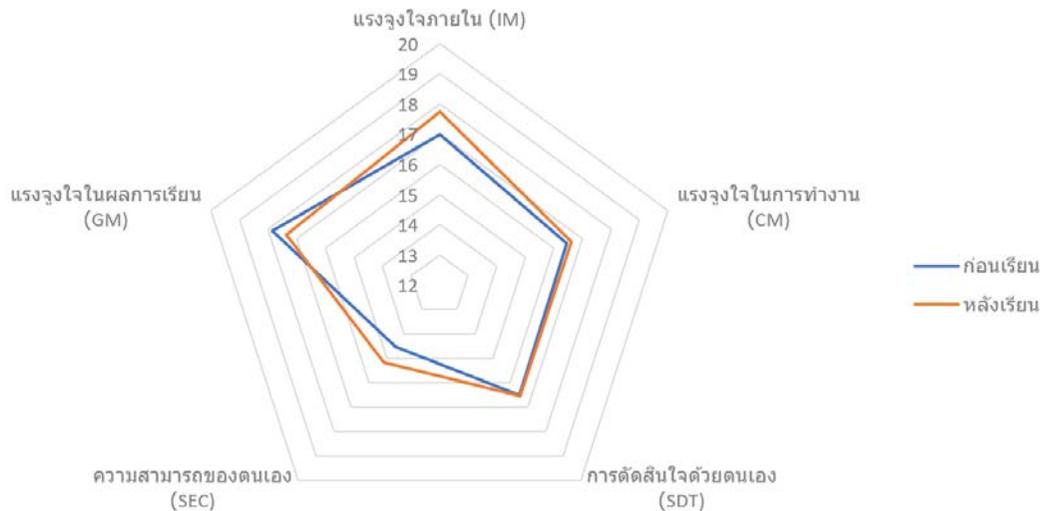
ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์โดยให้ผู้เข้าร่วมทั้งหมดกรอกแบบสำรวจหลังจากได้รับการจัดเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้การวิเคราะห์สถิติเชิงอ้างอิงแบบใช้พารามิเตอร์แบบ Paired samples t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลคะแนนแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

แรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

จากการวิเคราะห์ผลการตรวจแบบสอบถามวัดแรงจูงใจที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบวัดแรงจูงใจมาตรวจให้คะแนนโดยได้วิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างกันในมิติย่อยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความสนใจภายใน (IM) 2) ด้านความสนใจในการทำงาน (CM) 3) ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) 4) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (SEC) 5) ด้านความสนใจในผลการเรียน (GM) ของนักเรียนหลังเรียนรู้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังภาพที่ 5

จากผลคะแนนแรงจูงใจก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นทั้งสองระดับชั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์สถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนดังกล่าวโดยใช้สถิติแบบพารามิเตอร์ที่เป็นสถิติ Paired samples t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลคะแนนแรงจูงใจก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละด้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำเสนอได้ดังตารางที่ 2



ภาพที่ 5 กราฟแรงจูงใจที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในด้านย่อยต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกันของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ด้านย่อย	การวัด	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	p	Cohen's d
IM	ก่อนเรียน	45	16.67	3.337	2.911	.006*	0.434
	หลังเรียน	45	17.82	2.724			
CM	ก่อนเรียน	45	12.98	3.480	3.315	.002*	0.494
	หลังเรียน	45	14.24	2.725			
SDT	ก่อนเรียน	45	16.09	3.592	0.877	.385	0.131
	หลังเรียน	45	16.56	3.300			
SEC	ก่อนเรียน	45	16.00	3.198	1.760	.085	0.262
	หลังเรียน	45	16.84	3.052			
GM	ก่อนเรียน	45	17.42	3.361	0.747	.459	0.111
	หลังเรียน	45	17.04	3.457			

* $p < .05$

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์พบว่า ด้านความจูงใจภายใน (IM) ($t = 2.911$, $p = 0.006$, $d = 0.434$) และด้านความจูงใจในการทำงาน (CM) ($t = 3.315$, $p = 0.002$, $d = 0.494$) เท่านั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และขนาดของความแตกต่างอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนด้านย่อยอื่น ๆ ได้แก่ ด้านการตัดสินใจด้วยตนเอง (SDT) ($t = 0.877$, $p = 0.385$, $d = 0.131$) ด้านประสิทธิภาพของตนเอง (SEC) ($t = 1.760$, $p = 0.085$, $d = 0.262$) และด้านความจูงใจในผลการเรียน (GM) ($t = 0.747$, $p = 0.459$, $d = 0.111$) มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและก่อนเรียนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปผลได้ว่า กลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อสามารถเพิ่มความจูงใจภายใน (IM) และความจูงใจในการทำงาน (CM) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งบ่งบอกถึงว่าการได้รับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อส่งผลต่อการเกิดความอยากรที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองหรือการแสวงหาการเรียนรู้ด้วยตนเองมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีความมั่นใจมากขึ้นกว่าเดิมว่าตนเองสามารถที่จะปฏิบัติงานในสายอาชีพที่เกี่ยวข้องกับงานทางวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยีได้ ซึ่งสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับผลการศึกษาก่อนหน้าของ Yodsanga and Srisawasdi (2021) และ Soodjai and Srisawasdi (2021) ที่พบว่าการจัดการ

เรียนรัฐวิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบพกพาร่วมด้วยนั้นสามารถเพิ่มความสนใจภายในและความสนใจในการทำงานอันเป็นปัจจัยองค์ประกอบของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้เช่นเดียวกัน

สรุปผล ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่าแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่อยู่ในบริบทชุมชนชนบทที่ได้รับการจัดการเรียนรัฐวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อมีการถูกพัฒนาความสนใจภายใน (IM) และความสนใจในอาชีพ (CM) ซึ่งเกิดขึ้นจากที่นักเรียนได้รับประสบการณ์ที่ส่งให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเองและสามารถที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมาร์ตโฟนมาช่วยเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนทำให้นักเรียนมีความต้องการที่จะเรียนรู้หรือแสวงหาบางสิ่งบางอย่างด้วยตนเองแล้วเรียนรู้ด้วยความรู้สึกใฝ่ดีในตัวของนักเรียนเองได้

ข้อจำกัด

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรัฐวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยีสมาร์ตโฟน ในการจัดเรียนรู้เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนจำนวน 45 คน ที่ได้รับการจัดการเรียนรัฐไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยีสมาร์ตโฟน ในเนื้อหาาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อสถานะของสาร และระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ซึ่งการจัดการเรียนรู้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดกิจกรรมที่ทำให้การทดลองในสถานการณ์จริงและสถานการณ์เสมือนที่ต้องมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยในแต่ละการทดลองในสถานการณ์จริงนั้นอาจไม่ได้มีการทดลองสถานการณ์เสมือนมาสนับสนุนการทดลองจากสถานการณ์จริงได้ทุกสถานการณ์ และผลลัพธ์ที่เป็นข้อค้นพบในการวิจัยนี้ไม่สามารถที่จะนำไปสู่การสรุปอ้างอิงไปสู่กลุ่มนักเรียนกลุ่มอื่นได้ด้วยข้อจำกัดในการเลือกกลุ่มนักเรียนผู้ที่เข้าร่วมการวิจัยอย่างเจาะจง

ข้อเสนอแนะ

จากข้อค้นพบที่ว่าจัดการเรียนรัฐวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อช่วยสร้างเสริมองค์ประกอบสำคัญของแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ได้นั้น เพื่อให้ผลการปฏิบัติงานการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้นั้น ครูผู้สอนควรเตรียมนักเรียนในการดำเนินกิจกรรมจัดการเรียนรัฐวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบไร้รอยต่อผ่านเทคโนโลยีสมาร์ตโฟนโดยให้นักเรียนเข้าใจในทุกกระบวนการอย่างชัดเจน เนื่องจากจะช่วยในการสร้างความเข้าใจที่ส่งผลแรงจูงใจและความรู้ของผู้เรียน อีกทั้งยังจะช่วยให้การลดเวลาที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ให้ทันตามกำหนดการหรือกระบวนการที่ได้วางไว้ และสำคัญที่สุดนั้นจะเป็นตัวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนได้อย่างเต็มที่

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ชี้แจงถึงการสังเกตการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และขออนุญาตถ่ายภาพ โดยไม่ให้เห็นหน้าของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยขอรับรองว่าข้อมูลที่ได้รับจากท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ประการใด จะไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัวของท่าน และดำเนินการทำลายข้อมูลภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย

References

- Anderman, E. M. and Midgley, C. (1997). Changes in achievement goal orientations, perceived academic competence, and grades across the transition to middle-level schools. *Contemporary Educational Psychology*, 22(3), 269–298.
- Aperio Foundation. (2017). Aperio Learning Analytics Initiative. Retrieved 1 September 2020, from **Aperio**: <https://www.aperio.org/projects/openlrs>
- Ardura, D and Pérez-Bitrián, A. (2018). The effect of motivation on the choice of chemistry in secondary schools: adaptation and validation of the Science Motivation Questionnaire II to Spanish students. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 905-918.
- Barak, M. (2014). Closing the Gap Between Attitudes and Perceptions About ICT-Enhanced Learning Among Pre-service STEM Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 1–14.

- Buck L. B., Bretz, S. L. and Towns, M. H. (2008). Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory. **Journal of College Science Teaching**, 38(1), 52-58.
- Chan, T. W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, Sharples, M., Brown, T., Patton, C., Cherniavsky, J., Pea, R., Norris, C., Soloway, E., Balacheff, N., Scardamalia, M., Dillenbourg, P., Looi, C.-K., Milrad, M. and Hoppe, U. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: an opportunity for global research collaboration. **Research and Practice in Technology-Enhanced Learning**, 1(1), 3–29.
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In **N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), Handbook of Research on Science Education** (pp. 515–541). Routledge.
- Fortus, D., and Touitou, I. (2021). Changes to students’ motivation to learn science. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, 3(1), 1-14.
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N. and Taasooobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. **Journal of Research in Science Teaching**, 48(10), 1159-1176.
- Kohen, Z. (2019). Informed integration of IWB technology, incorporated with exposure to varied mathematics problem-solving skills: Its effect on students’ real-time emotions. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, 50(8), 1128–1151.
- Lamb, R., Akmal, T. and Petrie, K. (2015). Development of a cognition-priming model describing learning in a STEM classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, 52(3), 410–437.
- Looi, C. K., Seow, P., Zhang, B., So, H.-J., Chen, W. and Wong, L.-H. (2010). Leveraging mobile technology for sustainable seamless learning: a research agenda. **British journal of educational technology**, 41(2), 154–169.
- Rennie, L. J., Goodrum, D. and Hacking, M. (2001). Science teaching and learning in Australian schools: Results of a national study. **Research in Science Education**, 31(4), 455–498.
- Schunk, D. H., Pintrich, P. R. and Meece, J. L. (2008). **Motivation in education: Theory, research, and application**. Upper Saddle River: Pearson.
- Sharples, M., Scanlon, E., Ainsworth, S., Anastopoulou, S., Collins, T., Crook, C. and Malley, C. O. (2015). Personal inquiry: Orchestrating science investigations within and beyond the classroom. **The Journal of the Learning Sciences**, 24(2), 308–341.
- Soodjai, S. and Srisawasdi, N. (2021). Effect of Digital Card Game-based Open Inquiry Science Learning on Protein Synthesis on Secondary School Students’ Learning Motivation toward Biology (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(4), 68-83.
- Sritawan, N. and Srisawasdi, N. (2022). Effect of seamless STEM learning on Newton’s law of motion on scientific explanation competency (in Thai). **Journal of Education (Graduate Studies Research) Khon Kaen University**, 16(1), (32-54).
- University of Colorado Boulder. PhET: Geometric Optics. Retrieved 13 October 2020, from **PhET Interactive Simulations**: <https://phet.colorado.edu/th/simulations/geometric-optics>
- Vedder-Weiss, D. and Fortus, D. (2012). Students’ declining motivation to learn science: A follow-up study. **Journal of Research in Science Teaching**, 49(9), 1057–1095.
- Wong, L. H. and Looi, C. K. (2011). What seams do we remove in mobile-assisted seamless learning? A critical review of the literature. **Computers & Education**, 57(4), 2364 - 2381.
- Yodsanga, S. and Srisawasdi, N. (2021) The Effect of Using Digital Board Game-Based Learning Scientific Inquiry Approach. On Science Motivation Regarding Photosynthesis Phenomenon (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(3), 144-162.



Research Article

Problems and needs of instruction in chemistry on Stoichiometry of tenth-grade students

Aekgaraj Tagaew^{1,*}¹Department of Science and Technology, Ratanaratbumrung School, Ban Pong, Ratchaburi

*Email: Aekchem44@gmail.com

Received <7 December 2023>; Revised <24 April 2024>; Accepted <25 April 2024 >

Abstract

The purposes of this research were 1) to study problems and needs of stakeholders related to instruction in chemistry on stoichiometry, and 2) to study needs of instruction in chemistry on stoichiometry of tenth-grade students. The participants were divided into 2 groups; Group 1, employing a qualitative approach, comprised 7 key informants chosen through purposive sampling, participating in focus group discussions, and Group 2, employing quantitative approach, comprised of 132 tenth-grade students in the second semester of the 2023 academic year in a school at Ratchaburi province, selected by simple random sampling. The research tools included focus group discussion guidelines and the structured questionnaires. The reliability coefficient was 0.969. The collected data were analyzed by descriptive statistics, mean, percentage, and standard deviation. The results revealed that the problems of a large amount of chemistry content that could not be instructed followed by the curriculum within limited time. Students lacked of the responsibility for the content in advance before taking the class and linking knowledge in daily life. Although learning activity was well-designed, the acquired knowledge could not be effectively applied. Also, students lacked of skills in using scientific experimental equipment, and self-learning through online media. It was necessary for students to study the content in advance on their own by using new technologies, focusing on practical activities, and using online media to enhance understanding of abstract chemistry concepts and the various methods and tools for measurement and evaluation were also needed to designed. For the need of instruction in chemistry on stoichiometry of tenth-grade students, it was high in all four aspects ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.93), including content, instruction, learning media and measurement and evaluation.

Keywords: Problems and needs, Instruction, Focus group discussion, Stoichiometry

บทความวิจัย

สภาพปัญหาและความต้องการในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายเอกราช ตาแก้ว^{1*}

¹กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนรัตนราชบุรีบำรุง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

* Email: Aekchem44@gmail.com

รับบทความ: 7 ธันวาคม 2566 แก้ไขบทความ: 24 เมษายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และ 2) เพื่อศึกษาความต้องการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพใช้กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก จำนวน 7 คน ใช้วิธีสนทนากลุ่ม ได้มาจากการคัดเลือกแบบเจาะจง และกลุ่มที่ 2 เป็นการศึกษาเชิงปริมาณจะใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดราชบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 132 คน ได้มาจากการเลือกสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม และแบบสอบถาม มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.969 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า สภาพปัญหาเนื้อหาวิชาเคมีที่มีจำนวนมากไม่สามารถจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรภายในเวลาที่กำหนด นักเรียนขาดความรับผิดชอบในการศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าก่อนเข้าห้องเรียน และการนำความรู้มาเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน แม้ว่ากิจกรรมการเรียนการสอนได้รับการออกแบบมาอย่างดี แต่ไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้ได้ และนักเรียนยังขาดทักษะในการใช้อุปกรณ์ทดลองทางวิทยาศาสตร์และการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อออนไลน์ และต้องการให้นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าด้วยตนเอง โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ เน้นกิจกรรมภาคปฏิบัติ และใช้สื่อออนไลน์เพื่อเพิ่มความเข้าใจเนื้อหาการเรียนรู้อย่างเป็นนามธรรมของวิชาเคมี และออกแบบวิธีการและเครื่องมือที่หลากหลายในการวัดและประเมินผล และความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวม 4 ด้าน อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.93) ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล

คำสำคัญ: สภาพปัญหาและความต้องการ การจัดการเรียนการสอน การสนทนากลุ่ม ปริมาณสารสัมพันธ์

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นั้นมีองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียน การสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนใน แต่ละระดับชั้นให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้ วิทยาศาสตร์ได้ด้วยการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะ ในศตวรรษที่ 21 (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2020) และการจัดการเรียนการสอน ในปัจจุบันถึงแม้จะได้พยายามจัดให้มีแบบแผนที่เอื้ออำนวยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนแล้วก็ตามแต่ผลก็ยังไม่เป็นไป ตามคาดหวังมากนักยังมีผู้เรียนอีกเป็นจำนวนมากที่ไม่ประสบผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายตามเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากปัจจัยและ องค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเรียนรู้นั้นมีหลากหลาย (Khaemmanee, 2020) ซึ่งการเรียนรู้มี 3 ระดับ ประกอบด้วย 1) ระดับผิว (surface learning) 2) ระดับลึก (deep learning) และ 3) ระดับที่นำไปใช้ได้ สถานการณ์อื่น ๆ ได้ หรือรู้เชื่อมโยง (transfer) โดยที่ครูผู้สอนต้องออกแบบการเรียนการสอนให้เริ่มจากง่ายไปยากหรือจากเป้าหมายรู้ผิว ๆ ไปสู่รู้ลึกและในที่สุดรู้เชื่อมโยง และ ออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ฝึกคิดฝึกแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่น ฝึกอยู่กับความคิดที่ไม่ตรงกับความคิด ของตนไม่ยึดมั่นถือมั่นกับความคิดของตนเอง และไม่ยึดมั่นถือมั่นอยู่กับความคิดถูกหรือผิด ฝึกตั้งคำถาม ฝึกสนุกอยู่กับความไม่รู้ และฝึกแก้ปัญหา โดยการใช้สื่อประสม (multimedia) จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและได้ปฏิบัติที่ชัดเจนมากขึ้น ส่วนการวัดและ ประเมินผลควรวัดความรู้ความเข้าใจในระดับเชื่อมโยง ซึ่งเป็นการเตรียมผู้เรียนให้พร้อมต่อการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง และ หน้าที่หลักครูผู้สอนแห่งศตวรรษที่ 21 ต้องช่วยให้ผู้เรียนรู้สึกสนุกกับความท้าทายในการเรียนไม่ใช่ท้อถอย และครูผู้สอนต้องรู้ว่าใน ขณะนั้นต้องจัดการเรียนรู้ในระดับผิว ลึก หรือนำไปใช้ในต่างบริบทได้ในสัดส่วนผสมอย่างไรและต้องให้ผู้เรียนทราบเป้าหมาย การเรียนรู้ โดยมีเกณฑ์บอกความสำเร็จ ซึ่งปัจจัยพื้นฐานทั้งสามนำไปสู่การเรียนการสอนที่ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้ระดับสูง (Panich and Susilawan, 2020)

โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาราชบุรี ได้จัดทำหลักสูตร สถานศึกษา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อพัฒนาผู้เรียน ทั้งศาสตร์และศิลป์ คุณลักษณะ สมรรถนะของผู้เรียน โดยนำพระบรมราโชบายด้านการศึกษาของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว คือ การศึกษาต้องมุ่งสร้างพื้นฐานให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง มีพื้นฐานชีวิตที่มั่นคง มีงานทำ มีอาชีพ และ เป็น พลเมืองดีมีคุณธรรม เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการ มาตรฐานการศึกษาของชาติ พ.ศ. 2561 และ ตอบสนองนโยบายไทยแลนด์ 4.0 มีความพร้อมในการก้าวสู่สังคมคุณภาพ มีความรู้อย่างแท้จริง และมีทักษะในศตวรรษที่ 21 แต่เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของรายวิชาเคมี 30222 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564-2565 ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ พบว่า ระดับผลการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 54.38 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยที่ต่ำกว่า เกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 75 (Academic Department Ratanaratbumrung School, 2022) จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่กล้าที่จะตอบคำถามหรือพูดแสดงความคิดเห็น จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้ เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมียังคงเป็นปัญหาและควรได้รับการแก้ไข ซึ่งวิชาเคมีเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติ ของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารและพลังงาน โดยเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นการศึกษาเชิงปริมาณของสูตรเคมีและปฏิกิริยา ทางเคมี (Martin, 2009) เนื้อหาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ประกอบด้วยปฏิกิริยาเคมี สมการเคมี การคำนวณ ปริมาณสารในปฏิกิริยาสารกำหนดปริมาณและผลได้ร้อยละ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2020) และจากงานวิจัยของ Viriyatham, Chaiprasert and Srisanyong (2018) พบว่า นักเรียนยังขาดความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหาและไม่เข้าใจหลักการและความสัมพันธ์ของเนื้อหา รวมทั้งวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบในเรื่อง ปริมาณสาร สัมพันธ์ ทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาไม่ได้ เมื่อเจอโจทย์ปัญหาที่เป็นสถานการณ์ที่แตกต่างจากเดิมที่กำหนดให้แต่ถ้า ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิค KWDL ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า มีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง เฉลี่ยร้อยละ 59.93 โดยให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือทดลอง บันทึก สรุปผลการทดลองและแก้ โจทย์ปัญหาด้วยตนเองจะทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนค้นหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และนักเรียนที่มี มโนคติไม่เพียงพต่อการคำนวณและขาดการเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้มโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียน แต่เมื่อได้รับการจัดการ เรียนตามแนวการเปลี่ยนแปลงมโนคติ นักเรียนมีระดับมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ที่สูงขึ้นและนอกจากนี้ สามารถพัฒนาการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้อยู่ในระดับสูงได้ (Sompetch, Chanunand Klamtet, 2020) และนักเรียนหลายคนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้และนักเรียนขาดทักษะในการเขียนสูตรเคมีการเขียนและ ดุลสมการเคมีขาดความเข้าใจในเรื่อง โมล มวลโมเลกุล กฎทรงมวลและสารกำหนดปริมาณส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์

ปัญหาปริมาณสารสัมพันธ์ได้ (BouJaoude and Barakat, 2000) และข้อมูลที่ได้จากการสนทนาแลกเปลี่ยนกันในห้องเรียนทั้งกลุ่มย่อยและทั้งชั้นเรียนพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีปัญหาเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณสารสัมพันธ์ (Srivirojn *et al.*, 2014)

การจัดการเรียนการสอนที่จะให้ได้ผลดีนั้น ครูผู้สอนจำเป็นต้องมีความสามารถในการจัดการออกแบบการเรียนการสอน (designing instruction) ที่มีประสิทธิภาพ ความสามารถนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของวิชาชีพในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่ดี ครูผู้สอนจะต้องสามารถกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหาสาระ และความคิดรวบยอดที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียน และออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่สามารถช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายได้โดยสะดวก รวมทั้งมีการวัดและประเมินผลที่เหมาะสมตรงตามจุดมุ่งหมาย (Khaemmanee, 2020) และงานวิจัยของ Klinkla, Phibanchon and Srisanyong (2016) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และวิธีการแบบเปิดเพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์วิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ทำให้ความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 75 และการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟพีไอเอส (FOPS) ทำให้นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม (Prasoetthai and Cojorn, 2023) และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ตัวแทนความคิดทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ช่วยส่งเสริมความเข้าใจโมเดล เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์สำหรับนักเรียนได้ (Sukhamsri, Kuno and Pinthong, 2023) และ ครูควรสอดแทรกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเข้าสู่กระบวนการเรียนการสอนและควรฝึกให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบอย่างสม่ำเสมอ (Maneerat and Dornbundit, 2017) และปัญหาการเรียนวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานจากการศึกษา ภาพรวมทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านหลักสูตร ด้านครูผู้สอน ด้านสื่อเอกสารและอุปกรณ์การเรียนการสอน ด้านอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม ด้านการให้บริการวิชาการและด้านการบริการทั่วไป โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (Phlansaeng, 2015) และงานวิจัยของ Onkasem *et al.* (2021) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสนทนากลุ่มครูโดยมีประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 พบว่า ครูยังขาดความรู้ความเข้าใจการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ชัดเจน และยังไม่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ถึงแม้ว่าที่ผ่านมามีงานวิจัยเกี่ยวกับปัญหาวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์มีจำนวนมาก แต่การศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนยังมีอยู่เป็นจำนวนน้อย ดังนั้นครูผู้สอนต้องรู้สภาพปัญหาและความต้องการของผู้เรียนและผู้เรียนก็ต้องเข้าใจจุดประสงค์ของครูผู้สอน จึงจะทำให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดกรอบในการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน 3) ด้านสื่อการเรียนการสอน และ 4) ด้านการวัดและประเมินผล โดยศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ถึงปัญหาและความต้องการเช่นเดียวกันหรือแตกต่างออกไป เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวางแผนและปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมต่อเป้าหมายการเรียนรู้อันจะส่งผลให้ผู้เรียนมีคุณภาพตามกรอบความคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นิยามศัพท์เฉพาะ

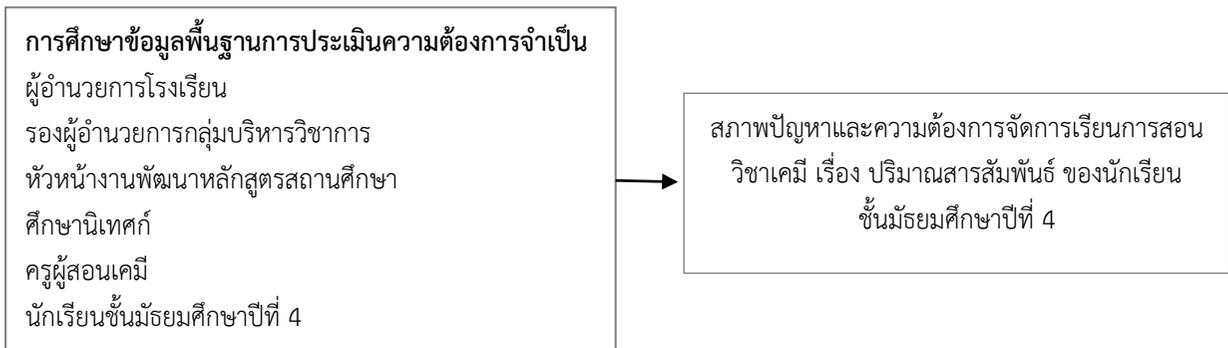
ปัญหา หมายถึง สิ่งที่ทำให้การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ไม่เป็นไปตามจุดมุ่งหมายก่อให้เกิดปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการจัดการเรียนการสอนและด้านการวัดและประเมินผล

ความต้องการ หมายถึง สิ่งที่นักเรียนต้องการให้การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการจัดการเรียนการสอนและด้านการวัดและประเมินผล

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่จัดทำขึ้นในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 (Institute for the Promotion of Teaching

Science and Technology, 2020) โดยโรงเรียนนำมาเป็นกรอบและทิศทางนำมาปรับให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา และนำมาพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาเคมี ว30222 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561-ปัจจุบัน สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยการศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียน การสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากแบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่มของผู้บริหาร สถานศึกษา ศึกษานิเทศก์ และครูผู้สอนเคมี และศึกษาความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากแบบสอบถาม โดยประเด็นที่สำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอน แบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้ 1) ด้านเนื้อหา 2) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน 3) ด้านสื่อการเรียนการสอน และ 4) ด้านการวัดและประเมินผล โดยมี กรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ กลุ่มประชากรผู้ให้ข้อมูลหลักมาจากวิธีการเลือกกลุ่มประชากรแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยจะต้องเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เท่านั้น สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาราชบุรี กลุ่มตัวอย่างผู้ให้ข้อมูลหลัก ได้แก่ ผู้อำนวยการโรงเรียน จำนวน 1 คน รองผู้อำนวยการกลุ่มบริหารวิชาการ จำนวน 1 คน หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตร สถานศึกษา จำนวน 1 คน ศึกษานิเทศก์ จำนวน 1 คน และครูผู้สอนเคมี จำนวน 3 คน รวมจำนวน 7 คน ใช้วิธีการสนทนากลุ่ม (focus group discussion)

กลุ่มที่ 2 เป็นการศึกษาเชิงปริมาณ กลุ่มประชากรผู้ให้ข้อมูลหลักมาจากวิธีการเลือกกลุ่มประชากรแบบกลุ่มทำบัญชีรายชื่อ ของประชากรและสุ่มตัวอย่างประชากรแบบอย่างง่าย (simple random sampling) ด้วยวิธีจับฉลากจากขนาดประชากร 201 คน จำนวน 5 ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาราชบุรี ที่เรียนวิชาเคมี จะได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง คือ 132 คน (Krejcie and Morgan, 1970)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม (focus group discussion guidelines) สัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interview) และแบบสอบถาม (questionnaire) ซึ่งแบบบันทึกประเด็น การสนทนากลุ่ม และแบบสอบถาม จำนวน 2 ฉบับ ได้ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ได้ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (index of item objective congruence: IOC) เท่ากับ 1.00 ทุกข้อคำถาม ทั้ง 2 ฉบับ ซึ่งแสดงว่าข้อคำถามสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ทั้งแบบบันทึกประเด็นสนทนากลุ่ม และ แบบสอบถาม มีคุณภาพเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาสามารถนำไปใช้ในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลได้ และปรับปรุงแก้ไขแบบบันทึกประเด็น สนทนากลุ่มตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ส่วนแบบสอบถาม เมื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ปรับปรุงสมบูรณ์แล้วนำไปทดลองใช้ (try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา จำนวน 30 คน นำมาวิเคราะห์หาค่าความ เชื่อมั่น (reliability) ของแบบสอบถาม โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (alpha coefficient) ตามวิธีของ ครอนบาค (Cronbach, 1970) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม เท่ากับ 0.976 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์สามารถนำแบบสอบถามไปเก็บข้อมูล กับกลุ่มตัวอย่างได้ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติเชิงพรรณนา ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม โดยผู้วิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ดำเนินการสนทนากลุ่ม (moderator) โดยทำการเตรียมสถานที่ นัดวัน เวลา และทำหนังสือขอความอนุเคราะห์เชิญผู้เข้าร่วมสนทนากลุ่มทราบล่วงหน้า และในขั้นตอนก่อนเริ่มการสนทนากลุ่มขออนุญาตบันทึกเสียงร่วมกับบันทึกการสนทนากลุ่มของผู้จดบันทึก (note taker) จากนั้นดำเนินการสนทนากลุ่มตามวิธีการสนทนากลุ่มของ Wongwanich (2019) แสดงดังภาพที่ 2ก

2. แบบสอบถาม ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการใช้แบบสอบถามออนไลน์กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 132 คน ได้ดำเนินการชี้แจงรายละเอียดก่อนตอบแบบสอบถามบนหอประชุมของโรงเรียน และกำหนดเวลาทำแบบสอบถามและส่งแบบสอบถามในระบบออนไลน์ให้นักเรียนรับทราบพร้อมกัน แสดงดังภาพที่ 2ข



ภาพที่ 2 การสนทนากลุ่ม (ก) และการชี้แจงการตอบแบบสอบถามออนไลน์ของกลุ่มตัวอย่าง (ข)

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่ม และแบบสอบถาม โดยจะแยกเป็น 1) แบบบันทึกประเด็นการสนทนากลุ่มสภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยแบ่งประเด็นที่สำคัญสำหรับการจัดการเรียนการสอน 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล โดยการสรุปผลสนทนากลุ่มจากการถอดเทปการสนทนาและเขียนสรุปผลการสนทนากลุ่ม แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เรียบเรียงเนื้อหา มีการบรรยายเชิงพรรณนา และสรุปผล 2) แบบสอบถาม นำมาบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลทั่วไป และความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติร้อยละค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ส่วนที่ 1 ผลของประเด็นการสนทนากลุ่มสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิเคราะห์ประเด็นการสนทนากลุ่มสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเห็นโดยสรุปข้อมูลได้ ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าสัดส่วนของเนื้อหาและเวลาเรียนใช้หนังสือหรือคู่มือครูที่ใช้เป็นของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่จัดทำขึ้นในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ประกอบด้วยเนื้อหา และเวลาเรียน จำนวน 25 ชั่วโมง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อหาและเวลาเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง	เนื้อหา	เวลา (ชั่วโมง)	หมายเหตุ
ปริมาณสารสัมพันธ์	1. ปฏิกริยาเคมี	1	โรงเรียนสามารถนำมาปรับใช้ให้สอดคล้องกับตามบริบทของหลักสูตรของสถานศึกษา
	2. สมการเคมี	4	
	3. การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี	13	
	4. สารกำหนดปริมาณ	3	
	4. ผลได้ร้อยละ	4	
	รวม	25	

จากตารางที่ 1 เนื้อหาและเวลา ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กำหนดกรอบเนื้อหาและเวลา และโรงเรียนนำมาปรับให้สอดคล้องกับหลักสูตรของสถานศึกษา แต่เมื่อนำมาจัดการเรียนการสอนพบปัญหา ดังนี้ เนื้อหาวิชาจำนวนมาก ไม่สามารถจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรภายในเวลาที่กำหนด นักเรียนขาดความรับผิดชอบในการศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าก่อนเข้าห้องเรียนที่ครูผู้สอนมอบหมายให้ และการฝึกสรุปเนื้อหาเป็นแผนผังความคิด โดยเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน เข้าใจยาก และเป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ เนื่องจากวิชาเคมีส่วนใหญ่ไม่เป็นรูปธรรมผู้เรียนจะสังเกตได้ยาก เช่น ระดับอะตอม โมเลกุล หรืออิเล็กตรอน อีกทั้งยังมีการใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ อธิบายความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระดับมหภาคและจุลภาค ด้วยสมการเคมีที่เป็นภาษาสัญลักษณ์ ซึ่งทำให้นักเรียนนึกภาพไม่ออกและไม่สามารถทำความเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ มีการใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณและการเชื่อมโยงความความสัมพันธ์ระหว่างมวล โมล อนุภาค และปริมาตร ความเข้มข้นสารละลาย และการดุลสมการเคมี เพื่อนำมาวิเคราะห์และคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมีจากสมการเคมี ด้วยวิธีการเทียบหน่วย (factor label method) มีผลต่อนักเรียนกลุ่มที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์อ่อนต้องใช้เวลานานสำหรับการคำนวณโจทย์ปัญหาแต่ละข้อที่กำหนดให้ ทำให้เวลาเรียนกับเนื้อหาที่กำหนดสอนไม่ทัน เพราะบางครั้งโรงเรียนมีกิจกรรมตามนโยบายเขตพื้นที่การศึกษาหรือหน่วยงานภายนอกให้นักเรียนเข้าร่วมกิจกรรม จึงส่งผลกระทบต่อชั่วโมงเรียนวิชาเคมี และเนื้อหาที่เรียนไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้โดยตรง เป็นเรื่องไกลตัว เช่น สารกำหนดปริมาณ และผลได้ร้อยละ ทำให้นักเรียนไม่สนใจเรียน และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาเคมี โดยสาเหตุหลักมาจากขาดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ โดยมีข้อมูลสนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา A “เวลาเรียนไม่พอกับเนื้อหา เนื่องจากเวลาจริงน้อยกว่า 25 ชั่วโมง เพราะมีปัจจัยภายนอกกระทบต่อเวลาสอนและสาเหตุหนึ่งที่เป็นอุปสรรคในการทำโจทย์ปัญหาทางเคมี คือการขาดความคล่องแคล่วในวิธีการทางคณิตศาสตร์ อาจเนื่องมาจากขาดทักษะที่จำเป็นในการคิดคำนวณที่ต้องนำไปใช้ และขาดการคิดเชื่อมโยง เช่น การย้ายข้างสมการหรือการใช้วิธี factor เปลี่ยนหน่วยมาคำนวณ ซึ่งนักเรียนคุ้นเคยกับการใช้วิธีเทียบบัญญัติไตรยางค์มากกว่าทำให้ใช้เวลานานกว่าปกติ” ผู้ร่วมสนทนา D “เวลาในการจัดการเรียนรู้ตามที่ สสวท. กำหนดไม่สามารถจัดได้ตามเวลา เพราะนักเรียนขาดทักษะคณิตศาสตร์ และการคิด เช่น การดุลสมการเคมีอาจทำให้ล่าช้า แต่ถ้านักเรียนเป็นกลุ่มที่เก่งจะไปได้เร็วเวลาเหลือ” และผู้ร่วมสนทนา C “การดุลสมการเคมีนักเรียนไม่เข้าใจอาศัยการท่องจำหรือลอกของเพื่อน” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rodwirat, Panprueksa and Chaiprasert (2018) วิชาเคมีเป็นนามธรรมที่ไม่สามารถมองเห็นได้ และเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน เข้าใจยาก และทำให้นักเรียนบางส่วนเกิดความเบื่อหน่าย และเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาเคมี และนักเรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่และการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kimberlin and Yezierski (2016) พบว่า นักเรียนมีมิติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับข้อมูลที่ปรากฏในสมการเคมีที่กำหนดให้และแนวคิดพื้นฐาน ปริมาณสารสัมพันธ์ เช่น สารกำหนดปริมาณ อัตราส่วนโมลกับมวล และมีความสับสนเลขสัมประสิทธิ์และตัวห้อยที่ปรากฏในสมการเคมี

2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า มีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้อยู่ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry cycle) หรือ 5Es ซึ่งประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน ในการจัดการเรียนการสอนดังนี้ 1) การสร้างความสนใจ (engagement) 2) การสำรวจและค้นคว้า (explore) 3) การอธิบาย (explain) 4) การขยายความรู้ (elaborate) และ 5) การประเมิน (evaluate) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง โดยครูผู้สอนใช้วิธีการสอน หลากหลาย เช่น การทดลอง การสาธิต แบบฝึกหัด และการอภิปรายกลุ่มย่อย และใช้เทคนิคการสอน เช่น การเล่นเกม เพื่อนสอนเพื่อน หรือการให้นักเรียนคิดโจทย์เองแล้วให้เพื่อนตอบ พบปัญหาดังนี้ ขั้นตอนที่ 4 ขยายความรู้ นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ที่เรียนนำมาใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายกัน ที่นักเรียนมีโอกาสพบได้ในโลกแห่งความเป็นจริงในเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ไปประยุกต์ใช้หรือต่อยอดกับชีวิตจริงได้ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ครูผู้สอนจะจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น และ

นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายและขยายความรู้เพิ่มเติมมีความละเอียดมากขึ้น ยกสถานการณ์ ตัวอย่าง อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบและลึกซึ้งยิ่งขึ้น หรือสมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่ความรู้ใหม่หรือความรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในเรื่องอื่นหรือสถานการณ์อื่น ๆ หรือสร้างคำถามใหม่และออกแบบการสำรวจ ค้นหา และรวบรวมเพื่อนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้นหรือเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้าทดลอง และส่วนใหญ่การจัดการเรียนการสอนครูยังมีบทบาทหลักในการบรรยายหน้าห้องทำให้เวลาในห้องเรียนส่วนใหญ่ใช้ไปกับการบรรยายเพราะครูผู้สอนต้องการถ่ายทอดความรู้ให้กับนักเรียนครบตามเนื้อหาและระยะเวลาที่กำหนดตามหลักสูตร ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนขาดการโต้ตอบกับครูผู้สอนและขาดปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมกันในห้องเรียนทำให้นักเรียนขาดความมั่นใจเสนอความคิดของตนเองและขาดการวางแผนในการทำงานร่วมกัน โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา A “ใช้ 5Es โดยวิธีการปฏิบัติการทดลองและการให้นักเรียนลองเขียนสมการเคมีที่ทดลองตามแบบฝึกหัด และทำแบบฝึกหัดแล้วร่วมกันสรุปในกิจกรรมการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างมวล โมล และปริมาตร ครูพบว่านักเรียนไม่เข้าใจปริมาตรกับมวลกับการนำไปใช้ในชีวิตจริง” ผู้เข้าร่วมสนทนา G “ใช้ 5Es พบว่าขั้นที่ 4 ขยายความรู้ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ขาดการนำไปต่อยอดในชีวิตจริง” ผู้เข้าร่วมสนทนา C “ใช้ 5Es ทำแบบฝึกหัดหรือใบงานแต่ขาดกิจกรรมกลุ่มหรือเกมเพราะเนื้อหาส่วนใหญ่เป็นการคำนวณ” และผู้เข้าร่วมสนทนา B “ใช้ 5Es กับกิจกรรมนำเสนอหลังคำนวณร่วมกับเทคนิคเพื่อนสอนเพื่อนและให้นักเรียนออกแบบโจทย์เองเพิ่มความท้าทาย” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buddanoi and Cojorn (2021) พบว่าการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อทบทวนความรู้เดิมจะทำให้ผู้เรียนมีความสนใจในการทำกิจกรรม มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และชอบการแข่งขันกับกลุ่มอื่น ๆ ทำให้บรรยากาศการเรียนรู้สนุกสนาน จากนั้นทำกิจกรรมเพื่อเรียนรู้เรื่องใหม่ โดยเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ศึกษาจากสื่อการเรียนรู้ และการใช้ภาพหรือสื่อที่จับต้องได้ ส่วนครูผู้สอนคอยกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้โดยการตั้งคำถามจนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง จากนั้นผู้เรียนสรุปองค์ความรู้ที่ได้แล้วนำไปใช้

3. ด้านสื่อการเรียนการสอน ส่วนใหญ่มีความเห็นว่า มีการใช้สื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย เช่น อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เอกสารประกอบการสอน ภาพเคลื่อนไหว โปรแกรมนำเสนอ วิดีทัศน์ หรือ แอปพลิเคชัน Canva, Kahoot, Mentimeter, Google Classroom, Class Point หรือ การนำสื่อสังคมออนไลน์ (social network) เข้ามาช่วยจัดการเรียนการสอนและ แหล่งเรียนรู้นอกห้องเรียน เช่น ห้องสมุด บริเวณโรงเรียน หรือ ห้องปฏิบัติการทดลองของมหาวิทยาลัย พบปัญหา ดังนี้ นักเรียนขาดทักษะการใช้อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากไม่มีเวลาพอสำหรับการทดลองส่วนใหญ่จะฝึกให้ทำโจทย์แบบฝึกหัดมากกว่า และการทำเป็นสื่อเกมในเนื้อหาการคำนวณแล้วนักเรียนไม่สนุก และให้ความสนใจน้อยเพราะต้องคำนวณทุกขั้นตอนทำให้นักเรียนบางคนไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรม และสื่อที่ใช้ฟรี ส่วนใหญ่จำกัดสิทธิ์การเข้าถึงต้องชำระค่าบริการเพิ่มถึงจะสามารถใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และสัญญาณการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตของโรงเรียนช้า เมื่อนักเรียนใช้พร้อม ๆ กัน และห้องสมุดขาดแคลนหนังสือ เอกสารประกอบการสอน หรือชุดการสอนเนื้อหาทางเคมี โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา B “ใช้ PPT กับ Canva ให้นักเรียนทำและนำเสนอกับเพื่อน ๆ แชร์ข้อมูลร่วมกับ Kahoot แต่พบปัญหาคือการเชื่อมต่อแบบไร้สาย (Wi-Fi) ของโรงเรียนพร้อมกันทำให้เข้าอินเทอร์เน็ตช้ามาก” ผู้เข้าร่วมสนทนา F “การใช้ Class Point ร่วมกับ PPT เดิมกับ Canva สามารถเล่นเกมและกิจกรรมแต่พบปัญหาหากใช้ฟรีจะจำกัดจำนวนนักเรียนต้องเสียเงินเพิ่มในการใช้โปรแกรม” ผู้เข้าร่วมสนทนา A “เกมกับเนื้อหาคำนวณอาจทำให้นักเรียนบางส่วนไม่ได้ฝึกการคำนวณจริงอาศัยการเดาและพบปัญหาเนื้อหาคำนวณใช้สื่อเกมแล้วไม่สนุกและเหลือเวลาน้อยทำให้ไม่ได้ทดลองส่งผลให้นักเรียนไม่มีทักษะการใช้อุปกรณ์การทดลอง” และผู้เข้าร่วมสนทนา G “แหล่งเรียนรู้ห้องสมุดมักขาดสื่อการสอนวิชาเคมีที่น่าสนใจและทันสมัย” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phlansaeng (2015) จากการศึกษาปัญหาการสอนวิทยาศาสตร์ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พบว่าด้านสื่อ เอกสารและอุปกรณ์การเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายชื่อ พบว่า การจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนของครูในด้านสื่อ เอกสารและอุปกรณ์การเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในเรื่อง สื่อ เอกสารและอุปกรณ์การเรียนการสอนมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก รองลงมาคือ เรื่องจำนวนหรือความเพียงพอของอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก และเรื่องประสิทธิภาพของอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

4. ด้านการวัดและประเมินผล ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า มีการออกแบบวิธีและเครื่องมือที่ในการวัดผล โดยใช้แบบทดสอบปรนัยและอัตนัยหลังเรียนทั้งแบบเดี่ยว คู่ หรือกลุ่ม บางครั้งครูผู้สอนอนุญาตให้เปิดหนังสือหรือสมุดได้ และยังมี การสอบเก็บคะแนนระหว่างเรียนควบคู่ไปด้วย ส่วนการสอบภาคปฏิบัติการทดลองมีแต่น้อยครั้ง และมีการเก็บคะแนนจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนและหลังเรียน และเริ่มมีการวัดและประเมินผลฐานสมรรถนะในศตวรรษที่ 21 ในบางกิจกรรม พบปัญหา ดังนี้ นักเรียนบางคนทำข้อสอบปรนัยใช้วิธีการเดาคำตอบ และถ้าเป็นการสอบออนไลน์จะสอบถามเพื่อนทางช่องทางสนทนาออนไลน์ ส่วนข้อสอบอัตนัยส่วนใหญ่ นักเรียนจะไม่ทำส่งผลให้ไม่มีคะแนนในส่วนข้อสอบอัตนัย ทำให้นักเรียนไม่ผ่านการวัดและประเมินผลในรายวิชาเคมี และอีกสาเหตุที่นักเรียนบางคนไม่ทำข้อสอบคือ เนื้อหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ส่วนใหญ่ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับวิชาเคมี โดยอาศัยการเชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกันถึงจะสามารถทำข้อสอบได้ทั้ง

ข้อสอบแบบปรนัยและอัตนัย และที่สำคัญนักเรียนขาดทักษะการอ่านคิดวิเคราะห์ หรือขาดทักษะการคิดขั้นสูง ส่วนใหญ่นักเรียนจะอาศัยวิธีเรียนแบบท่องจำ โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา G “ใช้แบบทดสอบเก็บคะแนนระหว่างเรียนพบปัญหาให้นักเรียนตอบแบบเดาคำตอบ” ผู้เข้าร่วมสนทนา D “เก็บคะแนนจากการทำกิจกรรม” ผู้เข้าร่วมสนทนา A “ใช้แบบทดสอบทั้งเดี่ยว คู่ หรือกลุ่ม เปิดหนังสือได้ ส่วนการสอบภาคปฏิบัติบางครั้งแต่ไม่บ่อย” และผู้เข้าร่วมสนทนา C “กรณีข้อสอบอัตนัยนักเรียนมักไม่ทำ เพราะนักเรียนไม่รู้วิธีการหาคำตอบเพราะขาดการคิดวิเคราะห์ทำให้คำนวณไม่เป็น” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Onkasem et al. (2021) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสนทนากลุ่มครูโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ โดยมีประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 พบว่า ครูยังขาดความรู้ความเข้าใจ การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่ชัดเจน และยังไม่สามารถนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นครูผู้สอนต้องจัดประสบการณ์การเรียนรู้ คัดเลือกโจทย์ปัญหาที่ท้าทายให้ผู้เรียนให้ฝึกคิดวิเคราะห์เป็นรายบุคคล ฝึกคิดในกลุ่มย่อย และกลุ่มใหญ่ ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 ผลของประเด็นการสนทนากลุ่มความต้องการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิเคราะห์ประเด็นการสนทนากลุ่มความต้องการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความเห็นโดยสรุปข้อมูลได้ ดังนี้

1. ด้านเนื้อหา โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ต้องการให้นักเรียนศึกษาล่วงหน้า โดยนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาช่วยเสริมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีขึ้น และทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ และเห็นด้วยกับการแนวคิดห้องเรียนกลับด้านนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพราะนักเรียนสามารถเข้าถึงเนื้อหาจากสื่อที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมและอำนวยความสะดวก โดยเฉพาะเนื้อหาการคำนวณต้องทำเป็นเนื้อหาที่น่าสนใจและเข้าใจง่ายอาจจะเป็นชุดการสอนที่มีการบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนจากการศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าเพื่อฝึกให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนรู้และมีทักษะในศตวรรษที่ 21 แต่ใช้ได้ผลดีกับนักเรียนที่ใส่ใจในการเรียนเท่านั้นส่วนนักเรียนที่ไม่มีความรับผิดชอบต้องปรับเปลี่ยนวิธีการและสร้างแรงจูงใจในการศึกษาเนื้อหาล่วงหน้า โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา D “เห็นด้วยการเรียนเนื้อหามาก่อนจะทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้เร็วขึ้นแต่ครูผู้สอนต้องเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับนักเรียนในการศึกษาล่วงหน้า” ผู้ร่วมสนทนา B “หากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาล่วงหน้ามาบ้างก็จะดีแต่บางเนื้อหาอาจจะใช้ไม่ได้” และผู้ร่วมสนทนา A “เรื่องนี้เนื้อหายากเพราะต้องใช้ทักษะการคิดวิเคราะห์อาจไม่เหมาะสมแต่บางเนื้อหาใช้ได้แต่ต้องเป็นเนื้อหาง่าย ๆ” สอดคล้องกับ Office of the Education Council (2017) ที่ต้องการมุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีทักษะการเรียนรู้และคุณลักษณะ (3R8C) โดยที่ 3R เป็นทักษะด้านความรู้ (hard skill) และ 8C เป็นทักษะด้านอารมณ์ (soft skills) เป็นพื้นฐานที่ทุกคนต้องมีทั้งการอ่านออก เขียนได้จัดเป็นทักษะที่สามารถนำไปสื่อสารเรียนรู้และต่อยอดความรู้ในด้านอื่น ๆ ที่มีอยู่ให้พัฒนามากยิ่งขึ้น และช่วยให้สามารถมีความรู้ความเข้าใจทั้งในด้านการทำงาน และชีวิตส่วนตัว มีตรรกะทางความคิดและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ พร้อมเปิดรับข้อมูลข่าวสารใหม่ ๆ อย่างมีวิจารณญาณรู้จักมองเรื่องราวปัญหาจากหลาย ๆ มุมมอง มีหลักคิดที่เกิดจากความเข้าใจรอบด้าน พร้อมพิจารณาทุกองค์ประกอบ ซึ่งจะช่วยให้สามารถพัฒนาตนเองได้อย่างไม่หยุดยั้งและดำเนินชีวิตไปได้อย่างมีความสุข

2. ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ต้องการเน้นการส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง โดยการสืบค้น สืบเสาะ สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและรับรู้อย่างมีความหมายและเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ ในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยเฉพาะรูปแบบการจัดการเรียนการสอนควรเน้น 5Es เนื่องจากการออกแบบให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงเป็นประสบการณ์ตรงจะดีกว่าการสอนแบบบรรยาย โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา G “เคยเปรียบเทียบให้นักเรียนช่วยเตรียมสารละลายพบว่า นักเรียนได้เรียนรู้การใช้อุปกรณ์การทดลองและเข้าใจวิธีการคำนวณและเตรียมสารละลายได้ดีกว่าให้ครูผู้สอนเตรียมไว้ให้” และผู้ร่วมสนทนา D “การให้นักเรียนช่วยเตรียมการทดลองเป็นกิจกรรมที่ดีทำให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับครูผู้สอนและสร้างประสบการณ์ตรงให้กับผู้เรียนและมีเจตคติต่อรายวิชาซึ่งส่งผลเชิงบวกต่อการเรียนให้ดีขึ้น” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buddanoi and Cojorn (2021) พบว่า การเน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ศึกษาจากสื่อการเรียนรู้อื่น ๆ และการใช้ภาพหรือสื่อที่จับต้องได้ เช่น แทนอนุภาคอะตอมโมเลกุล ทำให้มองเห็นภาพและเข้าใจมากขึ้น

3. ด้านสื่อการเรียนการสอน โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ต้องการให้นักเรียนศึกษาวิดีโอทัศน์ออนไลน์ล่วงหน้าจากสื่อการสอนที่เตรียมให้ก่อนที่จัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนมีเวลามากขึ้นสำหรับทำกิจกรรมและครุมีเวลาแนะนำเนื้อหาที่เข้าใจยาก และสามารถตอบคำถามที่นักเรียนพบเป็นรายบุคคลมากขึ้น โดยที่เนื้อหาต้องมีความถูกต้องชัดเจน เนื้อหาทันสมัย น่าสนใจสอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สามารถเรียนได้ทุกที่ทุกเวลา และควรมีแบบบันทึกการเรียนรู้หรือแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนควบคู่กับการศึกษาวิดีโอทัศน์ออนไลน์เพื่อกำกับผู้เรียนในการศึกษาการเรียนรู้ด้วยตนเอง

โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา C “คือที่ได้เรียนรู้ล่วงหน้ามาก่อน ควรจะมีวิธีที่คนที่กระตุ้นความสนใจและตัวอย่างการทดลอง” ผู้ร่วมสนทนา E “เห็นด้วยเพราะส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองแต่วิธีที่คนอาจจะสั้น ๆ เพื่อไม่ให้นักเรียนดูแล้วเบื่อ” และผู้ร่วมสนทนา G “อาจมีกิจกรรมเสริม เช่น แบบทดสอบก่อนเรียน และวางเงื่อนไขการเรียนรู้ก่อนศึกษาวิธีที่คน” สอดคล้องกับ Ministry of Education (2019) การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและส่งเสริมความรู้ ความคิดให้เยาวชนของประเทศ โดยเฉพาะการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทั้งด้านเทคโนโลยีสื่อสารและการคิดค้นพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ ๆ อาจกล่าวได้ว่าการอ่านและการรู้หนังสือ (reading & literacy) เป็นทักษะที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเรียนรู้และการดำเนินชีวิต เนื่องจากการอ่านและการรู้หนังสือทำให้เกิดความรู้ความสามารถ และส่งเสริมให้เกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ แยกแยะ ประยุกต์ใช้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิต

4. ด้านการวัดและประเมินผล โดยส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า ต้องการวัดและประเมินผลที่ใช้วิธีและเครื่องมือที่หลากหลาย โดยมีทั้งการประเมินเพื่อเรียนรู้ การประเมินขณะเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้เพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยวิธีการและเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน รวมทั้งทดสอบระหว่างเรียนประเมินทั้งความรู้ ทักษะ และจิตพิสัยของผู้เรียน โดยลักษณะแบบทดสอบอาจจะเป็นอัตนัยหรือการเติมคำ แบบฝึกหัด การอภิปรายปากเปล่า แบบบันทึกการเรียนรู้ แผนผังความคิด การนำเสนอผลงานกลุ่ม ชิ้นงาน และแฟ้มสะสมผลงาน และมีการประเมินผลงานหรือชิ้นงานให้นักเรียนมีส่วนร่วมทั้งการประเมินด้วยตนเอง เพื่อนและครูร่วมประเมิน เป็นต้น โดยมีข้อมูลที่สนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา C “คือควรใช้รูปแบบที่หลากหลาย โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในการเรียนรู้” ผู้ร่วมสนทนา F “นักเรียนคุ้นเคยการประเมินด้วยแบบทดสอบอย่างเดียว ส่วนใหญ่นักเรียนไม่ผ่านตามเกณฑ์ แต่ถ้าให้นักเรียนประเมินตนเองจะเห็นพัฒนาการของตนเองใช้ควบคู่กับการประเมินโดยครู และครูต้องเปลี่ยนโมเดลการประเมินให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจนในกำหนดการสอนและแผนการวัดประเมินผล” และผู้ร่วมสนทนา B “ในการประเมินด้วยตนเอง เพื่อน และครู ต้องมีเกณฑ์การให้คะแนน (rubrics)” สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wangkaewhiran (2018) พบว่า ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการวางแผนการเรียนรู้ การสร้างองค์ความรู้ และการสะท้อนคิดหลังได้องค์ความรู้เพื่อวางแผนการเรียนรู้ที่ดีขึ้นในโอกาสต่อไป ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียนเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิต

ส่วนที่ 3 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามความต้องการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของนักเรียน ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า นักเรียนที่ตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ทั้งหมด 132 คน โดยเป็นเพศหญิง จำนวน 92 คน คิดเป็นร้อยละ 69.70 เพศชาย จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 30.30 ส่วนใหญ่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนรู้ เป็นสมาร์ตโฟน จำนวน 129 คน คิดเป็นร้อยละ 97.72 มีความเป็นเจ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเรียนรู้ จำนวน 130 คน คิดเป็นร้อยละ 98.48 เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้เป็นเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ (4G/5G) จำนวน 124 คน คิดเป็นร้อยละ 93.94 ส่วนโปรแกรมและแอปพลิเคชันที่สามารถใช้ในการเรียนรู้มากที่สุด 3 ลำดับแรกได้แก่ Google Classroom จำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 96.21 Youtube จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 80.30 และ Line จำนวน 99 คน คิดเป็นร้อยละ 75.00

ตารางที่ 2 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามความต้องการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อมูลทั่วไป (n=132)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	40	30.30
หญิง	92	69.70
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนรู้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
สมาร์ตโฟน	129	97.72
แท็บเล็ต	30	22.73
คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก	34	25.76
เครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ	20	15.15
ไม่มีอุปกรณ์	1	0.75
ความเป็นเจ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์		
มี	130	98.48
ไม่มี แต่สามารถยืมผู้อื่นใช้ได้	1	0.75
ไม่มี	1	0.75

ตารางที่ 2 (ต่อ) ข้อมูลทั่วไปของนักเรียนที่ตอบแบบสอบถามความต้องการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ข้อมูลทั่วไป (n=132)	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
Wi-Fi บ้าน	72	54.54
เครือข่ายโทรศัพท์มือถือ (4G/5G)	124	93.94
Wi-Fi โรงเรียน	49	25.80
Wi-Fi สาธารณะ	3	15.20
Wi-Fi หอพัก	1	0.75
Wi-Fi เพื่อนบ้าน	8	6.06
Pocket Wi-Fi	1	0.75
โปรแกรมและแอปพลิเคชันที่สามารถใช้ในการเรียนรู้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
Google Classroom	127	96.21
Google Meet	95	71.97
Zoom Cloud Meetings	34	25.76
Facebook Group/Facebook Live	54	40.91
Line	99	75.00
Kahoot	48	36.36
Youtube	106	80.30
Google Forms	85	64.39
Gmail	50	37.88
Microsoft Teams	15	11.36
อื่น ๆ โปรแกรม	4	3.03

ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการวิเคราะห์ข้อมูลความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้ง 4 ด้านได้แก่ ดังนี้ ด้านเนื้อหา ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ด้านสื่อการเรียนการสอน และด้านการวัดและประเมินผล โดยจำแนกเป็นรายด้านและภาพรวม 4 ด้าน ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำแนกเป็นรายด้าน ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3 ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านเนื้อหา

ข้อ	ความต้องการของนักเรียนด้านเนื้อหา	\bar{X}	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
1	นักเรียนต้องการลำดับของเนื้อหาจากเรื่องที่ยากและเป็นพื้นฐานไปสู่สิ่งที่ยากหรือ ซับซ้อน พร้อมกับการฝึกทำโจทย์แบบฝึกหัดที่ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนดตามหลักสูตรภายในเวลาที่กำหนด	4.32	0.86	มาก	1
2	นักเรียนต้องการศึกษาเนื้อหาที่จะเรียนล่วงหน้าก่อนเข้าเรียนโดยเฉพาะเนื้อหาที่เข้าใจยากผ่านระบบออนไลน์ เช่น YouTube, Google Classroom เป็นต้น	3.97	0.90	มาก	3
3	นักเรียนต้องการฝึกการตั้งคำถามจากเนื้อหาที่ได้ศึกษาล่วงหน้าหากมีความสนใจอย่างรู้ หรือมีข้อสงสัย	3.80	0.93	มาก	5
4	นักเรียนต้องการเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมกับเนื้อหาที่กำลังจัดการเรียนการสอนต่อไป	4.28	0.80	มาก	2
5	นักเรียนต้องการฝึกสรุปเนื้อหาเป็นแผนผังความคิด หรือแผนผังโน้ตค้น เพื่อให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียนเพิ่มมากขึ้น และเก็บไว้ทบทวนเนื้อหาเพื่อเตรียมตัวสอบเข้ามหาวิทยาลัย	3.92	1.13	มาก	4
	รวม	4.06	0.92	มาก	

จากตารางที่ 3 พบว่า ความต้องการของนักเรียนด้านเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านเนื้อหา ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06, S.D = 0.92$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด เรียงลำดับจากความต้องการมากไปหาความต้องการน้อย ได้แก่ นักเรียนต้องการลำดับของเนื้อหาจากเรื่องที่ยากและเป็นพื้นฐานไปสู่สิ่งที่ยากหรือ ซับซ้อน พร้อมกับการฝึกทำโจทย์แบบฝึกหัดที่ครอบคลุมเนื้อหาที่กำหนดตามหลักสูตรภายในเวลาที่กำหนด ($\bar{X} = 4.32, S.D = 0.86$) นักเรียนต้องการเชื่อมโยงประสบการณ์ความรู้เดิมกับเนื้อหาที่กำลังจะจัดการเรียนการสอนต่อไป ($\bar{X} = 4.28, S.D = 0.80$) นักเรียนต้องการศึกษาเนื้อหาที่จะเรียนล่วงหน้าก่อนเข้าเรียนโดยเฉพาะเนื้อหานามธรรมที่เข้าใจยากผ่านระบบออนไลน์ เช่น YouTube, Google Classroom เป็นต้น ($\bar{X} = 3.97, S.D = 0.90$) นักเรียนต้องการฝึกสรุปเนื้อหาเป็นแผนผังความคิด หรือแผนผังมโนทัศน์ เพื่อให้เข้าใจเนื้อหาที่เรียนเพิ่มมากขึ้น และเก็บไว้ทบทวนเนื้อหาเพื่อเตรียมตัวสอบเข้ามหาวิทยาลัย ($\bar{X} = 3.92, S.D = 1.13$) และนักเรียนต้องการฝึกการตั้งคำถามจากเนื้อหาที่ได้ศึกษาล่วงหน้าหากมีความสนใจอยากรู้ หรือมีข้อสงสัย ($\bar{X} = 3.80, S.D = 0.93$) ตามลำดับ

ตารางที่ 4 ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

ข้อ	ความต้องการของนักเรียนด้านกิจกรรมการเรียนการสอน	\bar{X}	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
1	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนทบทวนความรู้เดิมก่อนและกระตุ้นให้อยากเรียนรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาที่กำลังจะเรียน	4.52	0.76	มากที่สุด	2
2	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้มีอิสระในการเรียนตามความสามารถและความสนใจ และลงมือปฏิบัติการทดลองโดยครูผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือตามความเหมาะสม	4.57	0.71	มากที่สุด	1
3	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปลี่ยนการบรรยายในห้องเรียน ด้วยการบรรยายเนื้อหาผ่านระบบออนไลน์แทน เช่น YouTube, Google Classroom เป็นต้น	3.58	1.33	มาก	8
4	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปลี่ยนช่วงเวลาของการบรรยายเนื้อหาในห้องเรียนเป็นการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อฝึกแก้โจทย์ปัญหาและประยุกต์ใช้จริง พร้อมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์	4.16	0.94	มาก	4
5	นักเรียนต้องการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อมาทำกิจกรรมและปฏิบัติการทดลองในห้องเรียน	3.54	1.09	มาก	9
6	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนจัดกิจกรรมส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การคิดเชิงสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม) โดยครูผู้สอนทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้	4.01	1.03	มาก	5
7	นักเรียนต้องการแสดงออกเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และได้เสริมสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และกลุ่มเพื่อน โดยนำเสนอหน้าชั้นเรียนให้เพื่อนและครูผู้สอนได้อภิปรายให้ข้อคิดเห็น	3.64	1.07	มาก	7
8	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนกระตุ้นหรือส่งเสริมการแสดงออกเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และได้เสริมสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากแผนผังความคิด หรือแผนผังมโนทัศน์	3.97	0.98	มาก	6
9	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนส่งเสริมการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม	4.21	0.95	มาก	3
รวม		4.02	0.99	มาก	

จากตารางที่ 4 พบว่า ความต้องการของนักเรียนด้านกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.02, S.D = 0.99$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับมากและมากที่สุด เรียงลำดับจากความต้องการมากไปหาความต้องการน้อยได้แก่ นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้มีอิสระในการเรียนตามความสามารถและความสนใจ และลงมือปฏิบัติการทดลองโดยครูผู้สอนเป็นผู้ช่วยเหลือตามความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.57, S.D = 0.71$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนทบทวนความรู้เดิมก่อนและกระตุ้นให้อยากเรียนรู้เพิ่มเติมในเนื้อหาที่กำลังจะเรียน ($\bar{X} = 4.52, S.D = 0.76$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนส่งเสริมการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม ($\bar{X} = 4.21, S.D = 0.95$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปลี่ยนช่วงเวลาของการบรรยายเนื้อหาในห้องเรียนเป็นการทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อฝึกแก้โจทย์ปัญหาและประยุกต์ใช้จริง พร้อมฝึกทักษะการคิดวิเคราะห์ ($\bar{X} = 4.16, S.D = 0.94$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนจัดกิจกรรมส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การคิดเชิงสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานเป็นทีม) โดยครูผู้สอนทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.01, S.D = 1.03$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนกระตุ้นหรือส่งเสริมการแสดงออกเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และได้เสริมสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากแผนผังความคิด หรือแผนผังมโนทัศน์ ($\bar{X} = 3.97, S.D = 0.98$) นักเรียนต้องการแสดงออกเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และได้เสริมสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และกลุ่มเพื่อน โดยนำเสนอหน้าชั้นเรียนให้เพื่อนและครูผู้สอนได้อภิปรายให้ข้อคิดเห็น ($\bar{X} = 3.64, S.D = 1.07$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนเปลี่ยนการบรรยายในห้องเรียน ด้วยการบรรยายเนื้อหาผ่าน

ระบบออนไลน์แทน เช่น YouTube, Google Classroom เป็นต้น ($\bar{X} = 3.58, S.D = 1.33$) และนักเรียนต้องการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองก่อนเข้าห้องเรียนเพื่อมาทำกิจกรรมและปฏิบัติการทดลองในห้องเรียน ($\bar{X} = 3.54, S.D = 1.09$) ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านสื่อการเรียนการสอน

ข้อ	ความต้องการของนักเรียนด้านสื่อการเรียนการสอน	\bar{X}	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
1	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนใช้สื่อการเรียนการสอนหลากหลายและสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเทคโนโลยีจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมในรายวิชาเคมีได้ชัดเจนมากขึ้น	4.30	0.83	มาก	1
2	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนใช้สื่อวีดิทัศน์ออนไลน์เพื่อศึกษาทฤษฎีล่วงหน้านอกห้องเรียน ส่วนเวลาในห้องเรียนปฏิบัติการทดลอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบตั้งข้อสงสัยหรือตั้งคำถาม	3.93	0.99	มาก	5
3	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนส่งเสริมการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และมีการจัดเตรียมสื่อใบความรู้ ใบงาน ใบกิจกรรม แบบฝึกหัดและแบบทดสอบหลังเรียนออนไลน์	3.94	0.94	มาก	4
4	นักเรียนต้องการสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยเรียนผ่านทางออนไลน์ได้สะดวก และสามารถทบทวนเนื้อหาเองได้ เมื่อไม่ได้เข้าเรียนหรือยังไม่เข้าใจเนื้อหาที่ครูสอนในห้องเรียน	4.26	0.83	มาก	2
5	นักเรียนต้องการชุดการสอนที่สามารถศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามชุดการสอนกำหนดได้	4.13	0.91	มาก	3
รวม		4.11	0.90	มาก	

จากตารางที่ 5 พบว่า ความต้องการของนักเรียนด้านสื่อการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.11, S.D = 0.90$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับจากความต้องการมากไปหาความต้องการน้อยได้แก่ นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนใช้สื่อการเรียนการสอนหลากหลายและสามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านเทคโนโลยีจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมในรายวิชาเคมีได้ชัดเจนมากขึ้น ($\bar{X} = 4.30, S.D = 0.83$) นักเรียนต้องการสื่อการเรียนการสอนที่ทันสมัยเรียนผ่านทางออนไลน์ได้สะดวก และสามารถทบทวนเนื้อหาเองได้ เมื่อไม่ได้เข้าเรียนหรือยังไม่เข้าใจเนื้อหาที่ครูสอนในห้องเรียน ($\bar{X} = 4.26, S.D = 0.83$) นักเรียนต้องการชุดการสอนที่สามารถศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามชุดการสอนกำหนดได้ ($\bar{X} = 4.13, S.D = 0.91$) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนส่งเสริมการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และมีการจัดเตรียมสื่อใบความรู้ ใบงาน ใบกิจกรรม แบบฝึกหัดและแบบทดสอบหลังเรียนออนไลน์ ($\bar{X} = 3.94, S.D = 0.94$) และนักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนใช้สื่อวีดิทัศน์ออนไลน์เพื่อศึกษาทฤษฎีล่วงหน้านอกห้องเรียน ส่วนเวลาในห้องเรียนปฏิบัติการทดลอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบตั้งข้อสงสัยหรือตั้งคำถาม ($\bar{X} = 3.93, S.D = 0.99$) ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านการวัดและประเมินผล

ข้อ	ความต้องการของนักเรียนด้านการวัดและประเมินผล	\bar{X}	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
1	นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน หรือผลงานร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอน	4.14	0.86	มาก	3
2	นักเรียนต้องการวิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ การตั้งคำถาม การสังเกต การบันทึกการเรียนรู้ การสรุปแผนผังความคิด หรือแผนผังโน้ตัมน์ แฟ้มสะสมงาน และแบบทดสอบ เป็นต้น	3.84	0.91	มาก	4
3	นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับการเรียนรู้ของนักเรียนทันทีในการประเมินการเรียนรู้	4.18	0.82	มาก	2
4	นักเรียนต้องการวัดและประเมินผลด้วยการประเมินตนเองและประเมินโดยเพื่อน ร่วมกับการประเมินของครูผู้สอน	4.20	0.82	มาก	1
รวม		4.09	0.85	มาก	

จากตารางที่ 6 พบว่า ความต้องการของนักเรียนด้านการวัดและประเมินผลวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.09, S.D = 0.85$) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า อยู่ในระดับมากทุกข้อ เรียงลำดับจากความต้องการมากไปหาความต้องการน้อยได้แก่ นักเรียนต้องการวัดและประเมินผลด้วยการ

ประเมินตนเองและประเมินโดยเพื่อน ร่วมกับการประเมินของครูผู้สอน ($\bar{X} = 4.20$, S.D = 0.82) นักเรียนต้องการให้ครูผู้สอนให้ข้อมูลย้อนกลับการเรียนรู้ของนักเรียนทันทีในการประเมินการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.18$, S.D = 0.82) นักเรียนต้องการมีส่วนร่วมในการกำหนดเกณฑ์การประเมินชิ้นงาน หรือผลงานร่วมกับเพื่อนและครูผู้สอน ($\bar{X} = 4.14$, S.D = 0.86) และนักเรียนต้องการวิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย เช่น การสัมภาษณ์ การตั้งคำถาม การสังเกต การบันทึกการเรียนรู้ การสรุปแผนผังความคิด หรือแผนผังโน้ตสโน้ แพ้มีสะสมงาน และแบบทดสอบ เป็นต้น ($\bar{X} = 3.84$, S.D = 0.91) ตามลำดับ

ส่วนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสรุปภาพรวมเป็นรายด้าน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสรุปเป็นรายด้านรวมทั้ง 4 ด้าน

ข้อ	ความต้องการของนักเรียน	\bar{X}	S.D.	ระดับ	ลำดับที่
1	ด้านเนื้อหา	4.06	0.92	มาก	3
2	ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน	4.02	0.99	มาก	4
3	ด้านสื่อการเรียนการสอน	4.11	0.90	มาก	1
4	ด้านการวัดและประเมินผล	4.09	0.85	มาก	2
รวม		4.06	0.93	มาก	

จากตารางที่ 7 พบว่า โดยภาพรวมทุกด้านความต้องการของนักเรียนการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$, S.D = 0.93) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด 4 ด้าน เรียงลำดับจากความต้องการมากไปหาความต้องการน้อยได้แก่ ด้านสื่อการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.11$, S.D = 0.90) ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X} = 4.09$, S.D = 0.85) ด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.06$, S.D = 0.92) ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.02$, S.D = 0.99) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านที่ผู้เรียนมีความต้องการมากที่สุด คือ ด้านสื่อการเรียนการสอน เนื่องจากถ้าครูผู้สอนที่ใช้สื่อการเรียนการสอนหลากหลายจะสามารถทำให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง ผ่านเทคโนโลยีจะช่วยให้เด็กเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เป็นนามธรรมในรายวิชาเคมีได้ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากหากนำสื่อการเรียนหลายชนิดเข้ารวมไว้ด้วยกันที่สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์จะช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จากประสาทสัมผัสที่ผสมผสานกันทำให้นักเรียนได้ค้นพบวิธีการที่จะเรียนในสิ่งที่ต้องการได้ด้วยตนเองและเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนด้วยตนเองและร่วมกับผู้อื่น ซึ่งการนำเอาสื่อการเรียนหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันและมีคุณค่าที่ส่งเสริมกันและกันอย่างเป็นระบบ โดยใช้หลักการและทฤษฎีของสื่อผสมจัดเป็นนวัตกรรมที่เรียกว่า ชุดการสอน และสื่อการสอนที่ทันสมัยเรียนผ่านทางออนไลน์ได้สะดวก สามารถทบทวนเนื้อหาเองได้ เมื่อไม่ได้เข้าเรียนหรือยังไม่เข้าใจเนื้อหาที่ครูสอนในห้องเรียนสามารถศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามชุดการสอนกำหนดได้ โดยที่ครูผู้สอนส่งเสริมการค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และมีการจัดเตรียมสื่อใบความรู้ ใบงาน ใบกิจกรรม แบบฝึกหัดและแบบทดสอบหลังเรียนออนไลน์ และนักเรียนสามารถใช้สื่อดิจิทัลออนไลน์เพื่อศึกษาทฤษฎีล่วงหน้านอกห้องเรียน ส่วนเวลาในห้องเรียนปฏิบัติการทดลอง เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แบบตั้งข้อสงสัยหรือตั้งคำถาม โดยสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของนักเรียนที่กล่าวว่า “อยากทำการทดลองที่สามารถพิสูจน์แต่ละบทเรียนที่เรียนอยู่ได้ชัดเจน และหลากหลาย” “อยากให้มีการทดลองเพิ่มมากขึ้น และการอธิบายประกอบไปด้วยกัน ทำให้ดูน่าสนใจอยากเรียนมากขึ้น” “อยากให้มีกิจกรรมการทดลองปฏิบัติมากกว่าทฤษฎี” “อยากให้มีสื่ออื่นในการสอนควบคู่ไปด้วยจะได้เข้าใจมากขึ้น” “อยากให้คุณครูทำสรุปที่เข้าใจง่าย แล้วในสรุปมีแบบทดสอบประกอบด้วย” “อยากให้มีเล่มมีชีทสรุปค่ะ” “อยากให้คุณครูทำชีทสรุปให้นักเรียนใช้ในการเรียนแทนหนังสือ” “อยากได้ชีทโจทย์เคมี” “ต้องการให้ครูสรุปเนื้อหาที่เข้าใจง่าย พร้อมกับแบบทดสอบหลังเรียนประกอบด้วย” “อยากให้คุณครูมีชีทเพื่อจดบันทึกไปพร้อมกับการสอนของคุณครู” “อยากให้มีชีทสรุปเหมือนสไลด์และสามารถจดบันทึกเนื้อหาเพิ่มเติมเข้าไปได้ เวลาจะสอบก็จะได้อ่านชีทสรุปและข้อมูลที่ตัวเองจดบันทึกได้เลย” โดยสื่อการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องการมีลักษณะการนำสื่อการเรียนการสอนมาจัดไว้อย่างเป็นระบบเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาของวิชาเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเต็มศักยภาพ และจัดการเรียนการสอนที่ยืดหยุ่นเป็นศูนย์กลาง หรือช่วยให้นักเรียนมีการเรียนรู้ด้วยตนเองตามความสามารถ อาจกล่าวได้ว่าเป็น ชุดการสอน สอดคล้องกับ Brahmawong (1980) กล่าวว่า ชุดการสอน (instruction package) เป็นการนำแนวคิดนำมาใช้ในการสร้างชุดกิจกรรม โดยการใช้สื่อดิจิทัลในรูปแบบของการจัดระบบการใช้สื่อการสอนหลายอย่างมาช่วยในการสอนให้เหมาะสม และใช้เป็นแหล่งความรู้สำหรับ

นักเรียน แทนการให้ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้ให้แก่ นักเรียนตลอดเวลา และปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับสภาพแวดล้อม เดิมที่นักเรียนเป็นฝ่ายรับความรู้จากครูเท่านั้นแทบจะไม่มีโอกาสแสดงความคิดเห็นต่อเพื่อน ๆ และต่อครู นักเรียนจึงขาดทักษะการแสดงออก และการทำงานเป็นกลุ่ม จึงได้มีการนำกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการเรียน การสอน เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กได้ประกอบกิจกรรมด้วยกัน สอดคล้องกับ Viriyatham, Chaiprasert and Srisanyong (2018) การใช้สื่อวีดิทัศน์ อุปกรณ์และกิจกรรมเกมเพื่อให้นักเรียนได้เกิดความสุขสนุกสนานและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้โดยที่นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือทดลอง บันทึกผลการทดลองและแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ และสอดคล้องกับประเด็นสนทนากลุ่มที่ส่วนใหญ่ต้องการนำชุดการสอนในการจัดการเรียนการสอน เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ที่ประกอบด้วยคู่มือครู คู่มือนักเรียน เนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ วีดิทัศน์การสอนออนไลน์ผ่านสมาร์ตโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ โปรแกรมนำเสนอ ภาพประกอบ แบบบันทึกการเรียนรู้ แบบฝึกหัดและแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนออนไลน์ เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยมีข้อมูลสนับสนุนการสรุปจากผู้เข้าร่วมสนทนา D “เห็นด้วยชุดการสอนช่วยฝึกให้นักเรียนได้เรียนรู้ซ้ำและนักเรียนได้ทดสอบหลายครั้งเพื่อให้เกิดการเรียนรู้” ผู้ร่วมสนทนา A “เห็นด้วยในชุดการสอนมีแบบฝึกหัดที่ให้นักเรียนทำควรทำได้หลาย ๆ ครั้ง โดยแบบทดสอบหลังเรียนอาจทำได้มากกว่า 1 ครั้ง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนาเอง แต่ต้องมีการควบคุมระยะเวลาในการทำแบบทดสอบและหลังเรียนอาจเปิดเฉลยเพิ่มการอธิบายหรือให้นักเรียนทำให้ครูดู” และผู้ร่วมสนทนา G “เห็นด้วยแต่ชุดการสอนควรวางองค์ประกอบในการเรียนรู้และเงื่อนไข ควรกำหนดให้ชัดเจนและการคิดวิเคราะห์ที่ควรวัดแบบพัฒนาการของนักเรียน”

การที่นักเรียนมีความต้องการด้านสื่อการจัดการเรียนการสอน เพราะสื่อการเรียนการสอนมีบทบาทสำคัญในการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก เป็นตัวกลางที่ถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนไปสู่ผู้เรียน หรือตัวกลางที่ให้ความรู้ผู้เรียนเข้าใจตามวัตถุประสงค์ที่ผู้สอนต้องการ และสามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยในการขยายความเนื้อหานั้นที่เรียนทำให้ การสอนง่ายขึ้น ทำให้ช่วยประหยัดเวลาในการสอน และนักเรียนจะได้มีเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้นสอดคล้องกับ Sompetch, Chanunan and Klamtet, (2020) การสร้างโมเดลในบริบทที่เหมาะสมและเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่มีความหมายโดยผ่านกิจกรรมที่มีสถานการณ์ของปัญหาจำลองขึ้นมา นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันหาคำตอบทำการคำนวณจากการใช้โมเดลทางวิทยาศาสตร์จากที่เคยเรียนรู้มาวิเคราะห์อภิปราย และสรุปร่วมกันพร้อมให้เหตุผลประกอบว่าเหตุใดจึงเลือกเช่นนั้น และสอดคล้องกับ Khaemmanee (2020) การปฏิบัติการทดลองเป็นวิธีที่มุ่งช่วยให้ผู้เรียนรายบุคคลหรือรายกลุ่มเกิดการเรียนรู้โดยการเห็นผลประจักษ์ชัดเจน จากการคิดและการกระทำของตนเอง ทำให้การเรียนรู้ที่ตรงกับความ เป็นจริงมีความหมายสำหรับผู้เรียนและจำได้นาน โดยมีข้อดีทำให้ผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการคิดและทักษะกระบวนการกลุ่มรวมทั้งได้พัฒนาลักษณะนิสัยใฝ่รู้และมีส่วนร่วมจะทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. สภาพปัญหาและความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า สภาพปัญหาด้านเนื้อหา สัดส่วนของเนื้อหาและเวลาเรียนใช้หนังสือหรือคู่มือครูที่ใช้เป็นของ สสวท. ประกอบการจัดการเรียนการสอน พบปัญหาเนื้อหาวิชาจำนวนมากไม่สามารถจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรภายในเวลาที่กำหนด นักเรียนขาดความรับผิดชอบในการศึกษาเนื้อหาล่วงหน้าก่อนเข้าห้องเรียนที่ครูผู้สอนมอบหมายให้ และการฝึกสรุปเนื้อหาเป็นแผนผังความคิดซึ่งเป็นวิธีการที่จะช่วยให้เข้าใจและจดจำสิ่งที่ได้เรียนรู้อย่างคงทน ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ พบปัญหาขั้นตอนที่ 4 ขยายความรู้ นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้ที่เรียน มาใช้กับสถานการณ์ที่คล้ายกันได้และขาดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ด้านสื่อการเรียนการสอน มีการใช้สื่อ อุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย พบปัญหานักเรียนขาดทักษะการใช้อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์และขาดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านสื่อการสอนหรือวีดิทัศน์ออนไลน์ ด้านการวัดและประเมินผล มีการออกแบบวิธีและเครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลใช้แบบทดสอบปรนัยและอัตนัย พบปัญหานักเรียนบางคนทำข้อปรนัยใช้วิธีการเดาคำตอบ ส่วนข้อสอบอัตนัยส่วนใหญ่ นักเรียนจะไม่ทำเพราะขาดการเชื่อมโยงความรู้เข้าด้วยกัน ส่วนความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี ด้านเนื้อหา ต้องการให้นักเรียนศึกษาล่วงหน้า โดยนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาช่วยเสริมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้ดีขึ้นและทำให้เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ต้องการเน้นการส่งเสริมให้นักเรียนลงมือปฏิบัติจริง โดยการสืบค้น สืบเสาะสำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและรับรู้อย่างมีความหมายและเกิดทักษะการคิดวิเคราะห์ ด้านสื่อการเรียนการสอน ต้องการให้นักเรียนศึกษาวิธี

ทัศนออนไลน์ล่วงหน้าจากสื่อการสอนที่เตรียมให้ก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในห้องเรียน เพื่อให้ นักเรียนมีเวลามากขึ้น สำหรับทำกิจกรรมและครุมีเวลาแนะนำเนื้อหาที่เข้าใจยาก และด้านการวัดและประเมินผล ต้องการวัดและประเมินผลที่ใช้วิธี และเครื่องมือที่หลากหลาย โดยมีทั้งการประเมินเพื่อเรียนรู้ การประเมินขณะเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ เพื่อให้ สอดคล้องกับการประเมินผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

2. ความต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถสรุป เป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

2.1 ข้อมูลทั่วไปของนักเรียน พบว่า นักเรียนที่ตอบแบบสอบถามทั้งหมด 132 คน เป็นเพศหญิง จำนวน 92 คน (ร้อยละ 69.70) เพศชาย จำนวน 40 คน (ร้อยละ 30.30) ส่วนใหญ่มีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการเรียนรู้ เป็นสมาร์โฟน (ร้อยละ 97.72) เป็นเจ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในการเรียนรู้ (ร้อยละ 98.48) เครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้เป็นเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ (4G/5G) (ร้อยละ 93.94) ส่วนโปรแกรมและแอปพลิเคชันที่สามารถใช้ในการเรียนรู้มากที่สุด 3 ลำดับแรก ได้แก่ Google Classroom (ร้อยละ 96.21) Youtube (ร้อยละ 80.30) และ Line (ร้อยละ 75.00)

2.2 ความต้องการของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี พบว่า อยู่ในระดับมาก รวม 4 ด้าน โดยเรียงลำดับ ดังนี้ ด้านสื่อการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.11$, S.D = 0.90) ด้านการวัดและประเมินผล ($\bar{X} = 4.09$, S.D = 0.85) ด้านเนื้อหา ($\bar{X} = 4.06$, S.D = 0.92) และ ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน ($\bar{X} = 4.02$, S.D = 0.99)

จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจึงนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาชุดการสอน เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิค KWLH Plus ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อส่งเสริมทักษะการ คิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมของสื่อการสอนกับเนื้อหา วัตถุประสงค์ของการสอน และความเที่ยงตรงของเนื้อหา ซึ่งชุดการสอนนั้นจะช่วยให้ นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาครบสมบูรณ์ตามผลการเรียนรู้ของหลักสูตรทำให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ดียิ่งขึ้นและส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดวิเคราะห์

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยข้างต้น พบว่า ความต้องการของนักเรียนด้านสื่อการเรียนการสอน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะช่วยให้ ผู้เรียนได้เข้าใจเนื้อหาและได้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากการนำเอาสื่อการสอนหลาย ๆ อย่าง มาสัมพันธ์กันและมีคุณค่า ที่ส่งเสริมซึ่งกันและกันอย่างมีระบบ โดยสื่อการสอนอย่างหนึ่งใช้เพื่อสร้างความสนใจ ในขณะที่อีกอย่างหนึ่งใช้เพื่ออธิบายข้อเท็จจริง ของเนื้อหาและอีกชนิดหนึ่งใช้เพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ซึ่งมีลักษณะองค์ประกอบเป็นชุดการสอนที่เป็นสื่อประสม สำหรับการจัดการเรียนการสอนที่มีกระบวนการผลิตอย่างเป็นระบบ และเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่สามารถเป็นแนวทางในการ ปรับปรุงและพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไป

งานวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาความคิดเห็นของผู้ปกครองนักเรียนและคณะกรรมการสถานศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มผู้มีส่วน ได้ส่วนเสียในการจัดการเรียนการสอนในวิชาเคมี ในการวิจัยครั้งต่อไปจึงควรมีการเก็บข้อมูลจากกลุ่มดังกล่าวเพื่อให้ได้รับข้อมูล ที่จะ เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องทุกมิติอย่างรอบ ด้านมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโรงเรียนรัตนราษฎร์บำรุงที่สนับสนุนทุนเผยแพร่งานวิจัย และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ และผู้เข้าร่วมสนทนา กลุ่มทุกท่าน ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนวคิดและข้อเสนอแนะ ในการดำเนินการวิจัยการศึกษาสภาพปัญหาและความ ต้องการการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เอกสารอ้างอิง

- Academic Department Ratanaratbumrung School. (2022). *Student achievement analysis report academic year 2022* (in Thai). Ratchaburi: Ratanaratbumrung School.
- BouJaoude, S. and Barakat H., (2000). Secondary school students' difficulties with stoichiometry. *School Science Review*, 81(296), 91-98.
- Brahmawong, C. (1980). *Educational technology and communication* (in Thai). Bangkok: Sukhothai Thammathirat Open University.

- Buddanoi, P. and Cojorn, K. (2021). The development of learning activities based on constructivist theory and STAR strategy to enhance the word problem-solving ability and learning achievement in chemistry on the topic of stoichiometry for Mathayomsuksa 4 students (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 15(3), 192-202.
- Cronbach, T. (1970). **Essentials of psychological testing 3rd ed.** New York: Harper & Row.
- Dechakupt, P. and Yindeesuk, P. (2020). **Active learning combined with PLC for development 4th ed** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2020). **Textbook for the additional subject science and technology, chemistry, Mathayom 4** (in Thai). Bangkok: Trade organization of SKSC.
- Khaemmanee, T. (2020). **Teaching science: knowledge for organizing an effective learning process.** 24th ed (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Klinkla, R., Phibanchon, S. and Srisanyong, S. (2016). The effect of inquiry learning and open approach on stoichiometry chemistry to develop ability in analytical thinking for 11th grade students (in Thai). **Journal of education Naresuan University**, 18(1), 211-217.
- Kimberlin, S. and Yeziarski, E. (2016). Effectiveness of inquiry-based lessons using particulate level models to develop high school students' understanding of conceptual stoichiometry. **Journal of Chemical Education**, 93(6), 1002-1009.
- Krejcie, R.V. and Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. **Educational and Psychological Measurement**, 30(3), 607-610.
- Kristen, L.C. and Hannah, S. (2006). Teaching lab report writing through inquiry: A green chemistry stoichiometry experiment for general chemistry. **Journal of Chemical Education**, 83 (7), 1039-1041.
- Maneerat, W. and Dornbundit, P. (2017). Development of problem-solving skills in chemistry on topic of acid-base using Polya's problem-solving process for grade-11 students (in Thai). **Journal of research unit on science, technology and environment for learning**, 8(2), 297-306.
- Martin S.S. (2009). **Chemistry: The molecular nature of matter and change 5th ed.** New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Ministry of Education. (2019). **Manual for teaching reading, analytical thinking, reading development according to the PISA guidelines** (in Thai). Bangkok: Agricultural cooperative printing demonstrations of Thai.
- Office of the Education Council. (2017). **The national education plan B.E. 2017-2036** (in Thai). Bangkok: Se-PRIKWARN GRAPHIC.
- Onkasem, P., Wangkaewhiran, T., Thamsirikhwan, P., Chanajeenasak, P., Settacomkul, S. and Sanguanrat, S. (2021). 21st Century learning management skill development for teachers in Rajabhat Rajanagarindra University Demonstration School via process of professional learning community (in Thai). **Journal of Education Thaksin University**, 20(1), 88-102.
- Panich, W. and Susilawan, W. (2020). **Teacher's book for students create learning to a connected level.** (in Thai). Bangkok: Siam Commercial Foundation.
- Phlansaeng, T. (2015). The study of instructional problems of science subject in a basic education level (in Thai). **Proceedings of the 2nd the Research and Development Institute Kamphaeng Phet Rajabhat University** (pp. 388-398). Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University.
- Prasoetthai, M. and Cojorn, K. (2023). Development of chemistry problem-solving ability focused on stoichiometry of Mathayomsuksa 4 students with deductive learning method coordinate with FOPS learning strategy (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 17(3), 191-202.
- Rodwirat, H., Panprueksa, K. and Chairasert, P. (2018). The effect of 7E learning cycle with STAD technique on learning achievement, analytical thinking, and attitude towards chemistry of grade 10 students (in Thai). **Journal of education Naresuan University**, 20(3), 238-250.

- Sompetch, K., Chanunan, S. and Klamtet, J. (2020). An action research for developing grade 10th students' scientific conceptual understanding and scientific reasoning by using conceptual change approach on stoichiometry (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 22(2), 49-61.
- Srivirojn, W., Kijkuakul, S., Kaewurai, W. and Wipajuksanakul, W. (2014). The development of instructional model in stoichiometry based on integrated inquiry training and cooperative learning to enhance critical thinking for upper secondary students in an enrichment science classroom (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 16(3), 1-13.
- Sukhamsri, C., Kuno, M. and Pinthong, C. (2023). Multiple scientific representations-based learning activity to enhance learning achievement in stoichiometry for high school students (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 46(2), 37-54.
- Viriyatham, P., Chaiprasert, P. and Srisanyong, S. (2018). Development of achievement and problem solving ability on stoichiometry for grade 10 students using 7e learning cycle with KWDL technique (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 20(2), 140-152.
- Wangkaewhiran, T. (2018). The results of an instructional model based on reflective metacognition strategies with research-based learning: case studies in Thai, social study, and science subjects (in Thai). **Journal of Economics and Management Strategy**, 5(1), 11-24.
- Wongwanich, S. (2019). **Needs assessment research 4thed** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.



Research Article

Improving Mathematical Achievement on Geometric Transformation for Grade-8 Students Using 5Es Inquiry-Based Learning and GeoGebra

Papawit Pitasing^{1,*}, Paweena Khansila² and Papaporn Nongharnpituk²¹Bachelor of Education Program in Mathematics, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University²Department of Mathematics, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University*Email: Papawit.pi@ksu.ac.th

Received <27 December 2023>; Revised <29 March 2024>; Accepted <9 April 2024>

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop mathematical achievement on geometric transformations of Grade 8 students by using 5Es inquiry-based learning and GeoGebra to achieve a criterion of 70 percent; 2) compare mathematical achievement of students before and after the learning management; and 3) study students' satisfaction after learning management. The samples include 33 Grade 8 students studying in the first semester of the academic year 2023 at Khaowongpittayakhan School, which were obtained from cluster sampling. The research tools were 3 lesson plans, a 4-choice multiple-choice achievement test which consists of 10 questions, and a satisfaction questionnaire containing 15 questions. Statistics used in data analysis include mean, standard deviation, percentage, and hypothesis testing using statistics (t-test). The research found that 1) students' mathematical achievement after learning had an average score of 74.85 percent, which is higher than the 70 percent at .05 level of statistical significance; 2) mathematical achievement after studying was significantly higher than before studying at the .05 level; and 3) students' satisfaction after learning through 5Es inquiry-based learning and GeoGebra in overall is at a high level ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.91).

Keywords: Mathematical achievement, 5Es Inquiry-based learning, GeoGebra, Geometric transformation

บทความวิจัย

การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

ปภาวิชญ์ ปิตะสิงห์^{1*} ปวีณา ชันธุ์ศิลา² และประภาพร หนองหารพิทักษ์²

¹ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Email: Papawit.pi@ksu.ac.th

รับบทความ: 27 ธันวาคม 2566 แก้ไขบทความ: 29 มีนาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 9 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra กับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร จำนวน 33 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย เลือกตอบชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ และแบบสอบถามวัดความพึงพอใจ จำนวน 1 ฉบับ มีข้อความทั้งหมด 15 ข้อ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ การทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ (t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.91)

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) GeoGebra การแปลงทางเรขาคณิต

บทนำ

คณิตศาสตร์นับว่าเป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญ และผูกพันกับมนุษย์มานาน อีกทั้งยังมีความจำเป็นในชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก คณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล มีทักษะในการคิดคำนวณ และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นรากฐานของวิทยาการหลายสาขา ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และอื่น ๆ (Ministry of Education, 2017) ถึงแม้คณิตศาสตร์จะมีความสำคัญแต่ในปัจจุบันการจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังคงไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนในวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ไม่น่าพอใจ จะเห็นได้จากผลการประเมินคุณภาพการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับ (O-NET) ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 รายวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ปีการศึกษา 2563 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งประเทศ คือ 25.46 คะแนน ปีการศึกษา 2564 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งประเทศ คือ 24.47 คะแนน และล่าสุดปีการศึกษา 2565 มีค่าคะแนนเฉลี่ยทั้งประเทศ คือ 24.39 คะแนน ซึ่งจะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยต่ำลงอย่างต่อเนื่อง (National Institute of Educational Testing Service, 2020-2022)

การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันจึงต้องมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ให้เข้าใจอย่างแท้จริง โดยการสร้างความรู้ด้วยตนเองในการใช้สถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันเป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง และการวัดประเมินผลก็ต้องทำให้สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การประเมินตามสภาพจริงเพื่อช่วยสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพที่แท้จริงของผู้เรียนได้อย่างครอบคลุมทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2012) จากการศึกษากิจกรรมการใช้โมเดลแบบสืบเสาะ 5Es จะนำผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน การจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับนักเรียน สามารถช่วยพัฒนาผู้เรียนด้านทักษะการคิดคำนวณ การแก้ปัญหา จากการที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองตามความสนใจของตนเอง โดยมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำสนับสนุน สามารถช่วยเหลือกันภายในกลุ่มในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น แลกเปลี่ยนประสบการณ์ได้ปฏิบัติงานร่วมกัน และรู้จักรับผิดชอบงานในหน้าที่ที่ตนรับผิดชอบ ทำให้นักเรียนจดจำบทเรียนได้ดี (Duangnak, 2022) และนักเรียนสามารถคอย ๆ ปรับปรุงการคิดและความเข้าใจแนวความคิดของตนเอง กระตุ้นความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับรายวิชาได้ ซึ่งช่วยเพิ่มความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยเสริมสร้างการสืบค้นหาข้อมูล การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างสมเหตุสมผล และผู้เรียนยังได้อธิบายความรู้ความเข้าใจในสิ่งที่ตนศึกษา ครูสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปจัดการเรียนรู้เพิ่มเติมให้เหมาะสมกับผู้เรียน สามารถวัดความรู้ ระดับความเข้าใจ และความเข้าใจผิดที่อาจเกิดขึ้นผ่านการเรียนรู้ (Owusu, Adu and Kwakye, 2022)

โปรแกรม GeoGebra เป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ ที่สามารถโต้ตอบระหว่างผู้สอนกับผู้เรียนในการเรียนรู้ ซึ่งโปรแกรมนี้สามารถเรียนรู้เกี่ยวกับเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ได้หลากหลายเรื่อง เช่น เรขาคณิต พีชคณิต แคลคูลัส รูปวงกลม ส่วนตัดของวงกลม โปรแกรม GeoGebra สามารถดำเนินการสร้างจุด ภาคตัดกรวย สมการ ซึ่งเป็นสื่อที่ปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน โดยผู้เรียนสามารถปรับแต่งค่า รวมถึงรูปร่างของสื่อได้อย่างอิสระ เพื่อหารูปแบบที่ผู้เรียนสนใจ และเหมาะสมในการจัดการเรียนรู้นั้น ๆ (Uthit, 2014) นอกจากนี้ Zulnaidi, Oktavika and Hidayat (2020) ได้แสดงให้เห็นในการศึกษาผลเชิงบวกของการใช้ GeoGebra ต่อผลลัพธ์การเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และเน้นย้ำว่า การใช้ GeoGebra สามารถทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นมากขึ้นในการศึกษาคณิตศาสตร์ เพิ่มปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียนคณิตศาสตร์ และยังเป็นสื่อสำคัญทางเทคโนโลยีที่เหมาะสมด้านการศึกษา

จากเหตุผลดังกล่าว ส่งผลให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมี 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการตั้งสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ และสร้างสถานการณ์ปัญหา 2) ขั้นสำรวจและค้นหา โดยให้นักเรียนศึกษาปัญหาตามหัวข้อที่สนใจ ผ่านโปรแกรม GeoGebra วางแผนแบ่งหน้าที่การค้นหา และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนนำข้อมูล มาวิเคราะห์ สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ 4) ขั้นขยายความรู้ นักเรียนนำความรู้ที่ได้ศึกษามาไปแก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น และ 5) ขั้นประเมินผล ประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง โดยการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อที่จะปรับการเรียนและเปลี่ยนวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน ให้มีความน่าสนใจ ไร้ความสนใจ เสริมสร้างเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ มีความสุขในการเรียน เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นแนวทางการพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ให้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดก่อนและหลังการทดลอง (The One Group Pretest Posttest Design) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบการวิจัย

Group	Pretest	Treatment	Posttest
E	O ₁	X	O ₂

E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

O₁ แทน การทดสอบก่อนการทดลอง

O₂ แทน การทดสอบหลังการทดลอง

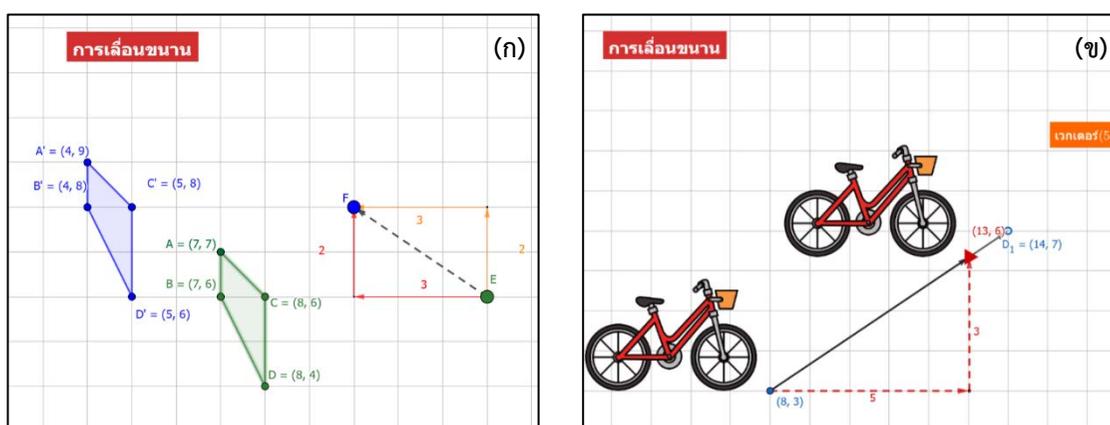
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 มีจำนวนห้องทั้งหมด 4 ห้อง จำนวนนักเรียน 138 คน

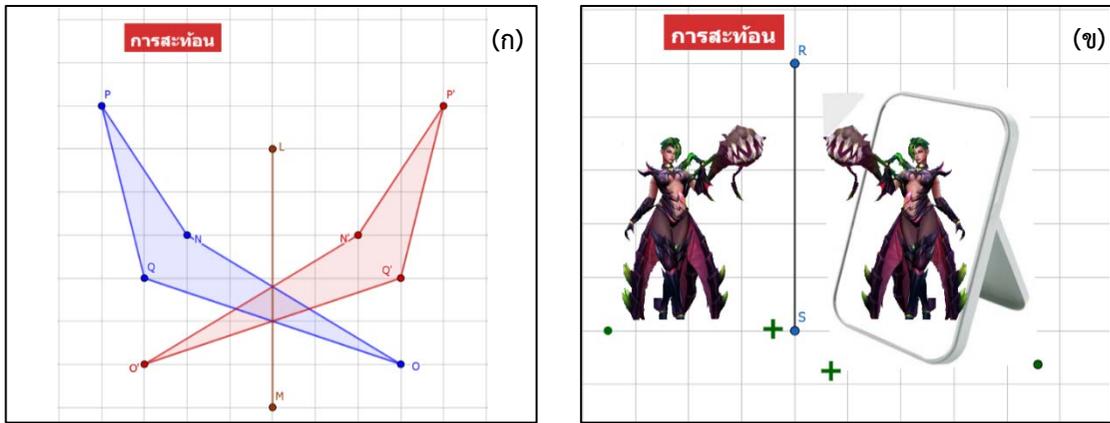
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 จำนวน 33 คน โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

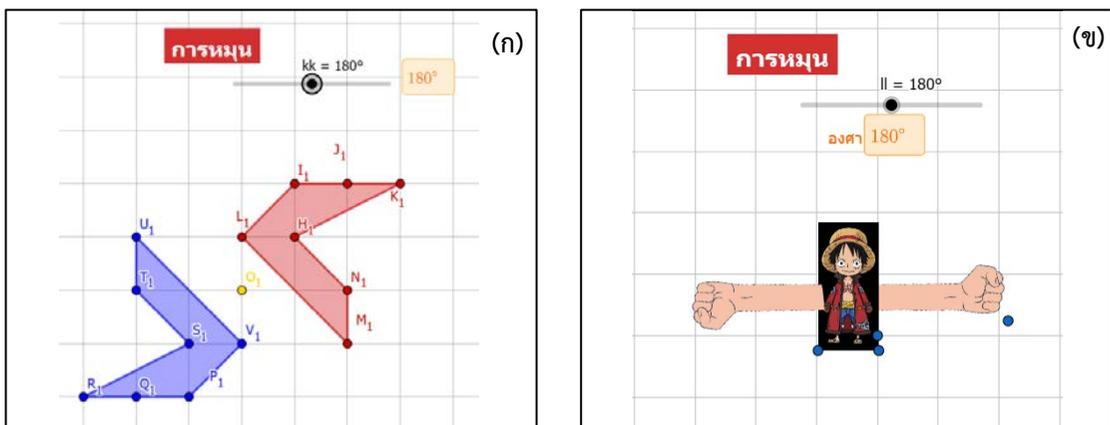
3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra จำนวน 3 แผน แผนละ 3 คาบ รวมทั้งสิ้น 9 คาบ และมีเนื้อหาสาระประกอบด้วย การเลื่อนขนาน การสะท้อน และการหมุน ตัวอย่างของสื่อการสอนในแผนการเรียนรู้ที่ 1-3 แสดงในภาพที่ 1-3 ตามลำดับ



ภาพที่ 1 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 การเลื่อนขนานหลายจุด (ก) และภาพการเลื่อนขนาน (ข)



ภาพที่ 2 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การสะท้อนหลายจุด (ก) และภาพการสะท้อน (ข)



ภาพที่ 3 สื่อการสอนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การหมุนหลายจุด (ก) และภาพการหมุน (ข)

โดยผู้วิจัยได้นำแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 3 แผน นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x} = 4.80$, S.D. = 0.31)

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยมีค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยคัดเลือกแบบทดสอบใช้จริงจำนวน 10 ข้อ ที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ระหว่าง 0.20-1.00 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบทดสอบโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาคมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.71 ตัวอย่างของข้อคำถามในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2		
1. ถ้าทามะสองกระจกตอนเข้า เป็นการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิตแบบใด	2. ถ้าสะท้อนจุด (-3,5) โดยมีแกน X เป็นเส้นสะท้อน จะได้พิกัดของจุดใหม่ตรงกับข้อใด	3. ถ้าจุด A มีพิกัด (2, -4) เลื่อนไปทางซ้ายตามแนวแกน X 3 หน่วย และเลื่อนขึ้นไปตามแนวแกน Y 5 หน่วย พิกัดของจุด A ที่ได้จากการเลื่อนขนานตรงกับข้อใด
ก. การเลื่อนขนาน	ก. (3,5) ข. (3,-5)	ก. (5,-1) ข. (5,9)
ข. การสะท้อน	ค. (-3,-5) ง. (-3,5)	ค. (-1,1) ง. (-5,1)
ค. การหมุน		
ง. การย่อขยาย		

3.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านครูผู้สอน ด้านการจัดการเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล จำนวน 18 ข้อ เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ท่าน โดยมีค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (IOC) ระหว่าง 0.67-1.00 และคัดเลือกใช้จริงจำนวน 15 ข้อ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

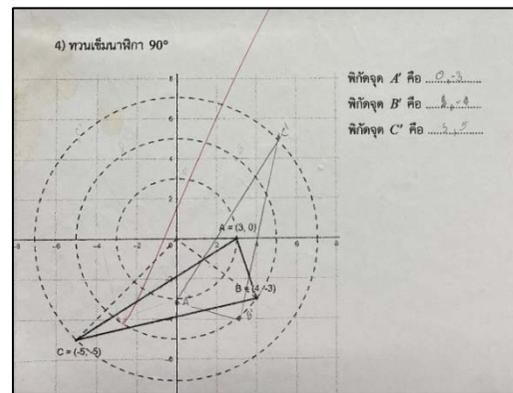
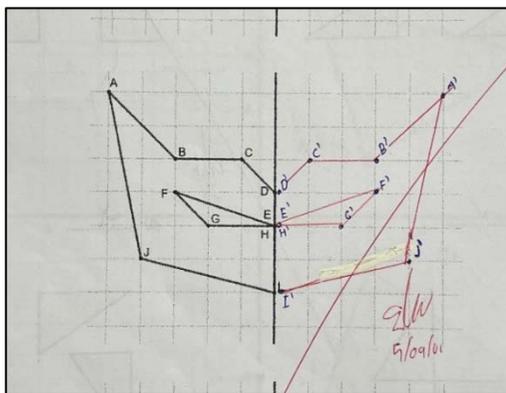
ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเขาวงพิทยาคาร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 33 คนที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2566 โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ประเมินิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแจ้งจุดประสงค์ ซึ่งแจ้งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra และทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต

4.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 แผน แผนละ 3 คาบ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวมทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ แสดงในภาพที่ 4-5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra



ภาพที่ 5 ตัวอย่างแบบฝึกหัด เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต

จากภาพที่ 4 พบว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านโปรแกรม GeoGebra สามารถนำเสนอในหัวข้อที่ตนสนใจ พร้อมทั้งสรุป สมมุติเหตุการณ์ และสื่อความหมายได้ และภาพที่ 5 นักเรียนสามารถระบุพิกัดของคำตอบในการลากเส้นและจุด โดยใช้วิธีการสะท้อน และการหมุน จากโจทย์ที่กำหนดให้ได้

4.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองผู้วิจัยดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต โดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกันกับที่ใช้ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และประเมินความพึงพอใจของนักเรียน

4.4 นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และนำเสนอผลการวิจัยในลำดับต่อไป

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบที (t-test for one sample)

5.2 วิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ด้วยสถิติทดสอบที (t-test for dependent Samples)

5.3 วิเคราะห์ข้อมูลความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ด้วยสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ให้มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ให้มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบที (t-test for one sample) ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra เทียบเกณฑ์ร้อยละ 70

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	ร้อยละ	t	p
หลังเรียน	33	10	7.48	1.42	74.85	1.97*	.03

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.85 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ด้วยสถิติทดสอบที (t-test for dependent Samples) ผลปรากฏดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

กลุ่มตัวอย่าง	N	คะแนนเต็ม	\bar{x}	S.D.	t	p
ก่อนเรียน	33	10	4.24	2.24	11.49*	.00
หลังเรียน	33	10	7.48	1.42		

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra พบว่าการทดสอบก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.24 และหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.48 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.42 ซึ่งจากการใช้สถิติทดสอบพบว่า t-test เท่ากับ 11.49 ซึ่งสูงกว่าค่าวิกฤต แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยสถิติพื้นฐานจากนั้นแปลผลค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดผลปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra

ข้อความ	\bar{x}	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านครูผู้สอน			
1. ครูจัดบรรยากาศห้องเรียนเอื้อต่อการเรียนการสอน	4.24	0.99	มาก
2. ครูให้ออกาสนักเรียนซักถามปัญหาและวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา	4.36	0.82	มาก
3. ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ชัดเจน	4.42	0.74	มาก
4. ครูส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และร่วมกันอภิปราย	4.39	0.89	มาก
5. ครูส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มตามเทคนิคการจัดการเรียนรู้	4.36	0.92	มาก
6. ครูยอมรับความคิดเห็นของนักเรียน	4.52	0.87	มากที่สุด
7. ครูมีบุคลิกภาพ การแต่งกายและการพูดจาเหมาะสม	4.70	0.68	มากที่สุด
ด้านการจัดการเรียนรู้			
8. เนื้อหาที่สอนทันสมัยนำไปใช้ได้จริง สอดคล้องกับบริบทชีวิตประจำวัน	4.12	0.96	มาก
9. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra มีความสนุกและน่าสนใจ	4.18	1.04	มาก
10. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra สามารถสร้างความสนใจแก่นักเรียนอย่างทั่วถึงขณะสอน	4.12	1.04	มาก
11. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้จากห้องสมุด อินเทอร์เน็ตหรือแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ	4.24	1.02	มาก
ด้านการวัดและประเมินผล			
12. นักเรียนทราบเกณฑ์การประเมินผลล่วงหน้า	4.15	1.08	มาก
13. ครูประเมินผลอย่างยุติธรรม	4.58	0.74	มากที่สุด
14. การวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมกับเนื้อหาในชั้นเรียน	4.42	0.74	มาก
15. เกณฑ์การวัดประเมินผลครอบคลุมเนื้อหาและเกณฑ์การวัดไม่ยากเกินไป	4.39	0.86	มาก
รวม	4.33	0.91	มาก

จากตารางที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.91) เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดคือ ด้านครูผู้สอน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.43$, S.D. = 0.84) รองลงมา คือ ด้านการวัดและประเมินผลมีความพึงพอใจระดับมาก ($\bar{x} = 4.39$, S.D. = 0.88) และด้านการจัดการเรียนรู้มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x} = 4.17$, S.D. = 1.01) ตามลำดับ

อภิปรายผล

การศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สรุปผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพราะว่าการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ร่วมกับ GeoGebra มีขั้นค้นหาความรู้ ที่เป็นการเรียนที่ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการค้นหา โดยมีกระบวนการทางความคิด การมีเหตุผล ทำให้ผู้เรียนมีทักษะการค้นคว้าด้วยตนเอง และการได้เรียนรู้ผ่านโปรแกรม GeoGebra ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้เห็นภาพอย่างชัดเจน มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหา ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ มีการจดจำผ่านรูปภาพ มีความเข้าใจในการลงมือปฏิบัติ และสามารถนำการแก้ปัญหามาใช้ในชีวิตประจำวันได้ ส่งผลให้มีความเข้าใจในเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Janngam and Suanpradit (2021) ที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติใช้โปรแกรม GeoGebra ในการคลิกเพิ่ม ลดจำนวน สมการตามที่ต้องการ และใช้โปรแกรม GeoGebra ศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมเพื่อที่จะตอบคำถามจากใบกิจกรรม ทำให้เห็นความสัมพันธ์ผลลัพธ์สามารถสรุปหลักเกณฑ์ได้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง ผู้เรียนยอมรับในการทดลองของสมการจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ใช้กระบวนการคิดหาความสัมพันธ์ของข้อมูลจนสามารถอธิบายและสรุปความคิดรวบยอดได้ด้วยตนเอง เป็นการเรียนรู้จากรูปธรรมไปสู่นามธรรม ช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาพื้นฐานของตนเองในเชิงรูปธรรมก่อนแล้วค่อย ๆ พัฒนาการเรียนรู้ไปสู่ระดับที่สูงขึ้น สอดคล้องกับ Nomaya and Chaiyapan (2013) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักร 5 ขั้น (5Es) มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์จากกิจกรรมที่หลากหลาย น่าสนใจ และมีขั้นขยายความรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ได้มากที่สุด เป็นลักษณะของการศึกษาปัญหาหรือศึกษาศถานการณ์ จำเป็นต้องให้เวลาและโอกาสแก่ผู้เรียนได้มองหาแนวทางในการแก้ปัญหาว่ามีได้หลากหลายวิธี มีความแตกต่างกันให้มากที่สุด มีความแปลกใหม่ตามระยะเวลาที่กำหนดให้ และจัดกิจกรรมให้อยู่ในบรรยากาศที่สนุกสนาน ปล่อยให้ นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นมากที่สุด ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นมีความสามารถในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ มีความรับผิดชอบต่อกลุ่มและงานของตนเอง ถ้าแสดงความคิดเห็น สอดคล้องกับ Hongthong, Lokkathat and Prateep (2023) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ GeoGebra ที่มีต่อการคิดเชิงเรขาคณิตและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นการดำเนินการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนออกแบบการเรียนรู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดข้อคำถาม เกิดความคิด และลงมือแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง ซึ่งทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังเรียนโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนที่ชัดเจน มีตัวอย่างที่สามารถจับต้องได้ ทำให้ผู้เรียนมีแนวความคิดที่เป็นระบบ มีการสืบค้นหาข้อมูลด้วยตนเอง มีการลงมือปฏิบัติ และการจดจำทั้งรูปภาพ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจที่ดี มีการจำอย่างเป็นระบบ และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Negara *et al.* (2022) GeoGebra สามารถรองรับการแสดงผลแนวคิดทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบ มัลติมีเดียหรือการแสดงผลหลายรูปแบบได้ใน GeoGebra มีหน้าต่างสำหรับการแสดงพีชคณิต (การวิเคราะห์) การแสดงภาพ (กราฟิก) และการแสดงตัวเลขในรูปแบบของสเปรดชีต นอกจากนี้ GeoGebra ยังใช้งานง่ายมากอีกด้วยการใช้งานคือการคลิกแล้วคลิก ไม่มีการเขียนโปรแกรม นักเรียนสามารถใช้พีเจอร์นี่เพื่อดูแนวคิดเกี่ยวกับฟังก์ชันขีดจำกัดจากมุมต่าง ๆ และใช้ประโยชน์จากจุดแข็งเพื่อทำความเข้าใจฟังก์ชันเหล่านี้ให้ดีขึ้น การโต้ตอบทั้งหมดนี้เกิดขึ้น 'สด' บนหน้าจอมอนิเตอร์ ดังนั้นนักเรียนจึงไม่ต้องรอนานเพื่อดูคำตอบที่พวกเขาเห็นนั้นถูกหรือผิด และสถานการณ์การเรียนรู้สามารถจูงใจนักเรียนเมื่อเรียนในสถานการณ์โควิด-19 ได้ สอดคล้องกับ Kheawwan *et al.* (2021) ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ประกอบกับการใช้สื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) เรื่อง ปริซึมและทรงกระบอก ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ดำเนินการเป็นไปตามขั้นตอนที่ถูกต้อง สามารถเรียนรู้ได้ตลอดเวลาผ่าน Line, Google for Education, Youtube และการได้ลงมือค้นคว้าด้วยตนเอง ส่งผลให้ภาพรวมของคะแนนหลังเรียนสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Quinong, Sokhuma and Plangprasopchok (2021) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ทำให้นักเรียนมีความสุขกับการเรียน ได้ความสนุกสนาน ความกระตือรือร้น สนใจในการเรียนมากขึ้น และนักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม ถ้าแสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ ถ้าตัดสินใจ ทำให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถพัฒนาการเรียนรู้ของตนเองได้ดี แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความก้าวหน้าในการพัฒนาการเรียนรู้หลังการเรียนรู้อีกขึ้น

3. ความพึงพอใจของนักเรียนหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เป็นการจัดการเรียนรู้ตามความสนใจของนักเรียน มีการศึกษาร่วมกัน ทำให้ได้เรียนรู้ในสิ่งที่ตนชอบกับเพื่อนที่ชอบในสิ่งที่เหมือนกัน และ GeoGebra เป็นการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่แปลกใหม่ ทำให้นักเรียนมองภาพการแปลงทางเรขาคณิตได้อย่างชัดเจนขึ้น เกิดความสนุกสนาน ส่งผลให้เกิดความพึงพอใจที่ดีต่อการเรียนรู้ และความพึงพอใจของนักเรียนสูงสุด คือ ด้านครูผู้สอน เนื่องจากความเข้าใจผู้เรียนพูดจาเหมาะสมรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน ให้คำแนะนำ ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ และมีประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของนักเรียนที่ต่ำที่สุดคือ ด้านการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากนักเรียนบางส่วนยังคงสับสนการใช้โปรแกรม เกิดความล่าช้าในการเรียนรู้ ครูคอยแนะนำและช่วยเหลือในการใช้โปรแกรม ซึ่งสอดคล้องกับ Janprieng, Wareebor and Kerdthong (2023) ศึกษาการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) และการจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้นตอน พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบบันได 5 ขั้นตอน เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและมีกิจกรรมให้สะท้อนถึงความต้องการในการพัฒนาผู้เรียน เน้นการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตจริง มีการสร้างบรรยากาศของการมีส่วนร่วม การเจรจาโต้ตอบที่ส่งเสริมให้มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนในชั้นเรียนและครูผู้สอน มีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นพลวัต กระตุ้นให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ มีกิจกรรมที่ทำท่ายและเปิดโอกาสผู้เรียนได้รับวิธีการสอนที่หลากหลาย และครูผู้สอนต้องใจกว้างยอมรับในความสามารถในการแสดงออก และความคิดของผู้เรียน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ สอดคล้องกับ Watcharothai (2022) ศึกษาการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้วิธีการสอนแบบ KWDL ร่วมกับโปรแกรม GeoGebra เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์ พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากการสอนโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ช่วยให้นักเรียนสามารถวาดกราฟของวงกลม วงรี พาราโบลา และไฮเพอร์โบลาได้รวดเร็ว หากคำตอบได้ง่ายขึ้น นักเรียนได้ทดลองและเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนุกสนาน ใฝ่เรียนรู้ กล้าแสดงความคิดเห็น และสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่นได้อย่างมีเหตุผล สอดคล้องกับ Saduakdee *et al.* (2023) ศึกษาผลการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านเรื่องการแปลงทางเรขาคณิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก เนื่องจากการใช้โปรแกรม GeoGebra ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและช่วยให้นักเรียนได้เห็นภาพที่ได้จากการแปลงทางเรขาคณิตที่เป็นรูปธรรม ช่วยอธิบายให้เข้าใจมากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความสุขสนุกสนานกับการทำกิจกรรม ส่งผลให้มีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.09 สูงกว่าก่อนเรียนที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 2.24 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x} = 4.33$, S.D. = 0.91)

ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ในการจัดการเรียนรู้ควรเป็นเนื้อหาวิชาที่มีหัวข้อย่อยที่หลากหลาย เพื่อที่จะให้ผู้เรียนได้เลือกศึกษาตามความสนใจของตนเอง และครูควรจัดระยะเวลาในแต่ละขั้นการเรียนรู้ไว้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และระยะเวลาที่ไม่ยาวนานจนเกินไป
2. ในการใช้สื่อเทคโนโลยีในการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรจัดเตรียมอุปกรณ์สอนให้พอเหมาะกับจำนวนของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ครบทุกคน ไม่ให้เกิดความล่าช้าในการจัดการเรียนการสอน และควรเช็คอุปกรณ์ก่อนใช้จริงเสมอ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาโปรแกรม GeoGebra เพิ่มมากขึ้นเพื่อที่จะสามารถประยุกต์การใช้โปรแกรมร่วมกับกระบวนการเรียนรู้ต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย

2. ควรนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับ GeoGebra ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนได้เปลี่ยนบรรยากาศในการเรียนที่สนุกสนานแตกต่างไปจากเดิม และช่วยให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อเพื่อนในห้องเรียน มีความรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเองมากขึ้น รวมทั้งการทำงานร่วมกับผู้อื่นยังช่วยเพิ่มทักษะในการตัดสินใจของนักเรียนอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ ต้องขอขอบพระคุณอย่างสูงในความเมตตาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์เทวีญ เริ่มสูงเนิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณรัตน์ ก้วยเจริญพานิชก์ และนางวันเพ็ญ ถวิลการ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมเพื่อใช้ในการทำวิจัย ตลอดจนผู้บริหาร คณะครู นักเรียนที่ได้ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

References

- Duangnak, P. (2022). Effects of the Mathematical Skills Practice Exercises with the Inquiry Cycle (5E) of Instructional Model for Matthayomsuksa 4 Students (in Thai). **Education Journal Faculty of Education Kamphaeng Phet Rajabhat University**, 4(8), 31-42.
- Hongthong, N., Lokkathat, T. and Prateep, S. (2023). Effect of inquiry-based learning with GeoGebra for geometric thinking and mathematical achievement of Grade-8 students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 6(2), 320-332.
- Janngam, P. and Suanpradit, A. (2021). The Development of E-book Using Geogebra Program on “ Numerical Analysis” to Develop Learning Achievement for Mathematics Program Students, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University (in Thai). **Journal of Education Buriram Rajabhat University**, 1(1), 55-66.
- Janprieng, T., Wareebor, J. and Kerdthong, A. (2023). The Development Creativity Skills and Innovation of Students Bachelor Degree Faculty of Education Rambhai Barni Rajabhat University with Inquiry Cycle (5Es) and Five Steps Learning Management (in Thai). **Rambhai Barni Rajabhat University**, 17(1), 59-71.
- Kheawwan, S., Totob, T., Krined, N. and Saithong, C. (2021). The Development of Mathematics Learning Achievement by Inquiry Learning Management (5Es) with Social Media on Prism and Cylinder for Grade 8 Students of Kuiburiwittaya School (in Thai). **Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University**, 32(2), 71-79.
- Ministry of Education. (2017). **Indicators and Core Content Mathematics Department (Revised Version B.E. 2560, A.D.2017) The Basic Education Care Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Limited.
- National Institute of Educational Testing Service. (2020). Summary of basic national educational test (O-NET) results Grade 9 (in Thai). Retrieved 1 November 2023, from **NIETS**: <https://www.niets.or.th/th/content/view/25414>.
- National Institute of Educational Testing Service. (2021). Summary of basic national educational test (O-NET) results Grade 9 (in Thai). Retrieved 1 November 2023, from **NIETS**: <https://www.niets.or.th/th/content/view/25417>.
- National Institute of Educational Testing Service. (2022). Summary of basic national educational test (O-NET) results Grade 9 (in Thai). Retrieved 1 November 2023, from **NIETS**: <https://www.niets.or.th/th/content/view/25621>.
- Negara, H., Wahyudin., Nurlaelah, E. and Herman, T. (2022). Improving Students' Mathematical Reasoning Abilities Through Social Cognitive Learning Using GeoGebra. **International Journal of Emerging Technology in Learning**. 17(18), 118-135.
- Nomaya, S. and Chaiyapan, G. (2013). The Development of Mathematical Learning Activities Based on Inquiry Cycle (5Es) Enhanced Creative Thinking on Fractions for Mathayomsuksa (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University (Graduate Studies Research)**, 7(1), 205-216.

- Ouinong, S., Sokhuma, K. and Plangprasopchok, S. (2021). Learning Management using 5E Inquiry-Based Learning to Enhance Mathematical Communications on Pyramids, Cones and Spheres for Secondary 3 students (Grade 9) (in Thai). **Rajabhat Rambhai Barni Research Journal**, 15(3), 95-106.
- Owusu, F., Adu, A. and Kwakye, D. O. (2022). Effect of 5Es with Teaching Aids on Academic Performance of Upper Primary School Pupils in Mathematics Non-Routine Problems. **International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)**, 9(3), 69-74.
- Saduakdee, S., Chamniyan, R., Suriyan, P., Karen-in, J. and Khotchasarn, K. (2023). The Results of Using GeoGebra in Mathematics Learning Management based on Flipped Classroom on Geometric Transformation of Secondary 2 Students Bodindecha (Sing Singhaseni) SamutPrakarn School (in Thai). **Academic Journal of Phetchaburi Rajabhat University**, 13(1), 4-13.
- The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2012). **Mathematics evaluation** (in Thai). Bangkok: V. Print (1991) Company Limited.
- Uthit, C. (2014). Effects of Organizing Learning Activities on “Linear Programming” Supplementing Mathematical Skills and Processes by Using the GeoGebra for Mathayomsuk sa Six Students at Samutsakhonburana School, Changwat Samut Sakhon (in Thai). **Master’s Thesis**. Bangkok: Kasetsart University.
- Watcharothai, P. (2022). The study on learning achievement in mathematics for mathayomsuksa 4 students of thapsakae wittaya school by using KWDL technique with GeoGebra for analytic Geometry (in Thai). **Master’s Thesis**. Bangkok:: Silpakorn University.
- Zulnadi, H., Oktavika, E. and Hidayat, R. (2020). Effect of use of GeoGebra on achievement of high school mathematics students. **Education and Information Technologies**, 25, 51-72.



Article

Integrated learning through STEM education with an emphasis on the engineering design of eleventh-grade students

Natsupon Chutithanapanon^{1,*}, Supasin Pasee², Soisuda Ngaongam², Nutsara Kasem²,
Supattra Sapliyan², Jaruwat Karapakdee² and Chaiya Samalerk³

¹Department of Applied Science and Social, College of Industrial Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

²Ongkharak Demonstration School, Educational Research Development Demonstration Institute, Srinakharinwirot University

³Department of Construction and Civil Engineering, Khemarat Technical College, Ubon Ratchathani

*Email: Natsupon.c@cit.kmutnb.ac.th

Received <24 November 2023>; Revised <18 April 2024>; Accepted <25 April 2024>

Abstract

The objective of this study was to enhance the engineering design and scientific knowledge of eleventh-grade students by implementing an integrated STEM learning approach that focused on the engineering design process. The process consists of five main steps: 1) Identifying the problem, 2) Conducting a search for relevant information and theories, 3) Planning and planning the building of a bridge stick model, 4) Creating a prototype of the bridge stick model, and 5) Conducting testing. The participants consisted of a single classroom of students enrolled in an engineering program at Ongkharak Demonstration School, Srinakharinwirot University, during the second semester of the academic year 2022. The research tools consist of three components: (1) a STEM lesson plan on truss structure, (2) an assessment of the engineering design process, and (3) evaluating structural tests based on engineering principles. The students' engineering design process for constructing bridge models using ice cream sticks had a success rate of 88.2%. Conducting a structural analysis based on engineering principles, three key factors were considered: efficiency, strength, and cost. The results reveal that the ice cream stick bridge has a weight-bearing capacity of 78.05 kg and has a structural efficiency of 208.13%. The observed outcomes may be attributed to the fact that the task involved problem-solving within the framework of the engineering design process. Specifically, students were required to methodically plan and build a bridge structure using ice cream sticks. This enables students to answer the problem using their own discernment, so reinforcing their understanding of the subject matter.

Keywords: STEM Education, Ice cream stick, Engineering design process, Bridge model

บทความ

การเรียนรู้แบบบูรณาการผ่านสะเต็มศึกษาโดยเน้นการออกแบบทางวิศวกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ณัฐสุพล ชูติธนาภานนท์^{1*} ศุภศิลา ภาณี² สร้อยสุดา เงามาม² นุชศรา กาเข็ม²
สุพิตรา เสถียรัตน์² จารุวรรณ กาฬภักดี² และไชยา สมาฤกษ์³

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

³ภาควิชาก่อสร้างและวิศวกรรมโยธา วิทยาลัยเทคนิคเขมราฐ อุบลราชธานี

*Email: Natsupon.c@cit.kmutnb.ac.th

รับบทความ: 23 พฤศจิกายน 2566 แก้ไขบทความ: 18 เมษายน 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 25 เมษายน 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบเชิงวิศวกรรมและความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการด้วยสะเต็มศึกษา (STEM education) โดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา 2) การสืบค้นข้อมูลและการศึกษาทฤษฎี 3) การออกแบบโครงสร้าง 4) การสร้างชิ้นงาน และ 5) การทดสอบ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 1 ห้องเรียน จากหลักสูตรแผนวิศวกรรมศาสตร์ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาเรื่องโครงสร้างแบบถัก (2) การประเมินกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและ (3) แบบประเมินการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรม ผลการวิจัยทางด้านการออกแบบทางวิศวกรรมของนักเรียนเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสะพานจากไม้ไอศกรีมคือ 88.2% การทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรมแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ ประสิทธิภาพ ความแข็งแรง และต้นทุน ผลการศึกษาพบว่าสะพานไม้ไอศกรีมสามารถรับมวลถ่วงได้ 78.05 kg และมีประสิทธิภาพของโครงสร้างอยู่ที่ 208.13% ผลลัพธ์ดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมที่เป็นรูปแบบการแก้ปัญหาในกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม นักเรียนต้องวางแผนและออกแบบการสร้างแบบจำลองสะพานไม้จากไม้ไอศกรีมอย่างเป็นระบบ สิ่งนี้ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาด้วยความเข้าใจอันลึกซึ้งซึ่งนำไปสู่การเรียนรู้อย่างสมบูรณ์

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ไม้ไอศกรีม กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สะพานไม้จำลอง

บทนำ

ทักษะการบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 มีความสำคัญกับการสืบเสาะหาความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและความสามารถในการเป็นผู้นำ (การตัดสินใจ) โดยใช้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย ประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ประกอบการตัดสินใจ อีกทั้งยังมุ่งเน้นส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการพัฒนาด้านความคิดเป็นเหตุเป็นผล ความคิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณ ทักษะทางการสื่อสารและการทำงานเป็นทีม (Office of the Basic Education Commission, 2017) ซึ่งจะแตกต่างจากการศึกษาในช่วงศตวรรษที่ 18-19 ที่จะเน้นทางด้านองค์ความรู้ (Hard skill) สำหรับผู้เรียนเฉพาะด้าน ทำให้ผู้เรียนที่จบการศึกษาออกมามีความสามารถทางด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ซึ่งจะสอดคล้องกับแนวคิดลัทธิอุตสาหกรรม (Industrialism) ที่อธิบายว่าความสามารถเฉพาะด้านของมนุษย์จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานๆ ได้ดียิ่งขึ้น และจะส่งผลต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจพัฒนาแบบก้าวกระโดดอีกด้วย อย่างไรก็ตามแนวคิดนี้ทำให้เกิดปัญหาหลายอย่างตามมาเมื่อผ่านไปหลายปี เช่น ไม่เกิดการแข่งขันในด้านทางการค้าหรือการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เนื่องจาก ปริมาณสินค้าที่ผลิตมีจำนวนมากและลักษณะเหมือน ๆ กัน ทำให้ราคาสินค้าและบริการมีราคาที่ถูกลง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เศรษฐกิจของประเทศถดถอย ดังนั้นสำหรับศตวรรษที่ 21 จึงได้มีการเปลี่ยนระบบการศึกษา ให้ความรู้แก่ผู้เรียนโดยการนำเอาความรู้ด้านต่าง ๆ บูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เรียนนั้นเกิดความเข้าใจ เชื่อมโยง และสามารถผสมผสานความรู้ทั้งหมดเข้าด้วยกันได้ (Intalaporn *et al.*, 2015) รูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ผสมผสานความรู้และทักษะที่สำคัญ 4 ด้าน ดังนี้ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) เพื่อแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งดำเนินโครงการโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (Siriphattharachai, 2013)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นรูปแบบหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในการคิดสร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา โดยขั้นตอนของการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้ 1.ระบุปัญหาที่พบ (problem identification) และเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข 2.รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related information search) 3.การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution design) 4.วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and development) 5.ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) 6.นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (STEM education in Thailand, 2014) จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมส่วนใหญ่จะมุ่งไปที่การศึกษาระดับมัธยมศึกษา มากกว่าระดับประถมศึกษา เนื่องจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมีความซับซ้อนที่มากขึ้นไป ไม่สามารถระบุปัญหาหรือขอบเขตของปัญหาได้ชัดเจน และยังไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม (Rodwong *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2019) ดังนั้นจึงเหมาะกับระดับมัธยมศึกษามากกว่า ซึ่งจะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาทักษะขั้นสูง เช่น ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Critical thinking) การออกแบบที่มีความซับซ้อน และการนำเทคโนโลยีมาช่วยสำหรับการออกแบบ ดังนั้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจึงเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาและเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ สร้างผลงานหรือนวัตกรรมโดยใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างคุ้มค่า การวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆอย่างเป็นขั้นตอนและหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหา (Daly, Adams and Bodner, 2012; English and King, 2015; English, King and Smeed, 2016)

นอกจากนี้จากการศึกษาของวรรณะ ประภาภรณ์ พบว่าการใช้การสอนแบบบูรณาการความรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานการเรียนรู้ (Project-Based Learning) และนำมาบูรณาการร่วมกับโครงงานการจำลองสะพานไม้เป็นเครื่องมือการเรียนรู้ อีกทั้งยังมีการใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) สามารถทำให้เด็กมีพัฒนาการเรียนรู้ที่ดีขึ้น คิดเป็นร้อยละ 29.56 (Prapaporn *et al.*, 2014)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะส่งเสริมกระบวนการคิดและการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสะเต็มศึกษาในรายวิชาโครงงานทางวิศวกรรมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ พ.ศ. 2564 (ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อให้นักเรียนมีกระบวนการคิดและออกแบบเชิงวิศวกรรม การคิดวิเคราะห์ปัญหาต่างๆที่ได้รับ โดยการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ผ่านการสร้างชิ้นงานตามแนวสะเต็มศึกษาและสอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาในรายวิชาโครงการทางวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาโครงสร้าง ความแข็งแรง และประสิทธิภาพของสะพานไม้จากไม้ไอศกรีม

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาทักษะกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM education)

ประชากรและตัวอย่างวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการทำงานวิจัยนี้คัดเลือกโดยใช้วิธีแบบเจาะจง (purposive sampling) เป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 ห้องเรียนแผนวิศวกรรมศาสตร์ ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องค์กรศึกษาศึกษา 2565 จำนวน 1 ห้องเรียน (จำนวน 30 คน) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่เน้นการเรียนรู้ทางด้านวิศวกรรม

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาเรื่องการออกแบบเชิงวิศวกรรมโครงสร้างของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเนื้อหา

- 1) การแตกเวกเตอร์ของแรง จำนวน 1 คาบ
- 2) การศึกษาโครงสร้างของสิ่งของรอบตัวบนพื้นฐานทางวิศวกรรม จำนวน 1 คาบ
- 3) การศึกษาโครงสร้างแบบถัก (Truss structure) จำนวน 2 คาบ
- 4) ออกแบบโครงสร้างสะพาน จำนวน 2 คาบ
- 5) ทดสอบโครงสร้างของสะพาน จำนวน 2 คาบ

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบสร้างแบบจำลองสะพานด้วยโครงสร้างไม้ไอศกรีม

1. ชั้นระบุปัญหา: นักเรียนต้องระบุปัญหาของสะพานไม้แบบดั้งเดิมและสามารถบอกความแตกต่างของสะพานแบบดั้งเดิมกับสะพานแบบปัจจุบัน ทำไมสะพานแบบปัจจุบันหรือโครงสร้างสะพานแบบปัจจุบันถึงรับน้ำหนักได้มาก อะไรคือปัญหาของสะพานไม้แบบดั้งเดิมที่ทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักได้มาก โดยนักเรียนจะต้องเขียนลงในใบกิจกรรมเพื่อระบุถึงความแตกต่างทางด้านรูปแบบการก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง ลักษณะการรับแรงของสะพานแต่ละรูปแบบ ชั้นนี้จะทำให้นักเรียนมีการฝึกการคิดวิเคราะห์และสามารถหาสาเหตุของปัญหา อีกทั้งยังมีการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) เพื่อเสริมกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเริ่มต้นของชั่วโมงเรียนจะทำการสร้างความสนใจเกี่ยวกับโครงสร้างสะพาน โครงสร้างตึกและสิ่งปลูกสร้างของอารยธรรมโบราณ จากนั้นใส่คำถามเพื่อชี้แนะ เช่น ทำไมโครงสร้างของอารยธรรมโบราณบางอย่างถึงส่งต่อมายังปัจจุบันได้ บางอย่างทำไมสูญสลายไป จากนั้นจึงทำการขยายความรู้เพื่อให้นักเรียนได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง และให้นักเรียนระบุปัญหาของโครงสร้างสะพานไม้แบบดั้งเดิมและสะพานแบบปัจจุบันตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมต่อไป

2. ชั้นการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง: นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาและสืบค้นเกี่ยวกับรูปแบบหรือลักษณะของสะพาน การรับแรงอัดและขยายของสะพาน

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: โดยกำหนดเงื่อนไขของการสร้างสะพานคือจะต้องมีความยาวอย่างน้อยประมาณ 30 cm และจำกัดจำนวนอุปกรณ์ในการก่อสร้าง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้จำนวนเท่ากัน (เพียงพอสำหรับการก่อสร้างโมเดล) นักเรียนแต่ละกลุ่มจะออกแบบโครงสร้างของสะพาน และพร้อมอธิบายเหตุผลต่างๆประกอบ

4. การวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา: นักเรียนจะเริ่มลงมือก่อสร้างโมเดลสะพานไม้ไอศกรีมตามที่แต่ละกลุ่มได้ออกแบบไว้ และการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการลงมือทำโมเดลสะพานไม้ไอศกรีม

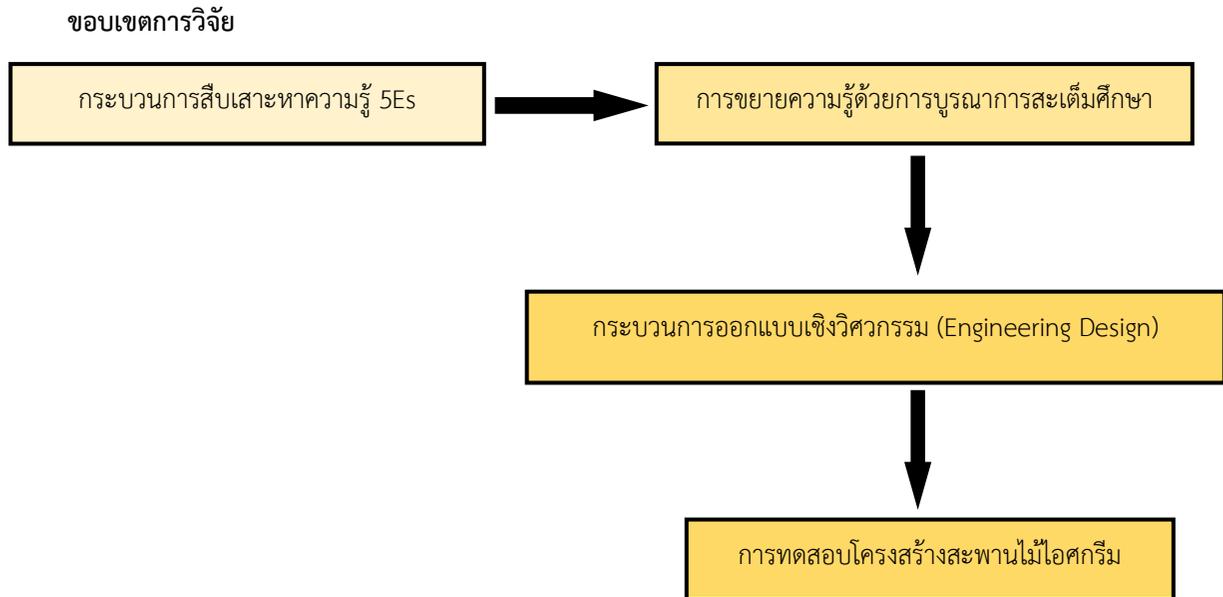
5. การทดสอบ ประเมินผล: นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแบบจำลองสะพานไม้ไอศกรีมมาทดสอบการรับน้ำหนัก โดยให้น้ำหนักถ่วงกลางที่กึ่งกลางสะพานพอดี

6. การเสนอวิธีแก้การปัญหา: นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นและอุปกรณ์สำหรับการก่อสร้างเหตุผลในการเลือกโครงสร้างรูปแบบต่าง ๆ สำหรับเป็นต้นแบบการก่อสร้างสะพานไม้ไอศกรีม

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม หมายถึง การนำแนวคิดเกี่ยวกับการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาผนวกเข้ากับการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน โดยกิจกรรมจะต้องพัฒนาความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน และมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบหรือสร้างกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ

ชีวิตประจำวัน กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ระบุปัญหา 2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา 4. การวางแผนและการดำเนินการแก้ปัญหา 5. การทดสอบ ประเมินผล และ 6. การเสนอวิธีแก้การปัญหา (National Research Council, 2012)



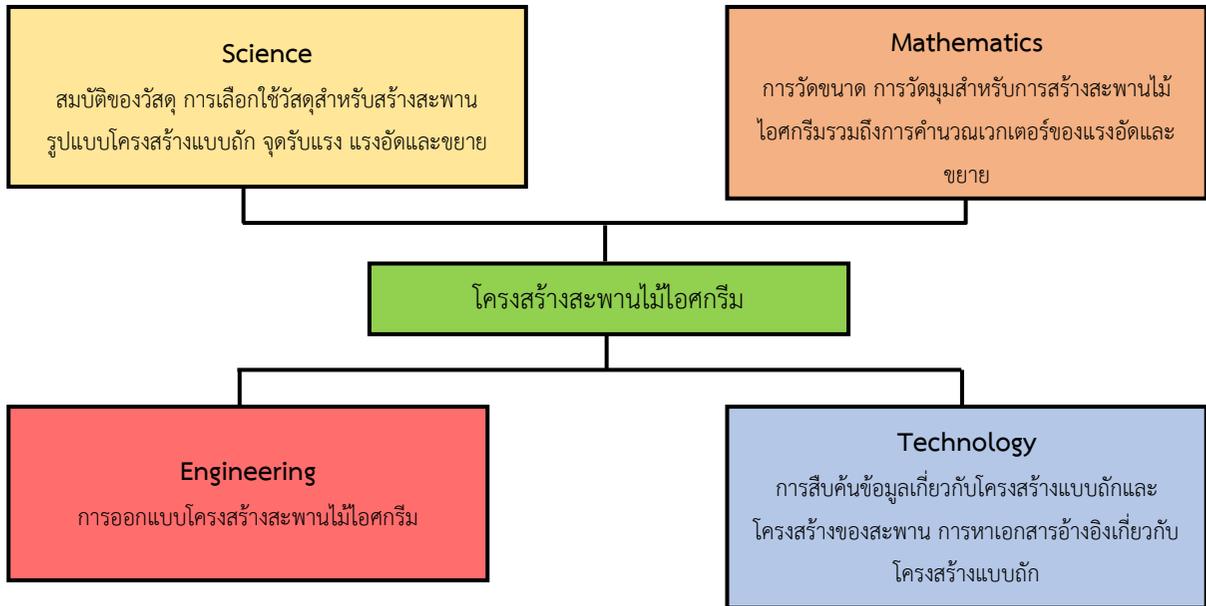
ภาพที่ 1 กระบวนการและขั้นตอนการวิจัย

การจัดกิจกรรมและการเก็บรวบรวมข้อมูล

คณะผู้วิจัยมีการจัดกิจกรรมและเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องตลอดทั้งเทอม เนื่องจากต้องมีการสอนเกี่ยวกับทฤษฎีของโครงสร้างแบบถัก (Truss structure) และทักษะกระบวนการทำงานวิจัยตามเนื้อหารายวิชาโครงงานทางวิศวกรรม (ว 32274) ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ รายละเอียดและขั้นตอนมีดังนี้

1. ชั่วโมงที่ 1 – 2 เริ่มจากการกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ขึ้นสร้างความสนใจ (Engagement) ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับโครงสร้างสะพาน โครงสร้างตึก อาคาร และสิ่งปลูกสร้างของอารยธรรมโบราณ เช่น โครงสร้างของเขื่อน โครงสร้างของหอเอนเมืองปิซา (Tower of Pisa) หอไอเฟล (Eiffel Tower) เป็นต้น จากนั้นให้นักเรียนลองยกตัวอย่างโครงสร้างที่ตัวเองสนใจและอธิบายลักษณะสำคัญของโครงสร้าง (Exploration, Explanation) และขยายความรู้ (Elaboration) ให้กับนักเรียนเพื่อเติมเต็มสิ่งที่ยังคลาดเคลื่อนหรือยังเข้าใจผิดเกี่ยวกับโครงสร้าง จากนั้นจะเข้าขั้นการระบุปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยนักเรียนจะต้องระบุปัญหาของสะพานไม้แบบดั้งเดิมและสามารถบอกความแตกต่างของสะพานแบบดั้งเดิมกับสะพานแบบปัจจุบัน ทำไมความแข็งแรงและการรับน้ำหนักถึงไม่เท่ากันเพราะอะไร

2. ชั่วโมงที่ 3 – 4 เริ่มกระบวนการให้ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างแบบถัก (Truss structure) และให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลและปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างสะพานไม้ไผ่เสริมในแต่ละโครงสร้างและลงมือออกแบบตามรูปแบบที่นักเรียนสนใจหรือนักเรียนคิดว่าแข็งแรงและมีความเหมาะสม โดยมีเงื่อนไขคือสะพานจะต้องมีความยาวอย่างน้อยที่สุด 30 cm และต้องรับน้ำหนักได้อย่างน้อยที่สุด 5 kg ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และการบูรณาการความรู้ด้วยเพิ่มเติมศึกษา โดยการบูรณาการจะเป็นไปตามกรอบแนวคิดการวิจัยดังภาพที่ 2 ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการระบุประเด็นที่ต่อให้ให้นักเรียนทำชิ้นงานในหัวข้อ “สะพานจอมพลัง” โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 1 ดังนั้นนักเรียนจะต้องมีการระบุปัญหา การสืบค้นข้อมูล การออกแบบ การสร้างชิ้นงาน และการทดสอบโครงสร้างสะพานไม้ไผ่เสริม ตามลำดับ



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

รายการประเมิน	ดีมาก (4 คะแนน)	ดี (3 คะแนน)	พอใช้ (2 คะแนน)	ปรับปรุง (1 คะแนน)
การระบุปัญหา	ระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องและชัดเจน	ระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน	ระบุปัญหายังไม่ถูกต้อง	ยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับปัญหา
การสืบค้นข้อมูลและการศึกษาทฤษฎี	มีความเข้าใจและสามารถสืบค้นข้อมูล สรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างได้อย่างถูกต้อง	สามารถสืบค้นข้อมูล สรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างได้อย่างถูกต้อง	สามารถสรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างได้ แต่อาจยังไม่ครบถ้วน	สืบค้นข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องกับงาน
การออกแบบโครงสร้าง(ร่าง)	สามารถออกแบบและเขียนอธิบายได้อย่างละเอียด ระบุนวัตกรรมที่ใช้ได้อย่างชัดเจน	สามารถออกแบบและเขียนอธิบายได้อย่างละเอียด แต่ยังไม่สามารถระบุนวัตกรรมที่ใช้ได้อย่างชัดเจน	สามารถออกแบบได้อย่างละเอียด แต่ไม่เขียนอธิบาย	ออกแบบไม่ละเอียดและไม่เขียนอธิบาย
การสร้างชิ้นงาน (Prototype)	สร้างได้ตามที่ออกแบบไว้ อย่างครบถ้วน	สร้างได้ตามที่ออกแบบไว้ และมีการแก้ไข	สร้างได้ตามที่ออกแบบ และมีการแก้ไขหลายส่วน	ไม่สามารถสร้างได้ตามที่ออกแบบไว้ ต้องแก้ไขหลายส่วน
การทดสอบ	มีความแข็งแรง สามารถรับมวลถ่วงได้ 10 kg ขึ้นไป	มีความแข็งแรง สามารถรับมวลถ่วงได้ 5 kg แต่ไม่ถึง 10 kg	มีความแข็งแรง สามารถรับมวลถ่วงได้น้อยกว่า 5 kg แต่โครงสร้างมีการเสียหาย	โครงสร้างเสียหาย ไม่สามารถรับมวลถ่วงได้
การวัดและประเมินผล				
คะแนนรวม (20 คะแนน)		ความหมาย		
16 – 20		มีการกระบวนความคิดเชิงวิศวกรรมในระดับสูง		
11 – 15		มีการกระบวนความคิดเชิงวิศวกรรมในระดับปานกลาง		
6 – 10		มีการกระบวนความคิดเชิงวิศวกรรมในระดับต่ำ		
1 – 5		ไม่มีการกระบวนความคิดเชิงวิศวกรรม		

3. ชั่วโมงที่ 5 - 6 เริ่มต้นด้วยการสร้างโมเดลสะพานไม้ไอศกรีมตามที่แต่ละกลุ่มออกแบบไว้ โดยจำกัดจำนวนไม้ไอศกรีมขนาดใหญ่ (150 mm × 18 mm × 1.8 mm) กลุ่มละ 150 ชิ้น (มีจำนวนมากเกินพอสำหรับการสร้างสะพาน) ขั้นตอนนี้นักเรียนจะนำความรู้ทางด้านวิศวกรรมมาประยุกต์ใช้และมีการนำความรู้ทางด้านต่าง ๆ มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาให้ตรงกับความต้องการ และตรงกับกรอกแบบโครงสร้างสะพานไม้ไอศกรีมของแต่ละกลุ่ม

4. ชั่วโมงที่ 7 - 8 ทำการทดสอบโครงสร้างของสะพานไม้ไอศกรีมของแต่ละกลุ่ม ทางคณะผู้วิจัยได้มีเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2 โดยจะแบบออกเป็น 3 หัวข้อคือ ประสิทธิภาพของโครงสร้าง ความแข็งแรงและความประหยัดของการใช้วัสดุ นักเรียนจะนำชิ้นงานที่ได้มาแข่งขันโดยการถ่วงน้ำหนักที่จุดกึ่งกลางเพื่อทำการทดสอบ โดยจะทำการเพิ่มมวลถ่วงครั้งละ 2 kg ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งโครงสร้างของสะพานรับมวลถ่วงไม่ไหว จะถือว่าสิ้นสุดการถ่วงน้ำหนัก และบันทึกจำนวนมวลถ่วงที่สะพานไม้ไอศกรีมสามารถรับไหว

เกณฑ์การให้คะแนน

เกณฑ์การให้คะแนนจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการให้คะแนนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (20 คะแนน) และการทดสอบโครงสร้างทางวิศวกรรม (100 คะแนน) คะแนนรวมทั้งหมดคิดเป็น 120 คะแนน นักเรียนกลุ่มใดที่ได้คะแนนรวมมากที่สุดจะเป็นกลุ่มที่ชนะการแข่งขัน ทั้งนี้การให้คะแนนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (20 คะแนน) จะเป็นการประเมินในส่วนของการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design) นักเรียนจะต้องมีการเข้าใจของปัญหา มีความสามารถในการสืบค้นข้อมูลได้อย่างถูกต้องเพื่อนำมาออกแบบทางแนวคิดและสร้างชิ้นงานออกมา จึงจะได้ในส่วนของการออกแบบทางวิศวกรรมที่สูง แต่ถ้าระหว่างกระบวนการมีการผิดพลาดแก้ไข หรือไม่ถูกต้องคะแนนจะลดลงตามลำดับ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรม

รายการประเมิน	คะแนน (100 คะแนน)
ประสิทธิภาพของโครงสร้าง	30
ความแข็งแรงโครงสร้าง	40
ความประหยัดการใช้วัสดุ	30

เกณฑ์การให้คะแนนโครงสร้างตามหลักการทดสอบทางวิศวกรรม

เกณฑ์การตัดสินจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ด้านประสิทธิภาพของโครงสร้างสะพานดังสมการที่ 1 ด้านความแข็งแรงของโครงสร้างสะพานดังสมการที่ 2 และด้านความประหยัดของการใช้วัสดุดังสมการที่ 3 เกณฑ์การตัดสินนี้อ้างอิงจากเกณฑ์ที่ใช้สำหรับการแข่งขันทั่วไป (Model bridge structure design competition: Thai Bridge, moving forward to Thailand 4.0 under the concept of Engineering Technology Day, 2019; Competition to create academic knowledge about structures with ice cream sticks in the field of civil engineering 16th Thailand Championship, 2023; Competition activities 4th Ice Cream Wooden Bridge at the 4th Thai Technology Day, Lampang Rajabhat University, 2015; Ice cream wooden bridge engineer competition project, 2018)

การคิดคะแนนประสิทธิภาพของโครงสร้าง (30 คะแนน)

$$\text{คะแนนประสิทธิภาพของโครงสร้าง} = \left[E_i \times \frac{30}{E_{max}} \right] \quad (1)$$

เมื่อ E_i = อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกทุกต่อน้ำหนักโครงสร้างสุทธิของทีมนั้นๆ

E_{max} = อัตราส่วนน้ำหนักบรรทุกทุกต่อน้ำหนักโครงสร้างสุทธิของทีมที่ได้มากที่สุด

การคิดคะแนนความแข็งแรงของโครงสร้าง (40 คะแนน)

$$\text{คะแนนความแข็งแรงของโครงสร้าง} = \left[40 - 35 \left(\frac{L_{max} - L_i}{L_{max} - L_{min}} \right) \right] \quad (2)$$

เมื่อ L_i = น้ำหนักบรรทุกทุกของทีมนั้นๆ (กิโลกรัม)

$$L_{\max} = \text{น้ำหนักบรรทุกของทีมที่ได้น้ำหนักมากที่สุด (กิโลกรัม)}$$

$$L_{\min} = \text{น้ำหนักบรรทุกที่น้อยที่สุด (กิโลกรัม)}$$

การคิดคะแนนความประหยัด (30 คะแนน)

$$\text{คะแนนความประหยัด} = \left[30 - 25 \left(\frac{M_i - M_{\min}}{M_{\max} - M_{\min}} \right) \right] \quad (3)$$

เมื่อ M_i = ปริมาณวัสดุของทีมนั้นๆ (กิโลกรัม)

M_{\max} = ปริมาณวัสดุของทีมที่ใช้วัสดุมากที่สุด (กิโลกรัม)

M_{\min} = ปริมาณวัสดุของทีมที่ใช้วัสดุน้อยที่สุด (กิโลกรัม)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการแบ่งการให้คะแนนออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การให้คะแนนด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังตารางที่ 1 และ 2. การให้คะแนนด้านการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรมของโมเดลสะพานไม้ไผ่โครงสร้างดังตารางที่ 2 การจัดการเรียนรู้และศึกษาความสามารถกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษา เรื่อง โครงสร้างแบบถัก (Truss structures) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิเคราะห์ตามเกณฑ์การประเมิน จากตารางที่ 1 คะแนนรวมทั้งหมด 20 คะแนน จากการประเมินคะแนนกระบวนการคิดและการออกแบบเชิงวิศวกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มพบว่า กลุ่มที่ 1 ได้คะแนน 17 คะแนน กลุ่มที่ 2 ได้คะแนน 17 คะแนน และกลุ่มที่ 3 ได้ 19 คะแนน ซึ่งแสดงว่านักเรียนมีกระบวนการคิดและการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับสูง จากตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินซึ่งมีทั้งหมด 5 รายการ คะแนนเฉลี่ยของผลการประเมินผลงานนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม คือร้อยละ 88.2 ซึ่งรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุดคือ การระบุปัญหา การออกแบบโครงสร้างและการทดสอบชิ้นงาน ได้คะแนนร้อยละ 91.6 บ่งบอกว่าผู้เรียนมีความเข้าใจในปัญหา และสามารถออกแบบโครงสร้างเพื่อแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม และผลที่ได้จากการทดสอบมีความสอดคล้องกับกระบวนการออกแบบได้เป็นอย่างดี ซึ่งการสร้างแบบสังเกตกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยการตรวจสอบรายการที่ต้องการวัด จึงมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chuadda, Chanvaivit and Phonchaiya, 2017). และหากพิจารณาแต่ละประเด็นพบว่า

1) การประเมินขั้นการระบุปัญหา นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุปัญหาได้อย่างชัดเจนว่าสะพานไม้แบบดั้งเดิมมีความแตกต่างอย่างไรกับสะพานรูปแบบปัจจุบัน และทำไมสะพานทั้ง 2 แบบถึงรับน้ำหนักได้แตกต่างกัน ซึ่งนักเรียนสามารถวิเคราะห์และพบปัญหาที่เกิดขึ้นและสอดคล้องกับเนื้อหาที่เรียน ยกเว้นนักเรียนกลุ่มที่ 1 สามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน ซึ่งอาจจะเกิดจากนักเรียนมีเวลาที่จำกัดสำหรับการเขียนอธิบาย ส่งผลให้ไม่สามารถอธิบายได้อย่างครบถ้วน

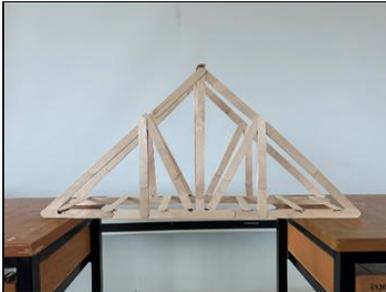
2) การประเมินขั้นการสืบค้นข้อมูลและการศึกษาทฤษฎี นักเรียนกลุ่มที่ 1 และ 2 สามารถสืบค้นข้อมูล สรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่มีความคลาดเคลื่อนทางทฤษฎีเกี่ยวกับโครงสร้างแบบถัก (Truss structure) ส่วนกลุ่มที่ 3 มีความเข้าใจและสามารถสืบค้นข้อมูล สรุปข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างได้อย่างถูกต้อง ทำให้ได้คะแนนที่มากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2

3) การประเมินขั้นการออกแบบโครงสร้าง (ร่าง) นักเรียนแต่ละกลุ่มมีการออกแบบและเสนอแนวคิดของโครงสร้างที่ได้ศึกษาและสืบค้นและสามารถอธิบายอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีได้อย่างเหมาะสม กลุ่มที่ 1 และ 3 สามารถออกแบบและเขียนอธิบายได้อย่างละเอียด ระบุอุปกรณ์ที่ใช้ได้อย่างชัดเจน ในขณะที่กลุ่มที่ 2 สามารถออกแบบและเขียนอธิบายได้อย่างละเอียด แต่ยังไม่สามารถระบุอุปกรณ์ที่ใช้ได้อย่างชัดเจน อาจมีความกังวลเกี่ยวกับคะแนนทางด้านการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรม เนื่องจากมีการคิดคะแนนทางด้านการประหยัด จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถระบุวัสดุได้อย่างชัดเจน

4) การประเมินขั้นการสร้างชิ้นงาน (Prototype) นักเรียนทั้ง 3 กลุ่มออกแบบและสามารถสร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบดังภาพที่ 3 โดยกลุ่มที่ 1 สร้างแบบจำลองโมเดลสะพานไม้ไผ่โครงสร้างได้ตามที่ออกแบบไว้อย่างครบถ้วน โดยที่ไม่มีการแก้ไข ซึ่งแสดงว่ากลุ่มนี้มีกระบวนการออกแบบได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้การสร้างชิ้นงานออกมาตามที่ได้ออกแบบไว้ กลุ่มที่ 2 และ 3 สามารถสร้างได้ตามที่ออกแบบไว้ แต่มีการแก้ไขบางส่วน เนื่องจากเกิดปัญหาจากการสร้างชิ้นงานทำให้ใช้อุปกรณ์มากกว่าที่เสนอไว้ตอนแรกที่ระบุไว้ในขั้นตอนออกแบบโครงสร้าง ดังแสดงในภาพที่ 3

5) การประเมินขั้นการทดสอบ การทดสอบแบบจำลองโมเดลสะพานไม้ไผ่โครงสร้างโดยใช้มวลถ่วงที่จุดกึ่งกลางของโครงสร้าง มีความยาวระหว่างจุดรองรับ (Support) 30 cm จากนั้นใส่มวลถ่วงครั้งละ 2-3 kg จนกระทั่งโครงสร้างสะพานเริ่ม

เสียสมดุลหรือเกิดความเสียหายต่อโครงสร้างจนไม่สามารถใส่มวลถ่วงลงไปได้อีก ผลการทดสอบการรับมวลถ่วงของโครงสร้างสะพานแสดงในตารางที่ 5 จากผลจากการทดสอบพบว่ากลุ่มที่ 1 สามารถรับมวลถ่วงได้ 6 kg ทำให้ผลการประเมินด้านการทดสอบได้ 3 คะแนน เนื่องจากมีความแข็งแรงและสามารถรับมวลถ่วงได้ 5 kg แต่ไม่ถึง 10 kg ตามเกณฑ์การให้คะแนนการออกแบบเชิงวิศวกรรมดังตารางที่ 1 ส่วนกลุ่มที่ 2 สามารถรับมวลถ่วงได้ 14.98 kg ทำให้ผลการประเมินด้านการทดสอบได้ 4 คะแนน เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรง และสามารถรับมวลถ่วงได้เกิน 10 kg ขึ้นไป กลุ่มที่ 3 สามารถรับมวลถ่วงได้ 78.05 kg ทำให้ผลการประเมินด้านการทดสอบได้ 4 คะแนน เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรง และสามารถรับมวลถ่วงได้เกิน 10 kg ขึ้นไป

		
ผลงาน กลุ่ม 1 แนวคิดของนักเรียน การใช้รูปทรงสามเหลี่ยมจะมีการกระจายแรง ทำให้สามารถรับน้ำหนักได้เยอะ จึงใช้รูปทรงที่มีสามเหลี่ยมขนาดใหญ่เป็นโครงสร้างหลักและมีความประกอบเพื่อกระจายแรงเป็นรูปตัว M	ผลงาน กลุ่ม 2 แนวคิดของนักเรียน ใช้โครงสร้างที่มีรูปทรงคล้ายหลังคาบ้าน นำมาประยุกต์ใช้เป็นโครงสร้างของสะพาน แล้วมีการใช้เสา 4 เสาเพื่อรับแรงและกระจายแรงไปที่ 4 เสาของสะพาน	ผลงาน กลุ่ม 3 แนวคิดของนักเรียน ใช้แนวคิดแบบเรียบง่าย ดัดแปลงจากโครงสร้างสะพานแบบทั่วไป โครงสร้างไม่ซับซ้อน แล้วเสริมมุมแบบสามเหลี่ยมจำนวนมากเพื่อกระจายแรงได้มากขึ้น

ภาพที่ 3 ผลงานของนักเรียนที่สร้างขึ้นจากการคิดวิเคราะห์ที่ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและแนวคิดของนักเรียนเกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างสะพานไม้ไผ่

ตารางที่ 4 ผลการออกแบบเชิงวิศวกรรมของการสร้างแบบจำลองโมเดลสะพานไม้ไผ่ด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ย	S.D.
1. การระบุปัญหา (4 คะแนน)	3.66	91.6	0.5
2. การสืบค้นข้อมูลและการศึกษาทฤษฎี (4 คะแนน)	3.33	83.3	0.5
3. การออกแบบโครงสร้าง (ร่าง) (4 คะแนน)	3.66	91.6	0.5
4. การสร้างชิ้นงาน (Prototype) (4 คะแนน)	3.33	83.3	0.5
5. การทดสอบ (4 คะแนน)	3.66	91.6	0.5
เฉลี่ยรายการประเมินทั้งหมด	3.52	88.2	0.5

จากผลการประเมินการออกแบบเชิงวิศวกรรมด้วยกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในระดับที่สูง โดยมีค่าเฉลี่ยของคะแนนในแต่ละหัวข้ออยู่ที่ 3.52 และมีเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละกลุ่มอยู่ที่ 88.2 อีกทั้งยังมีการบูรณาการความรู้ในหลาย ๆ ด้านสำหรับการแก้ปัญหา ตามกรอบแนวคิดดังภาพที่ 2 เช่น ทางด้านคณิตศาสตร์ นักเรียนได้คิดคำนวณเกี่ยวกับการรับแรงอัด แรงขยาย ในจุดต่าง ๆ ของสะพาน ซึ่งทำให้นักเรียนได้ทราบถึงหลักการกระจายแรงตามหลักการของวิศวกรรม และสามารถนำความรู้ทางด้านนี้ไปใช้ในขั้นการออกแบบโครงสร้างของสะพานไม้ไผ่ และมีการนำความรู้ทางด้านเทคโนโลยีมาช่วยในการ

หาค้นหาข้อมูลเพื่อมาเสริมแนวคิดจากการคำนวณว่ามีความถูกต้องตามหลักของทฤษฎีโครงสร้างแบบถัก จนถึงการสร้างแบบจำลองสะพานไม้ไผ่ก็มีการใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมมาช่วยในการสร้างจนกระทั่งสำเร็จตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งผลของการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Marattana and Keeratichamroen, 2018; Phitaksa *et al.*, 2019) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะมีการบูรณาการความรู้ทางด้านต่างๆ มาแก้ปัญหาหรือสร้างชิ้นงานได้ และนักเรียนยังสามารถเลือกใช้วัสดุได้ตามที่มีการออกแบบไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chulawatanathon, 2013; Roehrig *et al.*, 2021) ที่ได้กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มไม่ว่าจะเป็นระดับชั้นประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักกระบวนการระบุปัญหา แก้ปัญหาและทักษะในด้านต่าง ๆ ทำให้นักเรียนนำองค์ความรู้ในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์มาบูรณาการเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ผลการวิจัยของ (Putwattana, 2018) ได้กล่าวว่า การบูรณาการออกแบบเชิงวิศวกรรมเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการบูรณาการความรู้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ และปรับปรุงชิ้นงานที่ออกแบบได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่ากระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยให้ผู้เรียนมีการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ทั้งในด้านการระบุปัญหา การสืบค้นข้อมูล การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า การวางแผนงานและสามารถสร้างชิ้นงานออกมาได้ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดไว้ด้วยการบูรณาการความรู้ในหลากหลายวิชา

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการรับน้ำหนักถ่วงและประสิทธิภาพของโครงสร้างสะพานไม้ไผ่

กลุ่ม	น้ำหนักสะพาน (kg)	น้ำหนักที่รับได้ (kg)	ประสิทธิภาพ (%)
1	0.205	6.00	29.26
2	0.355	14.98	42.19
3	0.375	78.05	208.13

จากผลการทดสอบโครงสร้างของสะพานไม้ไผ่ คณะผู้วิจัยได้นำผลการทดลองมาคิดการให้คะแนนตามหลักการทดสอบโครงสร้างทางวิศวกรรม การให้คะแนนมีเกณฑ์ดังที่แสดงในตารางที่ 2 ซึ่งการทดสอบทางโครงสร้างจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อคือ 1) ด้านประสิทธิภาพของโครงสร้าง 2) ด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง และ 3) ด้านความประหยัดของการเลือกใช้อุปกรณ์ รวมคะแนนทั้งหมดคือ 100 คะแนน การคำนวณทั้ง 3 ด้านใช้สมการที่ (1) – (3) ตามลำดับ จากตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบการรับน้ำหนักถ่วงและประสิทธิภาพของโครงสร้างสะพานไม้ไผ่ พบว่า กลุ่มที่ 1 สามารถรับมวลถ่วงได้เพียง 6 kg และมวลของโมเดลสะพานไม้ไผ่ที่สร้างคือ 0.205 kg เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพของโครงสร้างพบว่ามีสะพานไม้ของกลุ่มที่ 1 มีประสิทธิภาพเพียง 29.26% เนื่องจากกลุ่มที่ 1 มีการใช้อุปกรณ์ เช่น จำนวนของไม้ไผ่ที่น้อยกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งการใช้วัสดุที่น้อยเกินไปส่งผลต่อโครงสร้างของสะพานและยังส่งผลต่อความแข็งแรงอีกด้วย กลุ่มที่ 2 สามารถรับมวลถ่วงได้ 14.98 kg และมวลของโมเดลสะพานไม้ไผ่ที่สร้างคือ 0.355 kg ผลการคำนวณประสิทธิภาพของโครงสร้างสะพานไม้ของกลุ่มที่ 2 พบว่ามีประสิทธิภาพ 42.19% โดยกลุ่มที่ 2 มีการใช้ไม้ไผ่เป็นจำนวนมาก และโครงสร้างมีลักษณะคล้ายกับทรงของหลังคาบ้าน ซึ่งสามารถรับแรงได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้ไม้ไผ่ประกบกัน 2 แผ่น เพื่อเพิ่มความหนาและความแข็งแรงของโครงสร้าง ส่งผลให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้นและมีความแข็งแรงที่สูงกว่าของกลุ่มที่ 1 สำหรับกลุ่มที่ 3 สามารถรับมวลถ่วงได้ 78.05 kg และมวลของโมเดลสะพานไม้ไผ่ที่สร้างคือ 0.375 kg ผลการคำนวณประสิทธิภาพของโครงสร้างสะพานไม้ของกลุ่มที่ 3 พบว่ามีประสิทธิภาพสูงถึง 208.13% เป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เนื่องจากโครงสร้างของสะพานมีความคล้ายกับสะพานของรางรถไฟข้ามแม่น้ำและมีส่วนที่เป็นคานกระจายแรงที่มากกว่ากลุ่มที่ 1 และ 2 อีกทั้งยังมีการใช้ปริมาณของไม้ไผ่เป็นจำนวนมาก มีการประกบซ้อนกัน 2 แผ่น ทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงที่สูงมาก อย่างไรก็ตามในส่วนองคะแนนด้านความประหยัด กลุ่มที่ 1 จะได้คะแนนสูงที่สุด ตามด้วยกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มที่ 1 มีการใช้ปริมาณของไม้ไผ่ที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่ม 2 และกลุ่ม 3 จึงทำให้ได้คะแนนในส่วนนี้สูงที่สุด จากตารางที่ 6 แสดงผลการประเมินคะแนนด้านการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรมของโมเดลสะพานไม้ไผ่ทั้ง 3 ด้าน พบว่ากลุ่มที่ 1 ได้คะแนน 39.6 คะแนน กลุ่มที่ 2 ได้คะแนน 23.2 คะแนน และกลุ่มที่ 3 ได้คะแนน 75 คะแนน จากการวิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มที่ 1 จะได้คะแนนในส่วนของความประหยัดมากที่สุด แต่จะเสียคะแนนตรงที่โครงสร้างมีความแข็งแรงน้อยและประสิทธิภาพที่น้อย ซึ่งการประหยัดการใช้วัสดุอุปกรณ์ในการก่อสร้างนำมาซึ่งความบกพร่องทางโครงสร้างของสะพาน ในส่วนนี้ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับการคำนวณหรือประเมินราคาการก่อสร้างและการเลือกวัสดุที่มีความเหมาะสมมากที่สุด กลุ่มที่ 2 มีการใช้ปริมาณ

ของไม้ไผ่ไคร้ที่มากกว่ากลุ่มที่ 1 แต่ความแข็งแรงของโครงสร้างยังไม่มากเพียงพอที่จะทำให้สามารถรับน้ำหนักถ่วงได้มาก อาจเป็นเพราะโครงสร้างของสะพานยังไม่ได้สัดส่วนที่ถูกต้องทำให้การรับแรงของโครงสร้างสะพานมีปัญหา จึงทำให้คะแนนในส่วนนี้ไม่สูงมากนัก สำหรับกลุ่มที่ 3 เนื่องจากสามารถรับน้ำหนักถ่วงได้ 78.05 kg ทำให้คะแนนด้านประสิทธิภาพและด้านความแข็งแรงมีคะแนนที่อยู่ในระดับสูง แต่คะแนนในด้านของความประหยัดได้ 5 คะแนน เพราะมีการใช้ปริมาณของไม้ไผ่ไคร้ที่มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ซึ่งตรงนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับการเลือกใช้วัสดุ เมื่อใช้วัสดุที่มีคุณภาพและมากจนเกินความจำเป็น ถึงแม้ว่าจะได้ความแข็งแรงและประสิทธิภาพที่มากขึ้นแต่กลับต้องเสียค่าวัสดุอุปกรณ์เพิ่มมากขึ้นด้วย เมื่อรวมคะแนนการประเมินด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและด้านการทดสอบโครงสร้างของโมเดลสะพานไม้ไผ่ไคร้พบว่า กลุ่มที่ 3 มีคะแนนรวม 94 คะแนน จากคะแนนทั้งหมดคือ 120 คะแนน รองลงมาคือ กลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 7

ดังนั้นกลุ่มที่ 1 และ 2 ถึงแม้จะได้คะแนนในด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอยู่ในระดับที่สูง แต่เมื่อนำมาคำนวณทางด้านวิศวกรรม เช่น ประสิทธิภาพ ความแข็งแรง และความประหยัด กลับพบว่าโครงสร้างสะพานไม้ไผ่ไคร้กลับรับมวลถ่วงได้ไม่มาก เนื่องจากขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างของสะพานนักเรียนอาจใช้เกณฑ์ขั้นต่ำ (รับมวลถ่วงได้ 5 kg) ในการคำนวณค่าก่อนการสร้างสะพานไม้จริง จึงทำให้สะพานรับมวลถ่วงได้พอดีกับที่ได้ออกแบบไว้ตอนต้น สำหรับกลุ่มที่ 3 ได้มีการออกแบบมาเป็นอย่างดี และมีการสร้างสะพานได้ตามรูปแบบที่ได้วางแผนไว้ จึงทำให้รับมวลถ่วงได้มาก จึงได้คะแนนทั้งในส่วนของการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการทดสอบโครงสร้างตามหลักวิศวกรรมที่สูง นั่นคือ 94 คะแนน

ตารางที่ 6 ผลการประเมินด้านการทดสอบโครงสร้างของโมเดลสะพานไม้ไผ่ไคร้

กลุ่ม	คะแนนประสิทธิภาพ (30 คะแนน)	คะแนนความแข็งแรง (40 คะแนน)	คะแนนความ ประหยัด (30 คะแนน)	คะแนนรวม (100 คะแนน)
1.	4.2	5.4	30	39.6
2.	6.0	9.1	7.9	23.2
3.	30	40	5	75

ตารางที่ 7 ผลรวมของคะแนนด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและด้านการทดสอบโครงสร้างของโมเดลสะพานไม้ไผ่ไคร้

กลุ่ม	คะแนนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (20 คะแนน)	คะแนนการทดสอบโครงสร้าง (100 คะแนน)	คะแนนรวม (120 คะแนน)
1.	17	39.6	57.6
2.	17	23.2	40.2
3.	19	75	94

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาที่เน้นทางด้านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมสามารถช่วยให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ มีความสามารถในการระบุปัญหาและทักษะการแก้ต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์หรือการสร้างชิ้นงานให้ตรงตามแบบแผนที่ได้มีการออกแบบหรือวางแผนไว้ และอาจนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่สามารถแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวันและตอบโจทย์ได้ จะเห็นได้จากคะแนนการประเมินมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 88.2% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง อย่างไรก็ตามผลจากการประเมินยังบอกได้ถึงความเข้าใจในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังจะเห็นได้จากบางหัวข้อของการประเมิน เช่น การออกแบบโครงสร้าง บางกลุ่มยังมีการออกแบบที่ยังไม่ครอบคลุมปัญหาที่ตั้งไว้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อ การสร้างชิ้นงาน และยังส่งผลกระทบต่อ การทดสอบในด้านโครงสร้างตามหลักวิศวกรรมอีกด้วย ดังนั้นผู้สอนอาจจะต้องมีการสรุปกระบวนการคิดให้นักเรียน เพื่อเสริมความเข้าใจและครอบคลุม

ปัญหาที่กำหนดไว้ สำหรับการสร้างสะพานไม้ไอศกรีมจะเป็นกระบวนการที่เสริมสร้างทักษะในหลาย ๆ เรื่องและมีการบูรณาการทักษะด้านต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามโครงสร้างที่ไม่แข็งแรงหรือมีความแข็งแรงน้อย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลาสำหรับกระบวนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมอาจน้อยไป อีกทั้งนักเรียนไม่มีโอกาสสำหรับการกลับไปแก้ไขปรับปรุงโครงสร้างเพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้มากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ลงความเห็นว่าการทดสอบโครงสร้างของสะพานไม้ไอศกรีมควรอยู่ที่ 3 คาบเรียน (3 ชั่วโมง) เพื่อที่นักเรียนจะได้มีขั้นตอนกระบวนการในการแก้ไขโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาวิจัยและพัฒนาการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและอาจารย์สาขาวิจัยและพัฒนาการสอนคณิตศาสตร์ สถาบันวิจัย พัฒนา และสาธิตการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สำหรับการสอนในรายวิชาที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการคิดเชิงวิศวกรรมและการคำนวณ ขอขอบคุณอาจารย์ไชยา สมาฤกษ์ สำหรับคำแนะนำและตรวจสอบงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และสุดท้ายขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/5 ห้องเรียนแผนวิศวกรรมศาสตร์ ที่ตั้งใจทำกิจกรรมและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

References

- Competition to create academic knowledge about structures with ice cream sticks in the field of civil engineering 16th Thailand Championship. (2023). Retrieved 8 August 2023, from EN.RMUTR: https://en.rmutr.ac.th/?page_id=10842.
- Competition activities 4th Ice Cream Wooden Bridge at the 4th Thai Technology Day, Lampang Rajabhat University. (2015). Retrieved 8 August 2023, From LPRU: <http://www.itech.lpru.ac.th/web/wp-content/uploads/2015/06/สะพานไม้ไอติมครั้งที่-4.pdf>.
- Chuadda, M., Chanvaivit, S. and Phonchaiya, S. (2017). The Study of Engineering Design Process of Grade 9th Students on Dissolved Oxygen after Conducting a STEM Education Activity (in Thai). **Bachelor's degree thesis**. Chonburi: Burapha University.
- Chulawatanathon, M. (2013). STEM education in Thailand and STEM ambassadors. *IPST Magazine*, 185(46), 4-18.
- Daly, S. R., Adams, R.S. and Bodner, G.M. (2012). What Does it Mean to Design? A Qualitative Investigation of Design Professionals' Experiences. *Journal of Engineering Education*, 101, 187-219.
- English, L. and King, D. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 1-18.
- English, L., King, D. and Smeed, J. (2016). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110, 1-17.
- Gaskins, W., Kukreti, R. A., Maltbie, C. and Steimle, J. (2015). Student understanding of the engineering design process using challenge-based learning. **122nd ASEE Annual Conference & Exposition**. Seattle: Washington.
- Ice cream wooden bridge engineer competition project. (2018). Retrieved 8 August 2023, from ENG.KPS: <https://eng.kps.ku.ac.th/owe61/ce.pdf>.
- Intalaporn, C., Patphol, M., Wongyai, W. and Pumsa-ard, S. (2015). The study guidelines for learning management of the STEM Education for elementary students (in Thai). *Veridian E-Journal*, 8(1), 61-73.
- Kelley, T. R. and Sung, E. (2017). Examining elementary school students' transfer of learning through engineering design using think-aloud protocol analysis. *Journal of Technology Education*, 28(2), 83-108.
- King, D. and English, L. (2016). Engineering design in the primary school: applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762-2794.

- Li, Y., Schoenfeld, A. H., Disessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., and Duschl, R. A. (2019). Design and design thinking in STEM education. **Journal for STEM Education Research**, 2, 93-104.
- Middleton, H. (2005). Creative Thinking, Values and Design and Technology Education. **International Journal of Technology and Design Education**. 15, 61-71.
- Model bridge structure design competition: Thai Bridge, moving forward to Thailand 4.0 under the concept of Engineering Technology Day. (2019). Retrieved 8 August 2023, from **ENG.UBU**: <http://www.eng.ubu.ac.th/~research/entech2020/activity/act2020/2.2563.update.pdf>.
- Marattana, C. and Keeratichamroen, W. (2018). A study of learning outcomes on materials and properties of grade 5 students' learning unit using stem education (in Thai). **RRU Community Research Journal**, 12(3), 149-162.
- National Research Council (NRC). (2012). **A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**. Washington DC: The National Academies Press.
- Office of the Basic Education Commission. (2017). **Creative thinking**. Bangkok: Electronic books.
- Phonrunroj, C. (2003). **Creativity**. Bangkok: Chulalongkorn University Press.
- Phitaksa, T., Phitaksa, P., Rungrot, N., Phonchaiya, S. and Wuttisela, K. (2019). Effects of STEM education approach on food racing car for grade-6 students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 2(1), 57-70.
- Putwattana, N. (2018). Engineering Design and Biomimicry in STEM Education (in Thai). **STOU Education Journal**, 11(2), 31-42.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A. and Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: a detailed conceptual framework of integrated STEM. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, 3(1), 1-18.
- Rodwong, B., Tanak, A., Chotikaprakhan, S. and Sapakdee, B. (2022). The integrated STEM learning emphasis on electric circuit engineering design to enhance primary students' design thinking. **CMU journal of education**, 6(3), 44-58.
- Prapaporn W., Kaewhanam N., Chotetanorm C., Paupitthayatorn M., Samangnate J., Budphakdee A. and Boonmathaworn J. (2014). The comparison of learning development of Statics subject between traditional learning style and Project-based learning by using the bridge stick model (in Thai). **The 8th Srinakharinwirot University Research Conference**, 16-26.
- STEM Education Thailand. (2014). Why is STEM education? (in Thai). Retrieved 8 August 2023, from <http://www.stemedthailand.org>
- Siriphattharachai, P. (2013). STEM Education and 21st Century Skills Development (in Thai). **Executive Journal**, 33(2), 49-56.



Research Article

Impact of a Digital Board Game-based Inquiry Learning Approach on Twelve Graders' Conceptual Understanding of Nervous Systems and Their Attitude Toward Science Learning with Technology

Wutthidet Tancharoen¹ and Niwat Srisawasdi^{2,3*}¹Science and Technology Education Program, Faculty of Education, Khon Kaen University²Division of Mathematics, Science, and Computer Education, Faculty of Education, Khon Kaen University³Digital Education and Learning Engineering Association*Email: niwsri@kku.ac.th

Received <28 January 2024>; Revised <6 March 2024>; Accepted <7 March 2024>

Abstract

Understanding the nervous system in biology can be tough since it is invisible and abstract, relying heavily on imagination. Consequently, transforming the scientific concepts of the nervous system into a digital game board is considered a valuable tool to enhance enduring understanding and foster a positive attitude towards learning through students' imagination in science. This research investigates the impact of digital board game-based inquiry learning on 58 of twelve-grade students' understanding and attitudes. The study divided students into two groups: experimental (32 students) and control (26 students), and then implemented the digital board game-based inquiry learning and traditional lecture-based learning approaches, respectively, to the students. Data was collected through pre- and post-tests measuring conceptual understanding and only post-test measuring attitude towards science. Statistical analysis using IBM-SPSS revealed that both experimental and control groups showed significantly higher scores in scientific understanding after learning with the intervention compared to before their learning. No significant statistical difference was found between the two groups regarding improving scientific understanding. However, the research found a statistically significant difference in post-learning attitude towards science, where the control group had a slightly higher attitude score than the experimental group. These findings suggest that using digital game-based learning to teach the nervous system to twelve-grade high school students can yield results similar to traditional lecture-based learning methods to improve scientific understanding and attitudes toward science.

Keywords: Inquiry-based science learning, Digital board game, Conceptual understanding, Scientific attitude

บทความวิจัย

ผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลที่มีต่อการเสริมสร้างความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วุฒิเดช ต้นเจริญ¹ และ นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์^{2,3*}¹สาขาวิชาการศึกษาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น²กลุ่มวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น³สมาคมการศึกษาดิจิทัลและวิศวกรรมการเรียนรู้

*Email: niwsri@kku.ac.th

รับบทความ: 28 มกราคม 2567 แก้ไขบทความ: 6 มีนาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 7 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

ระบบประสาทในสาระการเรียนรู้ชีววิทยามีความซับซ้อน เป็นนามธรรมสูง ยากต่อการเข้าใจ เนื่องจากเป็นสิ่งที่ไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า อาศัยจินตนาการสูง การเปลี่ยนรูปความรู้เป็นบอร์ดเกมดิจิทัล จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยสร้างความเข้าใจและเจตคติการเรียนรู้ผ่านจินตนาการของนักเรียนได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 58 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 32 คน และกลุ่มควบคุม 26 คน โดยกลุ่มทดลองได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล กลุ่มควบคุมได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้เน้นการบรรยายตามแนวทางปกติของสถานศึกษา ทดสอบก่อนเรียนด้วยแบบทดสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์วัดก่อนและหลังเรียน ทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเปรียบเทียบผลลัพธ์การเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม IBM-SPSS ผลการวิจัยพบว่า ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน แต่พบว่าทั้งสองกลุ่มมีคะแนนความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นด้านย่อยความผูกพันเชิงพฤติกรรมเท่านั้นที่พบว่ากลุ่มควบคุมมีคะแนนเจตคติสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อค้นพบดังกล่าวบ่งชี้ได้ว่าวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล ส่งผลการพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบเน้นบรรยายตามปกติ

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ บอร์ดเกมดิจิทัล ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ระบบประสาท

บทนำ

การสอนวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้ชีววิทยานั้นเป็นวิชาที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์โดยตรงกับชีวิตของมนุษย์ ซึ่งการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชีววิทยานั้นจะช่วยพัฒนาวิธีคิดและความเข้าใจอย่างเป็นเหตุเป็นผลในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับร่างกายของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยที่ประเด็นหัวข้อเรื่อง ระบบประสาท นั้นมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ชีววิทยาเนื่องจากเป็นระบบภายในร่างกายของมนุษย์ที่ประกอบไปด้วยอวัยวะหลายจุดทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ โดยธรรมชาติแล้วประเด็นหัวข้อนี้เป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อนของกระบวนการที่เกิดขึ้นและมีความเป็นนามธรรมสูงที่ยังยากต่อการสร้างความเข้าใจ ดังที่ระบุไว้ในผลงานวิจัยที่ผ่านมาของ Buntaweekulsawat (2010) ที่กล่าวไว้ว่าแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาทเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ยากต่อการสร้างความเข้าใจเนื่องจากระบบประสาทมีการทำงานที่ซับซ้อน ต้องใช้ความรู้ในด้านศัลยกรรมไฟฟ้าเคมีร่วมด้วยและเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ นอกจากนี้ยังไม่สามารถปฏิบัติงานทดลองให้เห็นผลที่ชัดเจนในบริบทชั้นเรียนได้ ผู้เรียนจึงต้องอาศัยจินตนาการของผู้เรียนร่วมด้วยในระดับสูง ซึ่งหากจินตนาการของผู้เรียนไม่ตรงหรือสอดคล้องกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ก็จะทำให้เกิดเป็นแนวความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์หรือที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้แล้วหากพิจารณาผลการประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี พ.ศ. 2565 พบว่าประเทศไทยมีผลคะแนนเฉลี่ยในด้านการรู้วิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติและมีแนวโน้มของคะแนนวิทยาศาสตร์ที่ลดต่ำลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนในประเทศไทยยังมีทักษะความสามารถในการรู้วิทยาศาสตร์ในระดับที่ยังต้องการการพัฒนาฐานความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์อีกมากนัก อีกทั้งเนื้อหาของบทเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นขาดความความน่าสนใจรู้ต่อผู้เรียนยุคปัจจุบัน ทำให้นักเรียนหมดกำลังใจที่จะเรียนรู้และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียน Srisawasdi, Moonsara and Panjaburee (2013) จึงจำเป็นต้องหาวิธีที่จะต้องปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อการสร้างเสริมความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน สอดคล้องกับบริบทในการเรียนรู้ของผู้เรียนยุคใหม่และเป็นกิจกรรมการเรียนรู้อันจะนำมาซึ่งการมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดีหรือเป็นเชิงบวกของผู้เรียนด้วย

ในยุคดิจิทัลที่มีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว การศึกษาก็ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก จากการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะที่ผ่านมามีแนวทางการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ผ่านบริบทความเป็นเกม (Game-based learning) นั้นเป็นแนวทางที่สามารถสร้างเสริมความเข้าใจในแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์และเอื้ออำนวยต่อการสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ได้ (Srisawasdi, 2018) ดังนั้นการนำบริบทเทคโนโลยีความเป็นเกมมาผนวกเข้ากับการสอนจึงเป็นแนวทางเลือกของการกำหนดแนวปฏิบัติงานจัดการศึกษาร่วมสมัยที่ควรจะนำมาใช้ทดลองวิจัยใช้ให้มากขึ้น นอกจากนี้ Poondet and Lertphonkulrat (2016) ได้รายงานไว้เช่นกันว่าการเรียนรู้ด้วยบริบทเกมนั้นเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนได้รับความสนุกสนานโดยควบคู่ไปพร้อมกับการเรียนรู้ในเนื้อหาตามหลักสูตรที่ถูกกำหนดไว้ให้กับสถานศึกษา และผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้พบว่านักเรียนสามารถที่จะได้รับทั้งทักษะและความรู้ในเนื้อหาตามหลักสูตรในระหว่างที่ลงมือปฏิบัติการเรียนรู้ผ่านการเล่นเกม อีกทั้งยังเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ใหม่ที่สามารถเพิ่มความสนใจในการเรียนและทำให้นักเรียนได้รับความสนุกสนานในการเรียนได้ด้วย นอกเหนือจากเกมตามปกติแล้วนั้นหนึ่งในนวัตกรรมที่กำลังได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายมากขึ้น คือ การใช้บอร์ดเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้โดยเฉพาะบริบทการส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และสร้างเสริมการมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ในชั้นเรียนในสาระการเรียนรู้จำเพาะ เช่น สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยก่อนหน้านี้ที่กล่าวมานั้นยังเห็นโอกาสในการที่จะประยุกต์ใช้บอร์ดเกมดิจิทัลดังกล่าวมาเป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้นักเรียนมีความสนใจปฏิสัมพันธ์และสนุกสนานไปกับการเรียนสาระการเรียนรู้จำเพาะที่สอดคล้องเป็นไปตามหลักสูตรการจัดการศึกษาของชาติให้มากขึ้นได้ เพราะว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านบอร์ดเกมดิจิทัลนั้นนำเสนอโอกาสการจัดการศึกษาที่ไม่เหมือนวิธีการดั้งเดิมที่เคยใช้กันผ่านมา โดยการจัดการเรียนรู้นี้ดังกล่าวเป็นการเน้นการผสมผสานความสนุกสนานกับการเรียนรู้ให้อยู่ร่วมกันได้ บอร์ดเกมดิจิทัลนั้นไม่เพียงแต่กระตุ้นความสนใจและความมีส่วนร่วมของนักเรียนในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ได้เท่านั้น แต่ยังสามารถสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีปฏิสัมพันธ์สูงและเอื้ออำนวยให้นักเรียนสามารถเข้าใจและจดจำเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น (Yodsanga and Srisawasdi, 2021; Soodjai and Srisawasdi, 2021) จากการศึกษาวิจัยของ Yodsanga and Srisawasdi (2021) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีแรงจูงใจทางวิทยาศาสตร์ในมิติแรงจูงใจภายใน ความสนใจในการทำงาน ประสิทธิภาพของตนเอง และความสนใจในผลการเรียนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีผลต่อการเสริมสร้างแรงจูงใจภายใน ความสนใจในการทำงาน ประสิทธิภาพของตนเอง และความสนใจในผลการเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการดังกล่าว

จากความเป็นมาและรายงานการวิจัยที่ผ่านมาดังกล่าวข้างต้น การใช้บอร์ดเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชีววิทยาเรื่อง ระบบประสาท จึงอาจเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้หนึ่งที่เอื้ออำนวยหรือช่วยสร้างภาพในจินตนาการที่เกี่ยวกับการทำงานของเซลล์และระบบประสาทของนักเรียนได้ดี งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท และตรวจสอบเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล

คำถามการวิจัย

จากที่มาความสำคัญ และการศึกษาวรรณกรรมและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องก่อนหน้านี้แล้วนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดคำถามการวิจัยในครั้งนี้อย่างต่อไปนี้

- 1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับและไม่ได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล จะมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ที่พัฒนาขึ้นหรือไม่ และการพัฒนานั้นมีความแตกต่างกันหรือไม่
- 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับและไม่ได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล จะมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันหรือไม่

วัตถุประสงค์การวิจัย

จากคำถามการวิจัยที่กำหนดนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ทั้งก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แต่ละกลุ่มระหว่างกลุ่มที่ได้รับและกลุ่มที่ไม่ได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล
- 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างในเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มที่ได้รับและกลุ่มที่ไม่ได้รับวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล เรื่อง ระบบประสาท

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative research methodology) ในรูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ในลักษณะแผนงานวิจัยแบบมีกลุ่มควบคุมที่มีทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (Pre-test Post-test control group) สำหรับตัวแปรตามที่เป็นความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์ และแบบแผนงานวิจัยแบบมีกลุ่มควบคุมที่มีการทดสอบหลังเรียนเท่านั้น (The static group comparison) สำหรับตัวแปรตามที่เป็นเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มคนที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนรวมทั้งสิ้น 58 คน โดยแบ่งออกเป็นนักเรียนกลุ่มควบคุม (Control Group: CG) ซึ่งเป็นนักเรียน ห้องเรียนที่ 3 จำนวน 26 คน และกำหนดให้ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะตามปกติ (การสืบเสาะแบบ 5E) ของโรงเรียน และนักเรียนกลุ่มทดลอง (Experimental Group: EG) ซึ่งเป็นนักเรียน ห้องเรียนที่ 1 และ 2 จำนวนรวมกันเท่ากับ 32 คน และกำหนดให้การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดร่วมกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัล โดยนักเรียนทั้งหมดกำลังศึกษาในภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น ผู้วิจัยกำหนดกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยได้มาโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงตามความรับผิดชอบที่ได้รับหน้าที่สอนของผู้วิจัยลำดับชื่อแรก โดยในการจัดการเรียนรู้นั้นผู้วิจัยชื่อแรกเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเองสำหรับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ซึ่งสามารถนำเสนอตัวอย่างได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะ (ก) และการใช้บอร์ดเกมดิจิทัลสำหรับผู้เรียน (ข)

ตัวอย่างการจัดประสบการณ์การเรียนรู้

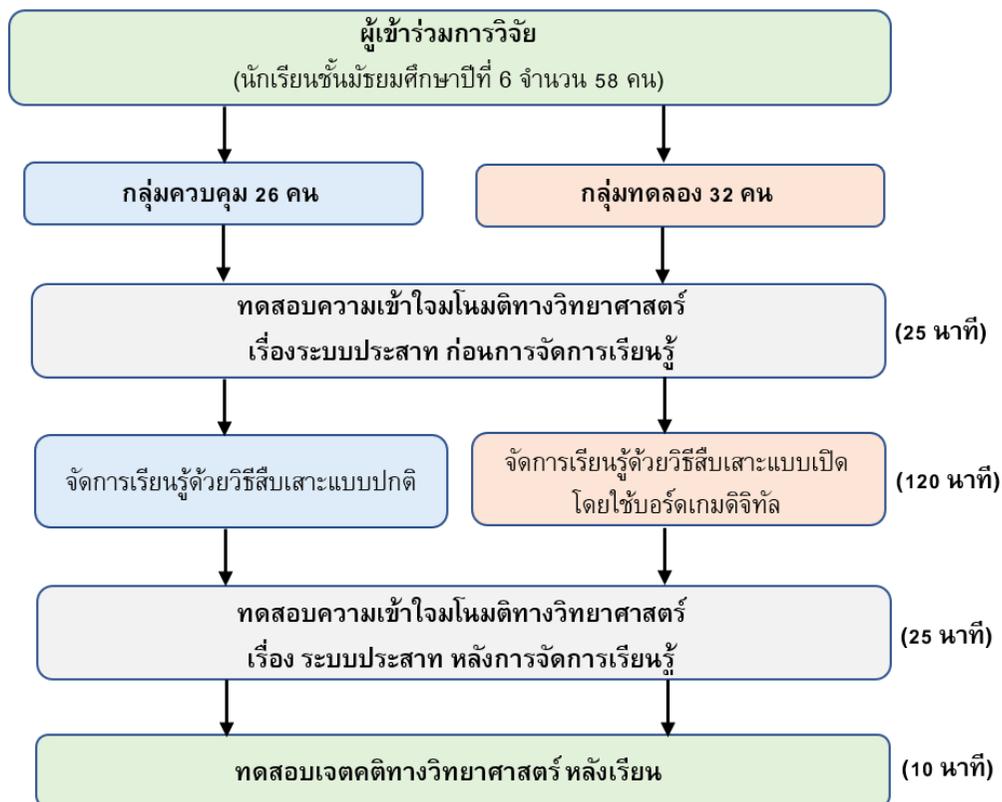
ตารางที่ 1 รายละเอียดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้สืบเสาะแบบเปิดร่วมกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัล เรื่อง ระบบประสาท

กิจกรรมการเรียนรู้หลัก

- 1) ช้่นนำเสนอคำถามหลักของการสืบเสาะ (Open-ended inquiry question): ครูทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับระบบประสาทของนักเรียน ใช้คำถามเปิดที่ว่า การที่เราสามารถเคลื่อนไหวและตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างทันเหตุการณ์เกิดจากอะไร (แนวคำตอบ: เนื่องจากเรามีระบบประสาท) จากนั้นถามต่อว่า จะเกิดอะไรขึ้นหากมนุษย์ไม่มีระบบประสาท (แนวคำตอบ: ไม่สามารถยับยั้งหรือตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ได้) จากนั้นนำไปสู่คำถามหลักที่ว่า นักเรียนคิดว่า “การทำงานของระบบประสาทเป็นอย่างไร”
- 2) ช้่นนำเสนอนวนคิดพื้นฐาน (Scientific background): ครูนำเสนอแนวคิดพื้นฐาน เพื่อนำนักเรียนไปสู่กิจกรรมการสืบเสาะ ครูนำเสนอและอธิบายกระบวนการใช้ Application KKU iNote เพื่อสแกน QR-Code บทเรียนเรื่อง ระบบประสาท และทำกิจกรรมสืบเสาะหาข้อมูล
- 3) ช้่นการดำเนินการสำรวจและค้นหา (Procedure): ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย 4-5 กลุ่ม ประมาณกลุ่มละ 6-7 คน นักเรียนแต่ละคนใช้งานสมาร์ตโฟนของตนเอง ครูกำหนดเงื่อนไขให้สมาชิกแต่ละกลุ่มนั่งทำงานร่วมกัน เมื่อนักเรียนเข้าสู่บทเรียนแล้ว ครูให้นักเรียนตั้งข้อกล่าวอ้าง (Claim) ซึ่งทุกคนต้องตอบคำถามสืบเสาะก่อนการเล่นบอร์ดเกม ซึ่งนักเรียนสามารถเก็บประจักษ์พยาน (Evidence) ได้จากการเล่นและการ์ดสารสนเทศ
- 4) ช้่นวิเคราะห์ข้อมูล (Data and result analysis): ให้นักเรียนทุกคนหยุดเล่นบอร์ดเกมแล้วอภิปรายแนวทางหรือวิธีการที่ทำให้ภารกิจสำเร็จ ผ่านการสนทนาหรือปรึกษากันภายในกลุ่ม หลังจากนั้นให้นักเรียนสร้างเอกสารนำเสนอข้อมูลลงในกระดาษปรีฟ ครูเข้าร่วมการอภิปรายของนักเรียน โดยการนำเสนอประเด็นคำถามเพื่อเป็นการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนา ดังต่อไปนี้ ใครได้คะแนนสูงสุดและต่ำสุดภายในกลุ่ม ในการเล่นเกมนักเรียนจะได้คะแนนในกรณีใด ในการตอบคำถามใช้วิธีการใด
- 5) ช้่นนำเสนอข้อมูล (Result communication): นักเรียนนำเสนอผลการสืบเสาะของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และจับสลากเพื่อสุ่มกลุ่มนักเรียนที่จะออกมานำเสนอคำตอบของคำถามสืบเสาะของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 2 - 3 นาที นักเรียนออกมานำเสนอคำตอบของคำถามสืบเสาะของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยมีองค์ประกอบในการนำเสนอได้แก่ คำตอบของคำถามสืบเสาะทั้ง 2 คำถาม และโชว์การ์ดที่แต่ละคนสะสมได้ในการเล่น
- 6) ช้่นสรุปผล (Conclusion): นำเสนอประเด็นคำถามเพื่อเป็นหลักการประเมินเพื่อพัฒนา (Formative assessment) และใช้แบบสำรวจ ให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามและสุดท้ายสรุปผลจากคำถามหลัก “การทำงานของระบบประสาทเป็นอย่างไร” จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผล โดยเปิดคำถามหลักบนจอโปรเจคเตอร์หน้าชั้นเรียนในการร่วมกันสรุปผล

เครื่องมือวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ก่อนเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบปรนัยแบบถูก-ผิด จำนวน 10 ข้อ โดยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มดำเนินการทดสอบเป็นระยะเวลา 25 นาที จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามกลวิธีที่กำหนดของแต่ละกลุ่มเป็นระยะที่เท่ากัน จำนวน 120 นาที เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามแผนวิจัยที่กำหนด ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท หลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดความเข้าใจแบบปรนัยแบบถูก-ผิดชุดเดียวกันและใช้ระยะเวลาที่เท่ากันกับช่วงการสอนก่อนเรียน หลังจากนั้นให้นักเรียนได้ตอบแบบสำรวจเจตคติทางวิทยาศาสตร์ Anastasios, Katerina and Vasilis(2009) ซึ่งดัดแปลงในการวิจัยในบริบทประเทศไทยโดย Premthaisong and Srisawasdi (2016) ซึ่งเป็นแบบสอบถามแบบไลเคิร์ตประเมินค่า 5 ระดับ (Likert 5-points Rating Scale) ประกอบด้วย 1 คือ ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 2 คือ ไม่เห็นด้วย, 3 คือ ไม่แน่ใจ, 4 คือ เห็นด้วย และ 5 คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง โดยแบบสอบถามดังกล่าวมีจำนวน 20 ประเด็นถาม และแบ่งออกได้เป็น 5 ด้านย่อย มีจำนวนด้านย่อยละ 4 ข้อ ได้แก่ (1) ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (SC) (2) ทักษะติดต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (ST) (3) ความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (TC) (4) ความผูกพันทางอารมณ์ (AE) และ (5) ความผูกพันเชิงพฤติกรรม (BE) ซึ่งกรอบแนวคิดการสำรวจเจตคติในการเรียนรู้ทั้ง 5 ด้านดังกล่าวนี้เป็นไปตามงานวิจัยก่อนหน้าของ Pierce *et al.* (2007) สำหรับค่าคุณภาพของแบบสอบถามดังกล่าวนี้มีค่าความเชื่อมั่น Cronbach's alpha ของแบบสอบถามในฉบับภาษาไทยทั้ง 5 ด้านย่อยนั้นเท่ากับ 0.92, 0.89, 0.87, 0.77, 0.68 ตามลำดับ (Premthaisong and Srisawasdi, 2016) กล่าวเป็นนัยว่าแบบสอบถามมีคุณภาพที่เชื่อถือได้ตามหลักมาตรฐานทางวิชาการ โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยดังกล่าวแสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3 บอร์ดเกมดิจิทัล เรื่อง ระบบประสาท (ก) และตัวอย่างการ์ดความรู้ใช้ร่วมกับบอร์ดเกม (ข)

วิธีการเล่นบอร์ดเกม

เล่นคล้ายกับบอร์ดเกมเศรษฐี (ดังแสดงในภาพที่ 3) ผู้เล่นมีตัวแทนตนเองในการเดินตามช่องบนบอร์ด โดยวางที่จุดเริ่มต้น จากนั้นผลัดกันทอยลูกเต๋า เดินตามจำนวนหน้าที่ทอยได้ เมื่อเดินไปตกช่องที่มีรูปเซลล์ประสาท จะได้หยิบการ์ดความรู้ 1 ใบ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าการ์ดความรู้จะหมดกอง ผู้ที่ชนะจะนับจากจำนวนการ์ดความรู้ที่สะสมได้เยอะที่สุดเมื่อการ์ดหมดกอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของผู้เรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน โดยเกณฑ์การให้กำหนดคะแนนความเข้าใจนั้น หากนักเรียนที่ตอบตัวเลือกถูกได้ 1 คะแนน และนักเรียนที่ตอบตัวเลือกผิด ได้ 0 คะแนน สำหรับการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้น แต่ละด้านย่อยทั้ง 5 ด้านย่อยนั้น มีคะแนนเต็มเท่ากับ 20 คะแนน ข้อมูลทั้งสองส่วนถูกวิเคราะห์สถิติเชิงปริมาณ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และร้อยละ (%) และวิเคราะห์สถิติเชิงอ้างอิงแบบ Non-parametric ในสถิติแบบ Mann-Whitney U Test และ Wilcoxon signed-rank test โดยใช้โปรแกรม IBM-SPSS เวอร์ชัน 28

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลจากแบบวัดความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบวัดมาตรวจให้คะแนนโดยได้วิเคราะห์ข้อมูลของนักเรียนทั้งสองกลุ่มโดยใช้สถิติ Nonparametric Test ด้วย Mann-Whitney U Test และ Wilcoxon signed-rank test เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน นำเสนอได้ดังตารางที่ 2

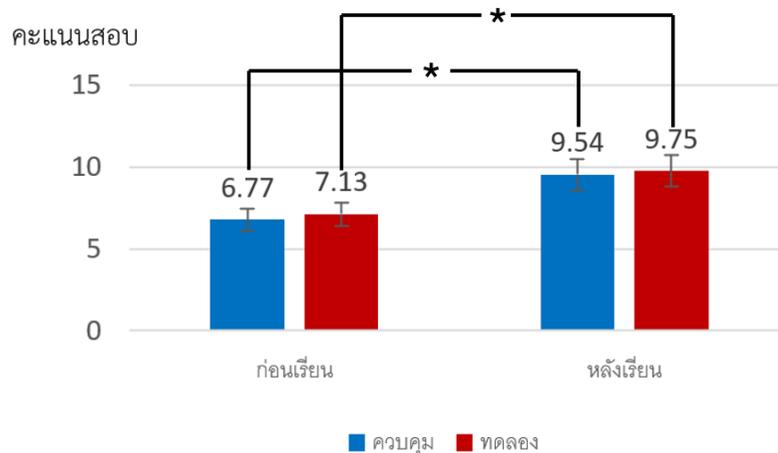
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม

การทดสอบ	ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ สืบเสาะ แบบดั้งเดิม 5E (กลุ่มควบคุม)		ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิด โดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล (กลุ่มทดลอง)		Wilcoxon signed- rank test	Mann-Whitney U Test
	M	SD	M	SD		
ก่อนเรียน	6.77	1.883	7.13	1.476	4.493ควบคุม	.000* .589 .556
หลังเรียน	9.54	.706	9.75	.508	4.972ทดลอง	.000* 1.180 .238

หมายเหตุ * แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p < 0.05)

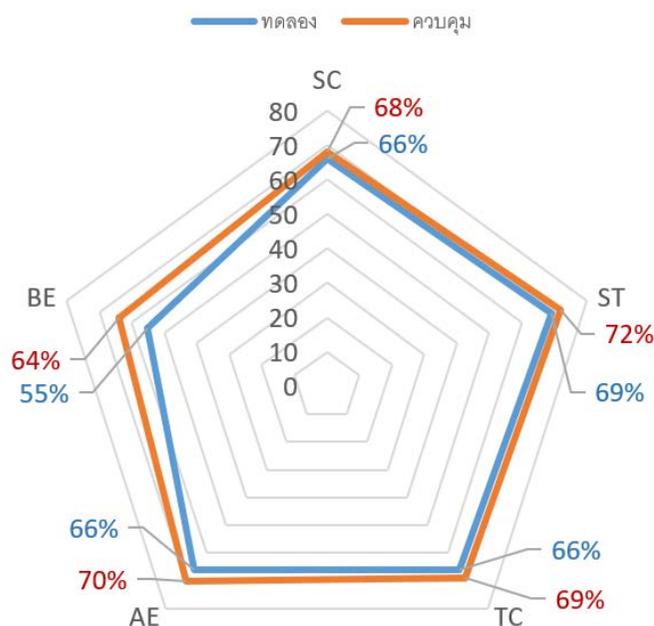
จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนแต่ละกลุ่มนั้นพบว่า คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบ

เปิดผ่านบอร์ดเกมดิจิทัล ($Z = 4.972, p < .000$) และของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบดั้งเดิม 5E ($Z = 4.493, p < .000$) หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพบว่าคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ($Z = .589, p = .556$) และหลังเรียน ($Z = 1.180, p = .238$) ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 กราฟแสดงการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการวิเคราะห์ผลการตรวจแบบสำรวจเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบสำรวจมาตรวจให้คะแนนโดยได้วิเคราะห์ข้อมูลความแตกต่างกันในมิติย่อยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจที่มีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งหมด 5 ด้าน ได้แก่ ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (SC) ทักษะคิดต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (ST) ความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (TC) ความผูกพันทางอารมณ์ (AE) และความผูกพันเชิงพฤติกรรม (BE) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 กราฟร้อยละเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม

ภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะตามปกติของโรงเรียนนั้นมีแนวโน้มของการมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านย่อยทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (68%กลุ่มควบคุม > 66%กลุ่มทดลอง) ด้านทัศนคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (72%กลุ่มควบคุม > 69%กลุ่มทดลอง) ด้านความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (69%กลุ่มควบคุม > 66%กลุ่มทดลอง) ด้านความผูกพันทางอารมณ์ (70%กลุ่มควบคุม > 66%กลุ่มทดลอง) และด้านความผูกพันเชิงพฤติกรรม (64%กลุ่มควบคุม > 55%กลุ่มทดลอง) ที่สูงมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล

จากผลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มนั้น ผู้วิจัยวิเคราะห์สถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนดังกล่าวโดยใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ที่เป็นสถิติ Mann-Whitney U Test ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างข้อมูลคะแนนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละด้านย่อย ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถนำเสนอได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท

เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบดั้งเดิม 5E (กลุ่มควบคุม)		ชั้นเรียนวิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล (กลุ่มทดลอง)		Z	Sig.
	M	SD	M	SD		
ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (SC)	13.73	2.011	13.22	1.518	1.220	.274
ทัศนคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (ST)	14.31	2.635	13.84	2.384	.494	.485
ความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (TC)	13.85	2.344	13.16	2.329	1.251	.268
ความผูกพันทางอารมณ์ (AE)	14.00	2.514	13.28	2.083	1.419	.239
ความผูกพันเชิงพฤติกรรม (BE)	12.85	2.525	10.97	1.892	10.473	.002*

หมายเหตุ * คือ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 0.05 ($p < 0.05$)

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นพบว่า คะแนนเฉลี่ยทุกด้านย่อยของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ ด้านความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ ($Z = 1.220, p = .274$) ด้านทัศนคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี ($Z = .494, p = .485$) ด้านความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี ($Z = 1.251, p = .268$) และด้านความผูกพันทางอารมณ์ ($Z = 1.419, p = .239$) นั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้ชีวิตจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลก็ยังไม่ทำให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับที่ไม่แตกต่างไปจากการได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะตามแนวทางปกติของโรงเรียน แต่จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเปรียบเทียบพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะตามแนวทางปกติของโรงเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความผูกพันเชิงพฤติกรรม ($Z = 10.473, p = .002^*$) ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับนักเรียนกลุ่มที่ได้รับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล

อภิปรายผล

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มพบว่า ทั้งกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นจึงบ่งชี้ได้ว่า กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้งสองรูปแบบนั้นสามารถพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้นได้ นอกจากนี้แล้วผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มก็พบว่า ทั้งกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีคะแนนเฉลี่ยทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นจึงบ่งชี้ได้ว่า กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะทั้งสองรูปแบบนั้นให้ผลลัพธ์ต่อการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าของ Srisawasdi and Panjaburee (2019) ที่ได้ศึกษาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีเรื่อง สมบัติของของเหลว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดผ่านเกมคอมพิวเตอร์ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะผ่านเกมคอมพิวเตอร์รายวิชาเคมีที่พัฒนาผ่านการเรียนการสอนแบบเปิดนั้นมีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดี เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้สืบเสาะผ่านบริบทเกมคอมพิวเตอร์นั้นสามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องมือทางปัญญาที่สำคัญในการเพิ่มพูนระดับ

ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ Srisawasdi and Panjaburee (2016) ที่ได้ศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้อิทธิพลของสื่อบนเกมดิจิทัลที่กำหนดปัญหาเป็นฐานนำการเรียนรู้อื่นๆ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดหลักทางชีววิทยา เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ และผลการศึกษาพบว่า นักเรียนทั้งสามกลุ่มที่ได้รับกลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแตกต่างกัน ได้แก่ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบดั้งเดิม การเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิด และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิดร่วมกับเกมดิจิทัลที่กำหนดปัญหาเป็นฐานนำการเรียนรู้อื่นๆ มีการพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์ ในทุกกลุ่ม และการพัฒนาของแต่ละกลุ่มนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั้นแสดงว่ากลวิธีการเรียนรู้ทั้ง 3 วิธีดังกล่าวสามารถส่งเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้เช่นเดียวกันทุกวิธีอย่างไม่แตกต่างกันในผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักเรียน

นอกจากนั้น จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์จากประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มพบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีคะแนนเฉลี่ยทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่ม ดังนั้นจึงบ่งชี้ได้ว่า กลวิธีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมทั้งสองรูปแบบนั้นให้ผลลัพธ์ต่อการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในมิติของ ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (SC) ทักษะคิดต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (ST) ความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (TC) และความผูกพันทางอารมณ์ (AE) ของนักเรียนได้ไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีมาผนวกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้

การวิจัยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล เรื่อง ระบบประสาท ต่อการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ (1) ความเชื่อมั่นในวิทยาศาสตร์ (SC) คิดเป็นร้อยละ 66 (2) ทักษะคิดต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยเทคโนโลยี (ST) คิดเป็นร้อยละ 69 (3) ความเชื่อมั่นต่อเทคโนโลยี (TC) คิดเป็นร้อยละ 66 (4) ความผูกพันทางอารมณ์ (AE) คิดเป็นร้อยละ 66 และ (5) ความผูกพันเชิงพฤติกรรม (BE) คิดเป็นร้อยละ 55 แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรือก็คือกลวิธีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมทั้งสองรูปแบบทำให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ใกล้เคียงกันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Premthaisong and Srisawasdi (2016) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบการรับรู้ของนักเรียนและเจตคติต่อการมีส่วนร่วมกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัลในห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าสภาพแวดล้อมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยร่วมกับการประยุกต์ใช้สมาร์ทโฟนในปฏิบัติการเรียนรู้ส่งผลต่อเจตคติเชิงบวกในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ และจากงานวิจัยของ Yüksel *et al.* (2017) ที่ศึกษาเจตคติต่อการเรียนรู้แบบไร้รอยต่อโดยการใช้นวัตกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล พบว่าสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ถูกเพิ่มประสิทธิภาพด้วยเทคโนโลยีดิจิทัลส่งผลต่อเจตคติเชิงบวกในการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในบริบทการเรียนรู้ในห้องเรียนและในชุมชน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้อุปกรณ์เทคโนโลยีมาผนวกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ได้ งานวิจัยนี้ต่างจากงานวิจัยที่มีมาก่อนตรงที่มีการนำบอร์ดเกมดิจิทัลมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการเรียนการสอนแทนการสอนด้วยวิธีการเรียนวิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิดตามปกติ และได้ผลคะแนนเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองไม่แตกต่างกับกลุ่มควบคุมในทางสถิติ ยกเว้นด้านย่อยความผูกพันเชิงพฤติกรรมเท่านั้นที่พบว่ากลุ่มควบคุมมีคะแนนเจตคติสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล ช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ ไม่แตกต่างกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบปกติ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการวิจัยโดยศึกษาความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้การจัดการเรียนรู้สื่อบนเกมแบบเปิดร่วมกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัล เพื่อเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้สื่อบนเกมแบบปกติกับการเรียนรู้สื่อบนเกมแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล ทำให้ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สื่อบนเกมแบบเปิดร่วมกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัล มีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์สูงกว่า แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการจัดการเรียนรู้สื่อบนเกมแบบปกติ นั่นคือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบเปิดโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัล ช่วยส่งเสริมความรู้ความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาทได้ ไม่แตกต่างกับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมแบบปกติ และพบว่านักเรียนกลุ่มที่มีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สื่อบนเกมโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ใกล้เคียงกันกับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ไม่ได้ใช้บอร์ดเกมดิจิทัลในการเรียน ยกเว้นแต่ในด้านของความผูกพันเชิงพฤติกรรม (BE) ที่มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันมากเป็นพิเศษ นั่นคือนักเรียนเห็นว่าการใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัลมาเพิ่มความปฏิสัมพันธ์

ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ได้ทำให้ประสิทธิภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ลดลง ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนรู้ในวิชาชีววิทยานั้น ไม่จำเป็นต้องมีการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมที่มีเพียงการบรรยายที่ให้ผู้สอนเป็นผู้บอกความรู้ให้นักเรียนเพียงอย่างเดียว แต่ผู้สอนยังสามารถที่จะให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลในการศึกษา เพื่อตอบสนองจริงในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบัน ที่จะทำให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะสามารถเรียนรู้เนื้อหาในวิชาชีววิทยาได้ดีและนำไปสู่ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น ซึ่งบอกแนวโน้มว่าสามารถนำการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลไปประยุกต์ใช้ในการเอื้ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาในเนื้อหาอื่น ๆ ได้ และขอเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะแบบเปิดประกอบกับการใช้บอร์ดเกมดิจิทัล สามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบตามความเหมาะสมของแต่ละเนื้อหา ในการประยุกต์การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สืบเสาะโดยใช้บอร์ดเกมดิจิทัลไปใช้ในการสอนหรือการทำกรวิจัย ครูหรือผู้วิจัยควรทำการศึกษารูปแบบของบอร์ดเกม และความสอดคล้องของเนื้อหาที่จะนำไปใช้ในการสอน และศึกษาถึงความน่าสนใจของบอร์ดเกม เพื่อให้การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนมีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งจะทำให้ นักเรียนสนใจในการเรียน ได้ความรู้ไม่หลุดไปจากประเด็นของเนื้อหาที่กำลังเรียนอยู่

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยได้ผ่านการอบรมจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ด้านมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ จากศูนย์จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และดำเนินการวิจัยโดยคำนึงถึงจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คำนึงถึงหลักความเคารพในบุคคล โดยการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ชี้แจงถึงการสังเกตการณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และขออนุญาต ถ่ายภาพ โดยไม่ให้เห็นหน้าของผู้เข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยขอรับรองว่า ข้อมูลที่ได้รับจากผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น ซึ่งจะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ประการใด จะไม่มีการระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่อย่างใด และมีการดำเนินการทำลายข้อมูลภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย

References

- Anastasios, T. B., Katerina, K. and Vasilis, G. (2009). Learning secondary mathematics with technology: Exploring the complex interrelationship between students' attitudes, engagement, gender, and achievement. *Computers & Education*, 52(3), 562-570.
- Bayeck, R.Y. (2020). Examining board gameplay and learning: A multidisciplinary review of recent research. *Simulation & Gaming*, 51(4), 411-431.
- Bhaskara, R. D., Aruna, S. and Sundara, R. G. (1987). Scientific attitudes and personality traits of prospective science teachers. *Journal of the Institute of Educational Research*, New Delhi: Prentice Hall of India Pvt. Ltd.
- Buck, L. B., Bretz, S. L. and Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Buntaweekulsawat, P. (2010). **Development of scientific concepts of high school students regarding perception and response using the 5Es method of scientific inquiry**. Master of Education thesis. Science Education field Kasetsart University.
- Chaipidech, P. and Srisawasdi, N. (2018). A proposal for personalized inquiry-based flipped learning with mobile technology. In *Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education (ICCE2018)*. Manila: Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Pierce, R., Stacey, K. and Barkatsas, A. N. (2007). A scale for monitoring students' attitudes to learning mathematics with technology. *Computers and Education*, 48(2), 285-300
- Poondet, C. and Lertphonkulrat, T. (2016). Guidelines for organizing learning with the concept of gamification. *Journal of Education and Innovation*, 18(3), 331-339.
- Premthaisong, S. and Srisawasdi, N. (2020). **Supplementing primary science learning with multi-player digital board game: A pilot study**. ResearchGate. Retrieved October 9, 2020, from <https://www.researchgate.net/publication/339472576>.

- Srisawasdi, N. (2012). Student teachers' perceptions of computerized laboratory practice for science teaching: a comparative analysis. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 46, 4031–4038.
- Srisawasdi, N. (2018). Transforming Chemistry Class with Technology-enhanced Active Inquiry Learning for the Digital Native Generation. In C. Cox & W. Schatzberg (Eds.) **International Perspectives on Chemistry Education Research and Practice** (pp. 221–233). ACS Symposium Series 1142, American Chemical Society: Washington, DC. DOI: 10.1021/bk-2018-1293.ch014
- Srisawasdi, N. and Panjaburee, P. (2016). An integrated learning styles and scientific investigation-based personalized web approach: a result on conceptual learning achievements and perceptions of high school students. **Journal of Computers in Education**, 3(3), 253-272.
- Srisawasdi, N. and Panjaburee, P. (2019). Implementation of Game-transformed Inquiry-based Learning to Promote the Understanding of and Motivation to Learn Chemistry. **Journal of Science Education and Technology**, 28(2), 152–164.
- Srisawasdi, N., Moonsara, R. and Panjaburee, P. (2013). Students' Motivation of Science Learning in Integrated Computer-based Laboratory Environment. In **Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education (ICCE2013)**, Asia-Pacific Society for Computers in Education, November 18–22, 2013, Denpasar Bali, Indonesia.
- Soodjai, S. and Srisawasdi, N. (2021). Effect of Digital Card Game-based Open Inquiry Science Learning on Protein Synthesis on Secondary School Students' Learning Motivation toward Biology (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(4), 68-83.
- Taspinar, B., Schmidt, W. and Schuhbauer, H. (2016). Gamification in education: A board game approach to knowledge acquisition. **Procedia Computer Science**, 99, 101–116.
- Wu, C.J., Chen, G.D. and Huang, C.W. (2014). Using digital board games for genuine communication in EFL classrooms. **Educational technology research and development**, 62, 209–226.
- Yodsanga, S. and Srisawasdi, N. (2021) The Effect of Using Digital Board Game-Based Learning Scientific Inquiry Approach. On Science Motivation Regarding Photosynthesis Phenomenon (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(3), 144-162.
- Yüksel, A. P., Şad, S. N. and Yıldırım, I. S. (2017). Motivational and ethical issues in seamless learning: Use of tablet PCs in a mobile and ubiquitous technology-enhanced learning context. In Yüksel, P., Nihat Şad, S. and Yıldırım, S. (Eds.), **Digital Tools for Seamless Learning** (pp. 240-254). IGI Global.



Research Article

The Study of the Collaborative Problem-Solving Competency of Grade-10 Students on Solution using Inquiry-based learning with a set of STEAM Education Experiments

Saowapha Puyuen¹ Juthamas Jitcharoen² Pranorm Saejueng² Supansa Chimjarn² Kornkanok Noulta²
Suparb Tamuang² Kanjana Ongkasin³ Sura Wuttiptom³ Weeranuch Yangchareon⁴ Sonthi Phonchaiya⁵
and Karntarat Wuttisela^{2,*}

¹Bachelor of Education Program, Faculty of Liberal Arts Institute, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

³Department of Physics, Faculty of Science, Ubonratchathani University, Ubonratchathani

⁴Science and Technology Learning Strand, Narinukun School, Ubonratchathani

⁵The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Bangkok

*Email: karntarat.w@ubu.ac.th

Received <31 March 2024>; Revised <1 May 2024>; Accepted <2 May 2024>

Abstract

This research aimed to study of the collaborative problem-solving competency on the topic of solutions of grade 10 students learning using Inquiry-based learning incorporation with STEAM education experiments. The research design is a one-shot case study. A sample size of 40 was obtained through purposive sampling. The research tools consisted of 5 inquiry-based lesson plans with STEAM education experiments and the scoring rubrics for the competency assessment in collaborative problem solving. The lesson plans of inquiry-based learning, students prepare a solution of 2 M CuSO_4 from $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Students experiment with diluting a 2 M solution to 1 M CuSO_4 . Students mix 1 M and 2 M CuSO_4 solutions to get a concentration of the mixed solution of 1.5 M CuSO_4 . The lesson plans of STEAM education under the topic of solution consisted of natural scented liquid soap, fresh scented bar soap, herbal dishwashing liquid, water balm, and fun with Slurpee. 10 hours were required to complete all lesson plans. By analysing the collaborative problem-solving from the STEAM education worksheets using content analysis to interpret student responses, summarize data, and identify levels of competency according to the PISA collaborative problem-solving assessment framework. The research results showed that the average student's competency in collaborative problem solving in all areas had a score of 2.73 points or 91 percent, which is a high level of competency.

Keywords: Collaborative problem solving, Solution, Inquiry-based learning, STEAM education

การศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา

เสาวภา ปุ้ยสิน¹ จุฑามาส จิตต์เจริญ² ประนอม แซ่จิ่ง² สุพรรณษา ฉิมจารย์² กรกนก นวลตา²
สุภาพ ตามเมือง² กาญจนา อังคศิลป์³ สุระ วุฒิพรหม³ วีรบุษ ยังเจริญ⁴ สนิธิ พลชัยยา⁵ และ กานต์ตระกูล^{2*}

¹หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

³ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

⁴กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนนารีนุกูล จังหวัดอุบลราชธานี

⁵สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรุงเทพมหานคร

*Email: kamtarat.w@ubu.ac.th

รับบทความ: 31 มีนาคม 2567 แก้ไขบทความ: 1 พฤษภาคม 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 2 พฤษภาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวและประเมินระหว่างเรียนครั้งเดียว กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คนได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผน และแบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ นักเรียนทดลองเตรียมสารละลาย 2 M CuSO_4 จาก $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ นักเรียนทดลองเจือจางสารละลาย 2 M เป็น 1 M CuSO_4 นักเรียนผสมสารละลาย 1 M และ 2 M CuSO_4 ได้ความเข้มข้นของสารละลายผสม 1.5 M CuSO_4 แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะอยู่ภายใต้หัวข้อเรื่อง สารละลาย ได้แก่ สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร ยาหม่องน้ำ และสเลอปี้ธรรมชาติ โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 10 ชั่วโมง จากการวิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากใบงานสะเต็มศึกษาด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อตีความคำตอบของนักเรียนและสรุปข้อมูลและจัดระดับสมรรถนะของนักเรียนตามกรอบการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของ PISA พบว่าสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทุกด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 ซึ่งอยู่ในระดับสมรรถนะสูง

คำสำคัญ: สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ สารละลาย การจัดการเรียนรู้สืบเสาะ สะเต็มศึกษา

บทนำ

ความท้าทายของการศึกษาไทยในปี 2567 คือการยกระดับหลักสูตรของทุกโรงเรียนให้เป็นหลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency - based Education) ซึ่งประกอบด้วยสมรรถนะหลัก (Core Competencies) 6 ด้านตามกรอบหลักสูตร การศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้แก่ สมรรถนะการจัดการตนเอง สมรรถนะการสื่อสาร สมรรถนะการร่วมพลังทำงานเป็นทีม สมรรถนะ การเป็นพลเมืองที่เข้มแข็ง สมรรถนะการอยู่ร่วมกับธรรมชาติและวิทยาการอย่างยั่งยืน และสมรรถนะการคิดขั้นสูง การคิดแก้ปัญหา (Problem Solving Thinking) เป็นหนึ่งองค์ประกอบของสมรรถนะการคิดขั้นสูง (Office of the Basic Education Commission, 2024) ซึ่งเป็นทักษะที่มนุษย์ต้องใช้ตลอดชีวิต (Bingham, 1998) ความสามารถในการแก้ปัญหาสามารถสะท้อนให้เห็นได้จากวิธีที่บุคคลแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ สามัคคีและมีเหตุผล (Polya, 1971) สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบ ร่วมมือเป็นสมรรถนะที่รวม Hard skills และ Soft skills โดยทักษะการแก้ปัญหาเป็น Hard skills ทักษะการทำงานเป็นทีมคือ soft skills (Laker and Powell, 2011) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล หรือ Programme for International Student Assessment (PISA) ในปี 2015 ผลการประเมินของประเทศไทย พบว่านักเรียนไทยมีคะแนน เฉลี่ยสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือโดยมีคะแนนเท่ากับ 436 คะแนนซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ทั้งนี้ในการประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ นักเรียนต้องใช้ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานแบบร่วมมือกับเพื่อนในการทำภารกิจที่กำหนดในข้อสอบให้สำเร็จลุล่วง โดยการ แบ่งปันความเข้าใจที่และรวบรวมความรู้ทักษะและความพยายามเข้าด้วยกันเพื่อแก้ปัญหา (OECD, 2017)

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะ (Inquiry-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือทำการ ทดลองหรือกิจกรรมช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์รวมถึงการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในการศึกษา โลกธรรมชาติ (National Research Council, 1996) ประกอบด้วยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้าง ความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) (Bybee et al., 2006) งานวิจัยทางการศึกษายืนยันว่าการ จัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ เมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสมรรถนะใน การแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนโดยวิธีปกติกับกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของกลุ่มที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้สูงกว่าในกลุ่มที่เรียนโดยวิธีปกติ (Tornee et al., 2019) เช่นเดียวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง ก็สามารถส่งเสริมสมรรถนะ การแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เพราะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกัน เพื่อสืบเสาะหาความรู้พิจารณา ความรู้จากหลักฐานที่ได้สืบค้นมาในการสำรวจตรวจสอบ สู่การลงข้อสรุป และสามารถสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวเพื่อนำเสนอใน กิจกรรมการโต้แย้ง ที่ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นต่อข้อโต้แย้งของกลุ่มอื่น พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ (Chanphong, 2023)

นอกจากการจัดการเรียนรู้สืบเสาะสามารถเพิ่มสมรรถนะในการแก้ปัญหาได้แล้ว สะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นอีกแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเพิ่มสมรรถนะในการแก้ปัญหาได้โดยการทดลองสะเต็มศึกษาฐานสืบเสาะช่วยพัฒนา ทักษะการแก้ปัญหาย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนและการรับรู้ ทั้งยังสนับสนุนให้นักเรียนทำงานร่วมกัน (Karamustafaoglu and Pektaş, 2023) สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน อันจะนำไปสู่การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพร้อมทั้ง สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคต (Yakman, 2008) ทั้งยังนำวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ นักเทคโนโลยี วิศวกร ศิลปิน และ นักคณิตศาสตร์มาบูรณาการในการแก้ไขสถานการณ์ปัญหา (Wuttisela, 2022) สำหรับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในรายวิชาเคมี นักวิจัยทางการศึกษาได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้สังเกตปรากฏการณ์ปัญหาเคมีและการแก้ปัญหาใน ชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเคมี ซึ่งนักเรียนจะได้รับความรู้ที่ลึกซึ้งผ่านความท้าทายของปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริง โดยครูกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียน และให้นักเรียนแก้ปัญหาเป็นทีม (Ridwan, Rahmawati and Hadinugrahaningsih, 2017; Hadinugrahaningsih, Rahmawati and Ridwan, 2017) ผลวิจัยพบว่า สะเต็มศึกษาสามารถ พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ได้ เมื่อ ให้นักเรียนสร้างสรรค์ชิ้นงานที่เป็นนวัตกรรมการแก้ปัญหา (Pholsupho, Khamhaengpol and Wattanasam, 2023) นอกจากนี้ยังมีการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือได้ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็น ฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (Chaidech, Chanunan and Chaiyasit, 2017) การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้น การใช้ปัญหาเป็นฐาน (Silachot, Kijkuakul and Chaiyasith, 2020) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานแบบเรียนรู้ร่วมกัน ร่วมกับสื่อออนไลน์ Padlet เรื่อง เซลล์เคมีไฟฟ้า (Choomchua and Chanunan, 2021) ดังนั้นงานวิจัยทางการศึกษาข้างต้น ยืนยันว่าการจัดการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้และสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้ แต่ยังไม่มียานวิจัยที่นำ 2 การ จัดการเรียนรู้มาบูรณาการร่วมกันในการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำ 2 การจัดการเรียนรู้มาจัด ร่วมกันในเรื่องสารละลาย เพราะผู้เรียนจะมีความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์เรื่องสารละลายผ่านการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ

ก่อน หลังจากนั้นจึงนำความรู้และทักษะเหล่านั้นมาแก้สถานการณ์ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา นั่นคือแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่สืบเสาะทำให้นักเรียนมีความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-6 ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยทำงานวิจัยเรื่องนี้เพื่อเปิดโลกทัศน์ให้กับนักเรียนให้ได้สัมผัสกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และนักออกแบบหรือศิลปิน โดยนักวิทยาศาสตร์ทำงานผ่านการสืบเสาะหาความรู้ วิศวกรมีระบบการทำงานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ส่วนนักเทคโนโลยี นักคณิตศาสตร์ นักออกแบบหรือศิลปินเป็นศาสตร์จากแนวคิดสะเต็มศึกษา กล่าวได้ว่าเป็นการปูพื้นฐาน 5 มิติอาชีพ ซึ่งอาจเป็นอาชีพที่นักเรียนได้ทำหลังจากสำเร็จการศึกษา

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วิธีดำเนินการวิจัย

(1) แบบแผนการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นวิจัยแบบก่อนการทดลอง (pre-experimental design) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเดียวและประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือระหว่างเรียน (formative assessment) เพียงครั้งเดียว (one shot case study) ในแผนที่ 4-5 ชั่วโมงที่ 6-10 ของการวิจัย เนื่องจากตัวแปรตามไม่สามารถวัดได้ก่อนเรียน เพราะยังไม่ผ่านการสอนหรือการจัดการเรียนรู้มาก่อน

(2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 แผนการเรียนวิทย์-คณิต จำนวน 7 ห้อง รวม 278 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 1 ห้อง รวม 40 คน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นระดับชั้นที่เรียนเรื่องสารละลายที่ผู้วิจัยคนหนึ่งได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบปฏิบัติงานการสอน เพื่อเป็นโอกาสในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนของสถานศึกษาต้นสังกัดและพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนที่ตนเองรับผิดชอบโดยตรง

(3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย จำนวน 5 แผน โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 10 ชั่วโมง สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนได้แก่ แต่ไม่ได้ใช้ชุดการทดลองสะเต็มศึกษา สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4-5 ใช้ชุดการทดลองสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน ทั้งนี้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และ 5 ดำเนินการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาขั้นที่ 1-3 และ 4-6 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 การทดลองในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-3 ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเอง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเตรียมสารละลายบริสุทธิ์ จำนวน 3 ชั่วโมง เตรียมสารละลาย 2 M CuSO_4 จากสารบริสุทธิ์คือ copper(II) sulfate หรือจูนลี ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ส่วนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจาง จำนวน 2 ชั่วโมง นักเรียนคำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO_4 เป็น 1 M CuSO_4 ซึ่งสารละลาย 1 M CuSO_4 นี้สามารถนำไปใช้ต่อได้ในการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิก แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลายผสม จำนวน 2 ชั่วโมง นักเรียนคำนวณและทดลองผสม 2 M CuSO_4 25 mL ผสมกับ 1 M CuSO_4 25 mL ความเข้มข้นของสารละลายผสมเป็น 1.5 M การทดลองเรื่องการเตรียมสารละลาย ถ้าโรงเรียนไม่มี copper(II) sulfate แนะนำให้นำเกลือมาผสมสัสมอาหารก่อนจากนั้นค่อยให้นักเรียนเอาเกลือไปชั่งแล้วเตรียมสารละลาย จะทำให้สารละลายมีสีง่ายต่อการอ่านปริมาตรของเหลวที่ส่วนโค้งล่างของผิวของเหลว (meniscus) และสามารถเปรียบเทียบความเข้มข้นของสีกับความเข้มข้นของสารละลายได้ด้วย อย่างไรก็ตามไม่ควรเตรียมสารละลายต่างทับทิม (KMnO_4) แล้วทิ้งลงในแหล่งน้ำ เนื่องจากว่าสารละลายต่างทับทิมมีองค์ประกอบหลักคือโลหะหนักแมงกานีส เมื่อทิ้งสารละลายต่างทับทิมจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและอาจส่งผลเสียโดยเป็นพิษร้ายแรงต่อสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติและอาจเกิดการสะสมโลหะหนักจนส่งผลกระทบต่อในระยะยาวได้ โดยโลหะหนักแมงกานีสนั้นถ้าร่างกายรับในปริมาณที่มากเป็นเวลานาน สามารถทำให้เกิดอาการไม่มีเรี่ยวแรง เคลื่อนไหวร่างกายได้ลำบาก และอาจจะเกิดอาการคล้ายโรคจิตเภทบวกกับโรคพาร์กินสันได้ สำหรับในเด็กเล็กถ้ารับแมงกานีสในปริมาณมากจะทำให้เด็กเรียนรู้ได้ช้าและความจำสั้นกว่าเด็กปกติ (Levy and Nassetta, 2003; McMillan, 2005; Santamaria and Sulsky, 2010)

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

แผนที่	เรื่อง	จำนวน ชั่วโมง	การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา
1	การเตรียม สารละลายบริสุทธิ์	3	คำนวณและทดลองเตรียมสารละลาย 2 M CuSO_4 25 mL จากสารบริสุทธิ์คือ copper(II) sulfate
2	การเตรียม สารละลายเจือจาง	1	คำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO_4 เป็น 1 M CuSO_4 25 mL
3	การเตรียม สารละลายผสม	2	คำนวณและทดลองผสม 2 M CuSO_4 25 mL ผสมกับ 1 M CuSO_4 25 mL ความเข้มข้นของสารละลายผสมเป็น 1.5 M
4	สมบัติบางประการ ของสารละลาย	2	กิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่ 1) สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ 2) สบู่ก้อนหอมสดชื่น 3) น้ำยาล้างจานสมุนไพร 4) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ 5) สเลอปี้ ธรรมชาติ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาขั้นที่ 1-3 ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา
5	สมบัติบางประการ ของสารละลาย	2	กิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่ 1) สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ 2) สบู่ก้อนหอมสดชื่น 3) น้ำยาล้างจานสมุนไพร 4) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ 5) สเลอปี้ ธรรมชาติ โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาขั้นที่ 4-6 ได้แก่ ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย จำนวน 4 ชั่วโมง นักเรียนทำการทดลองสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่องได้แก่สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ และสเลอปี้ธรรมชาติ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกทำการทดลองสะเต็มศึกษากลุ่มละ 1 เรื่อง จากสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ดังตารางที่ 2 ทั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนได้แก่ (1) ศึกษาหลักสูตรมาตรฐานและตัวชี้วัด (2) วิเคราะห์เนื้อหาวิชา สารการเรียนรู้และระยะเวลาของแผนการจัดการเรียนรู้ (3) ศึกษาวิธีสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ (4) ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ (5) ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนและทางด้านเคมีจำนวน 3 ท่านเป็นผู้ตรวจสอบความสอดคล้องเนื้อหาและความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้คะแนนรวมเฉลี่ย 4.38 เป็นแผนที่มีความเหมาะสมมาก (6) ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ

3.2 แบบประเมินสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ โดยเป็นการสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริกส์แบบแยกย่อย (Analytic scoring rubrics) เป็นเกณฑ์การให้คะแนนคุณลักษณะออกเป็นส่วน ๆ โดยระบุเป็นประเด็นย่อยได้แก่ (1) การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน (2) การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และ (3) การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม โดยแต่ละข้อจะแบ่งระดับพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับได้แก่ระดับสูง กลางและต่ำ คะแนนเป็น 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยปรับปรุงจากงานวิจัยของ Chaidech, Chanunan, and Chaiyasit (2017)

(4) การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้จัดทำหนังสือขออนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนและผู้ปกครองของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเพื่อนำข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ในครั้งนี้มาเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย

2. จัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเวลา 10 ชั่วโมง แผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะ 5 ขั้นตอนใช้เวลา 6 ชั่วโมง ได้แก่ ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ และขั้นที่ 5 ประเมิน แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 6 ขั้นตอน เช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (National STEM Education Center, 2014) ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สืบเสาะเรื่อง การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ ท้าทายความคิดของนักเรียนด้วยคำถามว่า ให้บอกความแตกต่างระหว่างสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 และ 6 โมลาร์ นักเรียนคิดว่า สารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันนี้จะสามารถทำให้มีความเข้มข้นเท่ากันได้หรือไม่ อย่างไร

ขั้นที่ 2 สสำรวจและค้นหา นักเรียนสืบค้นสูตรที่ใช้ในการคำนวณการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น จากนั้นคำนวณและทดลองเจือจางสารละลาย 2 M CuSO_4 เป็น 1 M CuSO_4

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป นักเรียนร่วมกันอภิปรายและหาข้อสรุปจากการปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้ (1) ในการเตรียมสารละลายมีการใช้อุปกรณ์ใดบ้าง (2) ในการหาค่าที่ต้องการใช้ ใช้สูตรใดในการคำนวณ (3) ในการหาปริมาตรที่ต้องการใช้ในการเจือจาง ใช้สูตรใดในการคำนวณ (4) ในการเตรียมสารละลายจากสารละลายเข้มข้น เพราะเหตุใดจึงต้องใช้ปิเปตต์ในการตวงปริมาตรของสารละลาย

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ นักเรียนเตรียมสารละลายเจือจางในชีวิตประจำวัน จากสถานการณ์ Covid-19 ที่ผ่านมา สิ่งที่ต้องดำเนินการดำรงชีวิตไม่ว่าจะเป็น หน้ากากอนามัยและสเปรย์แอลกอฮอล์ที่ต้องมีความเข้มข้น 70% ขึ้นไป ในช่วงที่มีโรคระบาด จึงทำให้แอลกอฮอล์ขาดตลาดเป็นอย่างมาก หากนักเรียนมีแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 95% นักเรียนจะทำการเจือจางอย่างไรเพื่อให้ได้สเปรย์แอลกอฮอล์ปริมาณเพิ่มขึ้น

ขั้นที่ 5 ประเมิน ครูประเมินการปฏิบัติการทดลองของนักเรียนและจากการทำแบบฝึกหัด

ตารางที่ 2 สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษาจำนวน 5 เรื่อง

1. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังอาบน้ำ ชำระล้างร่างกายด้วยสบู่เหลว เมื่ออาบน้ำเสร็จนักเรียนรู้สึกกระคายเคืองผิวหนังและรู้สึกถึงผิวที่แห้งกร้าน และพบว่าผิวยังคงหลงเหลือสิ่งสกปรกอยู่ นักเรียนต้องการผลิตสบู่เหลวใช้เอง ที่อ่อนโยนต่อผิวและกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กุหลาบ มะลิ ลาเวนเดอร์ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตสบู่เหลวได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สบู่เหลวมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
2. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง น้ำยาล้างจานสมุนไพร
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังรับประทานอาหารเที่ยงที่โรงเรียน ซึ่งเมื่อนักเรียนทานเสร็จจึงนำภาชนะใส่อาหารไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ พบว่าภาชนะใส่อาหารยังมีคราบมันและสิ่งสกปรกเคลือบภาชนะอยู่ นักเรียนต้องการผลิตน้ำยาล้างจานใช้เองที่สามารถนำสารจากธรรมชาติ เช่น พืชหรือผลไม้ ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตน้ำยาล้างจานได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำยาล้างจานมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
3. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สบู่ก้อนหอมสดชื่น
“วันหนึ่งนักเรียนกำลังอาบน้ำ ชำระล้างร่างกายด้วยสบู่ก้อน เมื่ออาบน้ำเสร็จนักเรียนรู้สึกกระคายเคืองผิวหนังและรู้สึกถึงผิวที่แห้งกร้าน และพบว่าผิวยังคงหลงเหลือสิ่งสกปรกอยู่ นักเรียนต้องการผลิตสบู่ก้อนใช้เอง ที่อ่อนโยนต่อผิวและกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กุหลาบ มะลิ ลาเวนเดอร์ ขมิ้น ทานาคา ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตสบู่ก้อนได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว เพราะในปัจจุบันผลิตภัณฑ์สบู่ก้อนมีราคาค่อนข้างสูง และอาจมีสารเคมีตกค้าง”
4. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ
“วันหนึ่งนักเรียนทำกิจกรรมกลางแจ้ง ในวิชาสุขศึกษา ปรากฏว่านักเรียนเกิดอาการวิงเวียนศีรษะ เกือบที่จะเป็นลมไป และได้รับการพกจากการเล่นกีฬา จึงทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าตามร่างกาย เมื่อนักเรียนใช้ยาหม่องน้ำเพื่อบรรเทาอาการ ทั้งสุดดมและทาบริเวณที่รู้สึกปวดเมื่อย เมื่อสุดดม นักเรียนมีอาการแสบโพรงจมูกเป็นอย่างมาก และบริเวณที่ทา เกิดผดผื่นบริเวณจุดที่มีความอ่อนโยน นักเรียนต้องการผลิตยาหม่องที่เป็นมิตรอ่อนโยนต่อผิวและเมื่อสูดดมไม่เกิดการระคายเคืองกลิ่นที่มาจากธรรมชาติ เช่น กลิ่นดอกไม้ สมุนไพรเย็น ที่สามารถนำมาเป็นส่วนผสมหรือกลิ่นในการผลิตยาหม่องน้ำได้ และสามารถนำมาใช้ได้จริงภายในครอบครัว”
5. สถานการณ์ปัญหาการทดลองสะเต็มศึกษา เรื่อง สลอปี้หรรษา
“วันหนึ่งนักเรียนพาเพื่อนมาทำรายงานที่บ้าน ในช่วงเดือนเมษายน พบว่าวันนี้อากาศร้อนเป็นพิเศษ นักเรียนจึงตัดสินใจที่จะทำสลอปี้ให้เพื่อนๆ ได้รับประทานกัน โดยร่วมกันหาวิธีการทำสลอปี้ ซึ่งใช้ตู้เย็นในการทำให้น้ำหวานแข็งตัวเป็นสลอปี้ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง พบว่า น้ำหวานที่นำไปแช่นั้น ไม่เกิดการแข็งตัวใดๆเลย นักเรียนต้องการทำสลอปี้ที่รวดเร็วมากกว่านี้ โดยใช้สิ่งรอบตัวที่มีมาเป็นส่วนประกอบในการทำสลอปี้หรรษา ที่สามารถทำได้จริงและรวดเร็ว”

(5) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือจากใบงานสะเต็มศึกษาตามเกณฑ์การให้คะแนน ดังตารางที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน (1) การจัดระเบียบข้อมูล (2) การทำดัชนีหรือกำหนดรหัสข้อมูล (coding) (3) การกำจัดข้อมูลหรือสร้างข้อสรุปชั่วคราว (4) การสร้างบทสรุป (5) การพิสูจน์ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ (Buasan, 2008) เพื่อตีความคำตอบของนักเรียนและสรุปข้อมูลและจัดกลุ่มระดับสมรรถนะของนักเรียนตามแนวทางของ PISA 2015 (OECD, 2017) และเกณฑ์แปลผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

สมรรถนะหลัก	ระดับสูง 3 คะแนน	ระดับกลาง 2 คะแนน	ระดับต่ำ 1 คะแนน
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญ ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงาน และการวางแผน ได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้	ระบุปัญหาและข้อมูลที่สำคัญไม่ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	- เลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน - วางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงาน และการวางแผนและนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง	- เลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน - วางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา และนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง	- เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา - วางแผนการดำเนินงาน ไม่ตรงกับวิธีการแก้ปัญหาของสถานการณ์ หรือเขียนการวางแผนที่เป็นขั้นตอนที่ไม่ถูกต้อง
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	- ระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ - คำนึงถึงเป้าหมายของปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงานมากขึ้น	สร้างโครงสร้างของกลุ่มโดยการแบ่งหน้าที่ ปฏิบัติตามหน้าที่ของตนเอง และปรับความเข้าใจ ตรวจสอบติดตามการทำงานของสมาชิกคนอื่น ๆ ในระหว่างการทำงานได้ - สื่อสารกับสมาชิกในกลุ่มตลอดการทำงาน	แก้ปัญหาด้วยตนเองมากกว่าการมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกคนอื่น ๆ ภายในกลุ่ม

ตารางที่ 4 เกณฑ์แปลผลสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

ระดับคะแนน	ระดับสมรรถนะ	คำอธิบาย
2.51 – 3.00	สูง	ระบุปัญหา ระบุหรือไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่และมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่
1.51 – 2.50	กลาง	ระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่แต่ไม่มีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่
1.00 – 1.50	ต่ำ	ระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาไม่ได้ มีการแบ่งหน้าที่แต่ไม่มีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ระดับสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา จากคำตอบของนักเรียนในใบงานสะเต็มศึกษา แล้วจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน โดยมี

ประเด็นที่ศึกษาแยกตามสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และด้านการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม ซึ่งเกณฑ์การประเมินสร้างขึ้นตามเกณฑ์ของ PISA 2015 โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับต่ำ 1 คะแนน ระดับกลาง 2 คะแนน และระดับสูง 3 คะแนน ผลการวิจัยดังตารางที่ 5

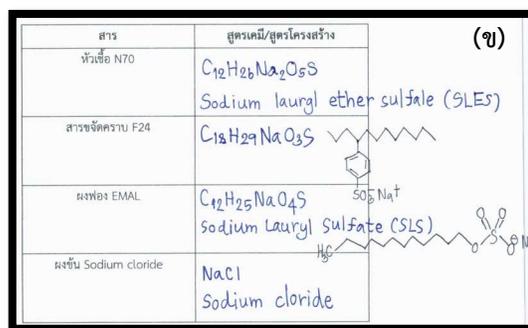
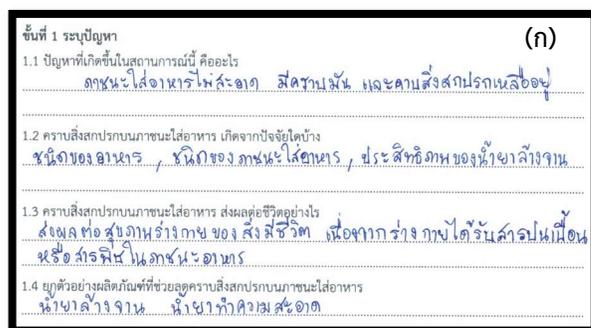
ตารางที่ 5 คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรายกลุ่ม

สมรรถนะหลัก	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3	กลุ่มที่ 4	กลุ่มที่ 5	คะแนนสมรรถนะเฉลี่ย
1. การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
2. การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.20
3. การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
คะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่ม	2.67	2.67	2.67	2.67	3.00	2.73

จากตารางที่ 5 สมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 แสดงว่านักเรียนระบุปัญหา แต่ไม่ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานตรงกับสถานการณ์ปัญหา ทำงานแก้ปัญหาได้จริง มีการแบ่งหน้าที่และมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ โดยทุกกลุ่มได้คะแนนเฉลี่ย 2.67 คะแนนยกเว้นกลุ่มที่ 5 ที่ได้คะแนนเต็มทุกสมรรถนะเนื่องจากกลุ่มที่ 5 ให้เหตุผลว่าเพราะอะไรน้ำแข็งกับเกลือจึงสามารถทำสเลอปี้ได้ การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่จัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาดำเนินการผ่าน 5 ขั้นตอน ได้แก่ การเชื่อมโยง การวางแผน การพัฒนา การร่วมมือ และการถ่ายทอด โดยให้นักเรียนทำโครงการตู้ปลาทอง นักเรียนใช้ pH ที่แตกต่างกันเพื่อกำหนดสภาวะ pH ที่ดีที่สุดของปลาทอง และการติดตั้งออกซิเจนในตู้ปลา (Ridwan, Rahmawati and Hadinugrahaningsih, 2017) และกิจกรรมสะเต็มศึกษามลพิษไฟฟ้าของ LED ขนาดเล็กโดยใช้แหล่งสารละลายอิเล็กโทรไลต์จากธรรมชาติ เช่น มะนาว เลมอน แอปเปิ้ล และน้ำเกลือ (Rahmawati *et al.*, 2019)

เมื่อพิจารณารายสมรรถนะพบว่าสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันและการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มได้คะแนนเต็มทุกกลุ่ม ส่วนการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.20 คะแนน เนื่องจาก

สมรรถนะหลักที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน นักเรียนระบุปัญหาหรือสิ่งที่ต้องทำ และข้อมูลสำคัญ ระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานคือปัจจัยที่มีผลต่อปัญหานั้น ในขั้นที่ 1 ระบุปัญหา และการวางแผน ได้ตรงตามประเด็นในสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนได้ระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้และระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการระคายเคืองของผิว คราบสิ่งสกปรกบนภาชนะใส่อาหารและการแข็งตัวของน้ำหวาน และเสนอแนะวิธีแก้ปัญหา (ภาพที่ 1ก)



ภาพที่ 1 สมรรถนะหลักที่ 1 การสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ผลงานนักเรียนในขั้นที่ 1 (ก) และขั้นที่ 2 (ข)

ในขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลนักเรียนยกตัวอย่างส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์และสืบค้นสูตรเคมีและสูตรโครงสร้างของสารที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ ดังภาพที่ 1ข

สมรรถนะหลักที่ 2 การเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา นักเรียนเลือกวิธีที่เหมาะสมในการดำเนินงาน นักเรียนทุกกลุ่มวางแผนการดำเนินงานอย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกับวิธีการแก้ปัญหา และนำไปสู่การทำงานเพื่อแก้ปัญหาได้จริง ในขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตและขั้นตอนการผลิต การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สเลอปี้หรรษา นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องสมบัติคอลลิเกทีฟ การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลว

กลิ่นธรรมชาติ สบู่ก้อนหอมสดชื่น น้ำยาล้างจานสมุนไพร และทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้เรื่อง การเตรียมสารละลาย สารละลายผสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน สมุนไพรที่แต่ละกลุ่มเลือกและเหตุผลที่เลือก สมุนไพร แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สารละลายผสมที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน สมุนไพรที่แต่ละกลุ่มเลือกและเหตุผลที่เลือกสมุนไพร

กลุ่มที่	ผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน	สารละลายผสม	สมุนไพรที่เลือก	เหตุผลที่เลือกสมุนไพร
1	สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ	SLES + หัวเชื้อสบู่เหลว + ผงซัน NaCl + สารเพิ่มฟอง	กุหลาบ	หอม
2	สบู่ก้อนหอมสดชื่น	กลีเซอริน + น้ำผึ้ง + ทานาคา	ทานาคา	สรรพคุณ
3	น้ำยาล้างจานสมุนไพร	SLES + F24 + EMAL + มะกรูด	มะกรูด	หาง่าย
4	ยาหม่องน้ำ	พิมเสน + การบูร + ยูคาลิปตัส	ยูคาลิปตัส	หอม

จากตารางที่ 6 การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ สารละลายผสมคือ Sodium Lauryl Ether Sulfate (SLES) หรือ หัวเชื้อ N70 หัวเชื้อสบู่เหลว (Potassium Soap Liquid) ผงซัน NaCl และสารเพิ่มฟอง การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่ก้อนหอมสดชื่น สารละลายผสมคือ กลีเซอริน (Glycerin) น้ำผึ้งและทานาคา การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องน้ำยาล้างจานสมุนไพร สารละลายผสมคือ SLES สารขจัดคราบ F24 ผงฟอง EMAL และมะกรูด การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ สารละลายผสมคือพิมเสน การบูร และยูคาลิปตัส สมุนไพรที่เลือกคือ กุหลาบเพราะหอม ทานาคาเพราะสรรพคุณ มะกรูดเพราะหาง่าย ยูคาลิปตัสเพราะหอม นักเรียนเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาและระบุเหตุผลในการเลือกวิธีดำเนินการสั้น ๆ และไม่แสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นทั้ง 4 กลุ่มจึงได้คะแนนสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือรายกลุ่มเท่ากับ 2 คะแนน ผลงานวิจัยสอดคล้องกับ Suaklun (2019) ซึ่งเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดเชิงประวัติศาสตร์ของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 29.52 คะแนน (ร้อยละ 70.28) หลังเรียนนักเรียนยังมีคะแนนเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องยาก สอดคล้องกับ Sriwichai (2017) ซึ่งจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาเคมีพื้นฐานเรื่องปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานคะแนนเต็ม 18 นักเรียนได้ 12.61 คะแนนคิดเป็นร้อยละ 70.05

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนดำเนินการแก้ปัญหาตามที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นที่ 3

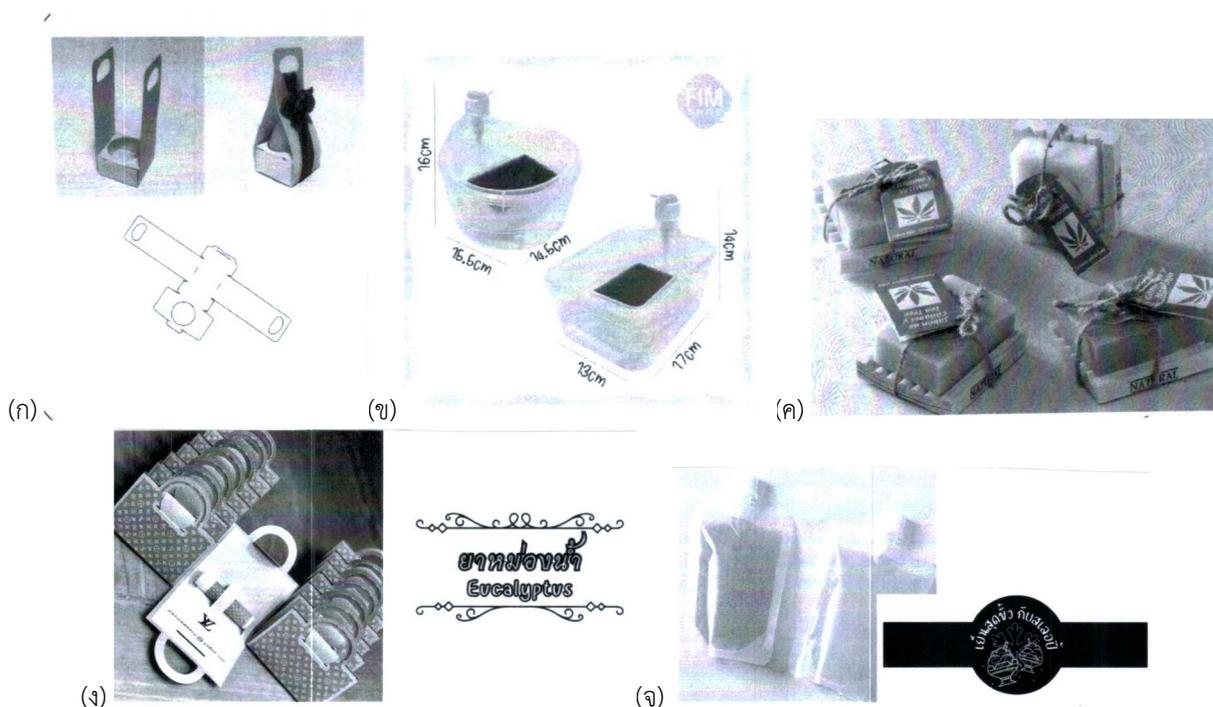
ขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล นักเรียนทดสอบผลิตภัณฑ์ทำให้พบปัญหาและหาแนวทางการแก้ปัญหา (ภาพที่ 2) อีกครั้งเช่นเดียวกับในขั้นที่ 1 แต่ขั้นที่ 1 เป็นสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ส่วนในขั้นที่ 5 นี้เป็นปัญหาที่นักเรียนพบระหว่างทำการทดลองสะเต็มศึกษา กล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้ครั้งนี้ทำให้นักเรียนพบปัญหาและหาแนวทางการแก้ปัญหา 2 วงรอบ

ทดสอบ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ปัญหา
สี	สีใส ไร้โฟมไม่ทนน้ำ เป็นฉนวนอะไร อะไรซักจน	เติมสี เพื่อให้เกิดความหนาไว้ทนมากขึ้น ทล. ชุดความทนกลิ่นนั้น
กลิ่น	กลิ่นหอมเมื่อเป็นฟอง 10% ไม่นหอมคือมีอ. มากนัก	เติมกลิ่นกุหลาบ 1 กรัม
การเกิดฟอง	ฟองแตกเร็วไป อาจทำให้เมื่อใช้น้ำทั้งความหนืดก็ใช้กันน้ำ	เติมสารเพิ่มฟอง ในอัตราส่วนน้อย
ความชุ่มชื้น	เมื่อล้างเกิดความแห้งผากน้อย	เติมสารเพิ่มความชุ่มชื้น เช่น สารสกัดจากขมิ้น น้ำจืด, หนองกา

ภาพที่ 2 คำตอบของนักเรียนในขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผล

สำหรับกลุ่มที่ทำการทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องสบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ นักเรียนพบปัญหาเรื่องสีจึงเติมสีเพื่อให้ทราบว่า เป็นกลิ่นกุหลาบ สำหรับเรื่องกลิ่นนักเรียนได้เติมกลิ่นเพิ่มเพื่อเลียนแบบธรรมชาติ สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติมีฟองมากเกินไป นักเรียนแก้ปัญหาโดยลดสารเพิ่มฟองเป็นการนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ เมื่อล้างเกิดความแห้งเล็กน้อย นักเรียนเติมสารเพิ่มความชุ่มชื้น เช่น การสกัดจากว่านหางจระเข้ ใบบัวบกและแตงกวา

ขั้นที่ 6 การสรุปผล และนำเสนอผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานหรือนวัตกรรม ซึ่งมีความโดดเด่นในด้านศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์



ภาพที่ 3 นวัตกรรมของนักเรียนในการทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง (ก) สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ (ข) น้ำยาล้างจานสมุนไพร (ค) สบู่ก้อนหอมสดชื่น (ง) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ และ (จ) สเลอบี้ธรรมชาติ

จากภาพที่ 3 การทดลองสะเต็มศึกษาเรื่อง สบู่เหลวกลิ่นธรรมชาติ ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายขนมไส้ ไล่ (ภาพที่ 3ก) น้ำยาล้างจานสมุนไพร บรรจุภัณฑ์เป็นแบบ 2in1 ขวดปั๊มใส่น้ำยาล้างจานพร้อมที่เก็บฟองน้ำซึ่งนวัตกรรมนี้ใส่ได้ ทั้งน้ำยาล้างจานและฟองน้ำ (ภาพที่ 3ข) สบู่ก้อนหอมสดชื่น ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายแพลายน้ำ (ภาพที่ 3ค) ทาถู ทาถู ด้วยยาหม่องน้ำ ยาหม่องน้ำขนาด 10 x 6 cm ศิลปะการออกแบบบรรจุภัณฑ์ลักษณะคล้ายกระเปาะ (ภาพที่ 3ง) สเลอบี้ธรรมชาติ บรรจุภัณฑ์ที่เลือกสรรมา มีลักษณะง่ายต่อการตีพิมพ์ (ภาพที่ 3จ) นักเรียนทำสเลอบี้จากน้ำชาที่สามารถทำให้เป็นสเลอบี้ได้เช่นเดียวกับวิธีการทำสเลอบี้ที่ใช้น้ำอัดลมและน้ำส้มคั้น ผลงานนวัตกรรมที่โดดเด่นในขั้นที่ 5 ทดสอบและประเมินผลคือการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้น่าซื้อ ทั้งยังประหยัดพื้นที่ในการขนส่ง เป็นการพัฒนาศิลปะอุตสาหกรรม (Manual arts) คือ ศิลปะที่อาศัยทักษะที่มีความเฉพาะเจาะจง หรือเทคนิคที่จำเป็นสำหรับสร้างวัตถุเพื่อการอุตสาหกรรม เช่น งานออกแบบเครื่องจักรกล และทอผ้า งานออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

สมรรถนะหลักที่ 3 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม นักเรียนระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ คำนึงถึงเป้าหมายของปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงาน จะเห็นได้จากนักเรียนมีเหตุผลในการแบ่งหน้าที่และหน้าที่ของสมาชิกทุกคนตามความเชี่ยวชาญของนักเรียนแต่ละคน ดังภาพที่ 4

สมาชิกคนที่	เหตุผลในการแบ่งหน้าที่	หน้าที่
1	ขอพบพูด	นำเสนอ
2	ขอขวางแผนงานและขยายข้อมูล	จัดหาทีมและเขียนรายงาน
3	ขอพบทดลอง	นำทีมทดลอง
4	ขอพบสืบค้นข้อมูล	สืบค้นข้อมูลสูตรเคมีและสูตรโครงสร้างของสาร
5	เคยนำเสนอโครงการ	นำเสนอ
6	ถนัดด้านศิลปะและสร้างสรรค์	นำทีมออกแบบบรรจุภัณฑ์
7	คนที่ใช้กล้องเก่ง	ถ่ายวิดีโอ
8	ที่บ้านมีรถจักรยาน	คำนวณต้นทุนกำไร

ภาพที่ 4 การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม

การสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มของกลุ่มของทุกกลุ่มได้คะแนนสมรรถนะอยู่ในระดับสูงเพราะนักเรียนทุกกลุ่มระบุเหตุผลในการแบ่งหน้าที่ คำนึงถึงเป้าหมายของปัญหา และการสื่อสารกับสมาชิกตลอดการทำงานมากขึ้น ดังภาพที่ 4 ผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Silachot, Kijkuakul and Chaiyasith (2020) แต่มีส่วนเพิ่มเติมในส่วนของการศิลปะที่เข้ามาในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ การคำนวณต้นทุนกำไรเหมือนนักคณิตศาสตร์และการถ่ายทำวิดีโอ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

การจัดการเรียนรู้สืบเสาะร่วมกับชุดการทดลองสะเต็มศึกษา ทำให้นักเรียนมีสมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกัน ด้านการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา และด้านการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่ม สมรรถนะหลักของการแก้ปัญหาแบบร่วมมือเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านมีคะแนนอยู่ที่ 2.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 91 โดยสมรรถนะการสร้างและเก็บรักษาความเข้าใจที่มีร่วมกันและการสร้างและรักษาระเบียบของกลุ่มได้คะแนนเต็มทุกกลุ่ม ส่วนการเลือกวิธีดำเนินการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 2.20 คะแนน ดังนั้นในการทำวิจัยครั้งต่อไปต้องให้นักเรียนระบุเหตุผลในการเลือกวิธีการดำเนินงานด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และควรเพิ่มคำถามที่เชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหา ตัวอย่างใบงานพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยสะเต็มศึกษาและคำถามการเตรียมสารละลายเพื่อทดลองสะเต็มศึกษาเรื่องสบู่เหลวกลิ่นกุหลาบ สามารถสแกนดูคำถามและแนวคำตอบได้จาก QR code ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างใบงานพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยสะเต็มศึกษา

ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มเวลาในการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นจะได้มีเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนออกขายสู่ท้องตลาด เช่น ค่า pH การระคายเคืองผิว ความแห้งกร้าน ปริมาณสิ่งสกปรกที่เหลืออยู่ และควรให้นักเรียนประเมินตนเองเรื่องความรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ

References

- Bingham, P.G. (1998). The Necessity of a perception-approach to definite distance perception: Monocular distance perception to guide reaching. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(1), 146-168.

- Buasan, R. (2008). **Qualitative research in education**. Bangkok: Modern words.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). **The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness**. USA: Colorado Springs.
- Chaidech, T., Chanunan, S. and Chaiyasit, W.C. (2017) Development of Collaborative Problem Solving Competency Using Research-Based Learning According to STEM Education in Fossil Fuels and Products (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 8(1), 51 – 66.
- Chanphong, T. (2023). The Implementation Argument Driven Inquiry Approach to Enhance Collaborative Problem-Solving Competency on the Topic of The World And Natural Disasters for Prathomsuksa 6 Students (in Thai). **M.Ed. Independent Study in Science Education**. Phitsanulok: Naresuan University.
- Choomchua, H. and Chanunan, S. (2021). Enhancing 11th Grade Students' Collaborative Problem Solving Competency by using Collaborative Problem-Based Learning Approach (CPBL) with the use of Padlet Application on the topic of Electrochemistry. **Journal of Education Naresuan University**, 23(3), 358 – 370.
- Hadinugrahaningsih, T., Rahmawati, Y. and Ridwan, A. (2017). Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STEAM integration. In **AIP Conference Proceedings** (Vol. 1868, No. 1). AIP Publishing.
- Karamustafaoğlu, O. and Pektaş, H. M. (2023). Developing students' creative problem solving skills with inquiry-based STEM activity in an out-of-school learning environment. **Education and Information Technologies**, 28(6), 7651-7669.
- Laker, D. R. and Powell, J. L. (2011). The differences between hard and soft skills and their relative impact on training transfer. **Human resource development quarterly**, 22(1), 111-122.
- Levy, B. S. and Nassetta, W. J. (2003). Neurologic effects of manganese in humans: a review. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, 9(2), 153-163.
- McMillan, G. (2005). Is electric arc welding linked to manganism or Parkinson's disease?. **Toxicological reviews**, 24, 237-257.
- National Research Council. (1996). **National Science Education Standards**. Washington DC: The National Academy Press.
- National STEM Education Center. (2014). **STEM Education Network Handbook**. Bangkok: Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Ministry of Education.
- OECD. (2017). **Pisa 2015 Collaborative Problem-Solving Framework**. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%200.pdf>. April 21, 2024.
- Office of the Basic Education Commission. (2024). Competency - based Education (in Thai). Retrieved 29 March 2024, from **CBE Thailand**: <https://cbethailand.com/>
- Pholsupho, P. Khamhaengpol, A. and Wattanasarn, H. (2023). Development of Creative Thinking of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Solution by Using STEAM Education (in Thai). **Journal of MCU Peace Studies**, 11(6), 2321-2334.
- Polya, G. (1971). **How To Solve It: A New Aspect of Mathematical Method**. New Jersey: Princeton University Press.
- Rahmawati, Y., Agustin, M. A., Ridwan, A., Erdawati, E., Darwis, D. and Rafiuddin, R. (2019). The development of chemistry students' 21 century skills through a STEAM project on electrolyte and non-electrolyte solutions. In **Journal of Physics: Conference Series** (Vol. 1402, No. 5, p. 055049). IOP Publishing.
- Ridwan, A., Rahmawati, Y. and Hadinugrahaningsih, T. (2017). STEAM integration in chemistry learning for developing 21st century skills. **MIER Journal of Educational Studies Trends & Practices**, 7(2), 184-194.

- Santamaria, A. B. and Sulsky, S. I. (2010). Risk assessment of an essential element: manganese. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, 73(2-3), 128-155.
- Silachot, S., Kijkuakul, S., and Chaiyasith, W. C. (2020). Development Of Collaborative Problem Solving Competency On 11th Grade Students By Using Problem Based Stem Learning Management In The Topic Of Electrochemistry (in Thai). **Journal of Education Naresuan University**, 22(3), 248-261.
- Sriwichai, T. (2017). Problem-Based Learning to Promote Learning Achievement and Scientific Reasoning on Fundamental Chemistry in the topic of Chemical Reaction for 10th Grade Students (in Thai). **Master Of Arts in Teaching Science**. Bangkok: Rangsit University.
- Suaklun, P. (2019). Effects of Learning using Historical Approach on Scientific Reasoning Abilities and Chemistry Learning Achievement of Upper Secondary School Students (in Thai). **Master of Education in Science Education**. Bangkok: Chulalongkorn University.
- Tornee, N., Bunterm, T., Lee, K. and Muchimapura, S. (2019). Examining the effectiveness of guided inquiry with problem-solving process and cognitive function training in a high school chemistry course. **Pedagogies: An International Journal**, 14(2), 126-149.
- Wuttisela, K. (2022). **9 New Paradigms of STEM Education** (in Thai). Ubon Ratchathani, Ubon Ratchathani University Press.
- Yakman, G. (2008). STEAM education: An overview of creating a model of integrative education. **Pupils' Attitudes Towards Technology (PATT-19) Conference: Research on Technology, Innovation, Design and Engineering Teaching**, Salt Lake City, Utah, USA.



Academic Article

Science Learning Management and Learning Skills Development for the 21st Century Learners

Paisan Srichaitung¹, Karntarat Wuttisela² and Saksri Supasorn^{2*}

¹*Doctor of Philosophy Program in Science Education, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University,
Ubon Ratchathani 34190, Thailand*

²*Department of Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani 34190, Thailand*

**Emails: saksri.s@ubu.ac.th*

Received <30 November 2023>; Revised <28 February 2024>; Accepted <28 February 2024>

Abstract

One of the main purposes of 21st century learning is to enhance 21st century learning skills of learners to become sufficient digital citizens corresponding for the future labor market. This academic article provides an explanation as well as a reflection regarding 21st century skills, particularly 21st century learning skills and Learning management models. The strategies can be applied as a guideline for enhancing 21st century skills. Research articles related to the development or enhancement of 21st century learning skills were reviewed and discussed as a guideline for enhancing the learning skills of 21st century learners.

Keywords: Learning skills, 21st century learning, 21st century learner

บทความวิชาการ

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

ไพศาล ศรีชัยทุ่ง¹, กานต์ตะวัน วุฒิสเลลา² และ ศักดิ์ศรี สุภาจร^{2*}

¹หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

²ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

*Emails: saksri.s@ubu.ac.th

รับบทความ: 7 ธันวาคม 2566 แก้ไขบทความ: 28 กุมภาพันธ์ 2567 ยอมรับตีพิมพ์: 28 กุมภาพันธ์ 2567

บทคัดย่อ

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นการมุ่งเน้นพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ให้ตอบโจทย์การเป็นพลเมืองของโลกในยุคดิจิทัลและตลาดแรงงานในอนาคต บทความนี้จึงมีเป้าหมายเพื่ออธิบายและสะท้อนคิดเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ตลอดจนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่สามารถนำมาประยุกต์เป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และนำเสนอตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

คำสำคัญ: ทักษะการเรียนรู้ การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

บทนำ

ครูในยุคปัจจุบันมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จากทฤษฎีมาสู่การปฏิบัติ ส่งผลให้ครูต้องศึกษาทำความเข้าใจด้านเนื้อหา กรอบแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 อันจะส่งผลต่อการพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมเชื่อมโยงสู่การปฏิบัติกิจกรรมที่เหมาะสม รวมทั้งนำไปสู่การสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ที่มีคุณภาพการจัดการเรียนการสอนที่ยืดหยุ่นเป็นศูนย์กลาง การประเมินผลที่ครอบคลุมหลักสูตรเนื้อหาวิชาในลักษณะที่เป็นสหวิทยาการ ความสอดคล้องกับบริบทโรงเรียนที่แตกต่าง โดยเน้นที่ผู้เรียนมีส่วนร่วม รวมไปถึงการใช้สื่อเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุผลอย่างเป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดผลสำเร็จต่อตัวผู้เรียนอย่างสูงสุด (Hansopa *et al.* 2020) ซึ่งทักษะที่จำเป็นสำหรับในศตวรรษที่ 21 มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ 1) ความรู้ในวิชาแกน แนวคิดที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 (Core subjects and 21st century themes) และ 2) ทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยทักษะที่สำคัญ 3 ประการดังนี้ ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills “The 4 C’s”) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information Media and Technology Skills) และทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills) (Abdulloh and Niemted, 2020)

สภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum, 2023) ได้รายงานผลการสำรวจแนวโน้มงานและทักษะในอีก 5 ปีข้างหน้าในเอกสาร The Future of Jobs Report 2023 ซึ่งเป็นการสำรวจเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทักษะที่จำเป็นสำหรับการทำงานในปัจจุบันและธุรกิจคาดหวังให้ทักษะเหล่านี้มีความสำคัญเพิ่มขึ้นหรือลดลงในอีกห้าปีข้างหน้า จากนั้นนำเสนอข้อมูลที่ได้รับจากบริษัทที่ทำการสำรวจเกี่ยวกับองค์ประกอบที่จัดลำดับความสำคัญของการยกระดับทักษะและการเพิ่มทักษะในช่วงปี 2566 – 2570 ซึ่งพบว่า 10 ทักษะหลักในปี พ.ศ. 2566 ได้แก่ 1) การคิดวิเคราะห์ 2) ความคิดสร้างสรรค์ 3) ความยืดหยุ่น และความคล่องตัว 4) แรงจูงใจและความตระหนักในตนเอง 5) ความอยากรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิต 6) การรู้เท่าทันเทคโนโลยี 7) ความน่าเชื่อถือและความใส่ใจในรายละเอียด 8) ความเห็นอกเห็นใจและการฟังอย่างกระตือรือร้น 9) ภาวะผู้นำและอิทธิพลทางสังคม และ 10) การควบคุมคุณภาพ

จากการศึกษาแนวโน้มการวิจัยเพื่อทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 ในระหว่าง พ.ศ. 2523 – 2559 ตามกรอบการวิเคราะห์สมรรถนะด้านความเข้าใจและใช้เทคโนโลยีดิจิทัล ซึ่งมีการวิเคราะห์ทักษะ 7 ประการ ได้แก่ 1) ทักษะการทำงานร่วมกัน 2) ทักษะการสื่อสาร 3) ทักษะความคิดสร้างสรรค์ 4) ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ 5) ทักษะการรู้สารสนเทศ 6) ทักษะการแก้ปัญหา และ 7) ทักษะอารมณ์และสังคม จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยส่วนใหญ่มุ่งเน้นการศึกษาภาคปฏิบัติในด้านทักษะการสื่อสาร รองลงมาคือ ทักษะการแก้ปัญหาและทักษะการทำงานร่วมกัน รองจากทั้ง 2 ทักษะคือ ทักษะการรู้สารสนเทศและทักษะการคิดเชิงวิพากษ์ (Silber-Varod, Eshet-Alkalai and Geri, 2019)

จากความสำคัญดังกล่าว คณะผู้ศึกษาจึงมุ่งเน้นให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ดังนั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ผู้สอนจะได้นำความรู้ความเข้าใจเหล่านี้ไปสู่การปฏิบัติ เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการพัฒนาเพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่จะจำเป็นสำหรับงานในอนาคต ตรงต่อความต้องการของตลาดแรงงานและเป็นพลเมืองที่ดีในอนาคตต่อไป

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

เมื่อเรากล่าวถึง “ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21” ทุกคนจะเข้าใจว่าเป็นเป้าหมายของทักษะที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ซึ่งทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ถือเป็นยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่ช่วยพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะ ความเชี่ยวชาญและสมรรถนะที่จะสนับสนุนส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของโลกาภิวัตน์ได้ (Buarod, 2014) โดยผู้ศึกษาจะขอเสนอแนวคิดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 มา 3 แนวคิด ดังนี้

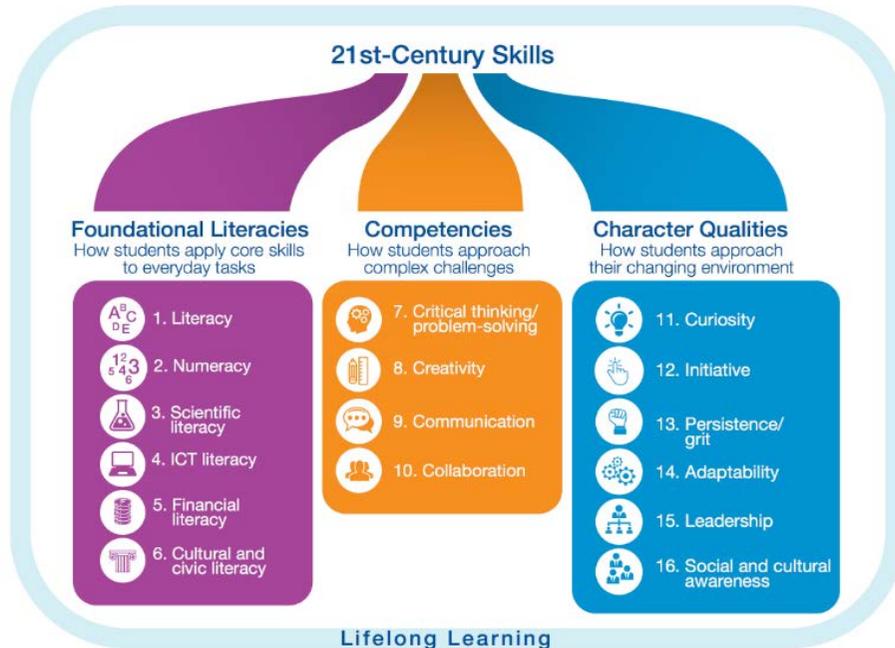
ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของสภาเศรษฐกิจโลก

สภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum, 2016) ได้เผยแพร่รายงานเกี่ยวกับวิสัยทัศน์ใหม่สำหรับการศึกษาส่งเสริมการเรียนรู้ทางสังคมและอารมณ์ผ่านเทคโนโลยี กล่าวถึงทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียน มีทักษะที่สำคัญ 3 ด้าน (ภาพที่ 1) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ด้านความรู้พื้นฐาน (Foundational Literacies) ประกอบด้วย 6 ทักษะย่อย ได้แก่ การรู้หนังสือ ตัวเลข ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ ICT ความรู้ด้านการเงิน และความรู้ทางวัฒนธรรมและพลเมือง

2) ด้านสมรรถนะ (Competencies) ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์/การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน

3) ด้านลักษณะนิสัยหรือคุณสมบัติของตัวบุคคล (Character Qualities) ประกอบด้วย 6 ทักษะ ได้แก่ ความอยากรู้ ความคิดริเริ่ม ความคงทน/ความแข็งแกร่ง ความสามารถในการปรับตัว ความเป็นผู้นำ และการรับรู้ทางสังคมและวัฒนธรรม



ภาพที่ 1 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของ World Economic Forum (2016)
ที่มา : https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21

ภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Partnership for the 21st Century Learning, 2019) ได้กล่าวถึง ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มทักษะ (ภาพที่ 2) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life & Career Skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะย่อย ได้แก่ ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว ความคิดริเริ่มและการขึ้นำตนเอง ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม การเพิ่มผลผลิตและความรู้รับผิดชอบ และความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ
- 2) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning & Innovation Skills) หรือ 4Cs ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย ได้แก่ การคิดเชิงวิพากษ์/การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน
- 3) ทักษะสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี (Information, Media & Technology Skills) ประกอบด้วย 3 ทักษะ ได้แก่ การรู้เท่าทันสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อ และการรู้เท่าทันเทคโนโลยี



ภาพที่ 2 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของ P21 หรือ Partnership for the 21st Century Learning (2019)
ที่มา : <https://www.battelleforkids.org/networks/p21/>

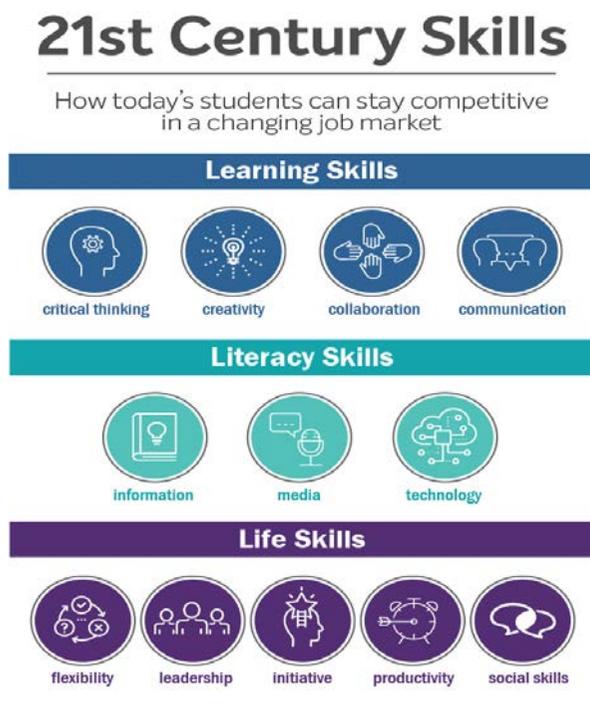
ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของระบบการศึกษาเชิงประยุกต์

ระบบการศึกษาเชิงประยุกต์ (Applied Educational Systems, 2022) ได้กล่าวถึงทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มทักษะ (ภาพที่ 3) ดังนี้

1) ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skills) ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย ได้แก่ ความคิดเชิงวิพากษ์/การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร และการทำงานร่วมกัน

2) ทักษะเทคโนโลยีดิจิทัล (Literacy Skills) ประกอบด้วย 3 ทักษะย่อย ได้แก่ การรู้เท่าทันสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อ และการรู้เท่าทันเทคโนโลยี

3) ทักษะชีวิต (Life Skills) ประกอบด้วย 5 ทักษะย่อย ได้แก่ ความยืดหยุ่น ความเป็นผู้นำ ความคิดริเริ่ม การเพิ่มผลผลิต และทักษะทางสังคม



ภาพที่ 3 ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามแนวคิดของ Applied Educational Systems (2022)

ที่มา : <https://www.aeseducation.com/blog/what-are-21st-century-skills>

จากการพิจารณาองค์ประกอบทักษะในศตวรรษที่ 21 และการจัดกลุ่มทักษะทั้งสามแนวคิดแล้วจะพบว่า ทั้งสามแนวคิดมีองค์ประกอบของทักษะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันหลายทักษะ เช่น ทักษะ 4Cs ได้แก่ ความสร้างสรรค์ (Creativity) การคิดวิพากษ์หรือการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) การสื่อสารได้ถูกต้องเหมาะสม (Communication) และการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปบางทักษะ เช่น กลุ่มทักษะด้านลักษณะนิสัยหรือคุณสมบัติของตัวบุคคล (Character Qualities) ของ World Economic Forum (2016) กลุ่มทักษะชีวิตและการทำงาน (Life & Career Skills) ของ Partnership for the 21st Century Learning (2019) และกลุ่มทักษะชีวิต (Life Skills) ของ Applied Educational Systems (2022) เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับที่ Sahin (2009) กล่าวถึง ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ออกเป็น 3 กลุ่มทักษะ ดังนี้ 1) ทักษะสารสนเทศและการสื่อสาร ซึ่งมี 2 ทักษะย่อย คือ ทักษะความรู้ด้านสารสนเทศและสื่อ ทักษะในการสื่อสาร 2) ทักษะการคิดและการแก้ปัญหา ซึ่งมี 3 ทักษะย่อย คือ ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และระบบ ทักษะการระบุปัญหา การกำหนดสูตร และแนวทางแก้ไข ทักษะความคิดสร้างสรรค์และความสนใจใคร่รู้ และ 3) ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและการชี้นำตนเอง ซึ่งมี 4 ทักษะย่อย คือ ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและการทำงานร่วมกัน ทักษะการชี้นำตนเอง ทักษะความรับผิดชอบและการปรับตัว ทักษะความรับผิดชอบต่อสังคม และ Khwana and Khwana (2019) กล่าวถึงทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยการออกแบบการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ที่จำเป็นที่จะเตรียมคนออกไปเป็นคนที่ทำงานที่ต้องใช้ความรู้ (Knowledge Worker) และเป็นบุคคลพร้อมกับการเรียนรู้ (Learning Person) ต้องมีการเรียนรู้ทักษะในการเรียนรู้ (Learning How to Learn หรือ Learning Skills) ซึ่งมีทักษะต่าง ๆ ดังนี้ 1) ทักษะการคิดและแก้ไขปัญหา

(Thinking and Problem-Solving Skills) 2) ทักษะด้านข้อมูลและการสื่อสาร (Information and Communication Skills) และ 3) ทักษะการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและการชี้นำตนเอง (Interpersonal and Self-directional Skills)

ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากการพิจารณารายละเอียดของทักษะในศตวรรษที่ 21 ทั้งสามแนวคิด จะเห็นได้ว่าแต่ละแนวคิดจะมีการใช้คำศัพท์เรียกทักษะและชื่อกลุ่มทักษะที่แตกต่างกันออกไปอย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าจะมีกลุ่มทักษะหนึ่งกลุ่มที่สอดคล้องกัน ซึ่งสภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum, 2016) เรียกกลุ่มทักษะนี้ว่า สมรรถนะ (Competencies) ส่วนภาคีความร่วมมือเพื่อการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (Partnership for the 21st Century Learning, 2019) เรียกกลุ่มทักษะนี้ว่า ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม (Learning & Innovation Skills) และแนวคิดของระบบการศึกษาเชิงประยุกต์ (Applied Educational Systems, 2022) เรียกกลุ่มทักษะนี้ว่า ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skills) ซึ่งล้วนมีทักษะย่อยเป็น 4C's ดังนั้นบทความวิชาการนี้จะขอเรียกกลุ่มทักษะนี้ว่า **ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century Learning Skills)** หรืออาจจะเรียกว่า **ทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21** ซึ่งประกอบด้วย 4 ทักษะ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- 1) ความสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ผู้สอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างและคิดริเริ่ม รวมทั้งให้อิสระกับนักเรียนในตัดสินใจเลือกเรียนรู้
- 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ผู้สอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและแก้ปัญหาโดยการที่ครูให้ข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำที่สร้างสรรค์แก่ผู้เรียน
- 3) การสื่อสาร (Communication) ผู้สอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสื่อสารโดยการสร้างสภาพแวดล้อมหรือสถานการณ์ที่กระตุ้นการใช้ภาษาในเรียนรู้
- 4) การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) ผู้สอนช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการทำงานร่วมกับผู้อื่นโดยการส่งเสริมความเคารพและการให้อภัยต่อผู้อื่น รวมทั้งครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มร่วมกับผู้อื่น

ทั้งนี้ World Economic Forum (2016) ได้รายงานเกี่ยวกับช่องว่างระหว่างทักษะที่ผู้เรียนได้เรียนรู้และทักษะที่ตลาดแรงงานต้องการนั้นมีความชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากการเรียนรู้แบบดั้งเดิมนั้นไม่เพียงพอต่อการจัดเตรียมความรู้ที่จำเป็นต่อการเติบโตให้กับนักเรียนได้ ในปัจจุบันผู้สมัครงานต้องสามารถทำงานร่วมกัน การสื่อสารและแก้ปัญหาได้ ซึ่งเป็นทักษะที่พัฒนาโดยการเรียนรู้ทางสังคมและอารมณ์เป็นหลัก เมื่อรวมกับทักษะดั้งเดิม จะทำให้ความสามารถทางสังคมและอารมณ์นี้จะช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในเศรษฐกิจดิจิทัลที่กำลังพัฒนา การมีทักษะการเป็นผู้นำที่ดี และความอยากรู้อยากเห็นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียนในการเรียนรู้สำหรับงานในอนาคต

ตัวอย่างการจัดการเรียนรู้กับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีรูปแบบที่หลากหลาย คณะผู้ศึกษาจะขอยกตัวอย่างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO model การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน รวมทั้งการบูรณาการจัดการเรียนรู้รูปแบบต่าง ๆ ใช้ในการจัดการเรียนรู้ร่วมกัน ซึ่งล้วนเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยเน้นให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงจากการแสวงหาและศึกษาค้นคว้าเพื่อสร้างองค์ความรู้ของตนเองตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ นักเรียนจะได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ได้นำความรู้หลักการ แนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับประเด็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจศึกษา ค้นคว้าและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะการคิด และทักษะการคิดขั้นสูงได้เป็นอย่างดี โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีหลากหลายแนวคิด เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 3E, 7E และ 5E ซึ่งคณะผู้ศึกษาขอเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E มีขั้นตอนดังภาพที่ 4 (Bybee *et al.*, 2006; as cited in Koyunlu and Dökme, 2022)

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูศึกษาหลักสูตรเพื่อเข้าใจถึงความรู้เดิมของนักเรียนและช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในสร้างความรู้ใหม่ผ่านการใช้กิจกรรมสั้น ๆ ที่ส่งเสริมความสนใจใคร่รู้และดึงเอาความรู้เดิมออกมา กิจกรรมควรสร้างการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้เดิมและปัจจุบัน และที่สำคัญควรกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่จะได้สำรวจและค้นหาข้อมูลในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการสำรวจและค้นหาคำตอบของนักเรียนเพื่อสร้างประสบการณ์เรียนรู้ แนวคิดวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านการสังเกต การลงมือปฏิบัติ ตั้งและทดสอบสมมติฐาน แก้ปัญหา การหาตัวแปร และการตั้งคำถาม โดยกิจกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนอาจทำกิจกรรมการทดลองที่ช่วยให้นักเรียนใช้ความรู้เดิมเพื่อสร้างความรู้ใหม่ สำรวจคำถามและความเป็นไปได้ ตลอดจนออกแบบและดำเนินการตรวจสอบเบื้องต้น

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นตอนการอธิบายเน้นการจัดการกิจกรรมตามความสนใจของนักเรียน ซึ่งเน้นสร้างประสบการณ์การมีส่วนร่วมและการสำรวจ และให้โอกาสในการแสดงความคิดเห็น ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการ หรือพฤติกรรม ขั้นตอนนี้ยังเปิดโอกาสให้ครูได้อธิบายความรู้ กระบวนการ หรือทักษะให้นักเรียนได้โดยตรง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ครูท้าทายและขยายความรู้ ความเข้าใจ และทักษะของนักเรียนด้วยประสบการณ์ใหม่ นักเรียนจะพัฒนาความรู้ ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและกว้างขึ้น รวมถึงการขยายความรู้เชื่อมโยงกับความรู้หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนมากขึ้นด้วย

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ขั้นตอนที่สนับสนุนให้นักเรียนประเมินความรู้ ความเข้าใจและความสามารถของตนเอง และเปิดโอกาสให้ครูประเมินความก้าวหน้า ความรู้ของนักเรียนในการบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ นอกจากนี้ การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สื่อสารหรือนำเสนอผลการสำรวจค้นหาหน้าชั้นเรียนจะยังเป็นการเพิ่มบรรยากาศการเรียนรู้เป็นแบบสืบเสาะให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นอีกด้วย



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E

คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ (Polnak, Chauvatcharin and Sirisawat, 2018) การศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ต่อวิชาชีววิทยาของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับสตอรี่ไลน์โดยศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้มีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง แสดงว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เปิดโอกาสผู้เรียนได้ลงมือค้นหาข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล และนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยงตอบคำถามหลักในสตอรี่ไลน์ รวมทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E ยังเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนผ่านการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อดูผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน เมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นพบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพิ่มขึ้น และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ยังมีอิทธิพลเชิงบวกต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนอีกด้วย (Rahmi, Alberida and Astuti, 2019) รวมทั้งการศึกษาเปรียบเทียบผลของทักษะการสื่อสารและการนำเสนอของนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E กับวิธีการสอนโดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ซึ่งทำการเปรียบเทียบทักษะการสื่อสารและการนำเสนอหลังเรียนของนักศึกษาโดยวิธีการสอนทั้ง 2 รูปแบบ นักศึกษาได้เรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีทักษะการสื่อสารและการนำเสนอแตกต่างจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน อันเนื่องมาจากในขั้นตอนการสอนบางขั้นตอนนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนให้เกิดทักษะที่แตกต่างกัน (Keeratichamroen and Phonnonong, 2020) นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E มาประยุกต์เป็นแบบ 7E โดยผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E และผังมโนทัศน์มาเป็นเทคนิคเชื่อมโยงความรู้หรือข้อมูลระหว่างความคิดหลัก

ความคิดตรง และความคิยย่อให้สัมพันธ์กัน เมื่อจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าวพบว่า ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักศึกษา หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ ทั้งในภาพรวมและรายด้านทั้ง 3 ด้าน โดยเฉพาะทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมให้นักศึกษาได้ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การตั้งคำถาม การสืบค้นข้อมูล และการสรุปความรู้โดยเขียนผังมโนทัศน์ (Keeratichamroen and Phonnonng, 2019) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับความนิยมและมีการนำมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น การจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็นฐาน การจัดการเรียนรู้แบบสตอรี่ไลน์ และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ผังมโนทัศน์ นำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based inquiry : MBI) เป็นการจัดการกิจกรรมและบรรยายที่ดึงดูดนักเรียนให้มีส่วนร่วมในกิจกรรมด้วยเนื้อหาและรวบรวมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดที่แสดงในรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถทดสอบ แก่ไข อธิบาย การคาดเดาและพัฒนาได้ (Windschitl, Thompson and Braaten, 2008) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Dass, Head and Rushton, 2015) มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เช่น Jinapuk and Nuansr (2021) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การปรากฏของดวงจันทร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยเป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลัง รวมถึงหลังการจัดการเรียนรู้โดยเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์คะแนนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากนักเรียนได้มีการฝึกคาดคะเนคำตอบของคำถามสำคัญซึ่งเป็นประเด็นที่เป็นเรื่องใกล้ตัวและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียน และหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เพราะเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับที่ Daiporn *et al.*, (2022) ได้มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานต่อทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์เสมือนจริง ซึ่งเป็นการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสืบเสาะโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน อีกทั้งยังเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้นั้นผลที่นักเรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเชิงประมาณค่าและเชิงพฤติกรรม ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้นี้ดังกล่าวจะสามารถกระตุ้นความคิดของผู้เรียนสามารถสร้างแบบจำลองของตนเองได้นั้น นอกจากนี้ยังมี (Luanmanee, Pitiporntapin and

Boonsoong, 2022) ได้จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การลำเลียงของพืช โดยจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอน ได้แก่ 1) การกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบเสาะหาความรู้ 2) การให้นักเรียนใช้แบบจำลองที่ได้จากการสืบเสาะหาความรู้ 3) การกระตุ้นให้มีการสืบเสาะหาความรู้อีกครั้ง เพื่อปรับปรุงแบบจำลอง 4) การสร้างคำอธิบายจากแบบจำลองที่ได้ปรับปรุง 5) การใช้แบบจำลองในการสร้างความเข้าใจ และ 6) การมีส่วนร่วมในการโต้แย้ง แล้วพบว่า นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ได้ดี โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการพูดอยู่ในระดับสูง และนักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ด้านการเขียนในระดับปานกลาง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้ผู้สอนมีการใช้รูปภาพ คลิปวิดีโอที่ค้นคว้ามาพร้อมทั้งตัวอย่างการทดลอง เพื่อการกระตุ้นการคิด การตั้งคำถาม และตรวจสอบความเข้าใจ เปิดโอกาสให้ได้สร้างแบบจำลองทางความคิดของตนเอง รวมทั้งการจัดการเรียนรู้จะมีการเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แบบจำลองในการอธิบายแนวคิด ความรู้และปรากฏการณ์ต่าง ๆ เป็นการกระตุ้นการสืบเสาะหาความรู้เพื่อปรับปรุงแบบจำลอง ซึ่งนักเรียนจะได้ร่วมกันวิพากษ์ถึงความเหมาะสม ความถูกต้อง และประสิทธิภาพในแบบจำลองอีกครั้งนำมาสู่การประเมินความสามารถในการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วย

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เข้ากับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ขั้นสูงสุด คือ การคิดสร้างสรรค์ที่เกิดจากการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงานขึ้นได้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นไปตามความสนใจของนักเรียน การออกแบบโครงงานที่ดีจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการค้นคว้าอย่างกระตือรือร้นและใช้ทักษะการคิดขั้นสูง (Prapasanobol and Nillapun, 2021) โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน มีหลากหลายแนวคิด เช่น การจัดการเรียนรู้ตามโมเดลจักรยานแห่งการเรียนรู้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานจากโครงการสร้างชุดความรู้ ซึ่งคณะผู้ศึกษาขอเสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน 6 ขั้นตอน (Yoelao *et al.* 2014; as cited in Prapasanobol and Nillapun, 2021) ดังแสดงในภาพที่ 6 และมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นให้ความรู้พื้นฐาน: ผู้สอนให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการทำโครงงานก่อนการเรียนรู้ ดังนั้นผู้เรียนจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความรู้เพื่อใช้ในการปฏิบัติขณะทำโครงงานจริง

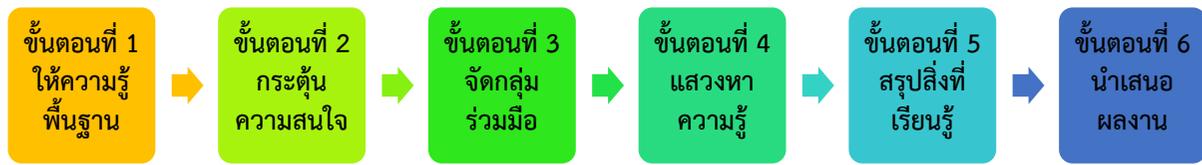
ขั้นตอนที่ 2 ขั้นกระตุ้นความสนใจ: ผู้สอนเตรียมกิจกรรมที่จะกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเสนอจากกิจกรรมที่ได้เรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นจัดกลุ่มร่วมมือ: ใช้กระบวนการกลุ่มในการวางแผนดำเนินกิจกรรมโดยผู้เรียนเป็นผู้ร่วมกันวางแผนกิจกรรมการเรียน โดยระดมความคิดและหารือ แบ่งหน้าที่เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติร่วมกัน

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นแสวงหาความรู้: ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมโครงงานตามหัวข้อที่กลุ่มสนใจ รวมทั้งร่วมกันเขียนรูปเล่มสรุปรายงานจากโครงงานที่ตนปฏิบัติ

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นสรุปสิ่งที่เรียนรู้: ผู้เรียนสรุปสิ่งที่เรียนรู้จากการทำกิจกรรมโดยผู้สอนใช้คำถาม ถามผู้เรียนนำไปสู่การสรุปสิ่งที่เรียนรู้

ขั้นตอนที่ 6 ขั้นนำเสนอผลงาน : ผู้เรียนนำเสนอผลการเรียนรู้ เพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นและผู้เรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนได้ชมผลงานและเรียนรู้กิจกรรมที่ผู้เรียนปฏิบัติในการทำโครงงาน



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Yoelao *et al.* 2014; as cited in Prapasanobol and Nillapun, 2021)

คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ Ritsribun (2021) ซึ่งศึกษาการรู้สิ่งแวดล้อมและทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานแบบ 6 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Yoelao *et al.* (2014) โดยศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งประกอบด้วย ทักษะด้านการทำงานเป็นทีม ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะด้านสังคมในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและดิจิทัล พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ทำให้ทักษะในศตวรรษที่ 21 ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก แสดงว่ารูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าวช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ การใช้กระบวนการคิด และทักษะในการแก้ปัญหาของผู้เรียน Peukpiboon (2020) ที่ศึกษาการพัฒนาแบบการสอนชีววิทยาในหน่วยการเรียนรู้เรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานร่วมกับการใช้อินโฟกราฟิก เพื่อเสริมสร้างทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกบินทร์วิทยา โดยกิจกรรมการเรียนการสอนมี 5 ขั้นตอน (5P2I - Model) คือ ขั้นที่ 1: Prepare & Infographic ขั้นที่ 2: Prescribe ขั้นที่ 3: Plan ขั้นที่ 4: Practice และขั้นที่ 5: Present & Infographic ซึ่งได้มีการประเมินทักษะของนักเรียนในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนของนักเรียน โดยผลที่ได้พบว่า การจัดการเรียนรู้ใช้อินโฟกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ ส่งเสริมความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ โดยผู้เรียนจะต้องสร้างชิ้นงานใช้อินโฟกราฟิกขึ้นมา เช่นเดียวกับ Rattanajarana (2023) ที่ศึกษามุมมองของนักศึกษาพยาบาลเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะวิจัยและทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ซึ่งผู้วิจัยตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นการเรียนรู้พร้อมทั้งให้ใบงาน เพื่อสนับสนุนและกระตุ้นการเรียนรู้ของนักศึกษาในการทำโครงงาน รวมทั้งใช้เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสาร และการนำเสนอผลงาน โดยพบว่านักศึกษามีความรู้เรื่องการวิจัยก่อนเริ่มทำโครงงานค่อนข้างน้อย และภายหลังทำโครงงานได้มีความรู้เรื่องการวิจัยในระดับมาก โดยนักศึกษายพบาลมีมุมมองเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะ 2 ประเด็น คือ 1) นักศึกษาไม่เคยเรียนโครงงานมาก่อน จึงมีความรู้ในระดับน้อยตอนเริ่มโครงงานและเปลี่ยนเป็นความรู้ในระดับมากหลังเสร็จโครงงาน นักศึกษามีความภูมิใจที่สามารถทำวิจัยและมีความสามารถเพิ่มขึ้น และยังมีพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบของนักศึกษาโดยการใช้โครงงานเป็นฐานในสาขาวิทยาศาสตร์ของรายวิชาศึกษาทั่วไป ผู้วิจัยได้สนับสนุนนักศึกษาในการเรียนรู้ การคิด การวางแผนการทำงานได้เป็นอย่างดี รวมทั้งสร้างการวิเคราะห์ปัญหา การเขียนโครงร่าง การทัศนศึกษาดูงาน การนำเสนอโครงงานและการได้รับความคิดเห็น โดยประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษาต้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 เมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นพบว่าทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักศึกษา 3 ด้าน คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์ ด้านกระบวนการจัดทำโครงงาน และด้านการนำโครงงานไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน มีค่าคะแนนเฉลี่ย 9.5, 8.7 และ 9.3 จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน โดยมีนักศึกษาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ทั้งหมด 150 คน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนดังกล่าวสามารถส่งเสริมทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ อันเป็นผลมาจากการเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ การระดมสมอง รวมทั้งการต่อยอดความรู้เดิม ผ่านการทำงานเป็นกลุ่มของนักศึกษา (Nuiploot, 2021)

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สามารถนำมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้ร่วมกับรูปแบบอื่นได้อย่างหลากหลาย เช่น การจัดการเรียนรู้ใช้อินโฟกราฟิก และสามารถนำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น การรู้สิ่งแวดล้อม ทักษะในศตวรรษที่ 21 สมรรถนะวิจัย และทักษะการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นต้น

การจัดการเรียนรู้แบบ MACRO model

MACRO model (Motivation : Active learning : Conclusion : Reporting : Obtain) เป็นการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งการจัดการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ การจัดการเรียนรู้ตาม MACRO model แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 7 ทั้งนี้ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตาม MACRO model (Wannasian, 2016 as cited in Lerdphotawattana, 2018) มีดังนี้

1. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Motivation) ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนในการกำหนด หรือตั้งประเด็นความรู้ หรือหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแผนที่ยึดโยงกับหลักสูตรเป็นขั้นที่นักเรียนจะรับรู้ถึงจุดหมายและมีแรงจูงใจในการเรียนรู้บทเรียน ครูสามารถเลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ในการนำเข้าสู่บทเรียนและการเรียนรู้
2. ขั้นการเรียนรู้โดยตรง (Active learning) ครูควรให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสร้างองค์ความรู้ 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 แนวทางการสืบค้นความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ที่ต้องการ ส่วนที่ 2 ศาสตร์ สาขาแขนงความรู้ และแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่ 3 การเรียบเรียงข้อมูล ข้อค้นพบ ความคิด ความคิดเห็น การให้เหตุผลโต้แย้ง และสนับสนุน
3. ขั้นสรุปองค์ความรู้ (Conclusion) นักเรียนนำผลการอภิปรายและสาธิตที่เป็นผลจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกันมากำหนดเป็นความคิดใหม่ หรือความรู้ใหม่
4. ขั้นรายงานและนำเสนอ (Reporting) นักเรียนได้มีโอกาสแสดงผลงานการสร้างความรู้ของตนให้ผู้อื่นรับรู้เป็นการช่วยให้ผู้เรียนได้ต่อยอดหรือตรวจสอบ ความเข้าใจของตน และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์
5. ขั้นการเผยแพร่ความรู้ (Obtain) นักเรียนได้ฝึกฝนการนำความรู้ความเข้าใจของตนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายเพื่อเพิ่มความชำนาญ ความเข้าใจ ความสามารถในการแก้ปัญหา และความจำในเรื่องนั้น ๆ



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตาม MACRO model

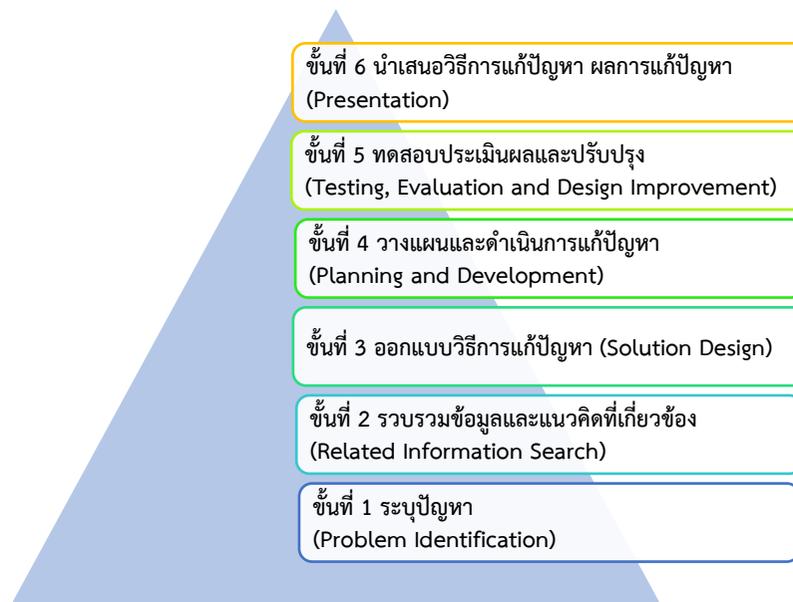
คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO model ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เช่น การศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิธีการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ร่วมกับแนวคิด MACRO Model ต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง พอลิเมอร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ (Phasankham and Nuansri, 2023) ที่พบว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับแนวคิด MACRO MODEL สูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติการ (Act) 3) ขั้นสังเกตผล (Observer) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) บูรณาการร่วมกับการเรียนรู้แบบ MACRO model ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการนี้สามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์จากการสรุปองค์ความรู้ด้วยภาษาของตนเองจากประสบการณ์และการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการประเมินพัฒนาการความสามารถในการคิดวิเคราะห์เชิงชีววิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง เนื่องมาจากการได้ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล สรุปความรู้จากข้อมูลที่สืบค้น วิเคราะห์ แปรผลและสรุปผลด้วยตนเอง และจากงานวิจัยของ Kirai (2018) ทำการเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคงทนในการเรียนรู้ วิชาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบ MACRO model ร่วมกับเทคนิคแผนผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งได้เปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1) ขั้นสร้างแรงจูงใจ 2) ขั้นการเรียนรู้โดยตรง 3) ขั้นสรุปองค์ความรู้โดยนักเรียนสรุปองค์ความรู้ด้วยเทคนิคแผนผังความคิด 4) ขั้นรายงานและนำเสนอโดยครูสรุปองค์ความรู้ด้วยเทคนิคแผนผังความคิดหลังการนำเสนองาน 5) ขั้นการเผยแพร่ความรู้ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยความคงทนผ่านไป 2 สัปดาห์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ทั้งนี้เนื่องมาจากขั้นที่สร้างแรงจูงใจ ซึ่งผู้สอนร่วมมือกับผู้เรียนในการกำหนด หรือตั้งประเด็นความรู้ หรือหัวข้อเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแผนที่ยึดโยงกับหลักสูตร แต่ด้านของ

ความคงทนอาจจะไม่เท่ากันเนื่องจากนักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียนมีความแตกต่างกันตามอันดับการจัดห้องเรียน และความถนัด ความสนใจของตัวผู้เรียนเองด้วยสอดคล้องกับการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง ยีนและโครโมโซม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21: MACRO model ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้เผชิญ ช่วยกันเรียนรู้และมีส่วนในการเรียนรู้ฝึกการเรียนรู้อย่างเป็นระบบ รวมทั้งให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ได้ ซึ่งเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้ พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เนื่องจากรูปแบบการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนได้เกิดการคิดวิเคราะห์ โดยผ่านการศึกษา ค้นคว้าหาความรู้ ลงมือปฏิบัติกิจกรรม คิดแก้ปัญหา ริเริ่มสร้างสรรค์ ทำงานเป็นกลุ่ม รวมทั้งสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง (Lerdphotawattana, 2018)

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบ MACRO model เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สามารถนำมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคงทนในการเรียนรู้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการศาสตร์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านรูปแบบกระบวนการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมเพื่อเน้นทักษะกระบวนการในการแก้ปัญหา โดยการเชื่อมโยงความรู้ที่มีทั้งหมดสู่การประยุกต์ใช้แก้ปัญหาได้จริงทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานในอนาคตของผู้เรียน ดังนั้นโลกของเทคโนโลยีเครือข่ายการเรียนรู้ในยุคใหม่จึงต้องเป็นการเรียนรู้ที่ต้นตัวตลอดเวลาและตลอดชีวิต (Active & lifelong learning) และ การศึกษาจะต้องควบคู่ไปกับการทำงานเพื่อที่จะนำความรู้ที่นำมาใช้ในการสร้างนวัตกรรมสำหรับขับเคลื่อนการพัฒนาสังคมต่อไป (Sarawan, 2019) ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีขั้นตอน 6 ขั้นตอน ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (Srichantha, Roongsattham and Wichai, 2019)

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน (Srichantha, Roongsattham and Wichai, 2019) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทายวิเคราะห์เงื่อนไข หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ข้อดี และข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อ การออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการ สร้างชิ้นงานหรือวิธีการแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุง (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและ ประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการโดยผลที่ได้เอามาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้ อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการ สร้างชิ้นงาน หรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการ เรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ Sihaphon and Keeratichamroen (2023) ที่ศึกษาผลการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ ระบบหายใจ และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาและจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น และมีการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน หลังจากการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับและจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น จากการวิจัยพบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่าจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบ เสาะหาความรู้ เนื่องจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นการนำทักษะกระบวนการคิด และการแก้ปัญหามา บูรณาการร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนสามารถนำเอาความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาได้ดีมากขึ้น Yusoh *et al.* (2023) ที่นำการจัดการ เรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาเคมีสำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้จัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) นักเรียนสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติ ของพอลิเมอร์ โดยใช้ดินน้ำมันซึ่งเป็นตัวแทนของมอนอเมอร์ที่มาเชื่อมต่อกับหลอดพลาสติก 2) นักเรียนสร้างแบบจำลอง เกี่ยวกับไฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์ทั้ง 4 ประเภท 3) นักเรียนทดสอบแบบจำลอง 4) นักเรียนประเมินแบบจำลอง 5) นักเรียนขยายแบบจำลองร่วมกับแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนสร้างผลงานธรรมชาติสร้างสรรค์จากวัสดุพอลิเมอร์ที่ มีจำกัดและสร้างชิ้นงานจากวัสดุพอลิเมอร์ที่พบเจอในชีวิตประจำวันเพื่อลดปัญหาขยะจากพอลิเมอร์ เช่น ชุดอุปกรณ์การทดลอง ชุดการไทเทรต DIY เครื่องบดสาร กังหันน้ำ เป็นต้น และ 6) ประเมินผล ซึ่งพบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ มาก คิดเป็นร้อยละ 74.53 และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 82.58 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูงมาก เนื่องจากการ ออกแบบการเรียนรู้และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนปฏิบัติจริง สร้างองค์ความรู้ ผ่านการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking) การได้ปฏิบัติงาน สร้างสรรค์งาน และนำเสนองานด้วยตัวเอง ผ่านการทำกิจกรรมที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วย ตนเอง รวมทั้งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ผ่านการแลกเปลี่ยนความคิด นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการ เรียน แสวงหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) เกี่ยวกับการ พัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รายวิชาฟิสิกส์ เรื่องของไหลของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมของนักเรียน โดยนักเรียนต้องมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และต้องมี จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้นพบว่า คะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนเฉลี่ย เท่ากับ 80.30 จากคะแนนเต็ม 92 คะแนน และนักเรียนผ่านเกณฑ์ จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากนักเรียนมีการฝึกทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมตามกิจกรรมการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM education) อย่างต่อเนื่อง ซึ่งช่วยส่งเสริมการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม พัฒนา ทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารอีกด้วย (Suwannarong and Art- in, 2020) สอดคล้องกับที่ Chumram and Kijkuakul (2022) ได้จัดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการ แก้ปัญหา เรื่อง ไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยพัฒนาการทางทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน ผู้วิจัยได้จัดการ เรียนรู้ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นการวางแผน 2) ขั้นการปฏิบัติ 3) ขั้นการสังเกต และ 4) ขั้นสะท้อนผล หลังการจัดการเรียนรู้เสร็จ สิ้นพบว่าทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีการแสดงพฤติกรรมแต่ละขั้นตาม กระบวนการแก้ปัญหาของเวียร์ได้เป็นอย่างดี และแสดงออกเพิ่มมากขึ้นในแต่ละรอบวงจรปฏิบัติการ เนื่องจากกระบวนการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาใน ชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องของนักเรียน ทำความเข้าใจปัญหาได้ง่าย และสามารถระบุปัญหาได้ถูกต้องตรงกับสถานการณ์

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) นั้นมีหลากหลายรูปแบบและสามารถนำมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น และการจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน นำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะการแก้ปัญหา

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning) เป็นรูปแบบการเรียนรู้แบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary learning) ที่ถูกเสนอขึ้นโดยประเทศฟินแลนด์ โดยเป็นการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ผ่านกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และการสร้างสรรค์ชิ้นงานของผู้เรียน (Chaiwon and Nugultham, 2021) โดยการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน 3 ขั้นตอน 4 ขั้นตอน และ 5 ขั้นตอน ซึ่งคณะผู้ศึกษาขอเสนอการจัดการเรียนรู้แบบปรากฏการณ์เป็น มีขั้นตอน 6 ขั้น ดังภาพที่ 9 โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอน (Ponrueng, 2022) ดังนี้

- ขั้นที่ 1 นำเสนอปรากฏการณ์ : เลือกปรากฏการณ์ที่เรียนรู้โดยสอดคล้องเนื้อหา มีความทันสมัย และน่าสนใจ
- ขั้นที่ 2 ตระหนักถึงความรู้เดิม : ตรวจสอบความรู้เดิม นำมาต่อยอดความรู้ใหม่ รวมทั้งแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อน
- ขั้นที่ 3 เลือกและวางแผน : แต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิด วางแผนทำความเข้าใจในปรากฏการณ์นั้น
- ขั้นที่ 4 สร้างองค์ความรู้ : ค้นหาคำตอบของปรากฏการณ์ เพื่อสร้างองค์ความรู้จากกิจกรรม
- ขั้นที่ 5 ตรวจสอบและสรุปองค์ความรู้ : ตรวจสอบองค์ความรู้ที่ได้ จากนั้นร่วมกันสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้
- ขั้นที่ 6 ประเมินผล : นักเรียนประเมินความรู้ที่ได้เรียนรู้ร่วมกัน และมีการสะท้อนความคิดของตนเอง



ภาพที่ 9 กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน

คณะผู้ศึกษาขอยกตัวอย่างงานวิจัยที่นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning) ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาทักษะการเรียนรู้สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เช่น Rittikoop and Seehamat (2021) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนิสิตบัณฑิตศึกษา เป็นการประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนิสิตสาขาหลักสูตรและการสอน ที่เรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ซึ่งมีการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ ขั้น 1 สังเกตและเลือกปรากฏการณ์ ขั้น 2 ทำความเข้าใจปรากฏการณ์ ขั้น 3 สืบเสาะหาคำตอบ ขั้น 4 สังเคราะห์ความรู้ และขั้น 5 นำเสนอและประเมินผลงาน และได้ทำการประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 4 ด้าน คือ 1) ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ 2) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3) การสื่อสารและการร่วมมือ และ 4) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี พบว่านิสิตส่วนใหญ่มีทักษะอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานเป็นการเน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ภายใต้ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ผ่านการลงมือปฏิบัติในการแก้ปัญหาบูรณาการการใช้ทักษะต่าง ๆ เข้าไป รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมร่วมของผู้เรียน การประยุกต์ใช้แนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับการเรียนเชิงรุกในรายวิชาการประถมศึกษา เพื่อเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นการศึกษาผลด้านทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนิสิต ซึ่งเป็นใช้การเรียนรู้เชิงรุก เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค Round robin, think-pair-share การเรียนรู้โดยใช้เทคนิคระดมสมอง (Brainstorm) โดยใช้อุปกรณ์ Flinga กิจกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองรูปแบบการเรียนรู้ (Learning styles) และกิจกรรม

บทบาทสมมติ (Role play) เป็นต้น โดยนำการเรียนรู้เชิงรุกเหล่านี้มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในกลุ่มคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งมีการประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 1) ทักษะการกำกับดูแลตนเอง 2) ทักษะกระบวนการทำงานกลุ่ม 3) ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือกัน 4) ทักษะการใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ 5) ทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 6) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 7) ทักษะการริเริ่มสร้างสรรค์และภาวะผู้นำ และ 8) ทักษะคิดยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว จากผลการประเมินพบว่านิสิตมีทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ระดับคุณภาพดีมาก แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถเตรียมความพร้อมให้กับผู้เรียนสู่โลกแห่งชีวิตจริงได้ (Mahavijit, 2019)

จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning) มีหลากหลายรูปแบบ โดยคณะผู้ศึกษานำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ประกอบด้วย 6 ชั้น ซึ่งมีการนำมาบูรณาการเข้ากับการจัดการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น การเรียนเชิงรุก นำมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ยกตัวอย่างขึ้นมา เช่น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E inquiry learning) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) การจัดการเรียนรู้ MACRO model การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) รวมทั้งการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน (Phenomenon-based learning) ล้วนเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ สิ่งสำคัญของผู้สอนจะต้องคำนึงถึงกลุ่มผู้เรียนเป็นสำคัญ ในการเลือกรูปแบบการจัดการเรียนรู้ว่ามีความเหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่ บริบทของผู้เรียนสามารถพัฒนาโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นหรือไม่ ดังนั้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 นั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นหลักในการจะพัฒนาผู้เรียนให้ตอบโจทย์เกี่ยวกับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทักษะการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (MBI) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การจัดการเรียนรู้ตามแบบ MACRO model การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐาน ล้วนมีประสิทธิภาพในการนำไปจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการสื่อสารและการนำเสนอ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการสื่อสารวิทยาศาสตร์ ทักษะด้านการทำงานเป็นทีม ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งนำไปใช้ในการพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและดิจิทัล ดังนั้น ผู้สอนจึงต้องเข้าใจรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่สำคัญ ๆ และทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน ช่วยพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และเป็นการปลูกฝังทักษะที่มีประโยชน์ของผู้เรียนและเพิ่มทักษะที่ตรงตามความต้องการของตลาดแรงงานในอนาคตต่อไป

References

- Abdulloh, W. and Niemted, W. (2020). Arrangement of learning environment to promote learning skills in the 21st century “Concept Theory and Practice (in Thai). *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences*, 7(2), 227-246.
- Applied Educational Systems. (2022). What Are 21st Century Skills? Retrieved 19 November 2023, from iCEV: <https://www.aeseducation.com/blog/what-are-21st-century-skills>.
- Buarod, B. (2014). Skills of the future: 21st Century Learning. *Journal of Information*, 13(1), 39-49.

- Chaiwon, T. and Nugultham, K. (2021). Phenomenon-based learning: integrated learning for enhancing learners' knowledge in the real world. **Journal of Graduate Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University**, 15(2), 251-263.
- Chumram, P. and Kijkuakul, S. (2022). A STEM-Based Learning Approach in Enhancing Problem Solving Skills in the Topic of "Electricity" for Grade 6 Students. **Ratchaphruek Journal**, 20(3), 73-88.
- Daiporn, D. Channok, C. Dathong, W. and Chokchaloemwong, D. (2022). A Study on the Effects of Model-based Inquiry Pedagogy on 21st Learning and Innovation Skills of the Students Grade 3 in a Virtual Science Classroom (in Thai). **Journal of Education Mahasarakham University**, 16(4), 35-46.
- Dass, K. Head, M. L. and Rushton, G. T. (2015). Building an understanding of how model-based inquiry is implemented in the high school chemistry classroom. **Journal of Chemical Education**, 92(8), 1306-1314.
- Hansopa, R. Subhakicco, P. S. Chusorn, P. Sonsuwan, S. and Bungpane, M. (2020). Learning Management in 21st Century: Theory toward Implementation (in Thai). **Dhammathas Academic Journal**, 20(2), 163-172.
- Jinapuk, S. and Nuansr, M. (2021). Inquiry-based learning management with model-based learning to promote scientific reasoning ability in the topic of phenomena of the moon of grade 4 students (in Thai). **Journal of Education Silpakorn University**, 20(1), 452-466.
- Keeratichamroen, W. and Phonnonng, I. (2019). A Study of 21st Century Learning Skills of Nakhon Ratchasima Rajabhat's Undergraduate Students Using Inquiry Method Management (7E) with Concept Map (in Thai). **NRRU Community Research Journal**, 13(3), 31-43.
- Keeratichamroen, W. and Phonnonng, I. (2020). A comparison of learning achievement and communication skills for undergraduate students using 5E Inquiry-based learning and Phenomenon-based learning (in Thai). **NRRU Community Research Journal**, 14(1), 29-43.
- Khwana, T. and Khwana, K. (2019). The instruction to promote learning skills in 21st century (in Thai). **Journal of Graduate School, Sakon Nakhon Rajabhat University**, 16(73), 13-22.
- Kirai, F. (2018). Comparing critical thinking ability and learning retention towards biology on "kingdoms of life" by MACRO Model with mind map technique of 12th grade students (in Thai). (**Doctoral dissertation, Rangsit University**).
- Koyunlu Ünlü, Z. and Dökme, İ. (2022). A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21st century skills. **International Journal of Science Education**, 44(13), 2110-2130.
- Lerdphotawattana, T. (2018). The development of analytical thinking ability and learning achievement on topic of gene and chromosome in biology subject by using 21st century instructional model: MACRO Model for grade 12 students (in Thai). **Doctoral dissertation**. Rangsit University.
- Luanmanee, A., Pitipornatapin, S. and Boonsoong, B. (2022). Development of 11th Grade Students' Science Communication in the Learning Unit of Transport in Vascular Plant Using Model-Based Inquiry Teaching (in Thai). **Ratchaphruek Journal**, 20(3), 185-200.
- Mahavijit, P. (2019). Application of phenomenon-based learning and active learning in elementary education course to enhance 21st century learning skills. **Journal of Education Khon Kaen University**, 42(2), 73-90.
- Nuiplot, N. O. (2021). Developing Students Systematic Thinking and Problem-Solving Skills Using Project-Based Learning in Science Subject of General Education Courses (in Thai). **Journal of Education and Innovative Learning**, 1(1), 45-59.

- Pananchai, K. and Supasorn, S. (2020). Development of grade-10 students' conceptual understanding of ionic compound by using inquiry learning in conjunction with particulate models (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(2), 165-176.
- Prapasanobol, V. and Nillapun, M. (2021). Project- Based Learning Management According to the Constructionism Theory (in Thai). **Journal of Research and Curriculum Development**, 11(2), 8-23.
- Partnership for the 21st Century Learning. (2019). Frameworks & Resources. Retrieved 19 November 2023, from **Battelle for Kids**: <https://www.battelleforkids.org/networks/p21/>
- Peukpiboon, T. (2020). Development of biology teaching models the unit of basic chemistry of living things using a project-based learning process with infographics to strengthen the skills of 21st century students for Mathayom 4 students at Kabin Witthaya School (in Thai). **Journal of Early Childhood Education Management**, 2(2), 1-18.
- Phasankham, N. and Nuansri, M. (2023). The Effect of Inquiry - Based Learning Management (5Es) with MACRO MODEL Concept to the Scientific Analytical Thinking Ability on Polymers of Grade 11 Students (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 8(8), 246-262.
- Polnak, P. Chauvatcharin, N. and Sirisawat, C. (2018). The study of ability in analytical thinking, biology learning achievement and attitudes toward biology of 11th grade students using the inquiry cycle (5E) instructional model with storyline (in Thai). **Journal of Naresuan university**, 22(4), 160–170.
- Ponrueang, Y. (2022). The development of a phenomenal learning management model as a base for integrating metacognition and knowledge in contents, including teaching methods and technologies for the development of learning skills in the 21st century mathematics subject of students in grade 12. **Journal of Education, Mahasarakham University**, 16(2), 137-149.
- Rahmi, Y. L., Alberida, H. and Astuti, M. Y. (2019). Enhancing students' critical thinking skills through inquiry-based learning model. **Journal of Physics: Conference Series**, 1317(1), 012193.
- Rattajarana, S. (2023). Nursing Students' Opinions on Development of Research Competency and the 21st Century Skills Using Project-based Instruction (in Thai). **Journal of Faculty of Nursing Burapha University**, 31(2), 90-100.
- Ritsribun, J. (2021). Development of Environmental literacy and 21st century skills for grade 8 students who learned by Project-based learning (in Thai). **Journal of Teacher Professional development**, 2(1), 37-46.
- Rittikoo, W. and Seehamat, L. (2021). Using Phenomenon-Based Learning Approach to Enhance 21st Century Learning Skills of Graduate Students. **Ratchaphruek Journal**, 20(1), 116-127.
- Sahin, M. C. (2009). Instructional design principles for 21st century learning skills. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 1(1), 1464-1468.
- Sarawan, S. (2019). STEM education and the learning process in the 21st century (in Thai). Retrieved 4 May 2023, from **Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST)**: <https://www.scimath.org/article-stem/item/9112-21>.
- Secondary Education Service Area. (2016). Guidelines for learning management in the 21st century. Retrieved 4 May 2023, from **Office of the Basic Education Commission (OBEC)**: https://webs.rmutl.ac.th/assets/upload/files/2016/09/20160908101755_51855.pdf
- Silber-Varod, V. Eshet-Alkalai, Y. and Geri, N. (2019). Tracing research trends of 21st-century learning skills. **British Journal of Educational Technology**, 50(6), 3099-3118.
- Sihaphon, P. and Keeratichamroen, W. (2023). A study of learning outcomes on respiratory system learning unit and problem solving ability of grade 11 students using stem education and 5Es of inquiry-based learning. **NRRU Community Research Journal**, 17(1), 128 – 141.

- Srichantha, S. Roongsattham, P. and Wichai, P. (2019). STEM Education with Learning Management (in Thai). **Prae-wa Kalasin Journal of Kalasin University**, 6(1), 157-178.
- Suwannarong, C. and Art-in, S. (2020). Development of Mathayomsuksa 6 Students' Learning and Innovation Skills in The Physics Subject on The Topic of Hydrodynamics in STEM EDUCATION. **Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University**, 17(78), 71-80.
- Windschitl, M. Thompson, J. and Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. **Science education**, 92(5), 941-96.
- World Economic Forum (2016). New Vision for Education: Fostering Social and Emotional Learning through Technology. Retrieved 19 November 2023, from **World Economic Forum**:
https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf
- World Economic Forum. (2023). Future of Jobs Report 2023. Retrieved 4 May 2023, from **World Economic Forum**: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf
- Yusoh, F. Musor, H. Metatanatornkul, Z. and Siri, A. (2023). Development of Creative Thinking Skills in Chemistry Subjects Using Model-Based Learning Integrated with STEM Education Concepts for Grade 12 Students (in Thai). **Journal of Buddhist Psychology**, 8(1), 67-81.



Journal of Science and Science Education (JSSE)

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

85 ถนนสถลมารค ตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

โทรศัพท์ 045-353401 ต่อ 4425 โทรสาร 045-353422

Email : jsse.sci.ubu@gmail.com หรือ saksri.s@ubu.ac.th

พิมพ์วันที่ 9 พฤษภาคม 2567