Faculty of Science Ubon Ratchathani University
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

JSSE Journal of Science and Science Education
วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

Vol. 9 No. 1 | January - June 2026
ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 | มกราคม - มิถุนายน 2569







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

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา
Journal of Science and Science Education (JSSE)

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

เจ้าของ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

สำนักงาน
งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ 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 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
วันที่พิมพ์ 17 มิถุนายน 2569

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 ทุกบทความจะต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องทางวิชาการจากคณะผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในแต่ละสาขาวิชา (Peer Review) อย่างน้อย 3 ท่าน ตั้งแต่วารสารปีที่ 4 ฉบับที่ 2 เป็นต้นมา ผลงานที่ได้รับการพิจารณาลงพิมพ์ในวารสารจะต้องมีสาระน่าสนใจ 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 ในกรณีที่มีกิจกรรมหรือโอกาสพิเศษของคณะวิทยาศาสตร์และมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ทางกองบรรณาธิการอาจจะมีการพิจารณาเผยแพร่ฉบับเพิ่มเติม (Supplementary Issue) นอกเหนือจากฉบับปกติเป็นรายกรณีไป

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความผลงานวิจัย (Research Articles) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลที่ผู้เขียนหรือคณะผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตัวเอง

2. 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

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

ที่ปรึกษาวารสาร คณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองคณบดีฝ่ายวิจัย นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
หัวหน้ากองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ศักดิ์ศรี สุภาษร

กองบรรณาธิการจากภายนอกมหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์วิชัย ริ้วตระกูล	มหาวิทยาลัยมหิดล
ศาสตราจารย์ประนอม จันทรโณทัย	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ศาสตราจารย์โกสินทร์ จำนงไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศาสตราจารย์สันติ แม้นศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ศาสตราจารย์วินิช พรมอารักษ์	สถาบันวิทยสิริเมธี
รองศาสตราจารย์ธีรวัฒน์ ประกอบผล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ชาตรี ฝ่ายคำตา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
รองศาสตราจารย์อิศรา ก้านจักร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์พัชรินทร์ ปัญจบุรี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์พรรัตน์ วัฒนกสิวิชช์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รองศาสตราจารย์สุทธิดา รักกะเปา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
รองศาสตราจารย์พัดตาวัน นาใจแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นินนาท์ จันทร์สูรย์	มหาวิทยาลัยทักษิณ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิวัฒน์ ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รองศาสตราจารย์กรีฑา แก้วคง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กติกา สระมณีอินทร์	นักวิชาการอิสระ

กองบรรณาธิการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รองศาสตราจารย์ปุริม จารุจำรัส	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์มะลิวรรณ อมตธงไชย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์สายันต์ แสงสุวรรณ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์เสนอ ชัยรัมย์	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์สุระ วุฒิพรหม	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์วรศักดิ์ สุขบท	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณัฏฐ์ ดิษเจริญ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ สีบุตร	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัชวิน นามมั่น	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ช่อทิพย์ กัณฑโชติ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลย์ชิญาภัท อริยะเชาว์กุล	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

กองบรรณาธิการจัดการวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาวดี หิรัญพงศ์สิน	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
รองศาสตราจารย์กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ฝ่ายประสานงานวารสาร นางสาวอมรรัตน์ วะสุรีย์ และนางสาววิศัลยา จันทร์เกษมสุข

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมต้นฉบับบทความ

JSSE รับพิจารณาบทความวิจัยและบทความวิชาการทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยต้นฉบับต้องมีความยาวรวมไม่เกิน 16 หน้า (รวมบทคัดย่อและเนื้อหา) หากมีความยาวเกินกว่าที่กำหนด กองบรรณาธิการจะพิจารณาเป็นกรณีไป ต้นฉบับต้องจัดทำด้วยโปรแกรม Microsoft Word 2013 หรือเวอร์ชันที่ใหม่กว่า ใช้แบบอักษร TH SarabunPSK โดยกำหนดขนาดตัวอักษรชื่อเรื่อง 18 point ตัวหนา ชื่อผู้เขียน 14 point สังกัดและอีเมล 12 point และเนื้อหา 14 point จัดพิมพ์บนกระดาษขนาด A4 แบบ 1 คอลัมน์ ระยะห่างบรรทัด Single Space กำหนดระยะขอบบน ขวา และล่าง 1 นิ้ว และซ้าย 1.25 นิ้ว

ส่วนบทคัดย่อต้องประกอบด้วยชื่อเรื่อง ชื่อผู้เขียน สังกัด อีเมลของผู้เขียนประสานงาน บทคัดย่อ และคำสำคัญ ชื่อเรื่องควรมีความยาวไม่เกิน 2 บรรทัด ระบุเฉพาะชื่อและนามสกุลของผู้เขียนโดยไม่ต้องใส่คำนำหน้าหรือคุณวุฒิ และใส่เครื่องหมาย * หลังชื่อผู้เขียนประสานงาน กรณีมีผู้เขียนจากหลายสังกัดให้ใช้ตัวเลขยกกำกับให้สอดคล้องกัน บทคัดย่อควรสรุปวัตถุประสงค์ วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย และข้อค้นพบสำคัญอย่างกระชับ พร้อมระบุคำสำคัญ (Keywords) จำนวน 3–5 คำ

ส่วนเนื้อหาของบทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ วัตถุประสงค์การวิจัยหรือคำถามวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัยและอภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี) และเอกสารอ้างอิง สำหรับบทความวิชาการสามารถปรับรูปแบบและหัวข้อให้เหมาะสมกับลักษณะเนื้อหาได้

การอ้างอิงและรายการเอกสารอ้างอิงให้ใช้รูปแบบ APA (American Psychological Association) โดยเขียนเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด และต้องมีความสอดคล้องระหว่างการอ้างอิงในเนื้อหาและรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ ทั้งนี้ โปรดศึกษารูปแบบและตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิงตามที่วารสารกำหนดก่อนส่งต้นฉบับ

คำแนะนำในการเขียนเอกสารอ้างอิง

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

การอ้างอิงจากบทความในวารสารวิชาการ

<u>บทความภาษาอังกฤษ</u>

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.

<u>บทความภาษาไทย เขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษเป็น</u>

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.

<u>ตัวอย่างบทความภาษาไทยเขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษได้ดังนี้</u>

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

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 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

ตัวอย่างเว็บไซต์ภาษาไทยเขียนรายการอ้างอิงเป็นภาษาอังกฤษ

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

ดาวน์โหลดไฟล์เทมเพลทบทความได้ใน

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

ถ้อยแถลงบรรณาธิการ

ปัจจุบันนี้ นักวิชาการหรือผู้ทำงานในสังคมวิชาการส่วนใหญ่มีภารกิจสำคัญหลายอย่าง และหนึ่งในภารกิจเหล่านั้น คือ การเผยแพร่ผลงานวิชาการในวารสารวิชาการหรือการประชุมวิชาการที่มีการกลั่นกรองผลงานโดยผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) เพื่อเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักวิชาการด้วยกันเองและเพื่อเป็นการเผยแพร่ให้บุคคลทั่วไปที่สนใจได้อ่านและศึกษาตามความสนใจของแต่ละคน ทั้งนี้ ผู้เขียนต้องพึงระวังว่า การอ้างอิงผลงานวิชาการเป็นเรื่องที่ต้องใส่ใจเป็นอย่างยิ่งและต้องอ้างอิงอย่างมีวิจารณญาณและมีจริยธรรม ทั้งนี้ ผู้เขียนจะต้องพิจารณาประเด็นเหล่านี้อย่างถี่ถ้วนก่อนส่งมารับการพิจารณาเผยแพร่ในวารสารฯ เพื่อป้องกันการคัดลอกผลงานวิชาการ (plagiarism) ทั้งที่ตั้งใจและไม่ตั้งใจได้ และผู้เขียนจะต้องแนบไฟล์ผลการตรวจสอบการลอกเลียนวรรณกรรมทางวิชาการด้วยโปรแกรมอัขราวิสุทธิ์ ผ่าน https://app.akarawisut.com/ หรือโปรแกรมตรวจสอบความซ้ำซ้อนอื่น โดยจะต้องมีความซ้ำซ้อนต่ำกว่าร้อยละ 20 ทั้งนี้ กองบรรณาธิการของวารสารฯ ได้มีการตรวจสอบบทความอย่างเคร่งครัดเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนจากหลักวิชาการ การคัดลอกผลงานวิชาการ หรือการกระทำที่ผิดต่อจริยธรรมการวิจัย และบทความเหล่านี้ได้ผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer Review) จากหลากหลายสถาบันและไม่ได้อยู่ในสังกัดเดียวกับผู้นิพนธ์ จำนวน ๓ ท่าน

ทางคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ได้เล็งเห็นความสำคัญข้างต้น จึงได้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา ขึ้นมาเพื่อเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการเผยแพร่ผลงานวิชาการทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา โดยวารสารฉบับนี้เป็นวารสารปีที่ 9 เล่มที่ 1 ประจำเดือนมกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2569 ซึ่งประกอบด้วยบทความทั้งหมด 15 เรื่อง จำแนกเป็นบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 12 เรื่อง บทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง

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

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาษร)
หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารฯ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

สารบัญ

	หน้า
วัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสาร	b
กองบรรณาธิการ	c
คำแนะนำสำหรับผู้เขียนและการเตรียมต้นฉบับบทความ	d
ถ้อยแถลงบรรณาธิการ	f
บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา (Research Articles in Science Education)	
ผลของกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความเข้าใจโมมติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา ธีรารัตน์ พูลทอง, กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา, โชคศิลป์ ธนเฮือง และ สุระ วุฒิพรหม	1-11
การสังเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ พัชรพร บุญกิตติ, ชาตรี ฝ่ายคำตา, พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ เอกรัตน์ ทานาค	12-22
การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ และหารเศษส่วน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ปิยพร ศรีสาร, ปวีณา ขันธ์ศิลา และ ประภาพร หนองหารพิทักษ์	23-34
ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เวกเตอร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พรรณนิภา จันมา และ มนตรี ทองมูล	35-48
ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ธริศรา รัดรองใต้ และ มนตรี ทองมูล	49-61
การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของนักศึกษาจากการใช้คำสำคัญบนสื่อสังคมออนไลน์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า สุพจน์ สีบุตร, คณิศา โชติจันทึก, กัลยารัตน์ บุญญาจันทร์ และ สุพรรณี สมพงษ์	62-75
การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE2 Model) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ นิกรณ์ นิลพงษ์	76-89
การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบนิเวศและพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก อรุณณี จงปั้น และ สุวัฒน์ ผาบจันดา	90-103
การพัฒนามโนมติ เรื่อง ฮอร์โมน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ร่วมกับผังมโนมติสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ชัชวุธ สายเม้า และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ	104-114
การพัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นพหุเพื่อทำนายผลกระทบของการเล่นเกมออนไลน์ต่อพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษา สุพจน์ สีบุตร คณิศา โชติจันทึก กัลยารัตน์ บุญญาจันทร์ และ ศศิธร ปัจจุโส	115-128

หน้า

การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส 129-144
นิจจริญ กัดพันธุ์ และ วนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 145-160
สุวันนา ตันหยง และ วนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ (Research Articles in Science)

แบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM): กรอบแนวคิดเชิงกำหนดเพื่อหาขีดจำกัดทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ของประสิทธิภาพผลผลิตพืช 161-169
พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์

โครงสร้างลีและมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวมีมิติจำกัดบนพีชคณิตพัวส์ซองสองชนิด 170-181
สิริกร สอนสุระ และ นงคราญ สระโสม

การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัยและการวางแผนการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย 182-193
วุฒิชัย ภูดี, ณัฐกานต์ ธรรมโม, อนันตญา กึกทอง, ภัทรดนัย ตักโพธิ์, นัฐวุฒิ วิพรรณะ, พรทิพย์ เข็มปัญญา, ภัสสร สมเกียรติยศ และ อรทัย ธรรมโม

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 1 - 11
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.01

Research Article in Science Education

Effects of a STEAM-Integrated Paper Circuit Card Activity on Elementary Students' Conceptual Understanding, Creativity, and Scientific Attitudes

Thirarat Phunthong[1], Karntarat Wuttisela[2], Choksin Tanahoung[3] and Sura Wuttiprom[3,*]

[1]Science Education Program, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
[2]Department of Applied Chemistry, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
[3]Department of Physics, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
**Email: sura.w@ubu.ac.th*

Received <27 Nov. 2025>; Revised <6 Feb. 2026>; Accepted <9 Feb. 2026>

Abstract

This study investigated the effects of a STEAM-integrated paper circuit card activity on elementary students' conceptual understanding of electric circuits, creativity and scientific attitudes. Sixteen Grade 6 students from Ban Kaeng Yang School, Thailand, participated in a quasi-experimental one-group pretest–posttest design. Research instruments included the DIRECT 1.0 test, a modified Test of Science-Related Attitudes (TOSRA), and a creativity rubric. Results revealed significant improvement in students' conceptual understanding ($t(15) = 10.77$, $p < .001$), with a normalized gain of 0.56, indicating a medium level of improvement. Their creative performance was at a high level ($M = 4.52$, $SD = 0.39$), especially in design aesthetics and functional accuracy. Scientific attitudes were also rated highly ($M = 4.39$, $SD = 0.82$), particularly in scientific curiosity and participation. These findings demonstrate that STEAM-based maker activities effectively enhance students' understanding, motivation, and creativity by linking artistic design with scientific inquiry. The study highlights the value of integrating Maker-based Learning within STEAM contexts to promote holistic development in science education.

Keywords: STEAM education; Maker-based learning; Paper circuit card; Scientific attitudes; Creativity

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผลของกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา

ธีรารัตน์ พูลทอง[1] กานต์ตะรัตน์ วุฒิเสลา[2] โชคศิลป์ ธนเฮือง[3] และ สุระ วุฒิพรหม[3,*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2]ภาควิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

**Email: sura.w@ubu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าแบบบูรณาการ STEAM ที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้า ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านแก่งยาง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 16 คน ใช้รูปแบบการวิจัยกึ่งทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลัง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วยแบบทดสอบ DIRECT 1.0 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่ดัดแปลงจาก TOSRA และรูบริกประเมินความคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t(15) = 10.77$, $p<.001$) โดยมีค่าความก้าวหน้า (normalized gain) เท่ากับ 0.32 ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอยู่ในระดับสูง ($M = 4.52$, $SD = 0.39$) โดยเฉพาะด้านความสวยงามของการออกแบบและความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ขณะที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก ($M = 4.39$, $SD = 0.82$) โดยมีความโดดเด่นด้านความอยากรู้อยากเห็นและการมีส่วนร่วม ผลลัพธ์ชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าแบบบูรณาการ STEAM สามารถเสริมสร้างความเข้าใจ ความสนใจ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพบนพื้นฐานแนวคิด Maker-based Learning และการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์

คำสำคัญ: สะตีมศึกษา; การ์ดวงจรไฟฟ้า; การเรียนรู้แบบเมกเกอร์; เจตคติทางวิทยาศาสตร์; ความคิดสร้างสรรค์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

การจัดการเรียนรู้เรื่อง “วงจรไฟฟ้า” ในทุกระดับมักประสบปัญหา เนื่องจากเนื้อหามีลักษณะเป็นนามธรรม ผู้เรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อน (misconception) ในหลายประเด็น ได้แก่ การไหลของกระแสไฟฟ้า การต่อวงจร และความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม (Kamcharean, 2022; Narjaikaew and Jeeravipoonvarn, 2014) การสอนแบบบรรยายหรือการทดลองแบบดั้งเดิมไม่สามารถสร้างความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Concept) ได้อย่างลึกซึ้ง อีกทั้งยังทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

อย่างไรก็ตามการจัดการเรียนรู้โดยการลงมือทำ (Learning by Doing) และการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เช่น การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกิจกรรมทำนาย–สังเกต–อธิบาย และการใช้กิจกรรมอุปมาอุปไมย มีผลต่อการเสริมสร้างความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Juntana and Wuttiprom, 2015) ในขณะเดียวกันแนวคิดด้านสะเต็มศึกษา (STEM Education) ได้รับการพัฒนาไปสู่สะตีมศึกษา (STEAM Education) โดยการผสานศิลปะเข้าไปในกระบวนการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน (Amabile, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Maker-based learning และ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ของ Papert ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เช่น สิ่งประดิษฐ์ หุ่นยนต์ โปรแกรม โมเดล เน้นให้ผู้เรียนเป็น “นักสร้าง (maker)” มากกว่า “ผู้รับความรู้ (Receiver)” ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเนื้อหาและทิศทางการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Qi and Buechley, 2014)

“การ์ดวงจรไฟฟ้า” หรือ “Paper Circuit Card” เป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับแนวคิดข้างต้น โดยเปิดโอกาสให้สร้างชิ้นงานในรูปแบบที่จับต้องได้ เช่น การ์ดวันเกิด การ์ดปีใหม่ หรือหนังสือเล่มเล็ก ที่มีแสงสว่างจากหลอดไฟเมื่อต่อวงจรไฟฟ้าอย่างถูกต้อง (Shepherd *et al*., 2021; Qi and Buechley, 2014) การ์ดวงจรไฟฟ้าช่วยให้นักเรียนเข้าใจองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนาน (Peppler, Sedas and Thompson, 2023) การใช้วัสดุที่จับต้องได้และการแสดงผลเชิงประจักษ์ผ่านความสว่างของหลอดไฟ ช่วยเปลี่ยนนามธรรมของการไหลของอิเล็กตรอนให้เป็นรูปธรรม ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนทางมโนมติ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้ด้วยการ์ดวงจรไฟฟ้ายังช่วยกระตุ้นความสนใจและความมั่นใจของนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์ (Chen *et al*., 2024)

การสร้างชิ้นงานการ์ดวงจรไฟฟ้า เป็นกิจกรรมที่เอื้อต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะเมื่อมีการเชื่อมโยงกับสะตีมศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) ซึ่งผู้เรียนต้องวางแผน ออกแบบ ทดลอง แก้ปัญหา และปรับปรุงผลงาน (Dinç, Özkan and Alaca, 2021) พบว่าผู้เรียนมีพัฒนาการด้านการคิดสร้างสรรค์อย่างมีนัยสำคัญเมื่อได้ออกแบบชิ้นงานที่มีความหมายสำหรับตนเอง (Zulkarnain *et al*., 2024)

ในขณะเดียวกัน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes) เป็นองค์ประกอบสำคัญในพฤติกรรมการเรียนรู้ระยะยาวของผู้เรียน โดยเฉพาะความมั่นใจในตนเอง ความใฝ่รู้ และแรงจูงใจในการแสวงหาความรู้ (Ogunleye, 2018) กิจกรรมที่มีความหมายและให้อิสระแก่ผู้เรียนในการเลือกออกแบบชิ้นงาน เช่น การ์ดวงจรไฟฟ้า สามารถส่งเสริมเจตคติเหล่านี้ได้อย่างเป็นรูปธรรม (Chen *et al*., 2024)

แม้จะมีงานวิจัยที่กล่าวถึงประโยชน์ของกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าในด้านใดด้านหนึ่ง เช่น ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ แต่ยังขาดงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของกิจกรรมดังกล่าวอย่างการบูรณาการในสามด้าน ได้แก่ (1) ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้า (2) เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และ (3) ความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะในบริบทของนักเรียนระดับประถมศึกษาซึ่งเป็นวัยที่เหมาะสมต่อการปลูกฝังเจตคติพื้นฐานและทักษะความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเข้าสู่เนื้อหาฟิสิกส์ที่ซับซ้อนในระดับมัธยมศึกษา อีกทั้งเป็นกิจกรรมที่มีความเหมาะสมด้านต้นทุนที่ต่ำซึ่งเหมาะกับโรงเรียนขยายโอกาสในประเทศไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า
2. เพื่อประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่แสดงออกผ่านกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Design) แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลัง (One-Group Pretest–Posttest Design) โดยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมทั้งด้านความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านแก่งยาง อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 16 คน (1 ห้องเรียน) ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากเป็นห้องเรียนที่ผู้วิจัยได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติการสอน บริบทของกลุ่มตัวอย่าง ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีฐานะยากจนและอาศัยอยู่กับปู่ย่าตายายเนื่องจากบิดามารดาต้องไปประกอบอาชีพต่างถิ่น ส่งผลให้นักเรียนขาดต้นทุนสนับสนุนและขาดแรงจูงใจในการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายทางการศึกษาเพียงระดับภาคบังคับ (มัธยมศึกษาปีที่ 3) ทั้งนี้ การดำเนินการวิจัยได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองและนักเรียนเป็นลายลักษณ์อักษรตามหลักจริยธรรมการวิจัย

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าโดยบูรณาการแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 2 แผน (รวม 4 ชั่วโมง) ซึ่งประกอบด้วย

- **สื่อและวัสดุอุปกรณ์ (Materials)** ชุดกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า ประกอบด้วย ถ่านกระดุม หลอดไฟ LED อะลูมิเนียมฟอยล์ กระดาษแข็งหลากสี สี เทปกาว
- **ขั้นตอนการจัดกิจกรรม** กิจกรรมการเรียนรู้เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมและการสร้างสรรค์ชิ้นงานประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. <u>ระบุปัญหา</u> นักเรียนรับโจทย์เพื่อสร้างการ์ดที่สามารถส่องสว่างได้ตามจินตนาการ ภายใต้เงื่อนไขการใช้วัสดุและกลไกสวิตช์ปิด-เปิดที่กำหนด
2. <u>รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา</u> นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ขั้วของหลอดไฟ LED ขั้วขอถ่านกระดุม ตัวนำและฉนวน
3. <u>ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา</u> นักเรียนร่างภาพร่าง (Sketch) เพื่อวางแผนผังวงจร (Schematic Diagram) ให้สอดคล้องกับตำแหน่งของรูปภาพและการจัดวางองค์ประกอบศิลป์บนหน้าการ์ด
4. <u>วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา</u> นักเรียนลงมือสร้างชิ้นงานโดยลากลายเส้นวงจร ติดอะลูมิเนียมฟอยล์ เชื่อมต่อหลอดไฟ LED และติดตั้งแบตเตอรี่ตามแบบที่ร่างไว้
5. <u>ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน</u> นักเรียนทดสอบการติดดับของหลอดไฟ LED หากไม่สว่างนักเรียนต้องหาสาเหตุ (เช่น การต่อสลับขั้ว รอยต่อไม่สนิท) และการแก้ไขจุดบกพร่อง
6. <u>นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา</u> ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน นักเรียนนำเสนอผลงานที่เสร็จสมบูรณ์ อธิบายหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้าที่ซ่อนอยู่ และแนวคิดการออกแบบเชิงสร้างสรรค์

หมายเหตุ ก่อนจะใช้แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าโดยบูรณาการแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวน 2 แผนนี้ นักเรียนได้รับการสอนแบบดั้งเดิม (Traditional Teaching) เรื่อง วงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ทั้งนี้นักเรียนได้ทดลองจริงและการทดลองเสมือนด้วยโปรแกรม PhET Simulation

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

3.2.1 แบบทดสอบ DIRECT 1.0 ย่อมาจาก The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test 1.0 ซึ่งพัฒนาโดย Engelhardt and Beichner (2004) ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบบทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้มาจากงานวิจัยของชาญวิทย์ คำเจริญ (Kamcharean, 2022) ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและความตรงจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้องและความเหมาะสมด้านเนื้อหาฟิสิกส์ (Indexes of item–objective con-gruence: IOC) ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 และผู้วิจัยเลือกมาจำนวน 19 ข้อคำถาม (ตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้) แต่ละข้อคำถามวัดความเข้าใจในหลักการพื้นฐานและลักษณะการทำงานของวงจรไฟฟ้ามากกว่าเน้นการคำนวณที่ใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ รายละเอียดดังตารางที่ 1

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ตารางที่ 1 แบบทดสอบ The Determining and Interpreting Resistive Electric Circuit Concepts Test 1.0

หัวข้อ	เนื้อหา	DIRECT1.0
1. ลักษณะทั่วไปของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง	1) เส้นทางเดินของกระแสและการไหลผ่านเส้นทางที่มีความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุดและเส้นทางสำหรับการติดวงจร	10, 19
	2) การต่ออุปกรณ์ในวงจรไฟฟ้าที่ต่อคู่ 2 ตำแหน่ง	8, 26
	3) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องความต้านทานไฟฟ้าในวงจร เมื่อการต่อ อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอนุกรมค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าต่อ อุปกรณ์ไฟฟ้าแบบขนานค่าความต้านทานไฟฟ้าจะลดลง	22
	4) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าสากลรูปแบบ เช่น การต่อ แบบอนุกรม การต่อแบบขนานและการต่อแบบผสม	4
2. พลังงานไฟฟ้า	5) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่องกำลังไฟฟ้า (พลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา) ในวงจรหลากหลายรูปแบบ	13
	6) การประยุกต์ใช้แนวคิดเรื่อง การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า กฎของเคียร์ ชอฟฟ์ และแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า (แบตเตอรี่)	3, 21, 27
3. กระแสไฟฟ้า	7) ความเข้าใจและประยุกต์ใช้ การอนุรักษ์กระแสไฟฟ้าในวงจรหลากหลายรูปแบบ	18
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้า	8) อธิบายเหตุผลทางกายภาพของการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ไฟฟ้าสถิตสนับสนุนไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้าและประจุไฟฟ้า	11, 17
	9) การใช้ความรู้เรื่องปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจรขึ้นอยู่กับความต่าง ศักย์ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และความต้านทานไฟฟ้าในวงจร	7, 16, 25
	10) การประยุกต์ใช้แนวคิดของความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจรที่มีหลายจุดไปถึงการคำนวณค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของจุดต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าที่ต่อแบบ อนุกรมค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัวรวมกัน ส่วนวงจรขนาน ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีค่าเท่ากัน	9, 28, 29

3.2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเองในรูปแบบ Scoring Rubric เพื่อประเมินชิ้นงาน Paper Circuit Card ของผู้เรียน โดยอิงตามแนวคิดของ Landis and Koch (1977) แบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความแปลกใหม่ (2) ความสวยงามของการออกแบบ และ (3) ความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 3 ระดับ (ดีมาก ดี และพอใช้) เครื่องมือนี้ได้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และในการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินผลงานทำโดยผู้วิจัยร่วมกับครูผู้สอน จำนวนรวม 2 ท่าน เพื่อลดความคลาดเคลื่อน โดยนำคะแนนที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.85 ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพยอมรับได้

3.2.3 แบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดัดแปลงมาจากแบบวัดมาตรฐาน TOSRA (Test of Science-Related Attitudes) ของ Fraser (1981) ลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ (5 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง ถึง 1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง) **จำนวนรวมทั้งสิ้น 10 ข้อ** ครอบคลุม 3 ด้าน ได้แก่ (1) ความสนใจและความเพลิดเพลินในวิทยาศาสตร์ (2) การสืบเสาะหาความรู้และการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ (3) การมีส่วนร่วมและความมั่นใจในตนเอง ซึ่งสะท้อนอารมณ์และแรงจูงใจภายในของผู้เรียนต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในบริบทของการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ (Constructive and Creative learning) ทั้งนี้ แบบวัดดังกล่าวได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือด้านความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 แสดงให้เห็นว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสามารถนำไปใช้วัดเจตคติของผู้เรียนได้จริง มีค่าความเชื่อมั่นสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) เท่ากับ 0.87

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

(1) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบทีแบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์ (Paired-Sample T-test)

(2) การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา วิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) จำแนกตามระดับคุณภาพ และวิเคราะห์เจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าเฉลี่ย (M) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ระหว่างเดือน พฤษภาคม - กรกฎาคม 2568 ณ โรงเรียนบ้านแก่งยาง อำเภอพิบูลมังสาหาร จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

(1) ขั้นเตรียมการ ผู้วิจัยทำหนังสือขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลจากทางโรงเรียน และชี้แจงวัตถุประสงค์ขั้นตอนการทำกิจกรรม รวมถึงรายละเอียดเรื่องการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง (Research Ethics) ให้แก่นักเรียนและผู้ปกครองทราบเพื่อขอความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Informed Consent)

(2) ขั้นก่อนการทดลอง (Pre-test) ดำเนินการก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบ DIRECT 1.0 เพื่อนำคะแนนมาบันทึกเป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน (Pre-test Score)

(3) ขั้นการทดลอง (Intervention) ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษาในหัวข้อ “กิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า” เป็นระยะเวลารวม 4 ชั่วโมง 2 คาบ โดย ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง ซึ่งในระหว่างการทำกิจกรรมได้มีการสังเกตพฤติกรรมและบันทึกผลการปฏิบัติงานของนักเรียนในแต่ละขั้นของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

(4) ขั้นหลังการทดลอง (Post-test) ดำเนินการ ทันที หลังจากสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

ด้านพุทธิพิสัย วัดความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบทดสอบ DIRECT 1.0 (ฉบับเดิม)

ด้านทักษะพิสัย ประเมินความคิดสร้างสรรค์จาก “ชิ้นงาน” กิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าที่สำเร็จแล้ว โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Scoring Rubric) ที่สร้างขึ้น

ด้านจิตพิสัย สอบถามเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ด้วยแบบวัดเจตคติที่สร้างขึ้น

(5) ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลคะแนนทั้งหมดที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องและนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยตามคำถามวิจัยที่ 1: ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้า

ความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนได้รับการวัดด้วยแบบทดสอบ DIRECT 1.0 ก่อนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 6.09 (คิดเป็นร้อยละ 26.28, S.D. = 2.98) และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นเป็น 15.81 (คิดเป็นร้อยละ 64.67, S.D. = 2.04) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนสอบด้วยสถิติ T-test พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($t = 10.77$, $p < .001$) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่องการ์ดวงจรไฟฟ้า ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 2 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าที จากแบบทดสอบ DIRECT1.0

การทดสอบ (คะแนนเต็ม 19)	จำนวน (คน)	ค่าเฉลี่ย	SD	t	Sig.
ก่อนเรียน	16	6.09 (26.28%)	2.98	10.77	.001
หลังเรียน	16	15.81 (64.67%)	2.04		

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

นอกจากนี้ เมื่อวิเคราะห์พัฒนาการของผู้เรียนด้วยค่าความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) ตามแนวคิดของ Hake (1998) ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนมีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง (Medium Gain) และเมื่อพิจารณารายหัวข้อ พบว่าหัวข้อที่นักเรียนมีพัฒนาการสูงสุดคือ พลังงานไฟฟ้า (g = 0.79, ระดับสูง) รองลงมาคือ ลักษณะทั่วไปของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (g = 0.67, ระดับปานกลาง) และ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (g = 0.54, ระดับปานกลาง) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม หัวข้อ กระแสไฟฟ้า มีค่าความก้าวหน้าน้อยที่สุด (g = 0.25) ซึ่งผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่าเป็นหัวข้อที่มีความเป็นนามธรรมสูงและมีความยากสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา แต่อย่างไรก็ตามคะแนนเฉลี่ยในหัวข้อนี้ก็ยังคงเพิ่มขึ้นหลังจากการจัดกิจกรรม

ตารางที่ 3 คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน normalized gain จากแบบทดสอบ DIRECT1.0 จำแนกรายหัวข้อ

หัวข้อ	ก่อนเรียน		หลังเรียน		Normalized gain
	ค่าเฉลี่ย	SD	ค่าเฉลี่ย	SD	<g>
1. ลักษณะทั่วไปของวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (6)	1.89 (31.50%)	1.38	4.63 (77.17%)	0.98	0.67
2. พลังงานไฟฟ้า (4)	1.69 (42.25%)	1.12	3.51 (87.75%)	0.65	0.79
3. กระแสไฟฟ้า (1)	0.00 (0.00%)	0.00	0.25 (25.00%)	0.45	0.25
4. ความต่างศักย์ไฟฟ้า (8)	2.51 (31.38%)	1.75	5.50 (68.75%)	1.28	0.54
เฉลี่ย	6.09 (26.28%)	2.98	15.81 (64.67%)	2.04	0.56

ผลการวิจัยตามคำถามวิจัยที่ 2 ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและประยุกต์ใช้

เพื่อให้ทราบถึงระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เกิดขึ้นผ่านการทำชิ้นงาน ผู้วิจัยได้ทำการประเมินผลงานการ์ดวงจรไฟฟ้าโดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ประเมินใน 3 ด้าน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนและร้อยละเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์

การประเมินความคิดสร้างสรรค์	ระดับความคิดสร้างสรรค์ (จำนวนคน (ร้อยละ)		
	ดีมาก	ดี	พอใช้
ความแปลกใหม่	10 (62.50)	4 (25.00)	2 (12.50)
ความสวยงามของการออกแบบ	8 (50.00)	7 (43.75)	1 (6.25)
ความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า	10 (62.50)	4 (25.00)	2 (12.50)
เฉลี่ย	(58.33)	(31.25)	(10.42)

ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ความแปลกใหม่ ความสวยงามของการออกแบบ และความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับ “ดีมาก” คิดเป็นร้อยละ 58.33 ขณะที่ร้อยละ 31.25 อยู่ในระดับ “ดี” และมีเพียงร้อยละ 10.42 ที่อยู่ในระดับ “พอใช้”

ด้านความแปลกใหม่ มีนักเรียนระดับ “ดีมาก” มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62.50 แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดหรือรูปแบบการ์ดวงจรไฟฟ้าที่มีความแตกต่างจากตัวอย่างและมีการนำเสนอไอเดียอย่างเป็นเอกลักษณ์

ด้านความสวยงามของการออกแบบ มีผู้เรียนในระดับ “ดีมาก” ร้อยละ 50.00 และ “ดี” ร้อยละ 43.75 สะท้อนถึงความใส่ใจในองค์ประกอบทางศิลปะและความประณีตในการตกแต่งผลงาน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของแนวทางสะตีมศึกษาที่เน้นการเชื่อมโยงศิลปะเข้ากับวิทยาศาสตร์

ด้านความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า อยู่ในระดับ “ดีมาก” ร้อยละ 62.50 เช่นเดียวกับด้านความแปลกใหม่ แสดงถึงความเข้าใจหลักการทางไฟฟ้าอย่างถูกต้องและสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการสร้างวงจรที่ทำงานได้จริง ความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า (เช่น ไฟติดหรือไม่, ต่อถูกขั้วไหม) เป็นทักษะปฏิบัติ (Performance/Skills) ที่เกิดจากความรู้ความเข้าใจ (Cognitive) มากกว่าความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ความถูกต้องของวงจรไฟฟ้าถือเป็นพื้นฐานสำคัญของความคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรม (Functional creativity) เพราะสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างสรรค์ต้องสามารถใช้งานได้จริง



ภาพที่ 1 ผลงานการ์ดวงจรไฟฟ้าของนักเรียน

ตัวอย่างผลงานของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการผสมผสานความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะอย่างสร้างสรรค์ เช่น การออกแบบการ์ดอวยพร การวาดแผนภาพวงจรไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าจากอลูมิเนียมฟลอย หลอด LED และ แบตเตอรี่ (ถ่านกระดุม) แสดงถึงความสามารถในการเชื่อมโยง “องค์ความรู้” เข้ากับ “ศิลปะ” ผ่านการ “แก้ปัญหา” เพื่อให้หลอดไฟติด ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะตีมศึกษาโดยเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นตัวขับเคลื่อน

ผลการวิจัยตามคำถามวิจัยที่ 3: เจตคติทางวิทยาศาสตร์

ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้ารายข้อแสดงดังตารางที่ 5 และรายด้านแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า (รายข้อ)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. นักเรียนมีความตั้งตารอคอยที่จะร่วมกิจกรรมวิชาวิทยาศาสตร์	4.25	0.93	มาก
2. นักเรียนมีความสนุกสนานที่ได้ทำการ์ดวงจรไฟฟ้า	4.31	0.79	มาก
3. นักเรียนมีความสุขที่ได้ร่วมกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้ากับเพื่อนๆ	4.31	0.87	มาก
4. วิชาวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมน่าสนใจมากที่สุด	4.44	0.73	มาก
5. นักเรียนต้องการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบ	4.63	0.72	มากที่สุด
6. นักเรียนให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่งกับการรับรู้สิ่งใหม่ ๆ ที่ถูกค้นพบ	4.25	0.93	มาก
7. นักเรียนมีความสุขทุกครั้งที่ได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์	4.44	0.81	มาก
8. นักเรียนชอบพูดคุยกับเพื่อน ๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ว่าตนจะทำอะไรได้บ้าง	4.44	0.81	มาก
9. น่าจะมีชั่วโมงเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากกว่านี้ในแต่ละสัปดาห์	4.38	0.81	มาก
10. นักเรียนรู้สึกพอใจอย่างยิ่งเมื่อได้ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์	4.44	0.81	มาก
รวม	**4.39**	**0.82**	**มาก**

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเข้าร่วมกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้า (รายด้าน)

เจตคติรายด้าน	ข้อที่	ค่าเฉลี่ย	S.D.	แปลผล
1. ความสนใจและความเพลิดเพลินในวิทยาศาสตร์	2, 3, 4, 7, 9	4.38	0.80	มาก
2. การสืบเสาะและความอยากรู้อยากเห็นทางวิทยาศาสตร์	5, 6	4.44	0.83	มาก
3. การมีส่วนร่วมและความมั่นใจในตนเอง	1, 8, 10	4.38	0.83	มาก

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ผลจากแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยเจตคติทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 4.39 (S.D. = 0.82) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าแบบบูรณาการ STEAM ส่งผลเชิงบวกต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า

(1) ความสนใจและความเพลิดเพลินในวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.38 อยู่ในระดับมาก ในข้อที่เกี่ยวข้องกับความสนุก ความพึงพอใจ และความชื่นชอบต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะข้อ “วิชาวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมน่าสนใจมากที่สุด” และ “นักเรียนมีความสุขทุกครั้งที่ได้มีส่วนร่วมในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์” นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับมากทั้งสองข้อ ผลวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า กิจกรรม Maker-Based learning ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างผลงานจริง เช่น การ์ดวงจรไฟฟ้า ทำให้ผู้เรียนรู้สึกเพลิดเพลินและมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่น่าสนใจและมีความหมายมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Papert (1980) และ Lu, Xu and Liu (2021) ที่ชี้ว่าการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ช่วยเพิ่มความสุขและแรงจูงใจภายในของผู้เรียนอย่างยั่งยืน

(2) การสืบเสาะและความอยากรู้อยากเห็นทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับมาก ซึ่งเป็นด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด สำหรับในกลุ่มข้อคำถามที่สะท้อนถึงการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เช่น “นักเรียนต้องการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบ” พบว่าค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.63 อยู่ในระดับ “มากที่สุด” และ “ฉันให้ความสำคัญกับการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ที่ค้นพบ” (ค่าเฉลี่ย = 4.25, S.D. = 0.93) ดังนั้นการที่นักเรียนได้ทดลองออกแบบวงจร ตรวจสอบการทำงาน และปรับปรุงการ์ดของตนเองซ้ำหลายครั้ง ช่วยให้เกิดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry Cycle) อย่างเป็นธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Constructivist learning ของ Piaget (1977) และ Vygotsky (1978) ที่มองว่าความรู้เกิดจากการสร้างและทดสอบสมมติฐานของผู้เรียนเองผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

(3) การมีส่วนร่วมและความมั่นใจในตนเอง ในด้านการมีส่วนร่วมและความมั่นใจ นักเรียนมีความพึงพอใจเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.38 อยู่ในระดับมาก ซึ่งความพึงพอใจในด้านนี้มีค่าเท่ากับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจและความเพลิดเพลินในวิทยาศาสตร์ โดย “นักเรียนชอบพูดคุยกับเพื่อน ๆ เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ว่าตนจะทำอะไรได้บ้าง” และ “นักเรียนรู้สึกพอใจอย่างยิ่งเมื่อได้ทำกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์” นักเรียนมีความพึงพอใจในทั้ง 2 ข้อเท่ากัน มีค่าเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 4.44 อยู่ในระดับ “มาก” จากการสัมภาษณ์กับนักเรียนอย่างไม่เป็นทางการพบว่ามีความตั้งใจและความพึงพอใจเพิ่มขึ้นในการเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เช่น “หนูตั้งใจตลอดเวลาเมื่อทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์” และ “หนูรู้สึกภูมิใจในผลงานของตนเองหลังจากทำกิจกรรมเสร็จสิ้น” นอกจากนี้ผู้วิจัยยังสังเกตเห็นว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นในการออกแบบการ์ด ตรวจสอบวงจรไฟฟ้า และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนอย่างต่อเนื่อง ลักษณะพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนถึงการเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ในเชิงบวก ได้แก่ ความมั่นใจในความสามารถตนเอง (Self-Efficacy) ความมุ่งมั่น และการทำงานร่วมกัน ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สอดคล้องกับแนวคิด Maker-based learning ของ Chen *et al*. (2024) ที่เน้นการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำและการสะท้อนคิด (Reflection through making)

อภิปรายผล

การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องวงจรไฟฟ้าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (<g> = 0.56) โดยหัวข้อที่มีพัฒนาการสูงสุดคือ “พลังงานไฟฟ้า” ทั้งนี้เนื่องจากการที่นักเรียนได้ลงมือต่อวงจรจริง ทำให้แนวคิดที่เป็นนามธรรม เช่น การถ่ายโอนพลังงานจากแบตเตอรี่สู่หลอดไฟ ถูกเปลี่ยนให้เป็นรูปธรรมที่มองเห็นได้ (Visualization) การที่หลอดไฟสว่างขึ้น ทำให้นักเรียนเข้าใจครบวงจรของการไหลของกระแสและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับสอดคล้องกับ กระบวนการสร้างองค์ความรู้ (Knowledge Construction) ของ Piaget (1977), Vygotsky (1978) และ Papert (1980) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อผู้เรียนได้สร้างชิ้นงานที่มีความหมาย

ในด้านความคิดสร้างสรรค์ พบว่าอยู่ในระดับสูงทั้งความแปลกใหม่ ความสวยงามของการออกแบบ และความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ประเด็นที่น่าสนใจคือ “ความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า” ซึ่งแม้จะเป็นความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ แต่ในบริบทของ Maker Education ถือเป็น “ความคิดสร้างสรรค์เชิงหน้าที่ (Functional Creativity)” กล่าวคือ ผู้เรียนต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) เพื่อออกแบบวงจรไฟฟ้าด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ให้ซ่อนอยู่ภายใต้องค์ประกอบศิลป์อย่างแนบเนียนและยังคงทำงานได้จริง การบูรณาการศิลปะ (Art) เข้ากับวิศวกรรม (Engineering) เช่นนี้ ช่วยลดความรู้สึกว่าเป็นเรื่องยาก และกระตุ้นให้นักเรียนกล้าที่จะทดลองและเรียนรู้จากข้อผิดพลาด

สำหรับเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยยืนยันว่ากิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการออกแบบ (Autonomy) ช่วยส่งเสริมความอยากรู้อยากเห็นและการมีส่วนร่วมได้อย่างดีเยี่ยม การที่นักเรียนเห็นผลงานของตนเองใช้งานได้จริง สร้างความรู้สึกประสบความสำเร็จ (Sense of Achievement) และเปลี่ยนมุมมองว่าวิทยาศาสตร์เป็นเรื่องใกล้ตัวและสนุกสนาน

กิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษา แสดงให้เห็น การเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบของความเข้าใจ (Conceptual) คิดสร้างสรรค์ (Creative) และเจตคติ (Affective) ใน 3 ประเด็นได้แก่ 1) การออกแบบและต่อวงจรช่วยสร้างความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ 2) การปรับแก้และทดลองซ้ำช่วยหล่อหลอมความคิดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ 3) การตกแต่งการ์ดและความภูมิใจในผลงานช่วยเสริมเจตคติทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทั้งสามด้านนี้เกิดขึ้นแบบบูรณาการ ไม่ได้แยกขาดจากกัน แต่ส่งเสริมกันและกันจนเกิดเป็นการเรียนรู้เชิงองค์รวม (Holistic learning) ซึ่งเป็นหัวใจของการศึกษาตามแนวทางสะตีมศึกษา

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า กิจกรรมการสร้างการ์ดวงจรไฟฟ้าแบบบูรณาการตามแนวคิดสะตีมศึกษา ส่งผลเชิงบวกต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษาอย่างรอบด้าน โดยนักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องวงจรไฟฟ้าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าความก้าวหน้า (Normalized Gain) เท่ากับ 0.56 อยู่ในระดับปานกลาง สะท้อนว่ากิจกรรมดังกล่าวช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำและการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนอยู่ในระดับดีถึงดีมาก (M = 4.52, S.D. = 0.39) โดยเฉพาะด้านความสวยงามของการออกแบบและความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการบูรณาการความรู้ด้านศิลปะและวิทยาศาสตร์อย่างสมดุล ส่วนเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยรวม 4.39 อยู่ในระดับมาก โดยข้อที่นักเรียนเห็นด้วยมากที่สุดคือ “ต้องการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อค้นหาคำตอบ” (M = 4.63) และเมื่อพิจารณารายด้านพบว่าเจตคติด้านการสืบเสาะและความอยากรู้อยากเห็นมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (M = 4.44) ผลลัพธ์ทั้งหมดสะท้อนว่ากิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าแบบ Maker-Based Learning ที่บูรณาการแนวคิดสะตีมศึกษา สามารถพัฒนาความเข้าใจ เจตคติ และความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความหมาย สนุกสนาน และสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนรู้ต่อยอดในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยเรื่องผลของกิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนประถมศึกษา ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ มี 3 ประเด็นได้แก่ 1) แม้ว่ากิจกรรมการ์ดวงจรไฟฟ้าจะมีต้นทุนต่ำและเหมาะสมกับบริบทโรงเรียนขยายโอกาส แต่ครูผู้สอนควรตรวจสอบคุณภาพของวัสดุอุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ปัญหาทางเทคนิคที่ทำให้หลอดไฟ LED ไม่ติด เช่น การต่อไม่สนิท หรือ คุณสมบัติของเทปกาวที่เป็นฉนวน เป็นจุดสำคัญที่ทำให้นักเรียนต้องตรวจสอบและแก้ไข 2) ในขั้นตอนการทดสอบและปรับปรุงแก้ไข ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่นักเรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านความล้มเหลวมากที่สุด ครูไม่ควรเร่งบอกคำตอบหรือช่วยแก้ปัญหาให้ทันที แต่ควรใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบไล่เรียงวงจรด้วยตนเอง เพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและความมั่นใจในตนเอง 3) การจัดการเรียนรู้ควรให้ความสำคัญกับสมดุลระหว่าง “ศิลปะ” และ “วิทยาศาสตร์” ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ด้านความสวยงามในระดับสูง ดังนั้น ครูควรกำหนดเกณฑ์การประเมิน (Rubric) ที่ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนไม่มุ่งเน้นเพียงความสวยงามจนละเลยความถูกต้องของหลักการทางฟิสิกส์

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก (16 คน) ในรูปแบบกลุ่มเดียว (One-group design) ในการวิจัยครั้งต่อไป ควรพิจารณาเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่าง นอกเหนือจากความเข้าใจมโนมติ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติ การวิจัยในอนาคตอาจศึกษาทักษะอื่น ๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรม Maker-based learning เช่น ทักษะการทำงานร่วมกัน (Collaboration) ทักษะการสื่อสาร (Communication) หรือความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention) ในระยะยาว

References

Amabile, T. (2012). **Componential theory of creativity**. Boston, MA: Harvard Business School.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Chen, K.-C., Chu, S. L., Quek, F. and Schlegel, R. J. (2024). Integrating making with authentic science classes: An approach and evidence. **Journal of Science Education and Technology**, 33(4), 479-492.

Dinç, B. G., Özkan, B. and Alaca, I. V. (2021). Interactive storytelling through LEDs and paper circuits: Tapping into materials and technology in children's literature education. **Journal of Literary Education**, (4), 266-288.

Engelhardt, P. V. and Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. **American Journal of Physics**, 72(1), 98-115.

Fraser, B. J. (1981). **TOSRA: test of science-related attitudes**. Sydney: Australian Council for Educational Research.

Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses**. American Journal of Physics**, 66(1), 64-74.

Juntana, P. and Wuttiprom, S. (2015). Using a predict–observe–explain teaching method to enhance scientific concept about simple direct current circuits of grade 11 student (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 6(1), 1-13.

Kamcharean, C. (2022). Analyzing high school students' understandings of direct current circuits by using multiple choice questions (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 13(1), 71–81.

Landis, J. R. and Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1), 159-174.

Lu, C., Xu, S. and Liu, Q. (2021). Creative learning through maker education: A constructivist approach. **International Journal of STEM Education**, 8(1), 45-58.

Narjaikaew, P. and Jeeravipoonvarn, W. (2014). Using inquiry-based learning supplemented with predict-observe-explain and analogy teaching strategies enhancing electric DC circuit conceptions of elementary school teachers (in Thai). **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning**, 5(1), 1–10.

Ogunleye, A. O. (2018). Students' attitudes towards science: A review of the literature and its implications. **Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education**, 14(1), 1–15.

Papert, S. (1980). **Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas**. New York, NY: Basic Books.

Peppler, K., Sedas, R. M. and Thompson, N. (2023). Paper circuits vs. breadboards: Materializing learners' powerful ideas around circuitry and layout design. **Journal of Science Education and Technology**, 32(4), 469-492.

Piaget, J. (1977). **The development of thought: Equilibration of cognitive structures**. New York, NY: Viking Press.

Qi, J. and Buechley, L. (2014). Sketching in circuits: Designing and building electronics on paper. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems** (pp. 1713–1722). New York: Association for Computing Machinery.

Shepherd, C. E., Smith, S. M., Kvenild, C., Buss, A. and Ratcliffe, C. (2021). Adding reach and ownership with paper airplane circuits. **International Journal of Designs for Learning**, 12(2), 127-136.

Vygotsky, L. S. (1978). **Mind in society: The development of higher psychological processes**. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Zulkarnain, A. N., Prima, E. C., Winarno, N. and Wahono, B. (2024). Paper circuit project-based STEAM learning to enhance student understanding and creativity. **Journal of Science Learning**, 7(1), 1-16.

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 12 - 22
http: /doi.org/10.14456/jsse.2026.02

Research Article in Science Education

Synthesis and Confirmatory Factor Analysis of the Entrepreneurial Mindset among Thai Secondary School Students

Patcharaporn Boonkitti[1,*], Chatree Faikhamta[2], Pongprapan Pongsophon[2] and Akarat Tanak[2]

[1]Doctor of Philosophy Program in Science Education, Faculty of Education, Kasetsart University

[2]Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University

**Email: patcharaporn.boonkitti@gmail.com*

Received <8 Nov. 2025>; Revised <12 Mar. 2026>; Accepted <24 Mar. 2026>

Abstract

This study aimed to 1. Synthesize and validate the components of the entrepreneurial mindset among secondary school students through Confirmatory Factor Analysis (CFA). 2. Examine the levels of entrepreneurial mindset among students and compare differences across gender and grade levels. The sample consisted of 601 students from Grades 7 to 12 at a science high school, selected through simple random sampling. The research instrument was a 20-item Entrepreneurial Mindset Questionnaire covering five constructs: Opportunity Recognition, Adaptability, Problem Solving, Value Creation, and Uncertainty Acceptance. The results of the second-order CFA indicated an excellent model fit with the empirical data (χ^2 = 167.75, df = 114, p = .001, CFI = 0.996, TLI = 0.995, RMSEA = 0.028, SRMR = 0.048). All standardized factor loadings ranged from 0.63 to 0.75 and were statistically significant at the .05 level. The inter-factor correlations were high (r = 0.872–0.952), suggesting that Thai students' entrepreneurial mindset functions as a holistic cognitive system rather than a set of distinct dimensions. Among the five constructs, Value Creation (β = 0.98) exerted the strongest influence, followed by Problem Solving and Uncertainty Acceptance. This finding indicates that students who can integrate knowledge to create new value, solve problems creatively, and adapt effectively to uncertainty tend to demonstrate a higher level of entrepreneurial mindset. Overall, the results confirm that the second-order entrepreneurial mindset model demonstrates strong convergent and structural validity. The validated model can serve as a conceptual framework for assessing students' entrepreneurial competencies at the secondary level and as a foundation for developing assessment tools, curricula, and learning activities that foster entrepreneurial thinking within science and STEM education in Thailand. Furthermore, comparative analysis revealed that upper-secondary students scored significantly higher across all dimensions than lower-secondary students, reflecting developmental growth in entrepreneurial cognition through accumulated learning experiences.

Keywords: entrepreneurial mindset; confirmatory factor analysis (CFA); secondary school students

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การสังเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทนักเรียนมัธยมศึกษาไทย

พัชรพร บุญกิตติ[1,*] ชาตรี ฝ่ายคำตา[2] พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ[2] และ เอกรัตน์ ทานาค[2]

[1]หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[2]ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**Email: patcharaporn.boonkitti@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ของแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา 2. เพื่อศึกษาระดับแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนและเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวคิดผู้ประกอบการตามเพศและช่วงชั้น กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1–6 จากโรงเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 601 คน ที่ได้จากการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสอบถามแนวคิดผู้ประกอบการจำนวน 20 ข้อ ครอบคลุม 5 องค์ประกอบ ได้แก่ การตระหนักถึงโอกาส ความสามารถในการปรับตัว การแก้ปัญหา การสร้างคุณค่า และการยอมรับความไม่แน่นอน ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สองพบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก (χ^2 = 167.75, df = 114, p = .001, CFI = 0.996, TLI = 0.995, RMSEA = 0.028, SRMR = 0.048) ตัวบ่งชี้ทุกข้อมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.63–0.75 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งหมด ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอยู่ในระดับสูง (r = 0.872–0.952) สะท้อนว่าแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนไทยมีลักษณะเป็น ระบบความคิดแบบองค์รวมมากกว่าการแยกเป็นมิติย่อย โดยองค์ประกอบการสร้างคุณค่า (β = 0.98) มีอิทธิพลสูงสุด รองลงมา คือ การแก้ปัญหาและการยอมรับความไม่แน่นอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนที่สามารถเชื่อมโยงความรู้เพื่อสร้างคุณค่าใหม่ แก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ และปรับตัวต่อความไม่แน่นอนอย่างเหมาะสม เป็นผู้ที่มีแนวคิดผู้ประกอบการในระดับสูง ผลการวิจัยยืนยันว่า โมเดลแนวคิดผู้ประกอบการลำดับที่สองมีความตรงเชิงบรรจุและเชิงโครงสร้างที่ดี สามารถใช้เป็นกรอบแนวคิดสำหรับการประเมินสมรรถนะเชิงผู้ประกอบการของผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาเครื่องมือประเมิน การออกแบบหลักสูตร และกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเสริมสร้างแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และสะเต็มของประเทศไทย ผลการเปรียบเทียบระหว่างช่วงชั้นยังพบว่า นักเรียนระดับมัธยมปลายมีคะแนนแนวคิดผู้ประกอบการทุกมิติสูงกว่าระดับมัธยมต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นพัฒนาการของระบบความคิดเชิงผู้ประกอบการที่เพิ่มขึ้นตามประสบการณ์ทางการเรียนรู้

คำสำคัญ: แนวคิดผู้ประกอบการ; การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA); นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurship) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการขับเคลื่อนการเติบโตทางเศรษฐกิจและการสร้างงาน (Alkaabi and Senghore, 2024) แนวคิดผู้ประกอบการ (Entrepreneurial Mindset หรือ EM) เป็นรูปแบบของความคิดและการตัดสินใจที่ยืดหยุ่น ซึ่งช่วยให้บุคคลสามารถปรับตัวได้ในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน ไม่แน่นอน และเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Naumann, 2017) และยังส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ทางเทคนิคไปประยุกต์ใช้ในการสร้างคุณค่าและโอกาสทางธุรกิจ (Daspit, Fox and Findley, 2023; Deveci and Seikkula-Leino, 2023) จากกรอบแนวคิดพฤติกรรมผู้ประกอบการ (Behavioural Entrepreneurial Mindset หรือ BEM) ของ Cui and Bell (2022) พบว่าการพัฒนาแนวคิดผู้ประกอบการ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคิดเชิงกลยุทธ์เท่านั้น แต่รวมถึงมิติเชิงพฤติกรรมที่สะท้อนถึงความสามารถในการลงมือทำ การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน และการสร้างคุณค่า ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่หล่อหลอมให้ผู้เรียนเข้าใจกลไกของการเป็นผู้ประกอบการอย่างแท้จริง นอกจากนี้บางงานวิจัยยังได้เสนอว่าโมเดลแนวคิดผู้ประกอบการ พัฒนามาจากแนวคิด Entrepreneurial Cognition Theory (Krueger, 2017) และ Cognitive Adaptability Theory (Haynie *et al*., 2010) ซึ่งอธิบายการตัดสินใจภายใต้สภาวะไม่แน่นอน

ในปัจจุบันพบว่าแนวคิดผู้ประกอบการมีหลายมิติ มีความซับซ้อน และยังไม่มีคำจำกัดความที่เป็นเอกภาพ เช่น ในระยะแรกมักมุ่งเน้นการทำความเข้าใจ ลักษณะเฉพาะของผู้ที่มีแนวคิด โดยระบุว่าผู้ประกอบการมักจะมีคุณลักษณะ เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความเพียรพยายาม และความเป็นอิสระ ส่วนในระยะหลังมองว่าแนวคิดผู้ประกอบการเป็นแรงจูงใจ ทักษะ และกระบวนการคิดที่มีส่วนช่วยต่อความสำเร็จของผู้ประกอบการ ส่งผลให้งานศึกษาด้านแนวคิดผู้ประกอบการมีความไม่เป็นเอกภาพ และกระจายอยู่ในหลายสาขาวิชา ทำให้ยากต่อการพัฒนาองค์ความรู้และข้อเสนอแนะในเชิงปฏิบัติ (Daspit, Fox and Findley, 2023) นอกจากนี้แม้ช่วงวัยมัธยมจะเป็นช่วงสำคัญของการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ ความยืดหยุ่นทางความคิด และการตระหนักรู้ในศักยภาพตนเอง เช่น ความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองและการตระหนักถึงโอกาส ซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างแนวคิดด้านผู้ประกอบการ (Bandura, 1997; Krueger, 2017) แต่กลับพบว่างานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดผู้ประกอบการหลายชิ้นเป็นการศึกษาในระดับอุดมศึกษา เช่น นักศึกษาวิศวกรรม หรือหากเป็นโรงเรียนมัธยมปลายในต่างประเทศ เช่น การพัฒนาโมเดลสะเต็มศึกษาผู้ประกอบการในสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ (Eltanahy, Forawi and Mansour, 2020) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเติมเต็มช่องว่างงานวิจัยโดยการสังเคราะห์องค์ประกอบของแนวคิดผู้ประกอบการที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา และตรวจสอบความตรงเชิงประจักษ์ของโครงสร้างในบริบทการศึกษาไทย

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการพัฒนากรอบแนวคิดเกี่ยวกับแนวคิดผู้ประกอบการตามบริบทและยุคสมัย เริ่มจาก McGrath and MacMillan (2000) ที่มองแนวคิดผู้ประกอบการในมิติของการตระหนักถึงโอกาสและความสามารถในการลงมือกระทำภายใต้ความไม่แน่นอน ซึ่งสะท้อนแนวคิดเชิงธุรกิจและการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ ต่อมา Daspit, Fox and Findley (2023) ได้สังเคราะห์องค์ประกอบของแนวคิดผู้ประกอบการจากวรรณกรรมหลากหลายสาขา จนได้กรอบแนวคิดแบบบูรณาการ ที่ประกอบด้วย 6 มิติ ได้แก่ การสร้างคุณค่า การตระหนักและลงมือจากโอกาส ความสามารถในการปรับตัวและความยืดหยุ่น มุมมองเชิงความคิด การตัดสินใจภายใต้ข้อมูลจำกัด และการทำงานภายใต้สภาวะไม่แน่นอนและซับซ้อน แต่อย่างไรก็ตามงานของ Daspit ยังเน้นบริบทของผู้ประกอบการในระดับอุดมศึกษาและภาคอุตสาหกรรมมากกว่าการศึกษาขั้นพื้นฐาน Kaya-Capocci and Peters-Burton (2023) ได้ขยายแนวคิดผู้ประกอบการเข้าสู่บริบทการศึกษาสะเต็มโดยเสนอโมเดลที่เน้นการบูรณาการทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์และนวัตกรรมเข้ากับการสร้างคุณค่าเชิงสังคม เพื่อส่งเสริมสมรรถนะเชิงผู้ประกอบการในระดับมัธยมศึกษา อย่างไรตามงานวิจัยในแนวทางนี้ส่วนใหญ่ยังคงอิงบริบทตะวันตก ซึ่งมีลักษณะวัฒนธรรมการเรียนรู้และค่านิยมทางเศรษฐกิจที่แตกต่างจากบริบทของประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้น ช่องว่างสำคัญจึงอยู่ที่การขาดการศึกษาเชิงประจักษ์เกี่ยวกับโครงสร้างของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทนักเรียนมัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ของไทย ซึ่งมีลักษณะการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการคิดเชิงสร้างสรรค์และคุณค่าทางสังคม อีกทั้งยังมีค่านิยมทางวัฒนธรรมที่เน้นการสร้างคุณค่าร่วมมากกว่าการแสวงหาผลประโยชน์ส่วนบุคคล จึงเป็นการเน้นย้ำความจำเป็นในการมุ่งเติมเต็มช่องว่างดังกล่าว โดยการสังเคราะห์และยืนยันองค์ประกอบของแนวคิดผู้ประกอบการที่สอดคล้องกับบริบทการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาไทย

กรอบแนวคิดงานวิจัยนี้สังเคราะห์องค์ประกอบหลักของแนวคิดผู้ประกอบการจากงานของ Daspit, Fox and Findley (2023) เนื่องเป็นผลมาจากการสังเคราะห์วรรณกรรมแบบหลายสาขาวิชากับแนวคิดที่เกี่ยวข้องในสาขาการศึกษาสะเต็มและการเป็นผู้ประกอบการซึ่งมีจุดแข็งในความครอบคลุมด้านแนวคิด ร่วมกับการตีความจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดผู้ประกอบการอื่น Alkaabi and Senghore (2024), Deveci and Seikkula-Leino (2023), Eltanahy, Forawi and Mansour (2020), Kaya-Capocci and Peters-Burton (2023), Kidman *et al.* (2023), McGrath and MacMillan (2000), Pinto *et al.* (2024), Ribeiro *et al.* (2023) ปรับองค์ประกอบ 5 องค์ประกอบหลักจาก Daspit, Fox and Findley (2023) ได้แก่

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

1) การตระหนักถึงโอกาส (Opportunity recognition) คือ ความสามารถในการสำรวจและค้นหา ประเมิน และตัดสินใจอย่างรวดเร็ว ซึ่งต้องอาศัยการผสมผสานระหว่างการประมวลผลข้อมูล ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม และความเด็ดขาดในการลงมือทำอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ (Daspit, Fox and Findley, 2023; Shane and Venkataraman, 2000; Cunningham *et al*., 2023) 2) ความสามารถในการปรับตัว (Adaptability) คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยน ปรับตัว และมีความยืดหยุ่นในการคิดและการกระทำ เพื่อรับมือกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงการเปิดรับแนวคิดใหม่ ๆ และเรียนรู้จากประสบการณ์เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Daspit, Fox and Findley, 2023; Bolzani and Luppi, 2021; Naumann, 2017) 3) การแก้ปัญหา (Problem-solving) ความสามารถในการระบุ ทำความเข้าใจ วิเคราะห์ และสร้างสรรค์แนวทางแก้ไขสำหรับปัญหาที่ซับซ้อนและไม่ชัดเจน (Alkaabi and Senghore, 2024; Daspit, Fox and Findley, 2023; Pachnowski *et al*., 2023) 4) การสร้างคุณค่า (Value Creation) การประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อพัฒนาธุรกิจหรือนวัตกรรมที่มีผลลัพธ์เป็นรูปธรรมให้กับลูกค้า ชุมชน หรือสังคม (Daspit, Fox and Findley, 2023; Kidman *et al*., 2023) และ 5) ความไม่แน่นอนและสภาวะซับซ้อน (Uncertainty & Complex Conditions) ความสามารถในการปรับตัวและคงความยืดหยุ่นในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและไม่แน่นอน (Daspit, Fox and Findley, 2023)

การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน จึงถูกนำมาใช้เป็นระเบียบวิธีหลักในการตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างแนวคิดผู้ประกอบการที่สังเคราะห์ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันว่า ตัวชี้วัดแต่ละข้อสามารถสะท้อนองค์ประกอบแฝงได้อย่างมีนัยสำคัญตามทฤษฎีที่ตั้งไว้ (Hair *et al*., 2019) การประยุกต์ใช้ CFA ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ยืนยันความตรงเชิงบรรจุ และความตรงจำเพาะ ของตัวแปรแฝงและยังสามารถทดสอบความพอดีของโมเดลเชิงแนวคิด ว่าสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในบริบทของนักเรียนมัธยมศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยหรือไม่

แม้ว่างานวิจัยด้านแนวคิดผู้ประกอบการจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่การศึกษาส่วนใหญ่ยังมุ่งเน้นไปที่กลุ่มนักศึกษาในระดับอุดมศึกษา หรือผู้ประกอบการในภาคธุรกิจ ขณะที่งานวิจัยเชิงประจักษ์ที่มุ่งตรวจสอบโครงสร้างของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยเฉพาะนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ยังมีอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้งานวิจัยจำนวนมากยังให้ความสำคัญกับการรายงานความตรงเชิงบรรจุและความเที่ยงของเครื่องมือ แต่ยังขาดการอภิปรายเชิงลึกเกี่ยวกับความท้าทายด้านความตรงเชิงแยกต่าง เมื่อองค์ประกอบของแนวคิดผู้ประกอบการมีความสัมพันธ์กันสูง งานนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลัก 2 ข้อ เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ของแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อศึกษาระดับแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับแนวคิดผู้ประกอบการตามเพศและช่วงชั้น ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจสอบความตรงของโมเดลผ่าน CFA ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาเครื่องมือการประเมินที่เชื่อถือได้และมีคุณภาพสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา และการมีกรอบแนวคิดที่ชัดเจนจะช่วยเป็นพื้นฐานในการออกแบบหลักสูตรและกลยุทธ์การสอนที่มีประสิทธิภาพได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์องค์ประกอบและการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) ของแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
2. เพื่อศึกษาระดับแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของแนวคิดผู้ประกอบการตามเพศและช่วงชั้น

คำถามวิจัย

1. แนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาประกอบด้วยองค์ประกอบใดบ้าง และโมเดลองค์ประกอบดังกล่าวมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ตามการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) หรือไม่
2. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษามีระดับแนวคิดผู้ประกอบการอยู่ในระดับใด และแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนมีความแตกต่างกันตามเพศและช่วงชั้นหรือไม่

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณแบบสำรวจ ที่ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (CFA) เพื่อทดสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงแนวคิดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของตัวแปรแฝง (Kline, 2016; Hair *et al*., 2019) กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 601 คน

(ชาย 309 หญิง 292) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลได้ครอบคลุมในระดับมัธยมศึกษา และจำนวนมากพอในการวิเคราะห์เชิงสถิติ การได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นการสุ่มอย่างง่าย

การเก็บและรวบรวมข้อมูล

แบบสอบถามแนวคิดผู้ประกอบการ แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ ชื่อโรงเรียน เพศ ระดับชั้นที่ศึกษา เพื่อใช้จำแนกลักษณะของกลุ่มตัวอย่างและอธิบายบริบทของผู้ตอบ และตอนที่ 2 วัดแนวคิดผู้ประกอบการทั้ง 5 องค์ประกอบ ใช้มาตรวัดค่า 5 ระดับ ตามแนวทางของ Likert's Scale ที่มักใช้ในการวัดทัศนคติ ความเชื่อ หรือแนวคิดที่เป็นเชิงพฤติกรรมและความรู้สึก จำนวน 20 ข้อคำถาม โดยข้อคำถามสังเคราะห์จากคำจำกัดความและพฤติกรรมบ่งชี้ของแต่ละองค์ประกอบ การตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่า IOC = 0.9 ซึ่งผ่านเกณฑ์ IOC ≥ 0.5 เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 601 คน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 เก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนทุกคนในโรงเรียนเพื่อให้ครอบคลุมในทุกระดับชั้นมัธยมศึกษาผ่านแบบสอบถามออนไลน์ที่จัดทำขึ้นในรูปแบบ Google Form โดยเผยแพร่ลิงก์แบบสอบถามผ่านช่องทางสื่อสารภายในโรงเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ใช้เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลเชิงโครงสร้างและองค์ประกอบกับข้อมูลเชิงประจักษ์ รวมทั้งเพื่อประเมินค่าน้ำหนักของตัวแปรสังเกตที่ใช้ในการสร้างตัวบ่งชี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบสอบถาม การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม R (lavaan) โดยใช้ตัวประมาณค่า DWLS เนื่องจากข้อมูลเป็นมาตราส่วนลำดับ และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลด้วยดัชนี CFI, TLI, RMSEA และ SRMR ค่าความเที่ยงของแบบสอบถามคำนวณด้วย Composite Reliability (CR), McDonald's Omega และ AVE การตรวจสอบความแตกต่างของเพศและช่วงชั้นดำเนินการด้วยการทดสอบ Independent Samples t-test โดยระดับนัยสำคัญที่ .05 ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาตีความเชื่อมโยงกับเชิงทฤษฎีด้านพฤติกรรมผู้ประกอบการ และนำเสนอในรูปแบบตาราง และภาพโมเดลลำดับที่สอง เพื่ออธิบายโครงสร้างและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในกรอบแนวคิดผู้ประกอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัยนำเสนอเป็นสองส่วน ส่วนแรกแสดงผลการตรวจสอบความพอดีของโมเดลการวัดแนวคิดผู้ประกอบการด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เพื่อประเมินความสอดคล้องของโมเดลเชิงทฤษฎีกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยรายงานค่าดัชนีความพอดีของโมเดล (Model Fit Indices) และค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loadings) ของแต่ละมิติผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแฝง (Latent Correlations) เพื่อประเมินความตรงแยกต่าง (Discriminant Validity) พร้อมการตีความผลลัพธ์ในเชิงโครงสร้าง ส่วนที่สองนำเสนอการเปรียบเทียบค่าระดับแนวคิดผู้ประกอบการเฉลี่ยตามเพศและช่วงชั้น

ผลการวิเคราะห์โมเดลแนวคิดผู้ประกอบการ

ผลการวิเคราะห์โมเดลแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาโดยใช้วิธีประมาณค่า DWLS เนื่องจากตัวแปรสังเกตทั้งหมดวัดด้วยมาตราส่วนลิเคิร์ต 5 ระดับ ซึ่งจัดเป็นข้อมูลเชิงลำดับ ซอฟต์แวร์ lavaan 0.6-20 จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 601 คน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ดัชนีความพอดีของโมเดลแนวคิดผู้ประกอบการ (Model Fit Indices)

ดัชนีความพอดี (Fit Index)	ค่า	เกณฑ์อ้างอิงทั่วไป	การตีความ
χ^2 (Chi-square) (df=114)	167.75, p=.001	p > .05 (ยอมรับได้ในกรณีที่มีขนาดตัวอย่างใหญ่) χ^2/df<3	อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้
CFI	0.996	≥ 0.95	ดีเยี่ยม
TLI	0.995	≥ 0.95	ดีเยี่ยม
RMSEA	0.028	≤ 0.05	ดีมาก
SRMR	0.048	≤ 0.08	ดี

แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก (CFI = 0.996, TLI = 0.995, RMSEA = 0.028, SRMR = 0.048) ตามเกณฑ์ของ Hair *et al*. (2019) และ Schumacker and Lomax (2016) ดังนั้นโมเดลมีความพอดีในระดับดีเยี่ยมโดยไม่มีค่าผิดปกติทางสถิติ ซึ่งยืนยันว่าโครงสร้างแนวคิด 5 องค์ประกอบมีความเหมาะสมกับข้อมูลจริง จึง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

สามารถยืนยันได้ว่าโครงสร้างแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทนักเรียนมัธยมศึกษาไทยมีความเหมาะสมและมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างในระดับสูง

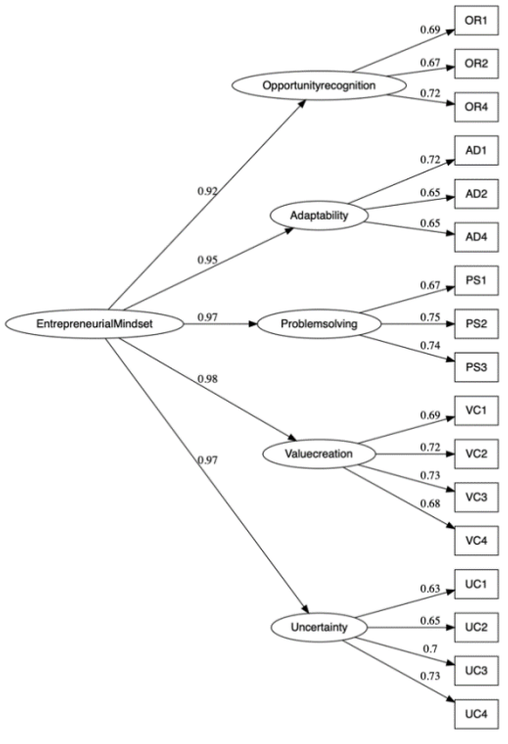
ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน (Standardized Factor Loadings)

ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวบ่งชี้ทุกข้อมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน ตั้งแต่ 0.63–0.74 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกข้อ แสดงว่าแต่ละข้อสามารถสะท้อนองค์ประกอบแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ตารางที่ 2 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐาน

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัด	ค่าโหลดมาตรฐาน (Std.all)	การตีความ
Opportunity Recognition	OR1 OR2 OR4	0.69–0.72	อยู่ในเกณฑ์ดี
Adaptability	AD1 AD2 AD4	0.65–0.72	อยู่ในเกณฑ์ดี
Problem Solving	PS1 PS2 PS3	0.67–0.75	อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
Value Creation	VC1 VC2 VC3 VC4	0.69–0.73	อยู่ในเกณฑ์ดี
Uncertainty Acceptance	UC1 UC2 UC3 UC4	0.63–0.73	อยู่ในเกณฑ์ดี

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.63–0.74 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ 0.50 นัยสำคัญทางสถิติที่ .05 แสดงให้เห็นว่าตัวชี้วัดแต่ละข้อสามารถสะท้อนองค์ประกอบแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hair *et al.*, 2019; Kline, 2016) โดยเฉพาะองค์ประกอบด้านการแก้ปัญหา และการสร้างคุณค่า ที่มีค่าโหลดอยู่ในระดับดีมาก สะท้อนถึงความชัดเจนของโครงสร้างแนวคิดผู้ประกอบการในเชิงทฤษฎีและเชิงประจักษ์



ภาพที่ 1 โมเดลโครงสร้างแนวคิดผู้ประกอบการลำดับที่สอง (Second-order CFA Model)

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อย (Factor Correlations)

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อย อยู่ในช่วง 0.872–0.952 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงแต่ไม่เกินเกณฑ์ความซ้ำซ้อนเชิงโครงสร้าง ($r < .97$) อ้างอิงตามเกณฑ์ของ Kline (2016), Hair *et al.* (2019) โดยเฉพาะการสร้างคุณค่ากับการแก้ปัญหาและ การรับมือกับความไม่แน่นอน มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดมากที่สุด แสดงถึงการเชื่อมโยงระหว่างการสร้างคุณค่ากับ

การแก้ปัญหาและการรับมือกับความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างแฟกเตอร์ขององค์ประกอบกรอบความคิดผู้ประกอบการ

Factor	1 OR	2 AD	3 PS	4 VC	5 UA	6 EM
1. Opportunity Recognition	1.000					
2. Adaptability	0.872	1.000				
3. Problem Solving	0.891	0.914	1.000			
4. Value Creation	0.903	0.926	0.947	1.000		
5. Uncertainty Acceptance	0.896	0.918	0.939	0.952	1.000	
6. Entrepreneurial Mindset (Second-order)	0.922	0.945	0.967	0.980	0.972	1.000

แม้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบอยู่ในระดับสูง (r = 0.872–0.952) ซึ่งใกล้เกณฑ์ structural redundancy (Kline, 2016; Hair *et al.*, 2019) แต่ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จึงสะท้อนว่ามิติของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทไทยมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในลักษณะของ ระบบความคิดแบบองค์รวมมากกว่าจะเป็นมิติที่แยกขาดจากกัน

ความเชื่อมั่นและความตรงเชิงบรรจุ (Reliability and Validity)

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นและความตรงเชิงบรรจุของโมเดลแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความเชื่อมั่นและความตรงเชิงบรรจุ

องค์ประกอบ	CR (α)	ω	AVE	การประเมิน
Opportunity Recognition	0.74	0.74	0.49	ดี
Adaptability	0.71	0.71	0.45	ยอมรับได้
Problem Solving	0.76	0.76	0.52	ดี
Value Creation	0.8	0.8	0.5	ดีมาก
Uncertainty Acceptance	0.77	0.77	0.46	ดี

ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นและความตรงเชิงบรรจุของโมเดลพบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแต่ละองค์ประกอบ อยู่ระหว่าง 0.71–0.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่แนะนำ (.70) สะท้อนถึงความสม่ำเสมอภายในของตัวชี้วัดแต่ละมิติอยู่ในระดับดี (Hair *et al.*, 2019) ส่วนค่า AVE อยู่ระหว่าง 0.45–0.52 แม้บางองค์ประกอบมีค่า AVE ต่ำกว่าเกณฑ์ .50 เล็กน้อย แต่เนื่องจากทุกองค์ประกอบมีค่า CR เกิน .70 จึงถือว่าผ่านเกณฑ์ความตรงเชิงบรรจุ ตามข้อเสนอของ Hair *et al.* (2019) และ Fornell and Larcker (1981) ซึ่งยืนยันได้ว่า ตัวชี้วัดสามารถอธิบายความแปรปรวนขององค์ประกอบแฝงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยส่วนที่ 2 ระดับแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนและความแตกต่างตามเพศและช่วงชั้น

กลุ่มนักเรียนทั้งหมด 601 คน (เพศชาย 51.4%, หญิง 48.6%) มีสัดส่วนระดับมัธยมต้น 40.4% และมัธยมปลาย 59.6% ซึ่งถือว่ากลุ่มตัวอย่างมีความสมดุลทางเพศและครอบคลุมช่วงวัยการเรียนรู้ที่สำคัญในการพัฒนาแนวคิดผู้ประกอบการ

ตารางที่ 5 สถิติประชากรของผู้ตอบแบบสอบถามในการสำรวจจริง

สถิตินักเรียน	ประเภท	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
เพศ	ชาย	309	51.41
	หญิง	292	48.59
ช่วงชั้น	ม.ต้น	243	40.43
	ม.ปลาย	358	59.57

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ตารางที่ 6 ความแตกต่างระหว่างเพศ

มิติของ EM	ชาย (M)	หญิง (F)	Δ(M-F)	t	p	Sig(p<.05)
OR	4.107	4.071	0.035	0.666	0.505	x
AD	4.383	4.338	0.050	1.015	0.310	x
PS	4.198	4.168	0.022	0.502	0.615	x
VC	4.214	4.213	0.004	0.084	0.932	x
UC	4.221	4.114	0.094	2.080	0.037	/
EM_total	21.124	20.904	0.22	0.986	0.324	x

จากตารางที่ 6 พบว่านักเรียนชายมีค่าเฉลี่ยในมิติ การยอมรับความไม่แน่นอน (UC) สูงกว่านักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (p = 0.035) สะท้อนว่าผู้เรียนชายมีแนวโน้มที่จะรับมือกับความไม่แน่นอนและการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงได้ดีกว่า ส่วนมิติอื่นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 7 ความแตกต่างระหว่างระดับชั้น

มิติของ EM	ม.ต้น	ม.ปลาย	Δ	t	p	Sig(p<.05)
OR	3.999	4.151	0.152	2.686	0.007	/
AD	4.254	4.434	0.180	3.485	0.0005	/
PS	4.071	4.26	0.188	3.422	0.0006	/
VC	4.114	4.281	0.167	3.158	0.0016	/
UC	4.079	4.23	0.151	2.892	0.0038	/
EM_total	20.517	21.356	0.839	3.657	0.0003	/

จากตารางที่ 7 พบว่านักเรียนระดับมัธยมปลายมีคะแนนเฉลี่ยของทุกมิติในกรอบความคิดเชิงผู้ประกอบการสูงกว่ามัธยมต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < .05) แสดงถึงพัฒนาการเชิงบวกของความสามารถด้านการตระหนักโอกาส การปรับตัว การแก้ปัญหา การสร้างคุณค่า และการรับมือกับความไม่แน่นอน

การอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสังเคราะห์และตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทของนักเรียนมัธยมศึกษาไทย ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันลำดับที่สองยืนยันว่าโมเดลแนวคิดผู้ประกอบการซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ การตระหนักถึงโอกาส ความสามารถในการปรับตัว การแก้ปัญหา การสร้างคุณค่า และการยอมรับความไม่แน่นอน มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก

โมเดลแนวคิดผู้ประกอบการลำดับที่สองสนับสนุนกรอบแนวคิดของ Daspit, Fox and Findley (2023) ที่เสนอว่าแนวคิดผู้ประกอบการเป็นโครงสร้างเชิงพหุมิติที่สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรแฝงลำดับที่สอง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้ขยายขอบเขตความรู้โดยแสดงให้เห็นว่าโครงสร้าง 5 องค์ประกอบนี้มีความเหมาะสมและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงกับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับ Naumann (2017) ที่มองว่าแนวคิดผู้ประกอบการเป็นรูปแบบการคิดและการตัดสินใจที่ยืดหยุ่นภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยอยู่ในระดับค่อนข้างสูงสะท้อนความท้าทายเชิงทฤษฎีที่สำคัญต่อสมมติฐานว่ามิติทั้งห้าเป็นโครงสร้างที่แยกจากกันอย่างชัดเจน โดยการที่แต่ละองค์ประกอบมีความสัมพันธ์แน่นแฟ้นสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะการคิดแบบองค์รวมของผู้เรียน โดยเฉพาะในบริบทของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้เรียนมักบูรณาการการแก้ปัญหา การสร้างคุณค่า และการรับมือกับความไม่แน่นอนในกระบวนการเดียวกัน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับ Cui and Bell (2022) ที่ได้ระบุว่าพฤติกรรมผู้ประกอบการเป็นกระบวนการคิดแบบบูรณาการที่ทำงานร่วมกันในสถานการณ์จริง ไม่ได้เป็นชุดทักษะที่แยกจากกัน ดังนั้น ค่าสหสัมพันธ์ที่สูงจึงอาจบ่งชี้ได้ว่าความคิดเชิงผู้ประกอบการในกลุ่มนักเรียนไทยมีลักษณะที่เชื่อมโยงและซ้อนทับกันมากกว่าการจำแนกเป็นมิติที่ตัดขาดจากกัน

ซึ่งเป็นประเด็นที่ควรได้รับการตรวจสอบเพิ่มเติมในอนาคตด้วยเทคนิคเชิงโครงสร้างขั้นสูง เช่น Structural Equation Modeling (SEM) เพื่อทำความเข้าใจกลไกภายในของแนวคิดนี้อย่างละเอียดมากขึ้น

จากการพิจารณาองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักสูงสุดในการสะท้อนแนวคิดผู้ประกอบการโดยรวมคือ การสร้างคุณค่า (β = 0.98) รองลงมาคือ การแก้ปัญหา (β = 0.97) และการยอมรับความไม่แน่นอน (β = 0.97) ผลลัพธ์นี้เน้นย้ำว่าในบริบทของนักเรียนโรงเรียนวิทยาศาสตร์ แกนหลักของความเป็นผู้ประกอบการคือคือความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้เพื่อสร้างคุณค่าใหม่ การแก้ปัญหาในสภาวะจริง การยอมรับความไม่แน่นอน ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับแนวคิดการศึกษาสะเต็มยุคใหม่ที่เชื่อมโยงทักษะศตวรรษที่ 21 เข้ากับการเป็นผู้ประกอบการ ดังที่ Kaya-Capocci and Peters-Burton (2023) อธิบายว่า “STEM-based Entrepreneurial Mindset” คือการบูรณาการความคิดเชิงนวัตกรรมเข้ากับการสร้างคุณค่าทางสังคมหรือเศรษฐกิจ ในทางกลับกัน McGrath and MacMillan (2000) รวมถึง Krueger (2017) มองว่า การตระหนักถึงโอกาสคือหัวใจหลักของผู้ประกอบการในมุมมองตะวันตก ดังนั้นการที่งานนี้พบว่าการสร้างคุณค่ามีอิทธิพลสูงสุด จึงอาจสะท้อนการเปลี่ยนโครงสร้างความหมายของแนวคิดผู้ประกอบการในบริบทไทย จากการแสวงหาโอกาสเพื่อผลประโยชน์ไปสู่การสร้างคุณค่าเพื่อประโยชน์ร่วม

นอกจากนี้การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบยังแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการตามช่วงวัย โดยนักเรียนมัธยมปลายมีคะแนนเฉลี่ยในทุกมิติสูงกว่านักเรียนมัธยมต้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางปัญญาที่ระบุว่าความสามารถในการคิดเชิงระบบและการมองการณ์ไกลจะพัฒนาเด่นชัดในวัยรุ่นตอนปลาย (Krueger, 2017) ส่วนความแตกต่างระหว่างเพศพบเพียงมิติเดียวคือ การยอมรับความไม่แน่นอน โดยนักเรียนชายมีแนวโน้มรับมือกับความเสี่ยงได้ดีกว่า (Harris, Jenkins and Glaser, 2006) อย่างไรก็ตาม การที่ไม่พบความแตกต่างในมิติหลักอื่น ๆ ชี้ให้เห็นว่าศักยภาพด้านแนวคิดผู้ประกอบการอาจไม่ขึ้นอยู่กับเพศ แต่ขึ้นกับประสบการณ์การเรียนรู้และบริบททางการศึกษามากกว่า

โดยสรุปแล้วผลการวิจัยนี้ไม่เพียงยืนยันความตรงของโมเดลแนวคิดผู้ประกอบการ แต่ยังขยายความเข้าใจทางทฤษฎีในเชิงบูรณาการและบริบทคือแสดงให้เห็นว่าแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนมัธยมศึกษาไทยมีลักษณะเป็นระบบความคิดแบบองค์รวม ที่ศูนย์กลางอยู่ที่การสร้างคุณค่า การแก้ปัญหา และการยอมรับความไม่แน่นอน

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผล

ผลการวิจัยยืนยันความตรงเชิงโครงสร้างของโมเดลแนวคิดผู้ประกอบการที่เหมาะสมกับนักเรียนมัธยมศึกษาไทย ซึ่งประกอบด้วย 5 องค์ประกอบย่อย ได้แก่ การตระหนักถึงโอกาส ความสามารถในการปรับตัว การแก้ปัญหา การสร้างคุณค่า และการยอมรับความไม่แน่นอน โดยโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีเยี่ยม ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบย่อยที่ค่อนข้างสูง ชี้ให้เห็นว่าแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนมีลักษณะเป็น ระบบความคิดแบบองค์รวมมากกว่าการแยกเป็นมิติย่อยอย่างชัดเจน ขณะเดียวกันการสร้างคุณค่าที่มีอิทธิพลสูงสุด สะท้อนบริบทของผู้เรียนที่ให้ความสำคัญต่อการสร้างคุณค่าร่วมและการแก้ปัญหาที่เกิดประโยชน์ต่อสังคม มากกว่าการแสวงหาโอกาสทางเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้สามารถใช้เป็นกรอบแนวคิดและเครื่องมือประเมินสมรรถนะผู้เรียนเชิงผู้ประกอบการได้อย่างเหมาะสม การมีโมเดลที่ผ่านการตรวจสอบเชิงประจักษ์นี้สามารถใช้เป็นกรอบแนวคิดที่ชัดเจนสำหรับครูและผู้พัฒนาหลักสูตร เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการบูรณาการสะเต็มเข้ากับการสร้างคุณค่าและการแก้ปัญหา นอกจากนี้ แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือประเมินสมรรถนะผู้เรียนที่เชื่อถือได้ เพื่อติดตามพัฒนาการและสนับสนุนนโยบายการสร้างนวัตกรในระดับมัธยมศึกษาต่อไป และเมื่อนำมาวิเคราะห์ในเชิงเปรียบเทียบพบว่านักเรียนมัธยมปลายมีแนวคิดผู้ประกอบการมากกว่ามัธยมต้น และแนวคิดผู้ประกอบการไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศในนักเรียนระดับมัธยม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำไปใช้ทางการศึกษา

แบบสอบถามนี้ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างแล้วเป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้ ดังนั้นครูอาจใช้ในการประเมินและติดตามพัฒนาการแนวคิดผู้ประกอบการของนักเรียนในบริบทจริงได้ และเนื่องจากผลการวิจัยชี้ว่า การสร้างคุณค่าและการแก้ปัญหา เป็นหัวใจสำคัญของแนวคิดผู้ประกอบการผู้พัฒนาหลักสูตรจึงควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ เช่น การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน หรือ สะเต็มศึกษา ที่ท้าทายให้นักเรียนประยุกต์ความรู้เพื่อสร้างคุณค่าและแก้ปัญหา พร้อมพัฒนามิติของการตระหนักถึงโอกาส ความสามารถในการปรับตัว และการยอมรับความไม่แน่นอน แทนที่จะเน้นเพียงองค์ประกอบใดองค์ประกอบหนึ่ง นอกจากนี้ครูอาจมีการออกแบบการส่งเสริมแนวทางการส่งเสริมแนวคิดผู้ประกอบการที่มีความแตกต่างกันตามศักยภาพของนักเรียนที่มีความแตกต่างกันในระดับชั้นม.ต้นและม.ปลาย

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อยอด

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ทางบวกสูงระหว่างองค์ประกอบย่อย เช่น ระหว่างการสร้างคุณค่า การแก้ปัญหา และการยอมรับความไม่แน่นอน จึงควรมีการวิจัยต่อยอดโดยใช้การวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อทดสอบอิทธิพลเชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรเหล่านี้ และเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เน้นกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจมีแนวทางส่งเสริมแนวคิดผู้ประกอบการที่แตกต่างจากโรงเรียนทั่วไป ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบโมเดลนี้ซ้ำในบริบทที่หลากหลาย (Cross-context Validation) เพิ่มขึ้น เช่น บริบทโรงเรียนมัธยมทั่วไป หรือโรงเรียนสายอาชีวศึกษา เพื่อตรวจสอบความคงที่ของโครงสร้างโมเดล และในแง่ของการอธิบายผลเชิงปริมาณที่พบ เช่น ความแตกต่างระหว่างเพศในมิติการยอมรับความไม่แน่นอน หรือการเพิ่มขึ้นของแนวคิดผู้ประกอบการในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรมีการวิจัยเชิงคุณภาพ เช่น การสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมด้วย เพื่อทำความเข้าใจประสบการณ์และกระบวนการคิดที่อยู่เบื้องหลังการพัฒนาแนวคิดผู้ประกอบการของผู้เรียน

ข้อจำกัดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลจากนักเรียนในโรงเรียนวิทยาศาสตร์จำนวน 2 โรงเรียนจากทั้งหมด 18 โรงเรียนในเครือ ซึ่งอาจยังไม่ครอบคลุมความหลากหลายของบริบทโรงเรียนทั้งหมด หรือบริบทอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น และเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาในอนาคตที่ขยายกลุ่มตัวอย่างให้ครอบคลุมโรงเรียนในเครือหรือบริบทอื่นมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ รศ.ดร.เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์ประจำหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการออกแบบงานวิจัย ปรับปรุงเนื้อหา และแนะแนวทางการเขียนบทความเพื่อการตีพิมพ์ จนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

จริยธรรมการวิจัย

ผู้วิจัยปกป้องสิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้เยาว์ โดยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ ประโยชน์ และกระบวนการวิจัยให้แก่นักเรียนทราบ โดยได้รับยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจากนักเรียนก่อนการเก็บรวบรวมข้อมูล การเข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยสมัครใจ และข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามได้รับการเก็บรักษาเป็นความลับอย่างปลอดภัย

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ในงานนี้ข้าพเจ้าได้ใช้เครื่องมือ AI ช่วยในการตรวจสอบการสะกดและไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ และการจัดเรียงรายการอ้างอิง และการช่วยหาข้อผิดพลาดปรับแก้โค้ดบางส่วนในโปรแกรม R (lavaan) เพื่อให้การป้อนคำสั่งมีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

References

Alkaabi, K. and Senghore, S. (2024). Student entrepreneurship competency and mindset: Examining the influence of education, role models, and gender. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, 13(1), 36.

Bandura, A. (1997). **Self-efficacy: The exercise of control**. New York: Freeman.

Bolzani, D. and Luppi, E. (2021). Assessing entrepreneurial competences: Insights from a business model challenge. **Education + training**, 63(2), 214-238.

Cui, J. and Bell, R. (2022) Behavioural entrepreneurial mindset: How entrepreneurial education activity impacts entrepreneurial intention and behaviour. **The International Journal of Management Education**, 20(2), 100639.

Cunningham, J. A., Damij, N., Modic, D. and Olan, F. (2023). MSME technology adoption, entrepreneurial mindset and value creation: a configurational approach. **The Journal of Technology Transfer**, 48(5), 1574-1598.

Daspit, J. J., Fox, C. J. and Findley, S. K. (2023). Entrepreneurial mindset: An integrated definition, a review of current insights, and directions for future research. **Journal of Small Business Management**, 61(1), 12 44.

Deveci, I. and Seikkula-Leino, J. (2023). The link between entrepreneurship and STEM education. In **Enhancing entrepreneurial mindsets through STEM education** (pp. 3-23). Cham: Springer International Publishing.

Eltanahy, M., Forawi, S. and Mansour, N. (2020). Incorporating entrepreneurial practices into STEM education: Development of interdisciplinary E-STEM model in high school in the United Arab Emirates. **Thinking Skills and Creativity**, 37, 100697.

Fornell, C. and Larcker, D. F. (1981). Evaluating structural equation models with unobservable variables and measurement error. **Journal of Marketing Research**, 18(1), 39–50.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. and Anderson, R. E. (2019). **Multivariate data analysis (8th ed.).** Cengage Learning.

Harris, C. R., Jenkins, M. and Glaser, D. (2006). Gender differences in risk assessment: Why do women take fewer risks than men? **Judgment and Decision Making**, 1(1), 48-63.

Haynie, J. M., Shepherd, D., Mosakowski, E. and Earley, P. C. (2010). A situated metacognitive model of the entrepreneurial mindset. **Journal of Business Venturing**, 25(2), 217-229.

Kaya-Capocci, S. and Peters-Burton, E. (Eds.). (2023). **Enhancing entrepreneurial mindsets through STEM education**. Springer.

Kidman, G., Gesthuizen, R., Tan, H. and Dielenberg, H. (2023). An entrepreneurial STEM teaching framework: integrating business and STEM education. In **Enhancing entrepreneurial mindsets through STEM education** (pp. 93-113). Cham: Springer International Publishing.

Kline, R. B. (2016). **Principles and practice of structural equation modeling.** New York: Guilford publications.

Krueger, N. (2017) Entrepreneurial Intentions Are Dead: Long Live Entrepreneurial Intentions, In **Revisiting the Entrepreneurial Mind: Inside the black box: An expanded edition (pp. 13-34)**. Cham: Springer International Publishing.

McGrath, R. G. and MacMillan, I. C. (2000). **The entrepreneurial mindset: Strategies for continuously creating opportunity in an age of uncertainty**. Harvard Business School Press.

Naumann, C. (2017). Entrepreneurial mindset: A synthetic literature review. **Entrepreneurial Business and Economics Review**, 5(3), 149–172.

Pachnowski, L. M., Plaster, K. B., Maguth, B. M. and Makki, N. (2023). From think tank to shark tank: engineer to entrepreneur. In **Enhancing entrepreneurial mindsets through STEM education** (pp. 141-163). Cham: Springer International Publishing.

Pinto, P., Pallikkara, V., Pinto, S. and Hawaldar, I. T. (2024). Unveiling the entrepreneurial mindset: Exploring orientation and intentions among students of prominent engineering disciplines. **Journal of Innovation and Entrepreneurship**, 13(1), 33.

Ribeiro, T., Silva, J., Paz, M., Cardoso, A., Teles, N., Nogueira, C. and Ribeiro, T. (2023). Strengthening bridges between STEM education and entrepreneurship: pathways to societal empowerment towards sustainability. In **Enhancing Entrepreneurial Mindsets Through STEM Education** (pp. 25-47). Cham: Springer International Publishing.

Schumacker, R. E. and Lomax, R. G. (2016). **A beginner's guide to structural equation modeling (4th ed.).** New York: Routledge.

Shane, S. and Venkataraman, S. (2000). The promise of entrepreneurship as a field of research. **Academy of Management Review**, 25 (1), 217–226.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 23 - 34
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.03

Research Article in Science Education

A Comparison of Mathematics Learning Achievement on Addition, Subtraction, Multiplication, and Division of Fractions Using TGT Cooperative Learning for Grade 5 Students

Piyaporn Srisan[1], Paweena Khansila[2,*] and Prapaporn Nongharnpituk[2]

[1]Bachelor of Education, Mathematics Major, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University

[2]Mathematics Major, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University

**Email: paweena.kh@ksu.ac.th*

Received <31 Dec. 2025>; Revised <17 Mar. 2026>; Accepted <24 Mar. 2026>

Abstract

The objectives of this research were 1) to compare mathematics learning achievement on the topic of addition, subtraction, multiplication, and division of fractions for Grade 5 students using the Team-Games-Tournament (TGT) cooperative learning technique against the 70 percent criterion; 2) to compare mathematics learning achievement before and after the implementation of the TGT cooperative learning technique; and 3) to study Grade 5 students' satisfaction toward the learning management. The sample group consisted of 36 Grade 5 students from Ban Buakhaw School (Wunkru 2500), BuaKhao Subdistrict, Kuchinarai District, Kalasin Province, during the first semester of the 2025 academic year, selected via cluster random sampling. The research instruments used were lesson plans, a learning achievement test, and a satisfaction questionnaire. The statistics used for data analysis included percentage, mean, standard deviation, and t-test. The research results revealed that: 1) The learning achievement on addition, subtraction, multiplication, and division of fractions after using the TGT cooperative learning technique was higher than the determined criterion; 2) the learning achievement on addition, subtraction, multiplication, and division of fractions using the TGT cooperative learning technique was significantly higher than before learning at the .05 level; and 3) the students' satisfaction toward the learning management was at a high level ($\bar{x}$= 4.42, $S.D.$= 0.77).

Keywords: Mathematics Achievement; Fraction Operations; TGT Technique

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก ลบ คูณ และหารเศษส่วน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ปิยพร ศรีสาร[1] ปวีณา ขันธ์ศิลา[2,*] และ ประภาพร หนองหารพิทักษ์[2]

[1]*ครุศาสตรบัณฑิต วิชาเอกคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*

[2]*วิชาเอกคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*

**Email: paweena.kh@ksu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านบัวขาว (วันครู 2500) ตำบลบัวขาว อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวนนักเรียน 36 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ แบบวัดความพึงพอใจ ค่าสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน หลังใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.42, $S.D.$= 0.77)

คำสำคัญ: ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน; เศษส่วน; เทคนิค TGT

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

ปัจจุบันมีพลวัตการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ส่งผลให้คณิตศาสตร์กลายเป็นวิชาพื้นฐานที่มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาศักยภาพของผู้เรียน ทั้งในด้านทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผล อันเป็นทักษะจำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ซึ่งสอดคล้องกับกรอบแนวคิด OECD Learning Compass 2030 ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนเพื่อเผชิญกับความท้าทายในโลกอนาคต (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2019) อีกทั้งคณิตศาสตร์ยังเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนากระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเอื้อต่อการวางแผน การตัดสินใจ และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ตามเจตนารมณ์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Ministry of Education, 2008) เจตนารมณ์ดังกล่าวสอดรับกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2562 มาตรา 22 ที่กำหนดให้การจัดการศึกษาต้องยึดผู้เรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ ซึ่งเป็นหลักการสำคัญในการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Office of the Basic Education Commission, 2019) ควบคู่ไปกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้นได้อย่างมีคุณภาพ (Ministry of Education, 2017)

เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ทางการศึกษาในปัจจุบัน พบว่าสภาพความเป็นจริงของการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังไม่สอดคล้องกับเป้าหมายและเจตนารมณ์ดังกล่าว โดยในระดับนานาชาติองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนาได้เน้นย้ำว่าความสามารถทางคณิตศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญที่ผู้เรียนควรมี เพื่อใช้ในการคิดเชิงเหตุผล การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง จากรายงานผลการประเมินสมรรถนะนักเรียนระดับนานาชาติ PISA 2022 พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์เท่ากับ 394 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประเทศ OECD ที่มีคะแนนเฉลี่ย 472 คะแนน สะท้อนให้เห็นถึงช่องว่างด้านคุณภาพการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยเมื่อเปรียบเทียบกับนานาชาติ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2024) เมื่อพิจารณาในระดับประเทศ ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2566 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนไทยอยู่ในระดับค่อนข้างไม่ผ่านเกณฑ์เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการเรียนรู้ที่คาดหวัง ซึ่งสะท้อนถึงความจำเป็นในการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างเร่งด่วน (National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2024)

จากสถานการณ์ดังกล่าว เมื่อนำมาพิจารณาเชื่อมโยงกับบริบทการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียน พบว่าเนื้อหาคณิตศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เศษส่วน ซึ่งเป็นพื้นฐานของแนวคิดทางคณิตศาสตร์หลายด้าน เช่น ทศนิยม ร้อยละ อัตราส่วน และพีชคณิต (National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000; Ministry of Education, 2017) ความเข้าใจเรื่องเศษส่วนจึงมีบทบาทสำคัญต่อความต่อเนื่องของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น อย่างไรก็ตาม ในระดับชั้นเรียน โดยเฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนจำนวนมากยังประสบปัญหาในการทำความเข้าใจแนวคิดของเศษส่วนและการดำเนินการบวก ลบ คูณ และหารเศษส่วน เนื่องจากเนื้อหามีลักษณะเชิงนามธรรมและต้องอาศัยความเข้าใจเชิงแนวคิด ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนและไม่สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Siegler, Thompson and Schneider, 2011) ซึ่งการพัฒนาทักษะการคำนวณเศษส่วนมิใช่เพียงการฝึกทักษะเฉพาะเรื่อง แต่เป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างสมรรถนะทางคณิตศาสตร์โดยรวม และจากประสบการณ์การจัดการเรียนรู้ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ของผู้วิจัย พบว่านักเรียนยังมีข้อผิดพลาดเชิงกระบวนการในขั้นตอนสำคัญ เช่น การทำส่วนให้เท่ากัน การคูณไขว้ และทำให้เป็นเศษส่วนอย่างต่ำ ส่งผลให้คำตอบคลาดเคลื่อนและคะแนนแบบทดสอบคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ปัญหาดังกล่าวสะท้อนความจำเป็นในการออกแบบกิจกรรมที่มุ่งฝึกปฏิบัติซ้ำอย่างมีเป้าหมาย ควบคู่กับการตรวจสอบความถูกต้องอย่างเป็นระบบ และเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ ด้วยเหตุนี้ จึงนำการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้ผู้เรียนได้รู้จักการเรียนรู้ร่วมกันในรูปแบบทีม การฝึกทำแบบฝึกหัด และการแข่งขันผ่านเกมวิชาการที่เน้นความรับผิดชอบรายบุคคล ซึ่งการดำเนินการในรูปแบบนี้อาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนเพิ่มขึ้น

การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นโดย Slavin มีจุดเด่นในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จัดให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย และใช้เกมทางวิชาการร่วมกับการแข่งขันอย่างสร้างสรรค์เพื่อเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ (Slavin, 2010) กระบวนการดังกล่าวเอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และพัฒนาทักษะทางสังคมควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านวิชาการ (Johnson and Johnson, 2009) นอกจากนี้ งานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศจำนวนมากได้ยืนยันตรงกันว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สามารถส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการ

แก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะงานวิจัยในบริบทของประเทศไทยพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิค TGT ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เพิ่มการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และส่งเสริมทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (Sawangsuk, Promluang and Jenjit, 2020; Puangchuen and Khamrat, 2022; Angkatreerat and Wiwanthamongkon, 2020) จากข้อค้นพบดังกล่าว จึงเห็นได้ว่าการนำเทคนิค TGT มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะในเนื้อหาที่ผู้เรียนประสบปัญหาอย่างเรื่องเศษส่วน มีศักยภาพในการช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงแนวคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

จากสภาพปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้รูปแบบดังกล่าว ผลการวิจัยในครั้งนี้ไม่เพียงแต่จะช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น แต่ยังเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วม เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแผนการวิจัยแบบทดลองกลุ่มเดียว มีการวัดก่อนการทดลอง 1 ครั้ง และหลังการทดลอง 1 ครั้ง (Chookampaeng, 2010) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รูปแบบแผนการวิจัย

Group	Pretest	Treatment	Posttest
A	O_1	X	O_2

A แทน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย
X แทน การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT
O_1 แทน การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วนก่อนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT (Pretest)
O_2 แทน การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วนหลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT (Posttest)

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านบัวขาว (วันครู 2500) อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 5 ห้อง มีนักเรียน 189 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/4 จำนวน 36 คน โรงเรียนบ้านบัวขาว (วันครู 2500) อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 6 แผน รวมทั้งสิ้น 10 ชั่วโมง ซึ่งเทคนิค TGT เป็น

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

รูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้แบบร่วมมือที่ผสมผสานเกมและการแข่งขัน เหมาะสำหรับเนื้อหาที่มีคำตอบถูกต้องชัดเจน โดยมีองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ได้แก่ 1) การสอน ครูนำเสนอความคิดรวบยอดหรือบทเรียนใหม่เพื่อปูพื้นฐานความเข้าใจ 2) การจัดทีม แบ่งนักเรียนคละความสามารถเพื่อร่วมกันเตรียมความพร้อมและช่วยเหลือกัน 3) การแข่งขัน จัดโต๊ะแข่งขันโดยใช้คำถามจากเนื้อหาที่เรียนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น เพื่อนำคะแนนไปคำนวณเป็นคะแนนโบนัส และ 4) การยอมรับความสำเร็จของทีม โดยนำคะแนนรายบุคคลรวมเป็นคะแนนทีม พร้อมประกาศผลและยกย่องเพื่อเสริมแรงจูงใจ (Kallyanee, 2008) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงยึดทั้ง 4 ขั้นตอนดังกล่าวเป็นโครงสร้างหลักในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 6 แผน โดยกำหนดให้ดำเนินกิจกรรมครบทุกขั้นตอนอย่างเป็นระบบ เพื่อคงความถูกต้องตามหลักการของ TGT มิใช่เพียงการนำเกมมาใช้ประกอบการสอนภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว แม้ TGT จะไม่กำหนดรูปแบบเกมตายตัว แต่เน้นโครงสร้างการแข่งขันผ่านทีมและโต๊ะแข่งขันตามระดับความสามารถ ผู้วิจัยจึงออกแบบเกมการแข่งขันในลักษณะสื่อทำมือที่ผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยี ทั้งนี้ เกมที่ใช้เป็นเพียงเครื่องมือภายใต้โครงสร้าง TGT มิใช่รูปแบบบังคับ ครูสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบเกมได้ตามบริบท ตราบใดที่ยังคงองค์ประกอบหลัก ได้แก่ การจัดทีมคละความสามารถ การแข่งขันตามระดับ และการยกย่องทีมอย่างเป็นระบบ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวได้ผ่านการประเมินความเหมาะสมตามแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทุกแผนมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.74

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ สร้างขึ้นตามนิยามเชิงปฏิบัติการของ “ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” ซึ่งหมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการดำเนินการเกี่ยวกับเศษส่วนได้อย่างถูกต้องตามหลักการและขั้นตอนการคำนวณ โดยพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากการทดสอบ การพัฒนาแบบทดสอบยึดกรอบพฤติกรรมทางพุทธิพิสัยของ Bloom’s Taxonomy ฉบับปรับปรุง (Anderson and Krathwohl, 2001) โดยข้อสอบทั้งหมดจัดอยู่ในระดับการนำไปใช้ (Applying) เนื่องจากผู้เรียนต้องเลือกและประยุกต์ใช้กฎ สูตร และขั้นตอนที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับเศษส่วน แม้การตอบคำถามจะอาศัยความรู้ความจำและความเข้าใจเป็นพื้นฐาน แต่จากวัตถุประสงค์ของบทเรียนกำหนดให้ผู้เรียนสามารถเลือกวิธีดำเนินการและคำนวณผลลัพธ์เกี่ยวกับเศษส่วนได้อย่างถูกต้อง จึงจำแนกอยู่ในระดับนำไปใช้ทั้งหมด ทั้งนี้ ข้อสอบครอบคลุมการบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วนอย่างสมดุล เพื่อวัดความสามารถในการประยุกต์ใช้หลักการได้อย่างถูกต้อง แบบทดสอบดังกล่าวผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 และได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จากนั้นนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนอื่นในโรงเรียนเดียวกันซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 38 คน ที่มีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกับกลุ่มวิจัย โดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง เพื่อนำผลมาวิเคราะห์คุณภาพรายข้อ พบว่ามีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.32–0.76 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25–0.68 และคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.84

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ จำนวน 14 ข้อ ผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมชี้วัดด้านความพึงพอใจของนักเรียน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้ค่า (IOC) ตั้งแต่ 0.67-1.00 ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนกิจกรรม บทบาทผู้เรียน กติกาการแข่งขัน และเกณฑ์การให้คะแนนในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจ จากนั้นจัดนักเรียนแบบคละความสามารถ จำนวน 7 กลุ่ม โดยแบ่งเป็นกลุ่มละ 5 คน จำนวน 6 กลุ่ม และกลุ่มละ 6 คน จำนวน 1 กลุ่ม เพื่อให้เหมาะสมกับการจัดการแข่งขันในขั้นทัวร์นาเมนต์และเอื้อต่อการมีส่วนร่วมของผู้เรียน ทั้งนี้ใช้คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนเป็นเกณฑ์ในการจัดเรียงและแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ แล้วกระจายเข้าสู่แต่ละกลุ่มอย่างสมดุลตามหลักการของเทคนิค TGT

4.2 ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน จำนวน 20 ข้อ เวลา 1 ชั่วโมง กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือแล้ว เพื่อเก็บรวบรวมคะแนนเป็นข้อมูลพื้นฐานก่อนการทดลอง

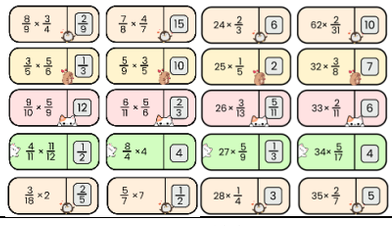
4.3 ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น ใช้เวลาในการทดลองรวมทั้งสิ้น 10 คาบ (ไม่รวมเวลาทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน) โดยในแต่ละคาบประกอบด้วยขั้นตอนการสอนเนื้อหา การเรียนรู้กลุ่มย่อย การแข่งขันเกม และการยอมรับทีมที่ชนะเลิศ ทั้งนี้ รายละเอียดขั้นการแข่งขันเกมแสดงดังภาพที่ 1

4.4 เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบตามกำหนด ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับเดิมกับที่ใช้ทดสอบก่อนเรียน

4.5 ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อรูปแบบการสอน

4.6 ผู้วิจัยนำข้อมูลคะแนนสอบก่อนเรียน คะแนนสอบหลังเรียน และผลจากแบบสอบถามความพึงพอใจ มาตรวจสอบความถูกต้องและความสมบูรณ์ของข้อมูล ก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ เพื่อสรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยในลำดับต่อไป

ตารางที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ และเกมที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เนื้อหา	เกมที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	การบวก การลบ เศษส่วน	เกมบิงโก 	1
2	การบวก การลบจำนวนคละ	เกมบิงโก 	1
3	การคูณจำนวนกับเศษส่วน และการคูณเศษส่วนกับเศษส่วน	เกมโดมิโน 	2
4	การคูณจำนวนนับกับจำนวนคละ และการคูณจำนวนคละ	เกมมาริโอ้ 	2
5	การหารจำนวนนับด้วยเศษส่วน และการหารเศษส่วนด้วยจำนวนนับ	เกมอูโน่ 	2
6	การหารเศษส่วนด้วยเศษส่วน และการหารจำนวนคละ	เกมสุ่มโจทย์ 	2

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 1 ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 1 (ก) ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 2 (ข) ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 3 (ค) ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 4 (ง) ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 5 (จ) และ ขั้นการแข่งขันเกมแผนที่ 6 (ฉ)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียน กับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบหนึ่งกลุ่มตัวอย่าง (one Samples t-test)

5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน (t-test for Dependent Samples)

5.3 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้จำแนกหัวข้อตามลำดับขั้นตอน โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ปรากฏดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.94 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.96 คิดเป็นร้อยละ 74.72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	ร้อยละ	$S.D.$	t
หลังเรียน	36	20	14.94	74.72	1.96	2.85*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

การที่นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากลักษณะเฉพาะของกระบวนการจัดกิจกรรมที่เน้นการมีส่วนร่วม การทำงานเป็นทีม และการแข่งขันอย่างสร้างสรรค์ เอื้อต่อการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่เหมาะสมในชั้นเรียน การเรียนรู้แบบร่วมมือเปิดโอกาสให้นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันได้แลกเปลี่ยนความรู้และช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม ก่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างเป็นระบบ และ ช่วยลดช่องว่างทางการเรียนรู้ พร้อมทั้งเสริมสร้างความมั่นใจ ให้กับนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ ข้อค้นพบนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Nasir and Amaliyah (2024) ที่รายงานว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอย่างชัดเจน เนื่องจากกระบวนการทำงานกลุ่ม สนับสนุนการพัฒนาทักษะการสื่อสารและความรับผิดชอบร่วมกัน นอกจากนี้ การบูรณาการกิจกรรมเกมและการแข่งขันเข้ากับการเรียนการสอน มีส่วนทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้ และลดความเบื่อ

หน่ายต่อการเรียนคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องเศษส่วนซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรม การนำเสนอผ่านกิจกรรมเชิงแข่งขันนำไปสู่ความกระตือรือร้นและความกล้าแสดงออกในการแก้ปัญหามากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดรับกับงานวิจัยของ Setiana *et al*. (2025) ที่ชี้ให้เห็นว่าแนวทางการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลเชิงบวกต่อทั้งแรงจูงใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควบคู่กัน การใช้สื่อประกอบการเรียนรู้ที่เหมาะสม เช่น บอร์ดเกม หรือสื่อการศึกษาอื่น ๆ ร่วมกับ รูปแบบการสอนดังกล่าว ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเชิงนามธรรมกับสถานการณ์จริงได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับ Sarapan *et al.* (2024) ซึ่งได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่อง เลขยกกำลัง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้เทคนิค TGT ร่วมกับบอร์ดเกม งานวิจัยดังกล่าวใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมแบบทีมแข่งขัน ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้เป็นกลุ่มย่อย สลับกับกิจกรรมเกมและการแข่งขันเชิงวิชาการ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนทุกคนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก เช่นเดียวกับการวิจัยครั้งนี้ที่กิจกรรมการแข่งขันช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจการดำเนินการเกี่ยวกับเศษส่วนอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบมากยิ่งขึ้น กล่าวโดยสรุป ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสะท้อนให้เห็นว่าเทคนิค TGT ไม่เพียงแต่สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกและกระตุ้นแรงจูงใจเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการพัฒนาความเข้าใจและความสามารถในการดำเนินการเกี่ยวกับเศษส่วนของผู้เรียนระดับประถมศึกษาได้อย่างมีประสิทธิผล

2. ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน จากคะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน วิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบค่าทีที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ปรากฏดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 4.72 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 14.94 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{x}$	ร้อยละ	$S.D.$	t
ก่อนเรียน	36	20	4.72	23.61	1.68	36.99*
หลังเรียน	36	20	14.94	74.72	2.16	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

การที่นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อาจเนื่องมาจากลักษณะของกระบวนการเรียนรู้ที่เปลี่ยนบทบาทของครูจากการถ่ายทอดความรู้เป็นหลักไปสู่การออกแบบกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยมีการจัดกลุ่มผู้เรียนแบบคละความสามารถเพื่อส่งเสริมการแลกเปลี่ยนความรู้และการช่วยเหลือซึ่งกันและกันภายในกลุ่ม นักเรียนที่มีความสามารถสูงสามารถอธิบายเนื้อหาและขั้นตอนการคำนวณให้เพื่อนที่มีความสามารถต่ำกว่าเข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนอย่างเป็นระบบ ลดช่องว่างทางการเรียนรู้ และเสริมสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างกัน นอกจากนี้ การบูรณาการกิจกรรมเกมและการแข่งขันเข้ากับการเรียนการสอนมีส่วนช่วยกระตุ้นความสนใจและสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการพัฒนาความสามารถของตนเอง และมีความรับผิดชอบต่อการเรียนเพื่อความสำเร็จของทีม บรรยากาศการเรียนรู้ที่ไม่กดดันยังช่วยลดความวิตกกังวลต่อวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Phonwong, Khansila and Nongharnpituk (2023) ซึ่งศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในเนื้อหาเรื่องเลขยกกำลัง และพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค TGT ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกิจกรรมเกมช่วยเพิ่มความสนใจและทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่มีความซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น ในทำนองเดียวกัน Sokawati, Suyanto and Noviyanti (2024) รายงานว่าแนวทางการเรียนรู้ดังกล่าวส่งผลเชิงบวกต่อผลลัพธ์ทางการเรียนรู้ โดยการแข่งขันในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ช่วยเสริมแรงจูงใจและความกระตือรือร้นในการเรียน นอกจากนี้ยังสอดรับกับงานวิจัยของ Uno (2024) ซึ่งศึกษากับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในเรื่องเศษส่วน พบว่าการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้สามารถเพิ่มคะแนนเฉลี่ยด้านความเข้าใจมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการอภิปรายภายในกลุ่มและการแข่งขันช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดที่ยากได้ง่ายขึ้น โดยสรุป การเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยรูปแบบ TGT เป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ปรากฏดังตารางที่ 5 ซึ่งพบว่า ผลการวิเคราะห์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ข้อมูลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.42, $S.D.$= 0.77) ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่มีทัศนคติเชิงบวกต่อรูปแบบการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว และมีความคิดเห็นไปในทิศทางเดียวกันค่อนข้างมาก

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถาม	$\bar{x}$	$S.D.$	ระดับความพึงพอใจ
1. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น	4.53	0.74	มากที่สุด
2. มีกิจกรรมที่หลากหลายในการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT	4.56	0.65	มากที่สุด
3. หลังจบกิจกรรมนักเรียนยังจำแนวคิดสำคัญของเรื่องการบวก ลบ คูณ หาร เศษส่วนได้	4.33	0.79	มาก
4. การแข่งขันผ่านเทคนิค TGT ทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนมากขึ้น	4.28	0.85	มาก
5. เนื้อหาที่อยู่ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.28	0.88	มาก
6. นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นและถามคำถาม	4.53	0.74	มากที่สุด
7. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมเพียงพอและเหมาะสม	4.28	0.78	มาก
8. การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ช่วยสร้างความสามัคคีภายในกลุ่ม	4.58	0.69	มากที่สุด
9.นักเรียนรู้สึกอยากเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.36	0.80	มาก
10. นักเรียนชอบการทำงานร่วมกันกับเพื่อนในทีม	4.58	0.73	มากที่สุด
11. การแข่งขันระหว่างทีมมีความตื่นเต้น	4.36	0.80	มาก
12. นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำงานของทีม	4.39	0.77	มาก
13. นักเรียนมีความสุขกับการเรียนในชั่วโมงนี้	4.61	0.69	มากที่สุด
14. นักเรียนอยากให้ครูใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ในวิชาอื่นด้วย	4.61	0.77	มาก
รวม	**4.42**	**0.77**	**มาก**

การที่นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 4.42 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S.D.$) เท่ากับ 0.77 อาจเนื่องมาจากรูปแบบการเรียนรู้ดังกล่าว เป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและส่งเสริมการมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่มได้เป็นอย่างดี กระบวนการมีลักษณะเด่นที่ทำให้นักเรียนได้ร่วมสนุกและท้าทายความสามารถของตนเองผ่านเกมการแข่งขันกับนักเรียนกลุ่มอื่นที่มีระดับความสามารถใกล้เคียงกัน ทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในความพยายามของตนเอง อีกทั้งยังเป็นกิจกรรมที่สร้างความตื่นเต้น กระตุ้นให้เกิดความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาความรู้และช่วยเหลือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีความสามารถแตกต่างกัน สภาพบรรยากาศในชั้นเรียนจึงมีความสนุกสนาน ไม่น่าเบื่อ และจูงใจให้ผู้เรียนสนใจบทเรียนมากขึ้น ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thongcharern *et al*. (2023) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้เทคนิค TGT เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุด โดยรายการที่นักเรียนพึงพอใจสูงสุดคือ ครูยอมรับความคิดเห็นของนักเรียน และเห็นว่ากิจกรรม TGT เป็นกิจกรรมที่สนุกไม่น่าเบื่อ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Jansawang, Khansila and Thienguttakul (2023) ที่ศึกษาการใช้เทคนิค TGT เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารจำนวนเต็ม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือทำกิจกรรมด้วยตนเอง มีสื่อและกิจกรรมที่หลากหลายทำให้มีความสุขในการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phumiprakai, Somboon and Wonsawan (2022) ที่ได้พัฒนาทักษะการคูณโดยใช้เทคนิค TGT ประกอบเกมบิงโก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่าความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะในด้านกิจกรรม ด้านสื่อการสอน และด้านบรรยากาศ เนื่องจากเทคนิค TGT ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนที่มีความสามารถต่างกันได้เรียนรู้ร่วมกันและฝึกทักษะทางสังคมไปพร้อมกับความเพลิดเพลินจากการเล่นเกม ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือด้วยเทคนิค TGT เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนบทเรียนเรื่องเศษส่วนที่ซับซ้อนให้กลายเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่สนุกสนานและท้าทาย โดยอาศัยการมีปฏิสัมพันธ์และความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นแรงขับเคลื่อนสำคัญ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยยกระดับความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ให้อยู่ในระดับสูง

เท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกในการสร้างบรรยากาศเชิงบวกที่ส่งเสริมทั้งทักษะทางสังคมและความเชื่อมั่นในตนเอง อันเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษา

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหารเศษส่วนของของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.42, $S.D.$= 0.77)

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งนี้

ในการดำเนินกิจกรรม ครูผู้สอนควรชี้แจงกติกาและขั้นตอนการเล่นให้ชัดเจนก่อนเริ่มต้นการแข่งขันทุกครั้ง เพื่อลดความสับสนและสร้างความเชื่อมั่นให้กับนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถเข้าร่วมการแข่งขันได้อย่างสนุกสนานไปพร้อมกับการเรียนรู้ ซึ่งจะช่วยให้การดำเนินกิจกรรมบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรบูรณาการเทคโนโลยีดิจิทัลร่วมกับเทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบ TGT โดยประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มการเรียนรู้ผ่านเกม เช่น Kahoot, Quizizz and Wordwall ในขั้นตอนการแข่งขัน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของผู้เรียน ตลอดจนศึกษาผลต่อระดับการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนเมื่อใช้สื่อดิจิทัลเป็นเครื่องมือสนับสนุนกิจกรรมการแข่งขันเชิงวิชาการ ที่จะช่วยขยายองค์ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิค TGT ให้สอดคล้องกับบริบทการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน

2. เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้สนับสนุนการจัดการเรียนการสอนอย่างแพร่หลาย จึงควรศึกษาการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT โดยเฉพาะในขั้นการเรียนรู้กลุ่มย่อยและขั้นการแข่งขันเกม เช่น การใช้ระบบปัญญาประดิษฐ์ช่วยสร้างแบบฝึกหัดที่ปรับระดับความยากตามความสามารถของผู้เรียน การให้ข้อมูลย้อนกลับแบบทันที หรือการจัดการคะแนนการแข่งขันอัตโนมัติ ทั้งนี้เพื่อศึกษาว่าการบูรณาการเทคโนโลยีดังกล่าวจะสามารถเสริมแรงจูงใจและเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างไร

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: Complete edition**. New York: Longman.

Angkatreerat, S. and Wiwanthamongkon, K. (2020). The development of mathematical leaning activity management by using Teams – Games – Tournament (TGT) technique through multimedia to enhance problem solving skills in mathematics for 6 grade students (in Thai). **Journal of Education Silpakorn University**, 18(1), 374-391.

Chookampaeng, C. (2010). **Curriculum research and instruction (2nd ed.)** (in Thai). Mahasarakham: Mahasarakham University Press.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2024). Executive summary of PISA 2022 results (in Thai). Retrieved 20 December 2025, from **Pisa2022-summary**: https://pisathailand.ipst.ac.th/pisa2022-summary-result/

Jansawang, P., Khansila, P. and Thienguttakul, S. (2023). Enhancing mathematics achievement of Grade 7 students on addition, subtraction, multiplication and division of integers using TGT technique (in Thai). **Applied Research Journal North Bangkok University**, 2(1), 1–12.

Johnson, D. W. and Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. **Educational Researcher**, 38(5), 365–379.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Kallyanee, N. (2008). **Development of cooperative learning activities using TGT technique on time for mathematics learning area, grade 4 students** (in Thai). Master's Thesis. Mahasarakham: Mahasarakham University.

Ministry of Education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing House.

Ministry of Education. (2017). **Indicators and core learning contents of the mathematics learning area (Revised Edition B.E. 2560) according to the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551** (in Thai). Bangkok: Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing House.

Nasir, I. S. and Amaliyah, N. (2024). The effect of TGT (Team Games Tournament) learning model assisted by crossword puzzle media for learning outcomes in mathematics. **Eduvest - Journal of Universal Studies**, 4(11), 10797–10809.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). **Principles and Standards for School Mathematics**. Reston, VA: NCTM.

National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2024). Basic statistics of the results of the National Basic Education Test (O-NET) (in Thai). Retrieved 20 December 2025, from **AnnouncementWeb:** https://newonetresult.niets.or.th/AnnouncementWeb/Notice/FrBasicStat.aspx

Office of the Basic Education Commission. (2019). **National Education Act B.E. 2542 (1999) and its amendments (No. 4) B.E. 2562 (2019)** (in Thai).

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2019). OECD Learning Compass 2030: A series of concept notes. Retrieved 20 December 2025, from **OECD Website**: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/1-1-learning-compass/OECD_Learning_Compass_2030_Concept_Note_Series.pdf

Phonwong, K., Khansila, P. and Nongharnpituk, P. (2023). The effects of cooperative learning with TGT technique on Grade 8 students' mathematics achievement in exponent topic (in Thai). **Kalasin University Journal of Humanities, Social Sciences and Innovation**, 2(1), 14–25.

Phumiprakai, S., Somboon, T. and Wonsawan, W. (2022). The development of mathematical learning skills on multiplication by TGT technique and Bingo game for Prathomsuksa 4 students (in Thai). **Mahamakut Graduate School Journal**, 20(2), 214–228.

Puangchuen, T. and Khamrat, N. (2022). The results of cooperative learning with teams games tournaments and activity packages towards learning achievement and attitude learning in mathematics of matthayomsuksa 1 students (in Thai). **Journal of Buddhist Education and Research (JBER)**, 8(1), 165–178.

Sarapan, C., Yonwilad, W., Thongmual, N. and Phunasoong, K. (2024). The development of mathematical problem-solving abilities on exponentials through the use of board games to organize by Teams Games Tournaments: TGT technique of seventh grade (in Thai). **Journal of Education Acadamic Chiang Rai Rajabhat University**, 9(1), 157–170.

Sawangsuk, P., Promluang, K. and Jenjit, A. (2020). Results of cooperative learning management with Team-Game-Tournament (TGT) technique and open-ended problem on ratios and percentages toward mathematics learning achievement and mathematical problem-solving ability of Grade 7 students (in Thai). **The Journal of Pacific Institute of Management Science (Humanities and Social Science)**, 7(3), 291–304.

Setiana, S., Murti, R. C., Wibowo, S. E. and Sayekti, O. M. (2025). The impact of the team games tournament cooperative learning model on students' motivation and mathematics achievement in elementary schools. **Jurnal Penelitian Ilmu Pendidikan**, 18(1), 39–48.

Siegler, R. S., Thompson, C. A. and Schneider, M. (2011). An integrated theory of whole number and fractions development. **Cognitive Psychology**, 62(4), 273–296.

Slavin, R. E. (2010). **Cooperative learning: Theory, research, and practice (3rd ed.)**. Boston, MA: Allyn and Bacon.

Sokawati, K., Suyanto, A. and Noviyanti, M. (2024). The effect of Teams Games Tournament (TGT) on students' motivation, engagement, and mathematics performance. **Indonesian Journal of Mathematics Education**, 7(2), 82–91.

Thongcharern, S., Yonwilad, W., Hembasat, P. and Pimpasalee, W. (2023). The learning management with cooperative learning TGT technique on statistics for Mathayomsuksa 2 students (in Thai). **Journal of Graduate School Sakon Nakhon Rajabhat University**, 20(88), 31–38.

Uno, W. A. (2024). Implementation of cooperative learning type Team Games Tournament (TGT) to improve students' understanding of mathematical concepts on fractions at SDN 07 Tilamuta. **International Journal of Education and Literature (IJEL)**, 3(2), 62–70.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 35 - 48
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.04

Research Article in Science Education

Effect of Learning Management on Vectors Using Problem-Based Learning with Creative Questioning for Promoting Mathematical Connection Skills of Grade-11 Students

Phannipa Janma[1,*] and Montri Thongmoon[2]

[1]Teaching of Science and Mathematics, Faculty of Education, MahaSarakham University

[2]Faculty of Science, MahaSarakham University

** E-mail: 63010558010@msu.ac.th*

Received <3 Jan. 2026>; Revised <17 Mar. 2026>; Accepted <24 Mar. 2026>

Abstract

This study aimed to: (1) determine the efficiency of problem-based learning (PBL) combined with creative questioning based on the 70/70 criterion; (2) compare students' mathematical knowledge connection skills after the intervention with the 70% criterion; (3) compare students' mathematics learning achievement after the intervention with the 70% criterion; (4) compare students' mathematical knowledge connection skills before and after the intervention; and (5) compare students' mathematics learning achievement before and after the intervention. The sample consisted of Grade-11 students at Khonsan Wittayakhom School in the first semester of the 2022 academic year, selected through cluster random sampling. The research instruments included lesson plans based on PBL combined with creative questioning, a subjective test measuring mathematical knowledge connection skills, and a four-option multiple-choice test measuring mathematics learning achievement. The results showed that the efficiency of the problem-based learning combined with creative questioning was 78.47/76.03, which was higher than the specified criterion. Students who learned through problem-based learning combined with creative questioning had mathematical knowledge connection skills higher than the 70 percent criterion, with statistical significance at the .05 level. Students who learned through problem-based learning combined with creative questioning had mathematics learning achievement higher than the 70 percent criterion, with statistical significance at the .05 level. Students' mathematical knowledge connection skills after learning were significantly higher than before learning at the .05 level. Lastly, students' mathematics learning achievement after learning was significantly higher than before learning at the .05 level.

Keywords: Problem-based learning; Creative questioning; Mathematical knowledge connection skills; Mathematics learning achievement

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผลการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เวกเตอร์ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

พรรณนิภา จันมา[1,*] และ มนตรี ทองมูล[2]

[1]สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**E-mail: 63010558010@msu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1. เพื่อหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ และ 5. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนคอนสารวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีประสิทธิภาพ 78.47/76.03 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ: การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน; การใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์; ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์คิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างมีระบบ และระเบียบแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างละเอียด รอบคอบ สามารถสร้างข้อคาดการณ์วางแผนตัดสินใจและสามารถแก้ปัญหาได้ คณิตศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและศาสตร์อื่น ๆ จากความสำคัญของคณิตศาสตร์ดังกล่าว หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จึงได้กำหนดสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ไว้ในหลักสูตรทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาจนถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาการดำเนินชีวิตและศึกษาต่อ มีเหตุผลมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ พัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและมีความคิดสร้างสรรค์ (Ministry of Education, 2017)

วิชาคณิตศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีความสำคัญศาสตร์หนึ่ง มีเป้าหมายที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบหลักสูตร มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิด หลักการ ทฤษฎีในสาระคณิตศาสตร์ที่จำเป็นพร้อมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ การแก้ปัญหา การสื่อสารสื่อความหมาย การเชื่อมโยง การให้เหตุผลและมีความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เห็นคุณค่าและตระหนักถึงความสำคัญของคณิตศาสตร์สามารถนำความรู้ไปเป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ในระดับการศึกษาที่สูงขึ้น ตลอดจนการประกอบอาชีพและมีความสามารถในการเลือกสื่อ อุปกรณ์ เทคโนโลยีและแหล่งข้อมูลที่หมาะสมเพื่อเป็นเครื่องมือ ในการเรียนรู้ และการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

จากการที่ผู้วิจัยได้สอบถามครูผู้สอนรายวิชาคณิศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่งในอำเภอคอนสาร พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้หรือเชื่อมโยงกับเรื่องอื่นได้ และไม่สามารถวิเคราะห์ปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากที่ตนเองเคยเจอ นักเรียนเชื่อมความสัมพันธ์ของเนื้อหาไม่ได้ มักมีข้อผิดพลาดในการใช้สูตร ทฤษฎี กฎ นิยาม และสมบัติต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งด้านคำนวณและการตีโจทย์ นักเรียนมักมองไม่เห็นคุณค่าของคณิตศาสตร์ และจากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์ จำเป็นต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์เป็นทักษะที่จำเป็นและต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน ซึ่งมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าทักษะอื่น ๆ เป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหา และหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ผู้เรียนสามารถสัมพันธ์ความรู้ หรือปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เรียนมากับปัญหาหรือสถานการณ์อื่นที่ตนเองพบ การเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความเข้าใจ และมองเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับ Makhanong (2016) กล่าวว่า การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการใช้งานของคณิตศาสตร์ในชีวิตจริงที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป การเชื่อมโยงมีความสำคัญ และจำเป็นสำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้นตลอดจนมองเห็น ความสำคัญและคุณค่าของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ ที่สามารถนำไปใช้ กับศาสตร์สาขาอื่นได้ ทำให้คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าสนใจไม่ใช่เป็นเพียงวิชาที่เรียนทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม เพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉพาะในห้องเรียนอีกต่อไป ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทักษะการเชื่อมโยงจึงถูกเน้นมากในการเรียนการสอนปัจจุบัน

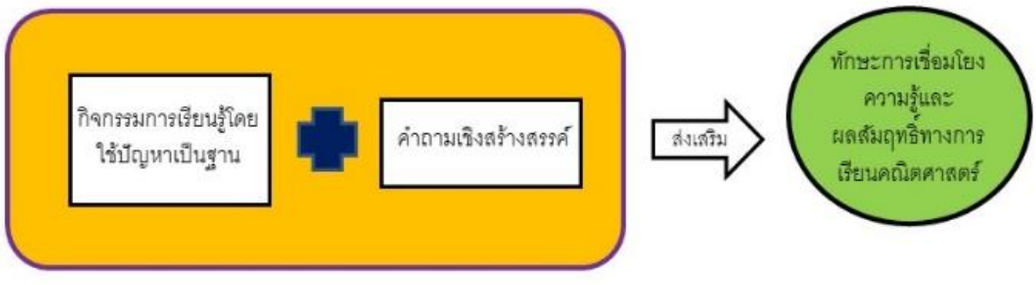
ผู้วิจัยจึงได้ศึกษารูปแบบการสอนต่าง ๆ ในการส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และได้สนใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานหรือ PBL ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากวิธีดั้งเดิมที่เน้นตัวสาระความรู้และมุ่งเน้นที่ผู้สอนเป็นสำคัญ แต่การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเน้นผู้เรียนสร้างองค์ความรู้จากการใช้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงเป็นบริบทของการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียน เกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และคิดแก้ปัญหา รวมทั้งได้ความรู้ในสาขาวิชาที่ตนศึกษาด้วย (Thammabut, 2002) การเรียนรู้แบบนี้มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะ และกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาผู้เรียนให้สามารถเรียนรู้โดยชี้นำตนเอง ซึ่งมีวิจัยที่สอดคล้อง เช่น การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานและการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษา: วิธีใดมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน ในการส่งเสริมความเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้โดยใช้ PBL และ CBL ทั้งสองการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และชี้ให้เห็นว่าครูควรสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ (Dewi and Nurjanah, 2022)

การใช้คำถามเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดทักษะการขยายความคิดของผู้เรียนเกิดการสร้างสรรค์และเชื่อมโยงความคิด นำนักเรียนเข้าสู่ปัญหาใหม่ที่น่าสนใจและครูสามารถตรวจสอบพื้นฐานและประสบการณ์เดิมของนักเรียนทำให้สามารถจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการใช้คำถามมีหลายประเภทขึ้นอยู่กับบริบทและ

จุดประสงค์ของการเรียนรู้ซึ่ง Yanachai (2006) ได้กล่าวว่าการถามอย่างสร้างสรรค์ เป็นคำถามที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด หรือคำถามที่สามารถตอบได้หลายทิศทาง นำไปสู่การคิดแบบจินตนาการประยุกต์ ความคิดเห็นใหม่ ๆ สู่กระบวนการคิดและการค้นพบวิธีการแก้ไขปัญหาใหม่ ๆ ซึ่งเป็นความคิดที่คนอื่นมองข้าม หรือคาดไม่ถึง เป็นคำถามที่สามารถคิดได้กว้าง เน้นทั้งปริมาณและคุณภาพ ซึ่งเป็นการผสมผสานสัมพันธ์ เชื่อมโยงระหว่างความคิดเข้าด้วยกันอย่างต่อเนื่องกันไป ผู้วิจัยจึงสนใจการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์มาช่วยในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ประเภท คือ 1. ประเภทคล่องแคล่ว 2. ประเภทคิดยืดหยุ่น 3. ประเภทคิดริเริ่ม 4. ประเภทละเอียดลออ

กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม โดยใช้สถานการณ์ปัญหาที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันเป็นจุดเริ่มต้นและกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจของกระบวนการเรียนรู้ที่นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ด้วยตนเองจากการค้นคว้า สืบค้นข้อมูล ผู้สอนมีบทบาทในการเสนอแนะใช้เทคนิคการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ตลอดการจัดการเรียนรู้ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนมีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้น ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นเชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทคิดคล่องแคล่ว ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทละเอียดลออ ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทละเอียดลออ ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทยืดหยุ่น ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทละเอียดลออ ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทคิดยืดหยุ่นและคิดริเริ่ม

ด้วยเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้นำรูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ดังรูปภาพที่ 1



รูปภาพที่ 1 กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดการเรียนรู้ตามศักยภาพได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการชี้แนะให้นักเรียนได้คิด สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวันได้ และเพื่อเป็นข้อมูล แนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจ ในการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70

4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

5. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 70
2. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าร้อยละ 70
3. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยแบบแผนก่อนแบบทดสอบ (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบวิจัยกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (แผนการเรียน วิทย์-คณิต) จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 119 คน โรงเรียนมัธยมแห่งหนึ่งในอำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จัดการเรียนการสอนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 29 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง เวกเตอร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 8 แผนการเรียนรู้ แผนละ 1 ชั่วโมง ประกอบไปด้วย ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

แผนการจัดการเรียนรู้	เรื่อง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	การบวกเวกเตอร์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	การลบเวกเตอร์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	การคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	ระยะทางระหว่างจุดสองจุดในระบบพิกัดฉากสามมิติ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉากสองมิติและสามมิติ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	ผลคูณเชิงสเกลาร์
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	การใช้เวกเตอร์ในการหาพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	การใช้เวกเตอร์ในการหาปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมด้านขนาน

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสมความชัดเจน ความเป็นไปได้ของการนำไปใช้ และความสอดคล้องขององค์ประกอบ และนำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาดำเนินการหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย	หมายถึง
4.51-5.00	มีความเหมาะสมมากที่สุด
3.51-4.50	มีความเหมาะสมมาก
2.51-3.50	มีความเหมาะสมปานกลาง
1.51-2.50	มีความเหมาะสมน้อย
1.00-1.50	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นพิจารณาระดับคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้มีความเหมาะสมมีค่าเฉลี่ย 3.51-5.00 เป็นเกณฑ์คุณภาพความเหมาะสมที่ยอมรับว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมามีคุณภาพ และสามารถนำไปใช้ได้

2. แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ชนิดอัตนัย จำนวน 6 ข้อ นำแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) นำผลการประเมินที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง จากนั้นทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5-1.00 จำนวน 3 ข้อ ประกอบไปด้วย ข้อที่ 1 การบวกลบเวกเตอร์ ข้อที่ 2 การหาระยะทางระหว่างจุด ข้อที่ 3 การหาขนาดเวกเตอร์และการคูณเชิงเวกเตอร์ นำแบบทดสอบที่พิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม จากนั้นนำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสอบของเวลา และนำคะแนนมาวิเคราะห์หาความยากง่ายและอำนาจจำแนกของแบบทดสอบรายข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง 0.31 - 0.51 และอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.60 - 0.72 โดยพิจารณาค่าความยากง่ายให้อยู่ในเกณฑ์ 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ 0.20 ขึ้นไป (Srisa-ard, 2013) แล้วนำมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร สัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.99

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และตรวจสอบดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่าย อยู่ในช่วง 0.28 - 0.62 และอำนาจจำแนก อยู่ในช่วง 0.48 - 0.83 เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 - 1.00 ไว้ใช้ และนำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 20 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ซึ่งค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.89

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ซึ่งมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แบบแผนที่ใช้ในการทดลอง การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนแบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest Post-test Design) รูปแบบดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pretest Post-test Design) (Worakham, 2019)

ทดสอบก่อนเรียน	**ทดลอง**	**ทดสอบหลังเรียน**
O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้

O_1 แทน การทดสอบและการวัดที่จัดกระทำก่อนการทดลอง

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

O_2 แทน การทดสอบและการวัดที่จัดกระทำหลังการทดลอง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

2. วิธีการดำเนินการวิจัย การดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 เตรียมความพร้อมของนักเรียน ชี้แจงรายละเอียดขั้นตอน และวิธีการเรียนโดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์แก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

2.2 ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง เวกเตอร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.3 ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 8 แผนการเรียนรู้ ดังนี้

1. เชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา: จัดกลุ่มนักเรียนและนำเสนอสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่ต้องเรียนในชั่วโมงนั้นและเป็นสถานการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตประจำวันของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ ผู้วิจัยจะใช้คำถามประเภทคิดคล่องแคล่ว เพื่อให้ผู้เรียนเชื่อมโยงปัญหา ผู้เรียนแต่ละกลุ่มระบุความรู้ หัวข้อ ชื่อเรื่อง หรือเนื้อหาที่เกี่ยวข้องหรือต้องใช้ในการแก้ปัญหานั้น

2. ทำความเข้าใจกับปัญหา: นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมสมองกันพิจารณาสถานการณ์ทำความเข้าใจและวางแผนในการศึกษาค้นคว้าความรู้ที่เกี่ยวข้อง ครูผู้สอนใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทละเอียดลออเพื่อให้ผู้เรียนวางแผนในการสืบค้นข้อมูล คอยให้คำชี้แนะและตรวจสอบความถูกต้อง

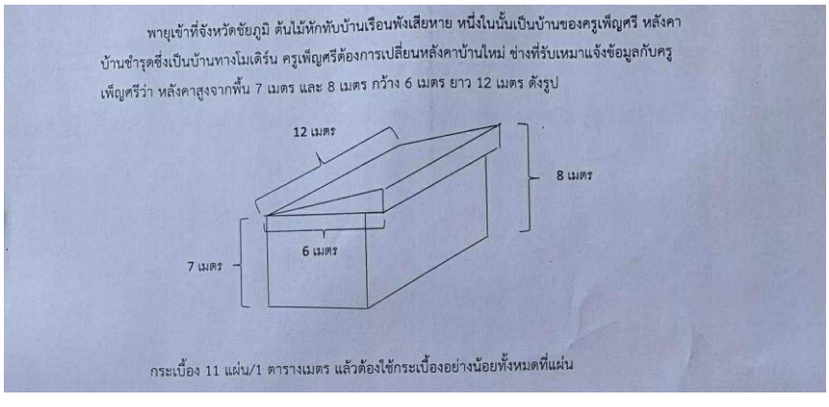
3. ดำเนินการศึกษาค้นคว้า: นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ตามแผนที่วางไว้ในขั้นที่ 2 ครูใช้เทคนิคการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทยืดหยุ่นเพื่อให้ผู้เรียนดำเนินการสืบค้นข้อมูล จนได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการแก้ปัญหา โดยครูผู้สอนเคยอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียน

4. สังเคราะห์ความรู้: นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้ข้อมูลที่ศึกษาค้นคว้ามา และร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ที่ได้ ครูใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทยืดหยุ่น เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้สังเคราะห์ความรู้

5. สรุปและประเมินค่าของคำตอบ: นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และองค์ความรู้ในภาพรวมของปัญหา พร้อมตรวจสอบคำตอบ ครูใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทละเอียดลออเพื่อให้นักเรียนสรุปวิธีการแก้ปัญหาและตรวจสอบคำตอบได้อย่างถูกต้อง

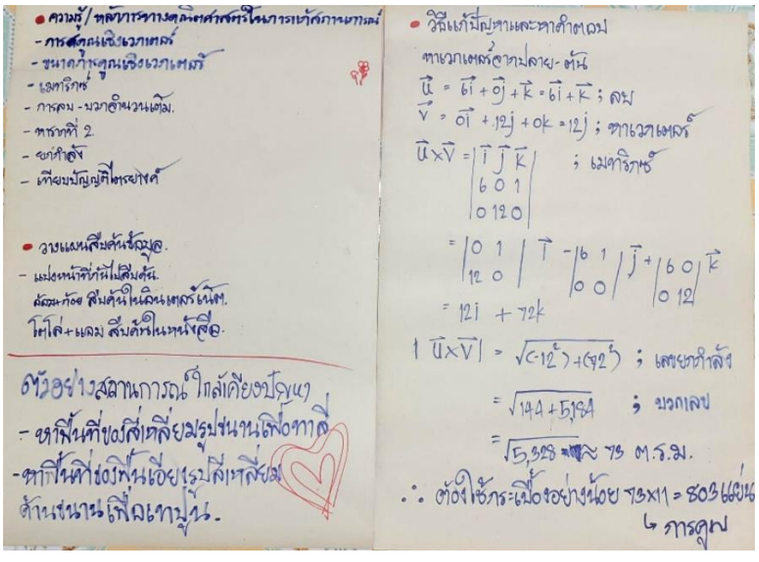
6. นำเสนอและประเมินผลงาน: ครูเลือกกลุ่มนำเสนอผลงาน โดยเลือกจากคำตอบและวิธีการหาคำตอบ หากกลุ่มใดมีวิธีการและคำตอบที่เหมือนกันจะเลือกมาแค่กลุ่มเดียว นักเรียนกลุ่มที่ถูกคัดเลือกนำเสนอผลงานของกลุ่มตนเองในรูปแบบที่หลากหลาย นักเรียนทุกกลุ่มรวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องร่วมกันประเมินผลงาน ครูผู้สอนใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ประเภทยืดหยุ่นเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นที่แตกต่างและประเภทคิดริเริ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเนที่แปลกใหม่หากสถานการณ์เปลี่ยนไป

ผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างสถานการณ์ที่นำเสนอนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ดังรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 ตัวอย่างสถานการณ์ปัญหา

ผู้วิจัยได้แสดงผลงานนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ดังรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3 ตัวอย่างผลงานนักเรียน

2.4 ดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) หลังจากดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนด้วยแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2.5 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ผู้วิจัยกำหนด เพื่อนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

2.6 วิเคราะห์ผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสรุปผลการจัดการเรียนรู้

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำผลการทดสอบจากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และ เรื่อง เวกเตอร์ มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐาน โดยใช้ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางคณิตศาสตร์

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 70/70

3. ทดสอบการแจกแจงปกติ (normal) ของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบการแจกแจงปกติ ซึ่งเป็นสมมติฐานของการทดสอบ t-test โดยผู้วิจัยใช้การทดสอบ Shapiro-Wilk Test เนื่องจากจำนวนข้อมูลเท่ากับ 29 ตัวอย่าง (น้อยกว่า 50) ผลการทดสอบทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การทดสอบการแจกแจงปกติ (Normal) ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ก่อนเรียน	.150	29	.096	.940	29	.100
หลังเรียน	.175	29	.023	.917	29	.025

a. Lilliefors Significance Correction

พบว่า ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ก่อนเรียนมีค่า Sig. เท่ากับ 0.1 มากกว่า 0.05 นั่นคือ เป็นข้อมูลที่เป็นการแจกแจงปกติ แต่หลังเรียนมีค่า Sig. เท่ากับ 0.025 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 ทำให้ข้อมูลไม่เป็นการแจกแจงปกติ เนื่องจาก

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จำนวนตัวอย่างมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ t-test เป็นการทดสอบที่มีความแกร่ง (robust test) ต่อการแจกแจงของประชากรที่ไม่ใช่แบบปกติ ซึ่งหมายความว่าเป็นการทดสอบที่ไม่ทำให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้น ถ้าการแจกแจงของประชากรไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ด้วยเหตุนี้การทดสอบ t-test ยังคงค่อนข้างมีความน่าเชื่อถือ

ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบการแจกแจงปกติของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ก่อนและหลังเรียน โดยพิจารณาการทดสอบ Shapiro-Wilk Test ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การทดสอบการแจกแจงปกติ (Normal) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ก่อนเรียน	.159	29	.059	.953	29	.214
หลังเรียน	.176	29	.023	.929	29	.053

a. Lilliefors Significance Correction

พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนเรียนได้ว่า Sig. เท่ากับ 0.214และหลังเรียน ได้ค่า sig. เท่ากับ 0.053 ซึ่งมากกว่า 0.05 นั่นคือ เป็นข้อมูลที่เป็นการแจกแจงปกติ

3. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for one samples (Wongrattana, 2007)

4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สถิติ t-test for one samples (Wongrattana, 2007)

5. เปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ โดยนำผลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติทดสอบ Dependent samples t-test

6. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ โดยนำผลคะแนนของการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติทดสอบ Dependent samples t-test

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการสะท้อนกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิเคราะห์จากแผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ชนิดอัตนัย และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชนิดปรนัย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 คะแนนเฉลี่ย $\bar{X}$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของนักเรียนแต่ละคนที่ได้จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ผลงานระหว่างเรียน และแบบทดสอบก่อนและหลังที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70

เลขที่	คะแนนรวมระหว่างเรียน								ทดสอบก่อนเรียน (20)	ทดสอบหลังเรียน (20)
	พฤติกรรมการร่วมมือ (64)	ใบงานกิจกรรมกลุ่ม (40)	แบบทดสอบย่อย (40)	รวม (144)	พฤติกรรมการร่วมมือ (30)	ใบงานกิจกรรมกลุ่ม (30)	แบบทดสอบย่อย (40)	รวม (100)		
$\overline{x}$	49.38	31.55	31.66	112.59	23.15	23.66	31.66	78.47	7.03	15.21
S.D.	3.11	2.49	3.03	7.08	1.46	1.87	3.03	5.23	1.57	1.50
ร้อยละ	77.16	78.88	79.14	84.02	77.16	78.88	79.14	78.47	35.15	76.03
ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้				78.47/76.03						

ตารางที่ 6 พบว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เรื่อง เวกเตอร์ มีประสิทธิภาพ ด้านกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 78.47 และมีประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 76.03 แสดงว่า กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.47/76.03 ซึ่งประสิทธิภาพของ กระบวนการเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดส่วนประสิทธิภาพของผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์จากแบบทดสอบวัดทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ชนิดอัตนัย จำนวน 3 ข้อ โดยใช้สถิติ One Sample t-test ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

ทักษะการเชื่อมโยงความรู้	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	μ_0 (70%)	t	df	p
หลังเรียน	29	27	21.38	2.76	18.9	4.84*	28	.000*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 7 พบว่าทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.38 คิดเป็นร้อยละ 79.19 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่า มีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่าทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ กับเกณฑ์ร้อยละ 70 วิเคราะห์จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยใช้สถิติ One Sample t-test ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับเกณฑ์ ร้อยละ 70

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	คะแนนเต็ม	$\overline{X}$	S.D.	μ_0 (70%)	t	df	p
หลังเรียน	29	20	15.21	1.50	14	4.34*	28	.000*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ตารางที่ 8 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.21 คิดเป็นร้อยละ 76.05 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์โดยใช้ สถิติ Dependent samples t-test ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

ทักษะการเชื่อมโยงความรู้	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ก่อนการทดลอง	29	27	14.34	2.36	22.56*	.000*
หลังการทดลอง	29	27	21.38	2.78		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 9 พบว่าทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.34 และหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.38 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่าทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์โดยใช้ สถิติ Dependent samples t-test ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	T	p
ก่อนการทดลอง	29	20	7.03	1.57	41.07*	.000*
หลังการทดลอง	29	20	15.21	1.50		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 10 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.03 และหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.21 เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า มีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

1. ความสามารถในการจัดการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ มีประสิทธิภาพ ด้านกระบวนการ ($\mathbf{E_1}$) เท่ากับ 78.47 และมีประสิทธิภาพด้านผลลัพธ์ ($\mathbf{E_2}$) เท่ากับ 76.03 แสดงว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถาม

เชิงสร้างสรรค์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.47/76.03 ซึ่งประสิทธิภาพของ กระบวนการเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดส่วนประสิทธิภาพของผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 70/70 ผู้เรียนได้คะแนนเฉลี่ยจากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน คือ สังเกตพฤติกรรมการร่วมมือ และใบกิจกรรมกลุ่ม ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 8 แผน คิดเป็นร้อยละ 78.47 และได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนจากการทำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคิดเป็นร้อยละ 76.03 แสดงว่าแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งประสิทธิภาพของผลลัพธ์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้เนื่องจากก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้มีการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เป็นข้อสอบชุดเดียวกันอาจส่งผลให้ผู้เรียนจำข้อสอบได้ ทำให้คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนหลังเรียนมีค่ามากขึ้น ซึ่งในการทำกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีความตั้งใจในการทำใบกิจกรรมกลุ่ม มีการช่วยกันสืบค้นข้อมูลเพื่อนำมาแก้ปัญหา อีกทั้งผู้สอนเน้นให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดด้วยตนเองและมีการสะท้อนผลกลับเพื่อทำให้นักเรียนได้รับรู้ถึงข้อบกพร่องของตนเองทำให้ประสิทธิภาพของกระบวนการ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในส่วนของประสิทธิภาพของผลลัพธ์นั้น ผู้สอนได้กำหนดสถานการณ์และให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ทำความเข้าใจ ศึกษาค้นคว้าการแก้ปัญหา และสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของผลลัพธ์จึงสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์นี้เป็นการเน้นให้ผู้เรียนมีกระบวนการคิด แก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ที่แตกต่างไปจากวิธีดั้งเดิมคือจะมุ่งเน้นตัวสาระ การเชื่อมโยงความรู้ และนักเรียนเป็นสำคัญโดยจะใช้ปัญหาจริงหรือสถานการณ์จำลองเป็นตัวเริ่มต้นกระตุ้นการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดทักษะการเชื่อมโยงในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมในห้องเรียน ส่งผล ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นและที่สำคัญคือนักเรียนสามารถเกิดสมรรถนะในการเชื่อมโยงองค์ความรู้พื้นฐานกับองค์ความรู้ใหม่ได้แนวคิดในการอธิบายหลักการในการแก้ปัญหาของตน (Bunyanurak and Basanti, 2001)

2. ทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยทักษะการเชื่อมโยงเท่ากับ 21.38 คิดเป็นร้อยละ 79.19 การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเน้นการจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่ได้จากการสำรวจ ค้นคว้า และการเชื่อมโยงความรู้ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับชีวิตประจำวัน ซึ่งนักเรียนอาจพบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นเป็นทั้งยุทธวิธีการเรียนการสอนและใช้เป็นแนวทางในการจัดหลักสูตร ซึ่งมีลักษณะดึงดูดนักเรียนให้เข้าไปมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา (Torp and Sage, 1998)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง ผู้สอนมีบทบาทในการเสนอแนะใช้เทคนิคการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ตลอดการจัดการเรียนรู้และอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้คิด วิเคราะห์ นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นที่ 1 เชื่อมโยงปัญหาและระบุปัญหา และขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา นักเรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหา พิจารณาปัญหาและบอกได้ว่าปัญหากำหนดอะไรมาให้บ้าง และปัญหาต้องการทราบอะไร ช่วยส่งเสริมทักษะการเชื่อมความโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ด้านระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลได้ด้วยตนเอง เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเต็มที่ ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้ และขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ นักเรียนได้ร่วมกันสังเคราะห์ความรู้ สมการ วิธีการแก้ปัญหา สรุปคำตอบพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ ช่วยส่งเสริมทักษะด้านที่ 2 การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับแนวทางการแก้สถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน นักเรียนได้นำเสนอผลงานของตัวเองและได้ยกตัวอย่างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง ช่วยส่งเสริมทักษะด้านที่ 3 การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

จากผลการวิเคราะห์คะแนนทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในขั้นการระบุความรู้ทางคณิตศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 คิดเป็นร้อยละ 77.78 ด้านการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับแนวทางการแก้สถานการณ์ปัญหา มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.10 คิดเป็นร้อยละ 78.89 และด้านยกตัวอย่างเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.28 คิดเป็นร้อยละ 80.89 ซึ่งจะพบว่าคะแนนความสามารถในเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ด้านสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

จากผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ดีขึ้น และยังเป็นวิธีที่เน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Jairean and Rojsiraphisal (2017) ได้ศึกษาทักษะการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์โดยผ่านการใช้คำถามเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดการเรียนการสอนผ่านการใช้คำถามเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยง ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนร้อยละ 60 มีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีเยี่ยม ร้อยละ 30 มีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ในระดับดีมาก ร้อยละ 5 มีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และร้อยละ 5 มีทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับค่อนข้างดี และยังสอดคล้องกับ Aisyah and Usdiyana (2022) ได้ศึกษาการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมาใช้ โดยรวมมีผลเชิงบวกที่มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิมต่อความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน ส่งเสริมให้นักเรียนได้เผชิญปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันอย่างใกล้ชิด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มีความจำเป็น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง เวกเตอร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.21 คิดเป็นร้อยละ 76.05 ทั้งนี้เนื่องมาจากจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิด วิเคราะห์ เรียนรู้และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง และผู้สอนมีบทบาทในการเสนอแนะใช้เทคนิคการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ตลอดการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย และอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียน
ซึ่งสอดคล้องกับ Susaorat (2010) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นกระบวนการในการเรียนรู้ที่เริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้น โดยที่ปัญหานั้นจะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้และเสาะแสวงหาความรู้ หาคำตอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในรายละเอียดของปัญหานั้นด้วยตนเอง และผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง จึงกล่าวได้ว่ากระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางอย่างแท้จริง เนื่องจากความรู้และกระบวนการได้มาซึ่งความรู้เกิดขึ้นด้วยตัวผู้เรียน และผู้วิจัยได้ใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ตลอดการจัดการเรียนรู้เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้คิด เกิดการอยากเรียนรู้ เชื่อมโยงสถานการณ์ต่าง ๆ เข้ากับเนื้อหาที่กำลังศึกษาจนเกิดเป็นความคิดรวบยอด และยังช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

แผนการจัดเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องเวกเตอร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.47/76.03 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/70 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์มีทักษะการเชื่อมโยงความรู้และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 และสูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้คำถามเชิงสร้างสรรค์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 สำหรับแนวปฏิบัติทางการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนการสอนครูผู้สอนมีการใช้คำถามซึ่งต้องให้เวลากับนักเรียนในการคิดเพื่อตอบคำถาม โดยครูควรถามคำถามให้ทั่วถึง และถามคำถามหลากหลายรูปแบบทั้งถามโดยรวม และถามเป็นรายบุคคล เพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ

1.2 ควรสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนให้เป็นห้องเรียนที่เอื้อต่อการเรียนรู้ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนสามารถซักถามเมื่อเกิดข้อสงสัยและกล้าตอบคำถามโดยไม่กลัวความผิดพลาด เพื่อเป็นแรงกระตุ้นให้นักเรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก และครูควรมีการเสริมแรงอย่างต่อเนื่อง

1.3 ควรใช้สื่อการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาและเหมาะสมกับลักษณะการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งคำนึงถึงสภาพแวดล้อมในการจัดการเรียนการสอน และความสะดวกของการใช้สื่อการเรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการใช้แนวปฏิบัติทางการสอนแบบอื่น ๆ เช่น เพื่อส่งเสริมทักษะการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ในเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ เช่น ความน่าจะเป็น

2.2 ควรมีการศึกษาแนวปฏิบัติทางการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ด้านอื่น ๆ เช่น ทักษะการสื่อสาร ความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในสิทธิส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและหลักความยุติธรรม พร้อมทั้งได้ดำเนินการขออนุญาตจากทางสถานศึกษาอย่างเป็นทางการ

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความได้ในระดับที่เหมาะสม เช่น ตรวจสอบความถูกต้องของการสะกดคำและไวยากรณ์ ใช้ภาษาให้ชัดเจนเท่านั้น ในส่วนของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผล ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

References

Aisyah, S. and Usdiyana, D. (2022). A meta analysis study: is Problem Based Learning (PBL) effective toward students' mathematical connections ability?. **Journal of Physics: Conference Series**, 2157, 012036.

Bunyanurak, P. and Basanti, M. (2001). **Problem-based learning** (in Thai). Bangkok: Thana Press and Graphic.

Dewi, E. R. and Nurjanah, A. (2022). Problem-based learning and case-based learning: Which is more effective for fostering mathematical connection?. **Jurnal Riset Pendidikan Matematika**, 9(2), 124-136.

Jairean, J. and Rojsiraphisal, P. (2017). Using questions to promote mathematical connection skills for grade-11 students (in Thai). **Proceedings of the 22nd Annual Meeting in Mathematics (AMM 2017)** (pp. EDM-05, 1-10). Chiang Mai: Chiang Mai University.

Makhanong, A. (2016). **Mathematical skills and processes: Development for progress** (in Thai). Bangkok: Center for Textbooks and Academic Documents Faculty of Education Chulalongkorn University.

Ministry of Education. (2017). **Basic Education Core Curriculum B.E. 2551, revised B.E. 2560** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.

Srisa-ard, B. (2013). **Statistical methods for research** (in Thai). Bangkok: Suweeriyasarn.

Susaorat, P. (2010). **Development of thinking**. (4th ed) (in Thai). Bangkok: Technic Printing.

Thammabut, M. (2002). Development of learning quality using PBL (Problem-Based Learning). **Academic Journal**, 5(2), 11-17.

Torp, L. and Sage, S. (1998). **Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-12 Education**. Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Wongrattana, C. (2007). **Techniques for using statistics for research** (in Thai). Nonthaburi: Taineramitkij Inter Progressive.

Worakham, P. (2019). **Educational Research**. (10th ed) (in Thai). Maha Sarakham: Taksila Printing.

Yanachai, M. (2006). What are the characteristics of questions that promote creativity? (in Thai). **Academic Journal of Uttaradit Rajabhat University**, 2(2), 22-31.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 49-61
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.05

Research Article in Science Education

The Effects of 4Ex2 Instructional Model Integrated with Higher-Order Questions on the Mathematical Problem-Solving Ability of Grade 11 Students

Tarisara Radrongtai[1,*] and Montri Thongmoon[2]

[1]Teaching of Science and Mathematics, Faculty of Education, Mahasarakham University

[2]Faculty of Science, Mahasarakham University

**Email: 63010558007@msu.ac.th*

Received <3 Jan. 2026>; Revised <9 Apr. 2026>; Accepted <16 Apr. 2026>

Abstract

The purposes of this research were: (1) to develop 4Ex2 instructional model plans integrated with higher-order questioning to enhance the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students with an efficiency criterion of 70/70; (2) to compare the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students after receiving the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning with the 70 percent criterion; and (3) to compare the mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students before and after receiving the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning. The sample consisted of 30 grade 11 students from Class 11/1 of the 2024 academic year. The sample was collect using cluster random sampling from a random school in kadrang district, Mahasarakham. The research instruments included: (1) 4Ex2 instructional model plans integrated with higher-order questioning, (2) a mathematical problem-solving ability test, and (3) a mathematics achievement test. The data were analyzed using percentage, mean, standard deviation, one-sample t-test, and dependent samples t-test. The results revealed that the developed 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning on arithmetic and geometric sequences achieved an efficiency of 80.27/71.52, which met the established criterion of 70/70. In addition, the students' mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement after the implementation were significantly higher than the 70 percent criterion at the .05 level. Furthermore, the post-test scores of both mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement were significantly higher than the pre-test scores at the .05 level. These findings indicate that the 4Ex2 instructional model integrated with higher-order questioning is effective in enhancing mathematical problem-solving ability and mathematics learning achievement of Grade 11 students.

Keywords: 4Ex2 instructional model; Higher-Order Questions; Mathematical Problem-Solving Ability

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ธริศรา รัดรองใต้[1,*] และ มนตรี ทองมูล[2]

[1]สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**Email: 63010558007@msu.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70 2) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โดยใช้วิการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) ณ โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง 2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานโดยใช้ One sample t-test และ Dependent samples t-test ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70 นอกจากนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิผลในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างชัดเจน

คำสำคัญ: รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2; คำถามระดับสูง; ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

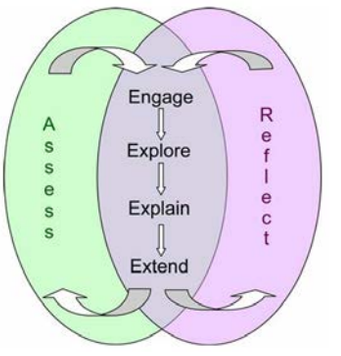
บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นวิชาความรู้ที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยคณิตศาสตร์ช่วยพัฒนาการคิดที่หลากหลาย เช่น การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวางแผน การให้เหตุผล และการแก้ปัญหา ซึ่งถือเป็นสมรรถนะหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 อีกทั้งความรู้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ช่วยให้คนเราเข้าใจสิ่งต่าง ๆ รอบตัว สามารถแก้ปัญหาในชีวิตได้อย่างสมเหตุสมผล และยังเป็นพื้นฐานของการพัฒนาความคิด เพื่อสร้างความเจริญก้าวหน้าในด้านต่าง ๆ (Makhanong, 2014) ที่สำคัญคณิตศาสตร์ยังมีบทบาทต่อความเจริญของสังคมยุคใหม่ที่ใช้คณิตศาสตร์เป็นฐานในการหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ วิวัฒนาการ เทคโนโลยี และศาสตร์อื่น ๆ โดยกระทรวงศึกษาธิการได้เล็งเห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ จึงบรรจุคณิตศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และมีการปรับปรุงเพื่อให้ทันต่อยุคสมัยเป็นฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560 (Ministry of Education, 2017) โดยมีจุดมุ่งหมายให้เยาวชนทุกคนได้เรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างต่อเนื่องตามศักยภาพ และกำหนดสาระหลักที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน ดังนี้ จำนวนและพีชคณิต 1) การวัดและเรขาคณิต 2) สถิติและความน่าจะเป็น 3) แคลคูลัส (ม.ปลาย) 4) ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย ความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ครูผู้สอนต้องจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพควรมุ่งเน้นการพัฒนาทักษะการคิด การแก้ปัญหา และการประยุกต์ใช้ความรู้ในชีวิตจริง ควบคู่กับการพัฒนาทักษะทางสังคมและคุณลักษณะของผู้เรียน อันจะนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตมนุษย์อย่างรอบด้านและยั่งยืน

ปัจจุบันผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสะท้อนให้เห็นจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประจำปีการศึกษา 2561 และ 2562 ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.52 และ 20.15 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (Academic Naphopittayasan School, 2021) ซึ่งคะแนนเฉลี่ยดังกล่าวต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานร้อยละ 50 ที่หน่วยงานระดับชาติกำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับที่ต้องได้รับการพัฒนา ปัญหาดังกล่าวอาจเกิดจากหลายสาเหตุ หนึ่งในสาเหตุสำคัญคือการที่นักเรียนยังขาดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จากประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัยในโรงเรียนดังกล่าว พบว่านักเรียนจำนวนมากสามารถทำแบบฝึกหัดที่มีลักษณะคล้ายกับตัวอย่างที่ครูอธิบายได้ แต่เมื่อเผชิญกับโจทย์ปัญหาที่มีบริบทใหม่หรือสถานการณ์ที่ไม่คุ้นเคย นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ วางแผนการแก้ปัญหา หรือแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถอธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ถือเป็นเป้าหมายพื้นฐานของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล การวิเคราะห์ และการตัดสินใจอย่างเหมาะสม โดย Kennedy and Tipps (1994) กล่าวว่าการแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ และเป็นกระบวนการที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Thipkong (2001) ยังได้กล่าวว่าการฝึกกระบวนการแก้ปัญหาจะช่วยให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดอย่างเป็นขั้นตอน มีระเบียบแบบแผนในการคิด รู้จักใช้เหตุผล และสามารถตัดสินใจได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงควรมุ่งเน้นการพัฒนาความสามารถในการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยผู้สอนควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ และเชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กับสถานการณ์ปัญหาที่หลากหลายและฝึกวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปสู่การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาอย่างมีขั้นตอน ทั้งนี้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเริ่มจากสถานการณ์ที่ง่ายและเพิ่มระดับความซับซ้อนของปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดและการแก้ปัญหาได้อย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในแนวคิดทางคณิตศาสตร์มากยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้นต่อไป

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ผู้วิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based Learning) เป็นแนวทางที่ช่วยพัฒนา การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาอย่างต่อเนื่อง เช่น รูปแบบการเรียนรู้ 5E ซึ่งพัฒนาโดย Biological Sciences Curriculum Study (2006) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล โดยรูปแบบดังกล่าว เน้นการสร้างความรู้ผ่านการสืบเสาะและการลงมือปฏิบัติของผู้เรียน อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนการประเมินผล (Evaluation) มักเกิดขึ้นในช่วงท้ายของการจัดการเรียนรู้ ทำให้ครูไม่สามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนระหว่างกระบวนการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุผลดังกล่าว Marshall, Horton and Smart (2009) จึงได้พัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 สำหรับการเรียนการ

สอน โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งยังคงโครงสร้างหลักของการสืบเสาะ 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ 2) ขั้นสำรวจ 3) ขั้นอธิบายและสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และได้เพิ่มองค์ประกอบสำคัญ คือ การสะท้อนการรู้คิด (Reflect) และ การประเมินผลระหว่างเรียน (Assess) ที่ดำเนินควบคู่ไปในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ทำให้ครูสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนและปรับการสอนได้อย่างเหมาะสมโดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังรูปภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 (Marshall, 2007)

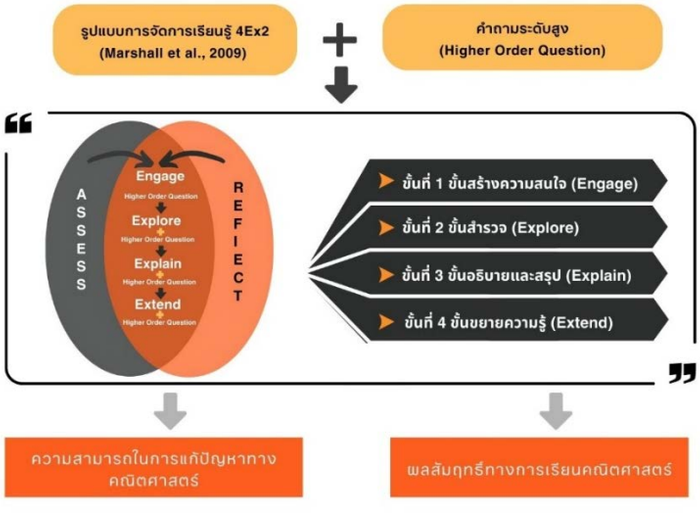
ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เป็นขั้นที่ครูสร้างสถานการณ์หรือปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงเพื่อกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและนำไปสู่การตั้งคำถามทางคณิตศาสตร์ ในขั้นนี้ครูใช้การประเมินระหว่างเรียนเพื่อสำรวจความรู้เดิมของผู้เรียน เช่น การตั้งคำถามปลายเปิด การอภิปราย หรือการให้ผู้เรียนอธิบายแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับปัญหา เพื่อประเมินความเข้าใจต่อสถานการณ์ปัญหา (Marshall, Horton and Smart, 2009) ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนการรู้คิดเกี่ยวกับปัญหา โดยพิจารณาว่าปัญหาต้องการอะไรและมีข้อมูลใดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับขั้น ทำความเข้าใจกับปัญหา (Understanding the problem) ตามแนวคิดการแก้ปัญหาของ Polya (1957) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Explore) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสำรวจสถานการณ์ปัญหา ทดลองแนวคิด และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ในระหว่างกิจกรรมครูใช้การประเมินระหว่างเรียน เช่น การสังเกตการทำงาน การตรวจวิธีการคำนวณ และการตั้งคำถามชี้นำ เพื่อติดตามกลยุทธ์และความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนวิธีคิดและเหตุผลในการเลือกแนวทางแก้ปัญหา รวมทั้งเปรียบเทียบแนวคิดกับเพื่อน ซึ่งช่วยพัฒนาการรู้คิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดของตนเอง (metacognition) ตามแนวคิดของ Flavell (1979) และสอดคล้องกับ ขั้นวางแผนแก้ปัญหา (Devising a Plan) ในกระบวนการแก้ปัญหาของ โพลยา Polya (1957) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและสรุป (Explain) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายแนวคิด วิธีการแก้ปัญหา และเหตุผลทางคณิตศาสตร์ พร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนและครู โดยครูประเมินระหว่างเรียนจากการให้ผู้เรียนนำเสนอวิธีคิด การอธิบายเหตุผล และการตอบคำถามเชิงวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและการเชื่อมโยงแนวคิดทางคณิตศาสตร์กับการแก้ปัญหา (Marshall, Horton and Smart, 2009) ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนความถูกต้องและประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ เช่น การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งสอดคล้องกับขั้น ดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) ในกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya (1957) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Extend) เป็นขั้นที่ผู้เรียนประยุกต์ใช้ความรู้และแนวคิดทางคณิตศาสตร์ไปแก้ปัญหาใหม่หรือสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยครูประเมินระหว่างเรียนจากความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ เช่น การแก้โจทย์ใหม่ การอธิบายเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ขณะเดียวกันผู้เรียนสะท้อนผลลัพธ์และประสิทธิภาพของวิธีการที่ใช้ พร้อมพิจารณาแนวทางอื่นที่เป็นไปได้ ซึ่งสอดคล้องกับขั้นตรวจสอบและย้อนกลับ (Looking Back) ในกระบวนการแก้ปัญหาของ Polya (1957) จากหลักการและเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ ผู้เรียนได้มีโอกาสสำรวจแนวคิด อธิบายเหตุผล และขยายความรู้ผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ทำให้เกิดความเข้าใจในแนวคิด ทางคณิตศาสตร์อย่างลึกซึ้ง นอกจากนี้ รูปแบบ 4Ex2 ยังมีการประเมินผลและการสะท้อนผลการเรียนรู้ในทุกขั้นตอน ซึ่งช่วยให้ครูสามารถติดตามพัฒนาการของผู้เรียนและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้การใช้คำถามเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด ซึ่งคำถามของครูควรเป็นคำถามที่มีคุณภาพในการกระตุ้นให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถด้านการคิดในระดับที่สูงกว่าความจำมาคิดแก้ปัญหาและหาคำตอบ (Brandt, 1984) นั่นคือ คำถามระดับสูง (Higher Order Question) ซึ่ง Schmalz (1973) ได้ระบุไว้ว่า คำถามระดับสูงเป็นเครื่องมือที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายแนวคิดของตนเอง ตรวจสอบความสมเหตุสมผล และสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิดมากกว่าการ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จดจำข้อมูลหรือการคำนวณตามขั้นตอนเพียงอย่างเดียว การใช้คำถามลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงเหตุผล และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ นอกจากนี้การใช้คำถามระดับสูงในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด การเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้พบความรู้ใหม่ๆหลังจากการพิจารณาสิ่งที่เคยเรียนรู้หรือได้เรียนมาแล้ว อีกทั้งยังเป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยกระตุ้นการคิดขั้นสูง การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการให้เหตุผล ซึ่ง National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000 ระบุว่า การตั้งคำถามที่ท้าทายความคิดของผู้เรียน จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย และพัฒนาทั้งความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากหลักการและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงในการจัดการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิมของผู้เรียนกับเนื้อหาใหม่ ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง และค้นหาแนวคิดหรือวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ขั้นอธิบาย (Explain) ที่ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิด วิธีคิด และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน ขั้นขยายความรู้ (Extend) ซึ่งผู้เรียนได้นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์หรือปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังบูรณาการ การประเมินผล (Assess) และ การสะท้อน (Reflect) ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ พร้อมทั้งสอดแทรกคำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดขั้นสูง ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ และการประเมินค่า อันนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือแนวทางการแก้ปัญหาใหม่บนพื้นฐานของความรู้เดิมของผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในกรอบแนวคิดการวิจัย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ทั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อหา เรื่อง ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต เป็นบริบทในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เนื่องจากเป็นเนื้อหาที่มีลักษณะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์รูปแบบของจำนวน การพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูล และการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ในการคาดการณ์ผลลัพธ์ ซึ่งเอื้อต่อการออกแบบสถานการณ์ปัญหาและการใช้คำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของผู้เรียน อีกทั้งเนื้อหาดังกล่าวยังสามารถกำหนดโจทย์ปัญหาที่มีระดับความซับซ้อนแตกต่างกันได้อย่างหลากหลาย จึงเหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 70/70
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

สมมติฐานการวิจัย

1. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้วิจัยแบบแผนก่อนแบบทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง (One Group Pre-test Post-test Design) Worakham (2019) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pre-test Post-test Design

กลุ่มทดลอง	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	O_1	X	O_2

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้อง ซึ่งโรงเรียนจัดนักเรียนเข้าชั้นเรียน แบบคละความสามารถทางด้านการเรียน จำนวน 58 คน

2. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 จำนวน 30 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและจากการวิเคราะห์มาตรฐานและตัวชี้วัด ได้แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 10 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนแบบ E1/E2 ของ Promwong (2013) ซึ่งพิจารณาประสิทธิภาพจากกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E1) และผลลัพธ์หลังเรียน (E2) โดยหาค่า E_1/E_2 โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 10 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต

ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 10 แผนการจัดการเรียนรู้ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดและประเมินผล และผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อประเมินตรวจสอบความเหมาะสมในแต่ละด้าน ได้แก่ ด้านมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านสาระการเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านการจัดการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยใช้เป็นแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ Srisaard (2013) โดยมีค่าเฉลี่ยทุกด้านเท่ากับ 4.91 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.06 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากและสามารถนำไปจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย เรื่องลำดับเลขคณิตและลำดับเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 ข้อ โดยแต่ละข้อวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนตามกระบวนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ตามแนวคิดของ Polya (1975) ได้แก่ (1) การทำความเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) (2) การวางแผนการแก้ปัญหา (Devising a Plan) (3) การดำเนินการตามแผน (Carrying

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Out the Plan) และ (4) การตรวจสอบผล (Looking Back) ซึ่งแบบทดสอบดังกล่าวผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1 ค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.42–0.68 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.59–0.76 และมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (R) เท่ากับ 0.88 สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน ผู้วิจัยได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินตามกระบวนการแก้ปัญหาทั้ง 4 ขั้นตอนของ Polya (1975) ในรูปแบบรูบริก (Rubric Scoring) โดยกำหนดระดับคะแนนในแต่ละขั้นตอนตั้งแต่ 0–3 คะแนน ส่งผลให้แบบทดสอบแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 12 คะแนน ทั้งนี้ รายละเอียดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

การประเมิน	คะแนน	พฤติกรรมการแก้ปัญหา
ทำความเข้าใจปัญหา	0	ไม่มีการเขียน
	1	มีการเขียนข้อความบางส่วน หรือข้อมูลที่แสดงถึงความเข้าใจในปัญหาเพียงบางส่วน หรือมีบางส่วนเข้าใจไม่ถูกต้อง หรือแปลความหมายของปัญหาบางส่วนผิด
	2	มีการเขียนข้อความหรือแสดงข้อมูลที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องแต่ยังไม่ครบ
	3	มีการเขียนข้อความหรือแสดงข้อมูลที่แสดงความเข้าใจปัญหาอย่างถูกต้องครบถ้วน
วางแผนการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการวางแผนแก้ปัญหา หรือไม่มีการเขียนแผนการแก้ปัญหา
	1	มีการเขียนวางแผนแก้ปัญหาแต่ไม่เหมาะสมหรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ไม่เหมาะสม
	2	มีการเขียน วางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปัญหาได้บางส่วน หรือเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้แต่ไม่เหมาะสม
	3	มีการเขียน วางแผนการแก้ปัญหา ซึ่งนำไปสู่การปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน
การดำเนินการแก้ปัญหา	0	ไม่มีการเขียนแสดงวิธีทำใดเลย
	1	มีการเขียนแสดงวิธีทำได้บางส่วน
	2	มีการเขียนแสดงวิธีทำที่เหมาะสมเกือบสมบูรณ์ หรือเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างสมบูรณ์ แต่มีการคำนวณหรือเขียนสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ผิดพลาดจนได้คำตอบที่ผิดพลาดหรือแสดงวิธีการทำได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์แต่ตอบคำถามผิดพลาด
	3	มีการแสดงวิธีการทำอย่างเป็นขั้นตอน ได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน สื่อความหมายชัดเจนสมบูรณ์ และแสดงคำตอบที่ถูกต้อง
การตรวจสอบผล	0	ไม่มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ หรือมีการเขียนแสดงการตรวจคำตอบไม่เหมาะสม ไม่สามารถยืนยันคำตอบที่คำนวณได้
	1	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบ แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณโดยเขียนสัญลักษณ์ที่ผิดพลาดตั้งแต่เริ่มต้น
	2	มีการเขียนหรือแสดงการตรวจคำตอบที่เหมาะสมถูกต้อง แต่มีความผิดพลาดในการคำนวณโดยเขียนสัญลักษณ์ที่ผิดพลาดเล็กน้อย
	3	มีการเขียนแสดงการตรวจสอบคำตอบที่เหมาะสมถูกต้องสมบูรณ์ไม่มีข้อผิดพลาดใดเลย

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC เท่ากับ 1 มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.44 – 0.76 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ในช่วง 0.35 – 0.76 และค่าความเชื่อมั่น (R) เท่ากับ 0.81

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนแห่งหนึ่ง ตำบลนาโพธิ์ อำเภอกุดรัง จังหวัดมหาสารคาม จากทั้งหมด 2 ห้อง มาจำนวน 1 ห้อง โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

2. ทำการทดสอบนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นก่อนดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง จำนวน 1 ชั่วโมง

3. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ซึ่งใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ทั้งหมดจำนวน 10 ชั่วโมง

4. เมื่อสิ้นสุดการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนที่วางไว้แล้วอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จากนั้นทำการทดสอบนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 1 ชั่วโมง ผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์กับกลุ่มตัวอย่าง มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 70/70

2. นำคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ One Sample t-test

3. นำคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Dependent Sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ .05

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถสรุปผลได้เป็น 3 ประเด็นสำคัญ ดังนี้

1. ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพ (E_1/E_2) โดยคำนวณหาค่า E_1 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำใบกิจกรรมและแบบทดสอบย่อย จำนวน 10 แผน และคำนวณหาค่า E_2 จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 3 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต

คะแนน	รวมคะแนนระหว่างเรียน (60:40)			ทดสอบหลังเรียน (68 คะแนน)
	ใบกิจกรรม (60 คะแนน)	แบบทดสอบย่อย (40 คะแนน)	รวม (100 คะแนน)	
รวม	1581	1270	2408	1459
ค่าเฉลี่ย	50.6	29.67	80.27	48.63
S.D.	2.59	4.92	6.60	7.14
ร้อยละ	84.33	74.17	80.27	71.52
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง (E_1/E_2) เท่ากับ 80.27/71.52				

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จากตารางที่ 3 พบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต เท่ากับ 80.27 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 71.52 ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงไว้ใน ตารางที่ 4 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียน ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบหลังเรียน	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	μ_0 (70%)	t	df	p
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	30	48	33.73	5.92	33.6	30.57*	29	0.000
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์	30	20	14.9	1.65	14	47.23*	29	0.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 33.73 คิดเป็นร้อยละ 70.27 และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 14.90 คิดเป็นร้อยละ 74.50 ทั้งสองด้านมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p < .05$) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง สามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

3. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก่อนและหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้สถิติ Dependent samples t-test ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง โดยใช้สถิติ Dependent samples t-test

ตัวแปรที่ศึกษา	แบบทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	df	t	p
ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์	ก่อนการทดสอบ	30	48	9.93	2.46	29	35.24*	0.000
	หลังการทดสอบ	30	48	33.73	5.92	29		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ก่อนการทดสอบ	30	20	4.9	1.12	29	45.51*	0.000
	หลังการทดสอบ	30	20	14.9	1.65	29		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 9.93 เป็น 33.73 คะแนน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 4.90 เป็น 14.90 คะแนน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

อภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สามารถอภิปรายผล ได้ดังนี้

1. ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนดไว้ แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีประสิทธิภาพ สามารถช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียนได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาประสิทธิภาพตามแนวคิดการทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนแบบ E1/E2 ของ Promwong (2013) ซึ่งพิจารณาประสิทธิภาพจากกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E1) และผลลัพธ์หลังเรียน (E2) ผลการวิจัยดังกล่าวอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่ช่วยกระตุ้นการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของ Khammani (2017) และแนวคิดลำดับขั้นการคิดของ Anderson, andKrathwohl (2001) ที่กล่าวว่าการส่งเสริมการคิดระดับสูงจะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น แผนการจัดการเรียนรู้แบบ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 33.73 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.27 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ โดยครูใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์สถานการณ์ ใช้เหตุผล และค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเอง นอกจากนี้ ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ยังมีการผสมผสานกระบวนการสะท้อนการรู้คิด (Reflection) ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้ทบทวน ตรวจสอบ และปรับปรุงแนวคิดของตนเองผ่านการพูด การเขียน และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับเพื่อนในชั้นเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น อีกทั้งการประเมินระหว่างเรียนยังช่วยให้ครูสามารถติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความเข้าใจ ทักษะ และกระบวนการคิดได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การสอดแทรกคำถามระดับสูงในแต่ละขั้นของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ยังช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในการพิจารณาแนวทางการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Makhanong (2010) ที่กล่าวว่าคำถามระดับสูงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ครูคณิตศาสตร์ควรใช้ในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากช่วยส่งเสริมการคิดขั้นสูงและพัฒนาความคิดทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน เมื่อพิจารณากระบวนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 พบว่า ใน ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) นักเรียนได้เผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นให้เกิดความสนใจและนำความรู้เดิมมาใช้ในการทำความเข้าใจปัญหา ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า ทดลอง และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติจริง ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายวิธีการแก้ปัญหาร่วมกัน ซึ่งช่วยให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องและเป็นระบบ และ ขั้นขยายความรู้ (Extend) นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ผลการวิจัยครั้งนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของ Polya (1975) ซึ่งเสนอว่ากระบวนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนแก้ปัญหา การดำเนินการตามแผน และการตรวจสอบผลลัพธ์ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ที่ผู้วิจัยนำมาใช้มีลักษณะสอดคล้องกับขั้นตอนดังกล่าว ทำให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและสามารถพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพทดังนั้น จึงอาจสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากช่วยส่งเสริมกระบวนการคิด การวิเคราะห์ การใช้เหตุผล

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

และการเชื่อมโยงความรู้ของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาและนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต สูงกว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้ และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 74.5 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสามารถช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่องในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้ ตั้งแต่การกระตุ้นความสนใจ การสำรวจและค้นพบความรู้ด้วยตนเอง การอธิบายและแลกเปลี่ยนแนวคิด ไปจนถึงการขยายและประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (2000) ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์สำคัญ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร และการเชื่อมโยงความรู้ เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 พบว่า ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต พร้อมตั้งคำถามกระตุ้นการคิดเพื่อเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน นักเรียนมีหน้าที่สังเกต วิเคราะห์สถานการณ์ และอภิปรายแนวคิดเบื้องต้นร่วมกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสนใจและมีความพร้อมในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาใหม่ ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า ทดลอง และแก้ปัญหาผ่านใบกิจกรรมหรือสถานการณ์ปัญหา โดยครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและตั้งคำถามระดับสูงเพื่อกระตุ้นการคิด ขณะที่นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม ร่วมกันวิเคราะห์ข้อมูล คาดคะเนคำตอบ และค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเอง การลงมือปฏิบัติจริงในขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) นักเรียนนำเสนอแนวคิด วิธีการแก้ปัญหา และผลการค้นพบของกลุ่มตนเองต่อเพื่อนร่วมชั้น ขณะที่ครูตั้งคำถามเพิ่มเติมเพื่อกระตุ้นการให้เหตุผลและช่วยชี้แนะให้เกิดข้อสรุปที่ถูกต้อง กระบวนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นดังกล่าวช่วยพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์และทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ขั้นขยายความรู้ (Extend) ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ นักเรียนมีหน้าที่วิเคราะห์สถานการณ์ วางแผน และแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ขั้นตอนนี้ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ และพัฒนาความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย นอกจากนี้ การบูรณาการคำถามระดับสูงในทุกขั้นของการจัดการเรียนรู้ยังช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ ให้เหตุผล และอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึกและสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) (2012) ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติและการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เป็นแนวทางที่ช่วยยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากส่งเสริมทั้งความรู้ ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ และทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูง เรื่อง ลำดับเลขคณิตและเรขาคณิต ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.27/71.52 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 70/70 นอกจากนี้ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงมีประสิทธิผลในการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในการนำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงไปใช้ ครูผู้สอนควรศึกษาและทำความเข้าใจขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ชัดเจน เตรียมคำถามที่มีความหลากหลาย เตรียมสื่อให้พร้อมสำหรับการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละครั้ง และควรบันทึกหลังสอนเพื่อให้ทราบถึงปัญหาหรือสิ่งที่ต้องการแก้ไข เพื่อทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ก่อนเริ่มนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ ครูผู้สอนควรเตรียมความพร้อมนักเรียน โดยการอธิบายลำดับขั้นตอนและลักษณะกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในชั้นเรียนให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบของการจัดการเรียนรู้ที่จะได้รับ เพื่อที่ผู้สอนจะสามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละครั้ง ครูผู้สอนจะต้องระบุเวลาในแต่ละขั้นให้ชัดเจนและคอยกำชับเวลากับนักเรียน รวมถึงมีเทคนิค หรือวิธีการเพื่อคอยกระตุ้นให้นักเรียน รักษาเวลา เพื่อที่ผู้สอนจะได้สามารถจัดการเรียนรู้ได้ครบทุกขั้นตอนจัดการเรียนรู้

1.4 ครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วม และจะต้องพยายามกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิด รายงานความคิดของตนเองออกมาให้ได้มากที่สุดถึงสิ่งที่ตนทำหรือคิด ในการแก้ปัญหาหรือในบางกรณีที่นักเรียนบางคนไม่สามารถอธิบายถึงสิ่งที่ตนคิดได้ ครูผู้สอนอาจจะใช้การซักถามเพื่อกระตุ้นความคิดของนักเรียน

1.5 ในการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง แต่ละขั้นตอนควรใช้คำถามการสะท้อนความคิดที่หลากหลายและควรเลือกคำถามจากง่ายไปหาคำถามที่มีความซับซ้อนขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาผลของการจัดการการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง ในระดับอื่น ๆ หรือในเนื้อหาคณิตศาสตร์อื่น ๆ เช่น ความน่าจะเป็น มูลค่าของเงิน การหาพื้นที่ผิวและปริมาตร เป็นต้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.2 ควรมีการศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูงในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เช่น ด้านการให้เหตุผล ด้านการเชื่อมโยง เป็นต้น

2.3 ควรมีการศึกษานำรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 4Ex2 ร่วมกับคำถามระดับสูง ไปใช้ร่วมกับเทคนิคการสอนอื่น ๆ เพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านอื่น ๆ ต่อไป เช่น เทคนิคผังกราฟฟิกเพื่อพัฒนาความคิดรวบยอด

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในสิทธิส่วนบุคคล หลักคุณประโยชน์และไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัยและหลักความยุติธรรม พร้อมทั้งได้ดำเนินการขออนุญาตจากทางสถานศึกษาอย่างเป็นทางการ

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การวิจัยและการเขียนบทความฉบับนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ ChatGPT และ Grammarly เพื่อสนับสนุนการตรวจทานภาษา การปรับสำนวนเชิงวิชาการ การสรุปและจัดโครงสร้างเนื้อหา รวมถึงการแปลภาษา ทั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดแนวคิด วิเคราะห์ข้อมูล ตรวจสอบความถูกต้อง และรับผิดชอบต่อเนื้อหาทั้งหมด เครื่องมือดังกล่าวถูกใช้เป็นเพียงผู้ช่วยในการพัฒนาคุณภาพของงานเขียน มิได้ทดแทนกระบวนการวิจัยหรือการตัดสินใจเชิงวิชาการของผู้วิจัย

References

Academic Naphopittayasan School. (2021). **The Report O-Net Test for Mathematics of Mathayomsuksa 6 Students** (in Thai). Maha Sarakham: Naphopittayasan School.

Anderson, L. W. and Krathwohl, D. R. (2001). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing**: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. New York: Longman.

Biological Sciences Curriculum Study. (2006). **BSCS 5E instructional model**: Origins and effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS.

Brandt, R. (1984). Teaching of thinking, for thinking, about thinking. **Educational Leadership**, 42(1), 3.

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive–developmental inquiry. **American Psychologist**, 34(10), 906-911.

Kennedy, L. M. and Tipps, S. (1994). **Guiding children's learning of mathematics**. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Khammani, T. (2017). **Teaching science: Knowledge for effective instructional model** (21st ed.). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Makhanong, A. (2010). **Mathematical skills and processes: Development for learning development** (in Thai). Bangkok: Textbook and Academic Document Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University.

Makhanong, A. (2014). **Mathematics for secondary school teachers** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University.

Marshall, J. C. (2007). **4Ex2 Instructional Model: Promoting stronger teaching and deeper conceptual understanding.** Paper presented at the School Science and Mathematics Association, Indianapolis, IN.

Marshall, J. C., Horton, B. and Smart, J. (2009). 4E×2 Instructional Model: Uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classrooms. **Journal of Science Teacher Education**, 20(6), 501-516.

Ministry of Education. (2017). **Basic Education Core Curriculum B.E.2551, revised B.E. 2560** (in Thai). Bangkok: Printing House of the Agricultural Cooperative Federation of Thailand printing House.

National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). **Principles and Standards for School Mathematics.** Virginia: NCTM, Inc.

Promwong, C. (2013). Efficiency testing of instructional media or instructional packages (E1/E2). **Silpakorn Educational Research Journal**, 5(1), 7–20.

Polya, G. (1957). **How to solve it: a new aspect of mathematical method.** New Jersey: Princeton University Press.

Schmalz, R. S. (1973). Categorization of questions that mathematics teachers ask. **Mathematics Teacher, 66(7),** 616–629.

Srisaard, B. (2013). **Fundamental Research** (9th ed) (in Thai). Bangkok: Suweeriyasarn.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2012). **Mathematical thinking process skills** (3rd ed) (in Thai). Bangkok: S Charoen Printing.

Thipkong, S. (2001). **Research on mathematics teaching and learning** (in Thai). Bangkok: Department of Education, Faculty of Education, Kasetsart University.

Worakham, P. (2019). **Education research** (8th ed) (in Thai). Mahasarakham: Taksila.

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 62 - 75
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.06

Research Article in Science Education

Development of a Model for Screening Students' Emotional Consultation Needs Based on Social Media Keywords in the Context of Depression Risk

Supot Seebut[1], Kanisa Chodjuntug[1], Kalyarat Boonyajahn[2] and Supunnee Sompong[3,*]

[1]Department of Mathematics and Digital Technology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

[2]Department of Psychiatry and Addiction, Khemarat Hospital, Ubon Ratchathani Province

[3]Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University

**Email: s_sompong@snur.ac.th*

Received <19 Mar 2026>; Revised <8 May 2026>; Accepted <8 May 2026>

Abstract

This research aimed to analyze keywords in social media posts reflecting signs of depression and to develop a predictive model for emotional consultation needs among students. The study was conducted with a sample of 400 students from the Faculty of Science, Ubon Ratchathani University. The research instruments included a questionnaire on the usage of 10 specific keywords and an emotional consultation screening tool adapted from the Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9). The results revealed that 53.50% of the participants had a history of posting their feelings on social media, with "Sad" (55.25%) being the most frequently used keyword. Multiple Logistic Regression analysis identified six keywords with statistical significance in predicting the need for emotional consultation: "Bored," "Sad," "Nobody understands," "Tired," "Want to disappear for a while," and "Cannot take it anymore". Notably, the keyword "Bored" had the highest impact on the probability of needing consultation (Odds Ratio = 6.351). Furthermore, the developed model was implemented into a Python-based prototype program to serve as a preliminary screening tool for monitoring students' mental health in educational settings effectively.

Keywords: Depression Risk; Screening; Emotional Consultation; Social Media; Logistic Regression

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของนักศึกษาจากการใช้คำสำคัญบนสื่อสังคมออนไลน์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า

สุพจน์ สีบุตร[1] คณิศา โชติจันทึก[1] กัลยารัตน์ บุญญาจันทร์[2] และ สุพรรณี สมพงษ์[3,*]

[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[2]กลุ่มงานจิตเวชและยาเสพติด โรงพยาบาลเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี

[3]สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

**Email: s_sompong@snur.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คำสำคัญในโพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ที่สะท้อนถึงสัญญาณของภาวะซึมเศร้า และพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของนักศึกษา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสอบถามพฤติกรรมการโพสต์ข้อความคำสำคัญ 10 คำ และแบบคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ที่ประยุกต์มาจาก Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9) ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 53.50 เคยโพสต์ระบายความรู้สึกผ่านสื่อสังคมออนไลน์ โดยคำสำคัญที่ถูกใช้มากที่สุดคือ “เศร้า” (ร้อยละ 55.25) จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ (Multiple Logistic Regression) พบว่าคำสำคัญที่มีนัยสำคัญทางสถิติในการพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์มี 6 คำ ได้แก่ “เบื่อ” “เศร้า” “ไม่มีใครเข้าใจ” “เหนื่อย” “อยากหายไปสักพัก” และ “ไม่ไหวแล้ว” โดยคำว่า “เบื่อ” มีอิทธิพลต่อความน่าจะเป็นในการต้องการรับคำปรึกษาสูงที่สุด (Odds Ratio = 6.351) ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำตัวแบบที่พัฒนาขึ้นไปสร้างเป็นโปรแกรมต้นแบบด้วยภาษา Python เพื่อใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นในการเฝ้าระวังสุขภาพจิตของผู้เรียนในสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ภาวะซึมเศร้า; การคัดกรอง; การให้คำปรึกษาด้านอารมณ์; สื่อสังคมออนไลน์; การถดถอยโลจิสติก

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ในบริบทของการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 บทบาทของผู้สอนไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางวิชาการเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการดูแลและส่งเสริมพัฒนาการของผู้เรียนในมิติด้านอารมณ์ สังคม และสุขภาวะทางจิตใจอีกด้วย ผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษามักต้องเผชิญกับความกดดันจากหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็นความคาดหวังด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมทางสังคมใหม่ รวมถึงความท้าทายในชีวิตส่วนตัว ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพจิตของผู้เรียนและนำไปสู่ปัญหาทางจิตวิทยา อันได้แก่ ความเครียด ความวิตกกังวล และภาวะซึมเศร้า ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญที่สถานศึกษาควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง

ภาวะซึมเศร้าในกลุ่มวัยรุ่นและนักศึกษาได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา เนื่องจากสามารถส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสัมพันธ์ทางสังคม ตลอดจนคุณภาพชีวิตของผู้เรียนในระยะยาว อย่างไรก็ตาม การตรวจจับหรือระบุผู้เรียนที่มีความเสี่ยงต่อภาวะซึมเศร้าในระยะเริ่มต้นยังคงเป็นความท้าทายสำหรับครูและบุคลากรทางการศึกษา เนื่องจากผู้เรียนจำนวนมากอาจไม่แสดงออกถึงปัญหาทางอารมณ์ของตนเองอย่างชัดเจน ส่งผลให้ผู้สอนไม่สามารถรับรู้ถึงสัญญาณเตือนได้ทันท่วงที

ในปัจจุบัน สื่อสังคมออนไลน์ได้กลายเป็นช่องทางสำคัญที่ผู้เรียนใช้ในการสื่อสารและแสดงออกทางความคิดและอารมณ์ ไม่ว่าจะเป็นการแบ่งปันประสบการณ์ส่วนตัว แสดงความคิดเห็น หรือระบายความรู้สึกผ่านข้อความที่โพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ต่าง ๆ ข้อความเหล่านี้จึงอาจสะท้อนสภาวะทางอารมณ์และสุขภาพจิตของผู้ใช้งานได้ งานวิจัยจำนวนมากได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ภาษาที่ปรากฏในโพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์สามารถนำมาใช้ในการตรวจจับสัญญาณของภาวะซึมเศร้าได้ ตัวอย่างเช่น งานของ Coppersmith *et al*. (2015) ได้ใช้ข้อมูลจาก Twitter เพื่อศึกษารูปแบบทางภาษาที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้าและความเครียดหลังเหตุการณ์รุนแรง ขณะที่ De Choudhury *et al*. (2013) แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้งานและเนื้อหาที่โพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์สามารถใช้ในการพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าได้ นอกจากนี้ Eichstaedt *et al*. (2018) ยังพบว่าภาษาที่ผู้ใช้สื่อสารบนแพลตฟอร์ม Facebook สามารถสะท้อนสัญญาณของภาวะซึมเศร้าที่สอดคล้องกับข้อมูลทางการแพทย์ได้

ในช่วงหลัง งานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจจับภาวะซึมเศร้าจากข้อมูลสื่อสังคมออนไลน์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยมีการประยุกต์ใช้เทคนิคด้านปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่อง และการประมวลผลภาษาธรรมชาติในการวิเคราะห์ข้อมูลข้อความจำนวนมาก ตัวอย่างเช่น Kim *et al*. (2020) ได้พัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกสัญญาณของปัญหาสุขภาพจิตจากเนื้อหาที่ผู้ใช้โพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ ขณะที่ Cha, Kim and Park (2022) เสนอแนวทางการตรวจจับภาวะซึมเศร้าโดยใช้วิธีการวิเคราะห์คำสำคัญ (lexicon-based approach) จากข้อความบนแพลตฟอร์ม Twitter นอกจากนี้ Kabir *et al*. (2022) และ Kim *et al*. (2022) ยังได้นำเทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติและแบบจำลองเชิงคำนวณมาใช้ในการจำแนกระดับความรุนแรงของภาวะซึมเศร้าจากโพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ ขณะที่งานของ Salas-Zárate *et al*. (2024) ได้พัฒนาระบบวิเคราะห์ข้อความโดยใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์เพื่อประเมินระดับภาวะซึมเศร้าของผู้ใช้บนแพลตฟอร์มออนไลน์

แม้ว่างานวิจัยจำนวนมากจะประสบความสำเร็จในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับตรวจจับภาวะซึมเศร้า แต่แบบจำลองจำนวนไม่น้อยมีความซับซ้อนและยากต่อการตีความ ซึ่งจำกัดการนำไปใช้ในบริบทของสถานศึกษา ที่ครูหรือบุคลากรจำเป็นต้องเข้าใจผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้ในการดูแลผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ การพยากรณ์ภาวะซึมเศร้าโดยตรงยังมีข้อจำกัดด้านจริยธรรม เนื่องจากการวินิจฉัยต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมคือการใช้แบบจำลองเพื่อ “คัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์” (emotional consultation need) ในเชิงสนับสนุนและป้องกัน โดยอาศัยสัญญาณทางภาษาจากสื่อสังคมออนไลน์เป็นตัวบ่งชี้ เพื่อช่วยให้สามารถดูแลและให้ความช่วยเหลือผู้เรียนได้อย่างทันท่วงที

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์คำสำคัญที่ปรากฏในข้อความที่นักศึกษาโพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งอาจสะท้อนถึงสัญญาณของภาวะซึมเศร้า และพัฒนาตัวแบบพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ (Multiple Logistic Regression) ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สนใจได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ผลลัพธ์จากแบบจำลองยังถูกนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมต้นแบบด้วยภาษา Python เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์จากข้อความที่โพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งอาจเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการดูแลสุขภาพจิตของผู้เรียนในบริบทของสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของนักศึกษาจากการใช้คำสำคัญบนสื่อสังคมออนไลน์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้จากหลายสาขา ทั้งด้าน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จิตวิทยา สุขภาพจิต การวิเคราะห์ข้อความ และวิธีการทางสถิติในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ ดังนั้น ในส่วนนี้จึงนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องใน 4 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับภาวะซึมเศร้า ความสัมพันธ์ระหว่างภาวะซึมเศร้ากับรูปแบบการโพสต์ข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์ หลักของการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการพัฒนาตัวแบบในงานวิจัยนี้ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับภาวะซึมเศร้าจากข้อมูลข้อความ ซึ่งนำเสนอตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1 ภาวะซึมเศร้า

ภาวะซึมเศร้า (Depression) เป็นความผิดปกติทางอารมณ์ที่ส่งผลกระทบต่อความคิด ความรู้สึก และพฤติกรรมของบุคคล โดยมักปรากฏอาการสำคัญ เช่น ความรู้สึกเศร้าอย่างต่อเนื่อง การสูญเสียความสนใจหรือความเพลิดเพลินในกิจกรรมต่าง ๆ ความรู้สึกอ่อนล้าหรือหมดพลัง รวมถึงความรู้สึกไร้คุณค่า อาการดังกล่าวสามารถส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตประจำวัน ประสิทธิภาพในการทำงาน ตลอดจนความสัมพันธ์ทางสังคมของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ (Ji, 2023)

ในระดับสังคม ภาวะซึมเศร้าถือเป็นหนึ่งในปัญหาสุขภาพจิตที่สำคัญ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับผลกระทบทั้งด้านสุขภาพกายและสุขภาพจิตในระยะยาว งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าภาวะซึมเศร้ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพชีวิตที่ลดลง รวมถึงเพิ่มความเสี่ยงต่อปัญหาสุขภาพอื่น ๆ หากไม่ได้รับการดูแลหรือการรักษาอย่างเหมาะสม (Chen *et al*., 2025) นอกจากนี้ยังพบว่าภาวะซึมเศร้าเป็นปัญหาสุขภาพจิตที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายช่วงวัย และส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและการทำงานของบุคคลในระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญ (de Sousa *et al*., 2025)

สำหรับกลุ่มวัยรุ่นและนักศึกษา ปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความกดดันทางการเรียน ความคาดหวังจากครอบครัวและสังคม ตลอดจนการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมใหม่ อาจเป็นปัจจัยที่เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะซึมเศร้าได้ ดังนั้น การตรวจจับสัญญาณของภาวะดังกล่าวในระยะเริ่มต้นจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในบริบทของสถานศึกษา ซึ่งครูและบุคลากรทางการศึกษามีบทบาทสำคัญในการสังเกตและให้การช่วยเหลือผู้เรียนที่อาจมีความเสี่ยง

จากความสำคัญของปัญหานี้ นักวิจัยจำนวนมากจึงให้ความสนใจศึกษาพฤติกรรมการสื่อสารของบุคคล เพื่อค้นหาสัญญาณที่อาจสะท้อนถึงสภาวะทางอารมณ์ของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะข้อมูลที่ปรากฏบนสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ผู้ใช้มักแสดงออกถึงความคิด ความรู้สึก และประสบการณ์ในชีวิตประจำวันผ่านข้อความที่โพสต์บนแพลตฟอร์มต่าง ๆ

2.2 ภาวะซึมเศร้ากับการโพสต์ข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์

สื่อสังคมออนไลน์เป็นพื้นที่สำคัญที่ผู้ใช้งานใช้ในการสื่อสารและแสดงออกถึงความคิด ความรู้สึก และประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้น ข้อความที่ผู้ใช้โพสต์บนแพลตฟอร์มต่าง ๆ จึงสามารถสะท้อนสภาวะทางอารมณ์และสุขภาพจิตของบุคคลได้ในระดับหนึ่ง

งานวิจัยจำนวนมากพบว่าภาษาที่ใช้ในการโพสต์ข้อความสามารถบ่งชี้ลักษณะทางจิตวิทยาของผู้เขียนได้ ตัวอย่างเช่น ผู้ที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้ามักใช้คำที่สะท้อนอารมณ์ด้านลบ เช่น คำที่เกี่ยวข้องกับความเศร้า ความเหนื่อยล้า ความรู้สึกโดดเดี่ยว หรือความสิ้นหวัง นอกจากนี้ยังพบการใช้คำสรรพนามบุรุษที่หนึ่ง เช่น “ฉัน” หรือ “ตัวฉันเอง” ในสัดส่วนที่สูงกว่าปกติ ซึ่งสะท้อนถึงรูปแบบการคิดที่มุ่งเน้นตนเอง (Coppersmith *et al*., 2015; De Choudhury *et al*., 2013)

ในทำนองเดียวกัน งานศึกษาของ Eichstaedt *et al*. (2018) พบว่ารูปแบบการใช้ภาษาในสื่อสังคมออนไลน์สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้แนวโน้มของปัญหาสุขภาพจิตในระดับประชากรได้ ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ข้อความจากสื่อสังคมออนไลน์สามารถเป็นแหล่งข้อมูลสำคัญสำหรับการศึกษาพฤติกรรมและสภาวะทางจิตใจของผู้ใช้งาน

นอกจากนี้ แนวทางการวิเคราะห์คำสำคัญหรือพจนานุกรมคำ (lexicon-based approach) ยังถูกนำมาใช้ในการตรวจจับภาวะซึมเศร้าจากข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์ โดย Cha, Kim and Park (2022) พบว่าการวิเคราะห์คำที่สะท้อนอารมณ์เชิงลบในข้อความบน Twitter สามารถช่วยจำแนกผู้ใช้งานที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้าได้

จากแนวคิดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำคำสำคัญที่ปรากฏในข้อความที่นักศึกษาโพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์มาใช้เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับสัญญาณของภาวะซึมเศร้า และนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์

2.3 สมการถดถอยโลจิสติก

การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก (Logistic Regression) เป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับตัวแปรตามที่มีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงจัดประเภท โดยเฉพาะในกรณีที่ผลลัพธ์มีสองสถานะ เช่น การเกิดหรือไม่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ วิธีการดังกล่าวช่วยประมาณค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ผ่านความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม (Levy and O’Malley, 2020)

แบบจำลองโลจิสติกสามารถเขียนในรูปของความน่าจะเป็นได้ดังสมการ

$$P(Y=1)=(1)/(1+e^{-(\beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2 X_2+...+\beta_k X_k)})$$

โดยที่

$P(Y=1)$ คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ที่สนใจ

$X_1,X_2,...,X_k$ คือ ตัวแปรอิสระ

β_0 คือ ค่าคงที่ของแบบจำลอง

$\beta_1,\beta_2,...,\beta_k$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ

ในอีกมุมหนึ่ง สมการดังกล่าวสามารถเขียนในรูปของ logit function ได้ดังนี้

$$\ln((P(Y=1))/(1-P(Y=1)))=\beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+...+\beta_kX_k$$

ซึ่งเป็นการแปลงค่าความน่าจะเป็นให้อยู่ในรูปของลอการิทึมของอัตราส่วนโอกาส (log-odds) ทำให้สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองได้ด้วยวิธี Maximum Likelihood (Levy and O'Malley, 2020)

เนื่องจากแบบจำลองโลจิสติกสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ได้อย่างชัดเจนและตีความผลลัพธ์ได้ง่าย จึงถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านสังคมศาสตร์ พฤติกรรมศาสตร์ และการศึกษา ในงานวิจัยนี้ ตัวแบบดังกล่าวถูกนำมาใช้เพื่อพยากรณ์ความน่าจะเป็นของความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของผู้เรียน โดยอาศัยตัวแปรคำสำคัญที่สะท้อนสัญญาณทางอารมณ์จากข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา งานวิจัยจำนวนมากได้ให้ความสนใจต่อการใช้ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ในการศึกษาสภาวะทางจิตใจของผู้ใช้งาน โดยเฉพาะการตรวจจับภาวะซึมเศร้าจากข้อความที่ผู้ใช้โพสต์บนแพลตฟอร์มออนไลน์ งานวิจัยของ Coppersmith *et al*. (2015) แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์คำสำคัญและรูปแบบการใช้ภาษาในข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์สามารถช่วยจำแนกผู้ใช้งานที่มีภาวะซึมเศร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในทำนองเดียวกัน De Choudhury *et al*. (2013) พบว่ารูปแบบการใช้ภาษา การแสดงอารมณ์ และพฤติกรรมการใช้งานสื่อสังคมออนไลน์มีความสัมพันธ์กับสัญญาณของภาวะซึมเศร้าในผู้ใช้งาน ขณะที่ Eichstaedt *et al*. (2018) ได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์ภาษาในสื่อสังคมออนไลน์สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินแนวโน้มของปัญหาสุขภาพจิตในระดับประชากรได้

ในอีกด้านหนึ่ง เทคนิคทางสถิติ โดยเฉพาะการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ถูกนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมหรือสถานะของบุคคลในหลากหลายสาขา เช่น การศึกษา สังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์ (Levy and O'Malley, 2020)

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นได้ว่าข้อมูลข้อความจากสื่อสังคมออนไลน์สามารถใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญในการศึกษาสัญญาณของภาวะซึมเศร้า ขณะเดียวกัน การใช้วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติที่สามารถตีความผลลัพธ์ได้ชัดเจนด้วยการถดถอยโลจิสติก สามารถช่วยสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้าในสถานศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์จากข้อความที่โพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ด้วยการถดถอยโลจิสติกพหุคูณ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม เพื่อศึกษาพฤติกรรมการโพสต์ข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์ที่สะท้อนสัญญาณทางอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า และความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม (questionnaire) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของตัวแปรอิสระและส่วนของตัวแปรตาม โดยตัวแปรอิสระอยู่ในรูปแบบคำถามลักษณะเช็คลิสต์ (checklist) เพื่อให้ผู้ตอบระบุว่าตนเองเคยมีการโพสต์ข้อความที่สะท้อนอารมณ์บนสื่อสังคมออนไลน์ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา ในขณะที่ตัวแปรตามเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ต (Likert scale) 5 ระดับ เพื่อประเมินความรู้สึกและประสบการณ์ของผู้ตอบในช่วงเวลาเดียวกัน

ตัวแปรอิสระในการศึกษานี้ประกอบด้วยคำหรือข้อความที่สะท้อนอารมณ์และประสบการณ์ของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ เช่น ความเหนื่อย ความเศร้า ความรู้สึกโดดเดี่ยว และความรู้สึกหมดพลัง ซึ่งคำเหล่านี้มักปรากฏในข้อความของผู้ใช้ที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้าในสื่อสังคมออนไลน์ งานวิจัยก่อนหน้าพบว่าภาษาที่ใช้ในการสื่อสารสามารถสะท้อนสภาวะทางอารมณ์และสุขภาพจิตของบุคคล และสามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ภาวะซึมเศร้าได้ (De Choudhury *et al*., 2013) โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกคำสำคัญและจัดกลุ่มตามความหมายเชิงอารมณ์ ดังแสดงในตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำสำคัญและความหมายเชิงอารมณ์ที่ใช้เป็นตัวแปรอิสระในการศึกษา

ตัวแปร	คำสำคัญ	ความหมายเชิงอารมณ์สอดคล้องกับการศึกษาของ De Choudhury *et al*. (2013)
X_1	เบื่อ	loss of interest
X_2	เหนื่อย	fatigue
X_3	อยากหายไปสักพัก	withdrawal
X_4	ไม่มีใครเข้าใจ	loneliness
X_5	เศร้า	sadness
X_6	อยากหายจากทุกอย่าง	hopelessness
X_7	เจ็บ	emotional pain
X_8	หมดแรง	low energy
X_9	ไม่ไหวแล้ว	distress
X_{10}	ต้องการกำลังใจ	need for support

คำสำคัญดังกล่าวเป็นตัวแทนของสภาวะทางอารมณ์เชิงลบที่มักปรากฏในข้อความของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ที่มีแนวโน้มภาวะซึมเศร้า (De Choudhury *et al*., 2013)

ในส่วนของตัวแปรตาม แบบสอบถามได้รับการพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์แนวคิดจากเครื่องมือประเมินภาวะซึมเศร้ามาตรฐาน ได้แก่ Patient Health Questionnaire-9 ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านสุขภาพจิต (Kroenke, Spitzer and Williams, 2001) โดยผู้วิจัยได้ปรับถ้อยคำของข้อคำถามให้อยู่ในรูปแบบการประเมินพฤติกรรมและความรู้สึกทั่วไปในชีวิตประจำวัน แทนการกล่าวถึงภาวะซึมเศร้าโดยตรง ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงการชี้นำให้ผู้ตอบทราบถึงวัตถุประสงค์ของการประเมิน และเพื่อลดอคติในการตอบแบบสอบถาม (social desirability bias) ซึ่งอาจเกิดขึ้นเมื่อผู้ตอบต้องรายงานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจิตหรือประเด็นที่มีความอ่อนไหว (Rickwood and Coleman-Rose, 2023)

แบบสอบถามในส่วนนี้เรียกว่า “**แบบคัดกรองเพื่อการให้คำปรึกษาด้านอารมณ์**” ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ ใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แบบคัดกรองเพื่อการให้คำปรึกษาด้านอารมณ์ ที่ประยุกต์จาก Patient Health Questionnaire-9 (PHQ-9)

ข้อ	รายการข้อความ	1	2	3	4	5
1	ช่วงนี้ฉันรู้สึกมีแรงจูงใจในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ลดลงจากเดิม	☐	☐	☐	☐	☐
2	อารมณ์ของฉันในช่วงนี้ไม่ค่อยสดใสเหมือนที่ผ่านมา	☐	☐	☐	☐	☐
3	รูปแบบการนอนของฉันเปลี่ยนไปจากปกติ	☐	☐	☐	☐	☐
4	ฉันรู้สึกเหนื่อยหรืออ่อนล้าได้ง่ายกว่าปกติ	☐	☐	☐	☐	☐
5	ความอยากอาหารของฉันเปลี่ยนไปจากเดิมบ้าง	☐	☐	☐	☐	☐
6	บางครั้งฉันรู้สึกไม่ค่อยพอใจกับตนเองเท่าที่ควร	☐	☐	☐	☐	☐

ข้อ	รายการข้อความ	1	2	3	4	5
7	ฉันมีสมาธิในการทำงานหรือการเรียนได้ไม่ต่อเนื่องเหมือนเดิม	☐	☐	☐	☐	☐
8	การทำกิจกรรมต่าง ๆในชีวิตประจำวันดูเหมือนต้องใช้ความพยายามมากขึ้น	☐	☐	☐	☐	☐
9	โดยรวมแล้วช่วงนี้ฉันรู้สึกว่าการใช้ชีวิตประจำวันไม่ราบรื่นเหมือนที่ผ่านมา	☐	☐	☐	☐	☐

แม้ว่าแบบสอบถามดังกล่าวจะได้รับการพัฒนาบนพื้นฐานของแนวคิดจากเครื่องมือประเมินภาวะซึมเศร้ามาตรฐาน แต่ผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบข้อคำถามให้สะท้อนพฤติกรรมและความรู้สึกในชีวิตประจำวัน โดยมิได้มุ่งวัดหรือวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าโดยตรง ทั้งนี้ คะแนนที่ได้จึงสะท้อนความเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์และการดำเนินชีวิตของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งอาจมีความสอดคล้องกับลักษณะของภาวะซึมเศร้าในเชิงแนวโน้มเท่านั้น

คะแนนจากแบบสอบถามดังกล่าวถูกนำมาคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยรายบุคคล เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดระดับความเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์และการใช้ชีวิตประจำวัน และถูกนำไปสร้างเป็นตัวแปรตามในรูปแบบเชิงกลุ่ม (binary variable) เรียกว่า “ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ (Consultation Need)” โดยกำหนดเกณฑ์การแบ่งกลุ่มดังนี้

ค่าเฉลี่ยคะแนนน้อยกว่า 3 กำหนดให้มีค่าเป็น 0 หมายถึง “ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา”

ค่าเฉลี่ยคะแนนตั้งแต่ 3 ขึ้นไป กำหนดให้มีค่าเป็น 1 หมายถึง “ควรได้รับคำปรึกษา”

ตัวแปรดังกล่าวใช้เป็นตัวแทนของระดับความต้องการ การสนับสนุนด้านอารมณ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งอาจสะท้อนแนวโน้มของความเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า อย่างไรก็ตาม การตีความผลลัพธ์เป็นไปเพื่อการคัดกรองเบื้องต้นเพื่อสนับสนุนการให้คำปรึกษาเท่านั้น มิได้ใช้เพื่อการวินิจฉัยทางการแพทย์

ผู้วิจัยตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามในส่วนของตัวแปรตาม ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบ 5 ระดับ แบบสอบถามได้รับการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านจิตเวช ด้านการศึกษา และด้านสถิติ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าข้อคำถามทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67–1.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (IOC ≥ 0.50) แสดงว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย จากนั้นนำแบบสอบถามไปทดลองใช้ (try-out) กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาความเที่ยงของเครื่องมือโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach’s alpha) ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบสอบถามมีค่า Cronbach’s alpha เท่ากับ 0.89 ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.70 แสดงว่าคุณภาพแบบสอบถามอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงได้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้วิจัยนำแบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นไปแจกให้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

2. ก่อนการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการตอบแบบสอบถาม รวมถึงสิทธิของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยเน้นย้ำว่าการเข้าร่วมเป็นไปโดยความสมัครใจ และข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

3. ผู้ตอบแบบสอบถามใช้เวลาในการตอบประมาณ 10 นาที และสามารถปฏิเสธหรือยุติการตอบแบบสอบถามได้ทุกเมื่อโดยไม่เสียสิทธิ์ใด ๆ

4. เมื่อดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความครบถ้วนสมบูรณ์ของแบบสอบถาม และคัดเลือกเฉพาะชุดที่มีความสมบูรณ์เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

5. ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่า ได้แบบสอบถามที่สมบูรณ์จำนวนทั้งสิ้น 400 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100 ของแบบสอบถามที่นำไปใช้ และนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ (Consultation Need) ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงกลุ่ม (binary variable) พัฒนาจากค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบคัดกรองเพื่อการให้คำปรึกษาด้านอารมณ์ จำนวน 9 ข้อ โดยกำหนดค่าเป็น 0 หมายถึง ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา และ 1 หมายถึง ควรได้รับคำปรึกษา ตัวแปรดังกล่าวถูกใช้เป็นตัวแทนของระดับความต้องการ การสนับสนุนด้านอารมณ์ของผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งอาจมีความสอดคล้องกับลักษณะของ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ภาวะซึมเศร้าในเชิงแนวโน้ม ตัวแปรดังกล่าวนี้ใช้เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นและสนับสนุนการให้คำปรึกษา ไม่ได้เป็นการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าทางการแพทย์

2. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) การเคยโพสต์คำหรือข้อความที่สะท้อนสภาวะทางอารมณ์ในสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งอ้างอิงจากแนวคิดที่ว่าภาษาที่ใช้ในการสื่อสารสามารถสะท้อนสภาวะทางอารมณ์และแนวโน้มของภาวะซึมเศร้าได้ โดยตัวแปรอยู่ในรูปแบบเชิงกลุ่ม (binary variable: 0 = ไม่เคย, 1 = เคย) จำนวน 10 ตัวแปร ดังนี้

X_1: เบื่อ X_2: เหนื่อย X_3: อยากหายไปสักพัก
X_4: ไม่มีใครเข้าใจ X_5: เศร้า X_6: อยากหายจากทุกอย่าง
X_7: เจ็บ X_8: หมดแรง X_9: ไม่ไหวแล้ว
X_{10}: ต้องการกำลังใจ

คำสำคัญดังกล่าวเป็นตัวแทนของการแสดงออกทางภาษาในเชิงอารมณ์ด้านลบ ซึ่งอาจสะท้อนประสบการณ์ ความรู้สึก และสภาวะทางจิตใจของผู้ใช้สื่อสังคมออนไลน์ และมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะของภาวะซึมเศร้าในงานวิจัยที่ผ่านมา

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้สถิติ ดังต่อไปนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ใช้ในการอธิบายลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) เพื่อใช้แสดงข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และความถี่ของการใช้คำหรือข้อความที่สะท้อนอารมณ์ในสื่อสังคมออนไลน์

2. การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ (Multiple Logistic Regression) ใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำหรือข้อความที่สะท้อนอารมณ์ในสื่อสังคมออนไลน์กับ ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ (Consultation Need) รวมถึงใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ความน่าจะเป็นของการที่บุคคลจะอยู่ในกลุ่มที่ ควรได้รับคำปรึกษา ซึ่งตัวแปรตามอยู่ในรูปแบบเชิงกลุ่ม (binary variable) โดยกำหนดให้ 0 = ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา และ 1 = ควรได้รับคำปรึกษา รูปแบบสมการของตัวแบบถดถอยโลจิสติกเป็นดังนี้

$$\ln((P)/(1-P))=b_0+b_1X_1+b_2X_2+\cdots+b_{10}X_{10}$$

โดยที่

P คือ ความน่าจะเป็นที่ผู้ตอบแบบสอบถามจะอยู่ในกลุ่มที่ ควรได้รับคำปรึกษา (Consultation Need Y=1)

$X_1,X_2,\ldots,X_{10}$ คือ ตัวแปรอิสระที่แสดงถึงการเคยโพสต์คำหรือข้อความที่สะท้อนอารมณ์ในสื่อสังคมออนไลน์

b_0 คือ ค่าคงที่ของตัวแบบ

$b_1,\ldots,b_{10}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ

ผลการวิเคราะห์จะนำเสนอในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย และค่าอัตราส่วนโอกาส (Odds Ratio) เพื่ออธิบายอิทธิพลของตัวแปรอิสระต่อโอกาสในการอยู่ในกลุ่มที่ควรได้รับคำปรึกษา

ทั้งนี้ การวิเคราะห์ดังกล่าวมุ่งเน้นการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสถิติและการพยากรณ์ในเชิงพฤติกรรม โดยผลลัพธ์ที่ได้อาจสะท้อนแนวโน้มของความเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า อย่างไรก็ตาม ไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าทางการแพทย์

3.6 การพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ

หลังจากได้ตัวแบบทางสถิติแล้ว ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมต้นแบบสำหรับ วิเคราะห์ข้อความในสื่อสังคมออนไลน์เพื่อสนับสนุนการคัดกรองด้านอารมณ์และการให้คำปรึกษา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. นำตัวแบบการถดถอยโลจิสติกพหุคูณที่ได้จากการวิเคราะห์มาใช้เป็นพื้นฐานของโปรแกรม

2. ออกแบบระบบให้สามารถรับข้อความจากผู้ใช้ในสื่อสังคมออนไลน์

3. ตรวจสอบการปรากฏของคำสำคัญที่สะท้อนสภาวะทางอารมณ์ ซึ่งอาจมีความเกี่ยวข้องกับลักษณะของภาวะซึมเศร้า

4. คำนวณค่าความน่าจะเป็นของการที่ผู้ใช้จะอยู่ในกลุ่มที่ ควรได้รับคำปรึกษา (Consultation Need) โดยอ้างอิงจากตัวแบบทางสถิติ

5. แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบคำแนะนำ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองเบื้องต้นด้านอารมณ์และสนับสนุนการให้คำปรึกษา

โปรแกรมต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการเฝ้าระวังและคัดกรองความต้องการการสนับสนุนด้านอารมณ์ในกลุ่มนักศึกษา ซึ่งอาจสะท้อนแนวโน้มของความเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ที่เกี่ยวข้องกับภาวะซึมเศร้า อย่างไรก็ตาม โปรแกรมดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อการคัดกรองเบื้องต้นและสนับสนุนการให้คำปรึกษาเท่านั้น มิได้ใช้เพื่อการวินิจฉัยภาวะซึมเศร้าทางการแพทย์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบจำลองเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ของนักศึกษาจากการใช้คำสำคัญบนสื่อสังคมออนไลน์ในบริบทของความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้คำสำคัญในโพสต์สื่อสังคมออนไลน์กับความเสี่ยงภาวะซึมเศร้า

4.1 ผลการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

เป็นการนำเสนอข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน เพื่อให้เห็นภาพรวมของลักษณะประชากรศาสตร์ พฤติกรรมการโพสต์ และความถี่ในการ ใช้คำสำคัญต่าง ๆ

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของข้อมูลทั่วไปสำหรับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน

ข้อมูลทั่วไป	รายการ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	182	45.50
	หญิง	218	54.50
ระดับชั้น	ปีที่ 1	94	23.50
	ปีที่ 2	95	23.75
	ปีที่ 3	102	25.50
	ปีที่ 4	109	27.25
การโพสต์ระบายความรู้สึก	เคย	214	53.50
	ไม่เคย	186	46.50

จากตารางที่ 3 พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 54.50 รองลงมาคือเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 45.50 เมื่อพิจารณาระดับชั้น พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับชั้นปีที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 27.25 รองลงมาคือปีที่ 3 ร้อยละ 25.50 ปีที่ 2 ร้อยละ 23.75 และปีที่ 1 ร้อยละ 23.50 ตามลำดับ สำหรับพฤติกรรมการโพสต์ระบายความรู้สึกผ่านสื่อสังคมออนไลน์ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยโพสต์ คิดเป็นร้อยละ 53.50 ในขณะที่ผู้ที่ไม่เคยโพสต์มีสัดส่วนร้อยละ 46.50

ตารางที่ 4 ร้อยละของการใช้คำสำคัญที่สื่อถึงภาวะซึมเศร้า

คำสำคัญ	ตัวแปร	เคย (ร้อยละ)	ไม่เคย (ร้อยละ)
เบื่อ	X_1	53.75	46.25
เหนื่อย	X_2	52.50	47.50
อยากหายไปสักพัก	X_3	51.75	48.25
ไม่มีใครเข้าใจ	X_4	53.50	46.50
เศร้า	X_5	55.25	44.75
อยากหายจากทุกอย่าง	X_6	52.25	47.75
เจ็บ	X_7	50.25	49.75
หมดแรง	X_8	54.25	45.75
ไม่ไหวแล้ว	X_9	50.25	49.75
ต้องการกำลังใจ	X_{10}	49.25	50.75

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จากตารางที่ 4 พบว่าคำสำคัญที่กลุ่มตัวอย่างเคยใช้ในการโพสต์มากที่สุดคือ “เศร้า” คิดเป็นร้อยละ 55.25 รองลงมาคือ “หมดแรง” ร้อยละ 54.25 และ “เบื่อ” ร้อยละ 53.75 ตามลำดับ ในขณะที่คำสำคัญที่มีการใช้น้อยที่สุดคือ “ต้องการกำลังใจ” คิดเป็นร้อยละ 49.25 รองลงมาคือ “ไม่ไหวแล้ว” และ “เจ็บ” ซึ่งมีสัดส่วนเท่ากันที่ร้อยละ 50.25 โดยภาพรวมพบว่าคำสำคัญส่วนใหญ่มีสัดส่วนการใช้งานใกล้เคียงกัน โดยอยู่ในช่วงร้อยละ 49.25 ถึง 55.25

4.2 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ (Multiple Logistic Regression Analysis)

เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์จากข้อความที่โพสต์บนสื่อสังคมออนไลน์ วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณ โดยใช้ตัวแปรตามคือ ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ (Consultation Need) และ ตัวแปรอิสระคือการเคยโพสต์คำสำคัญ 10 คำ ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณโมเดลเริ่มต้นที่ประกอบด้วยคำสำคัญทั้งหมด 10 คำ

คำสำคัญ (ตัวแปร)	ค่าสัมประสิทธิ์ (b)	p-value	สรุป
ค่าคงที่ (constant)	-4.1087	0.000	มีนัยสำคัญ
เบื่อ (X_1)	1.9428	0.000	มีนัยสำคัญ
เหนื่อย (X_2)	1.3406	0.000	มีนัยสำคัญ
อยากหายไปสักพัก (X_3)	1.2895	0.000	มีนัยสำคัญ
ไม่มีใครเข้าใจ (X_4)	1.5219	0.000	มีนัยสำคัญ
เศร้า (X_5)	1.6765	0.000	มีนัยสำคัญ
อยากหายจากทุกอย่าง (X_6)	0.0124	0.971	ไม่มีนัยสำคัญ
เจ็บ (X_7)	-0.3678	0.285	ไม่มีนัยสำคัญ
หมดแรง (X_8)	0.6178	0.087	ไม่มีนัยสำคัญ
ไม่ไหวแล้ว (X_9)	0.8203	0.020	มีนัยสำคัญ
ต้องการกำลังใจ (X_{10})	0.0274	0.936	ไม่มีนัยสำคัญ

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกพหุในโมเดลเริ่มต้น (Full Model) พบว่า ตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ได้แก่ “เบื่อ” “เหนื่อย” “อยากหายไปสักพัก” “ไม่มีใครเข้าใจ” “เศร้า” และ “ไม่ไหวแล้ว” ขณะที่ตัวแปร “อยากหายจากทุกอย่าง” “เจ็บ” และ “ต้องการกำลังใจ” ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และตัวแปร “หมดแรง” มีค่าใกล้เคียงนัยสำคัญ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$) เข้าสู่การวิเคราะห์โมเดลถดถอยโลจิสติกพหุขั้นสุดท้าย

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกพหุคูณโมเดลสุดท้ายที่ประกอบด้วยคำที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

คำสำคัญ (ตัวแปร)	ค่าสัมประสิทธิ์ (b)	Odds Ratio	95% CI (OR)	p-value
ค่าคงที่ (constant)	-3.8410	0.0215	0.009 – 0.050	0.000
เบื่อ (X_1)	1.8486	6.351	3.256 – 12.386	0.000
เหนื่อย (X_2)	1.4003	4.056	2.089 – 7.878	0.000
อยากหายไปสักพัก (X_3)	1.2469	3.480	1.795 – 6.747	0.000
ไม่มีใครเข้าใจ (X_4)	1.5477	4.701	2.437 – 9.067	0.000
เศร้า (X_5)	1.5714	4.814	2.480 – 9.344	0.000
ไม่ไหวแล้ว (X_9)	0.7472	2.111	1.080 – 4.126	0.029

จากตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกพหุในโมเดลสุดท้าย พบว่า ตัวแปรคำสำคัญทั้ง 6 ตัว ได้แก่ เบื่อ เศร้า ไม่มีใครเข้าใจ เหนื่อย อยากหายไปสักพัก และไม่ไหวแล้ว มีอิทธิพลต่อความน่าจะเป็นของตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยตัวแปร “เบื่อ” มีอิทธิพลสูงที่สุด (Odds Ratio = 6.351) รองลงมาคือ “เศร้า” และ “ไม่มีใครเข้าใจ” ตามลำดับ โมเดลมีค่า Pseudo R^2 เท่ากับ 0.5591 แสดงว่าโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ในระดับค่อนข้างดี สมการถดถอยโลจิสติกพหุสามารถเขียนได้ดังนี้

$\ln((P)/(1-P))=-3.841+1.8486X_1+1.4003X_2+1.2469X_3+1.5477X_4+1.5714X_5+0.7472X_9$

โดยที่ P คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ (Y=1) ซึ่งหมายถึง ความน่าจะเป็นที่จะอยู่ในกลุ่มที่ควรได้รับคำปรึกษา (Consultation Need)

4.3 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อความเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์

จากผลที่ได้จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้นำองค์ความรู้ที่ได้มาประยุกต์พัฒนาเป็นโปรแกรมต้นแบบสำหรับคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ โดยออกแบบให้สามารถตรวจสอบข้อความจากสื่อสังคมออนไลน์และประเมินระดับความต้องการรับคำปรึกษาได้โดยอัตโนมัติ โปรแกรมทำงานโดยตรวจจับคำสำคัญภายในข้อความ และประมวลผลเพื่อจัดระดับความต้องการรับคำปรึกษาออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา ควรเฝ้าระวัง ควรได้รับคำปรึกษา และควรได้รับคำปรึกษาอย่างเร่งด่วน โดยมีการกำหนดเกณฑ์การแบ่งระดับตามค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากแบบจำลองอย่างชัดเจน กล่าวคือ หากค่าที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.25 จัดอยู่ในระดับยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา หากมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.25 ถึงน้อยกว่า 0.50 จัดอยู่ในระดับควรเฝ้าระวัง หากมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.50 ถึงน้อยกว่า 0.75 จัดอยู่ในระดับควรได้รับคำปรึกษา และหากมีค่าตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับควรได้รับคำปรึกษาอย่างเร่งด่วน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแปลผลได้อย่างเป็นระบบและมีความชัดเจนในการนำไปใช้งาน

เพื่อสาธิตการทำงานของโปรแกรม ผู้วิจัยได้ทดลองนำข้อความตัวอย่างจำนวน 4 กรณีเข้าสู่ระบบวิเคราะห์ ได้แก่ กรณีที่ 1 “เศร้า เบื่อมาก งานเหนื่อยสุดๆ รู้สึกอยากหายไปสักพัก ไม่อยากทำไรแล้ว” กรณีที่ 2 “ช่วงนี้เหนื่อยมาก เบื่อชีวิต เศร้ากับความรัก ไม่อยากไปไหนแล้ว” กรณีที่ 3 “ช่วงนี้รู้สึกเหนื่อย ๆ เบื่อบ้างเป็นบางวัน อยากออกไปเที่ยว เผื่อจะได้รู้สึกดีขึ้น” และกรณีที่ 4 “ช่วงนี้มีเบื่อบ้างเป็นบางวัน แต่ยังใช้ชีวิตปกติ ทำงานได้” โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 7

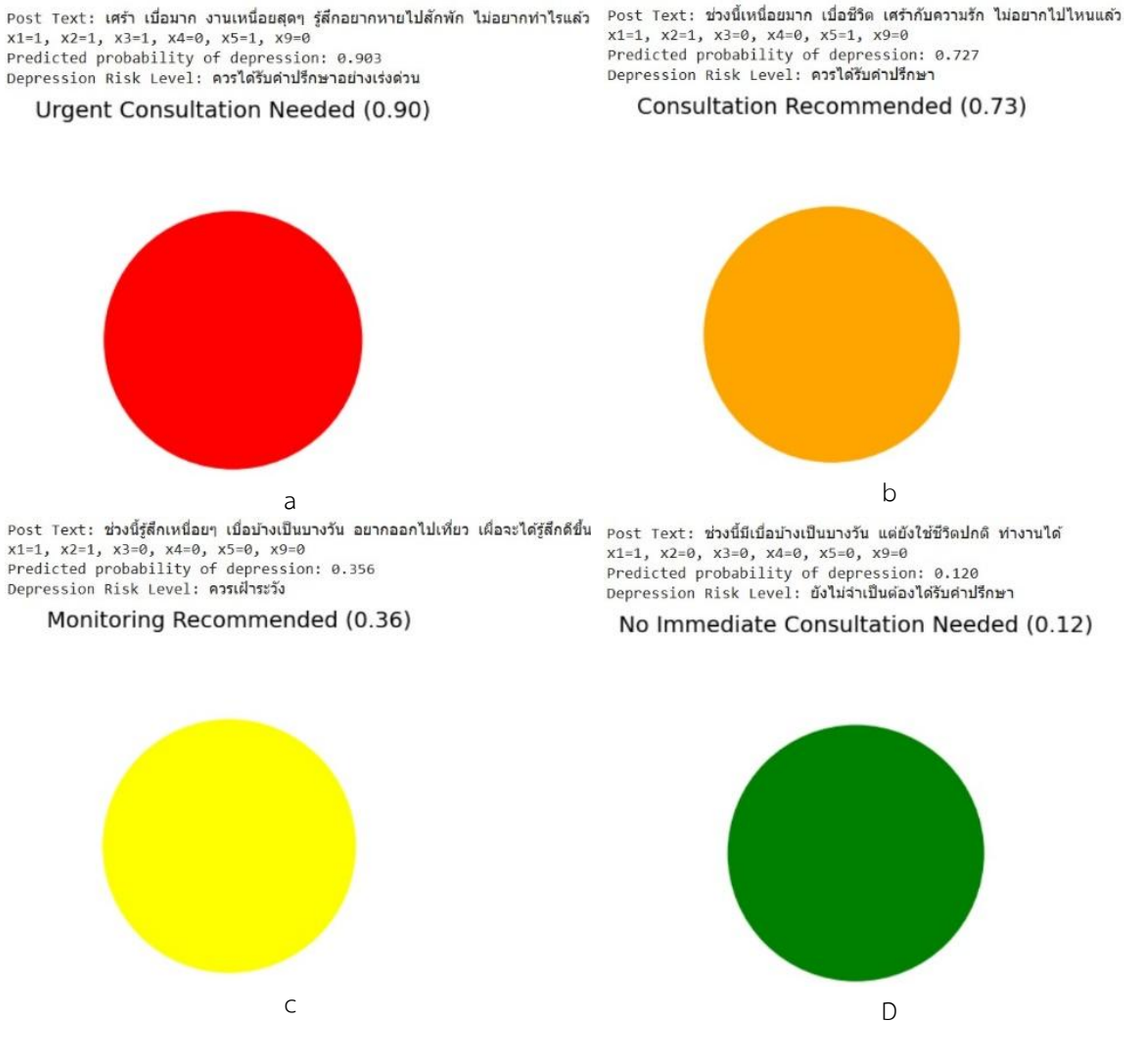
ตารางที่ 7 ผลการคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์จากข้อความตัวอย่าง 4 กรณี

กรณีที่	ข้อความที่นำเข้า	คำสำคัญที่พบ	ความน่าจะเป็น	ระดับความต้องการรับคำปรึกษา
1	เศร้า เบื่อมาก งานเหนื่อยสุดๆ รู้สึกอยากหายไปสักพัก ไม่อยากทำไรแล้ว	X_1=1, X_2=1, X_3=1, X_4=0, X_5=1, X_9=0	0.90	ควรได้รับคำปรึกษาอย่างเร่งด่วน (Urgent Consultation Needed)
2	ช่วงนี้เหนื่อยมาก เบื่อชีวิต เศร้ากับความรัก ไม่อยากไปไหนแล้ว	X_1=1, X_2=1, X_3=0, X_4=0, X_5=1, X_9=0	0.73	ควรได้รับคำปรึกษา (Consultation Recommended)
3	ช่วงนี้รู้สึกเหนื่อยๆ เบื่อบ้างเป็นบางวัน อยากออกไปเที่ยว เผื่อจะได้รู้สึกดีขึ้น	X_1=1, X_2=1, X_3=0, X_4=0, X_5=0, X_9=0	0.356	ควรเฝ้าระวัง (Monitoring Recommended)
4	ช่วงนี้มีเบื่อบ้างเป็นบางวัน แต่ยังใช้ชีวิตปกติ ทำงานได้	X_1=1, X_2=0, X_3=0, X_4=0, X_5=0, X_9=0	0.12	ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา (No Immediate Consultation Needed)

จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมสามารถจำแนกระดับความต้องการรับคำปรึกษาได้สอดคล้องกับลักษณะของข้อความ โดยกรณีที่มีเนื้อหาสะท้อนอารมณ์เชิงลบอย่างชัดเจนและมีความเข้มข้นสูง จะถูกจัดอยู่ในระดับที่ควรได้รับคำปรึกษาอย่างเร่งด่วน ขณะที่ข้อความที่มีลักษณะเชิงลบในระดับรองลงมา จะถูกจัดอยู่ในระดับควรได้รับคำปรึกษา ส่วนข้อความที่มีลักษณะก้ำกึ่งหรือยังมีบริบทเชิงบวก จะถูกจัดอยู่ในระดับควรเฝ้าระวัง และข้อความที่โดยรวมสะท้อนถึงการใช้ชีวิตได้ตามปกติจะถูกจัดอยู่ในระดับที่ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา

นอกจากนี้ โปรแกรมยังมีการแสดงผลในรูปแบบกราฟิกเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตีความผลลัพธ์ได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยแสดงเป็นวงกลมสีตามระดับความต้องการรับคำปรึกษา ซึ่งผลการแสดงผลลัพธ์ของแต่ละกรณีปรากฏดังภาพที่ 1

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 1 ผลการประมวลผลจากโปรแกรมวิเคราะห์ข้อความเพื่อคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ โดย (a) ควรได้รับคำปรึกษาอย่างเร่งด่วน (b) ควรได้รับคำปรึกษา (c) ควรเฝ้าระวัง และ (d) ยังไม่จำเป็นต้องได้รับคำปรึกษา

จากการพัฒนาและทดลองใช้งานโปรแกรมต้นแบบดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าสามารถนำผลการวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการคัดกรองความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์ได้อย่างเป็นรูปธรรม โดยโปรแกรมมีความง่ายต่อการใช้งาน สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจน ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นเพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังและการให้ความช่วยเหลือได้อย่างทันท่วงทีในบริบทของสถานศึกษา

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองการถดถอยโลจิสติกพหุคูณที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการรับคำปรึกษาด้านอารมณ์จากคำสำคัญที่ปรากฏในข้อความบนสื่อสังคมออนไลน์ได้ในระดับที่น่าพอใจ โดยตัวแปรคำสำคัญจำนวน 6 ตัว ได้แก่ เบื่อ เหนื่อย อยากหายไปสักพัก ไม่มีใครเข้าใจ เศร้า และไม่ไหวแล้ว มีอิทธิพลต่อความน่าจะเป็นของการอยู่ในกลุ่มที่ควรได้รับคำปรึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าภาษาที่ใช้ในสื่อสังคมออนไลน์สามารถสะท้อนสภาวะทางอารมณ์และสุขภาพจิตของบุคคลได้ (De Choudhury *et al*., 2013; Eichstaedt *et al*., 2018; Kim *et al*., 2020)

นอกจากนี้ แบบจำลองที่ได้ยังถูกนำไปพัฒนาเป็นโปรแกรมต้นแบบ ซึ่งมีความสะดวกต่อการใช้งาน สามารถประมวลผลได้รวดเร็ว และแปลผลได้อย่างชัดเจนในรูปแบบระดับความต้องการรับคำปรึกษา ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือคัดกรองเบื้องต้นในบริบทของสถานศึกษาได้จริง

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแบบจำลองจะมีค่า Pseudo R^2 ประมาณ 0.5 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ในงานวิจัยด้านพฤติกรรมศาสตร์ แต่ยังสะท้อนให้เห็นข้อจำกัดสำคัญของการสร้างแบบจำลองเชิงสังคม เนื่องจากพฤติกรรมและสภาวะทาง

อารมณ์ของมนุษย์มีความซับซ้อน และได้รับอิทธิพลจากปัจจัยหลายด้านที่ไม่สามารถควบคุมหรือวัดได้ทั้งหมด (Levy and O'Malley, 2020) ดังนั้น ความแม่นยำของแบบจำลองจึงไม่สามารถครอบคลุมได้อย่างสมบูรณ์

ในด้านการนำไปใช้ ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ควรพิจารณาภายใต้บริบทของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาในสถานศึกษาแห่งหนึ่งเท่านั้น การนำแบบจำลองไปใช้ในบริบทอื่น เช่น สถานศึกษาอื่นหรือกลุ่มประชากรที่แตกต่างกัน อาจจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลและพัฒนาแบบจำลองใหม่ให้สอดคล้องกับบริบทนั้น ๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการปรับปรุงและพัฒนาตัวแบบอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในส่วนของคำสำคัญ เนื่องจากภาษาที่ใช้ในสื่อสังคมออนไลน์มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา รวมถึงอาจพิจารณานำเทคนิคทางสถิติอื่น ๆ ปัญญาประดิษฐ์ หรือการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองให้สามารถสะท้อนสภาวะทางอารมณ์ได้ครอบคลุมและทันสมัยมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี กลุ่มงานจิตเวชและยาเสพติด โรงพยาบาลเขมราฐ จังหวัดอุบลราชธานี และสาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งด้านเครื่องมือวิจัยและบุคลากร ตลอดจนให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือเป็นอย่างดียิ่ง จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยในชั้นเรียน โดยผู้วิจัยได้ยึดมั่นและให้ความสำคัญต่อหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัดตลอดกระบวนการศึกษา ทั้งในด้านการเคารพในศักดิ์ศรีและสิทธิของผู้เข้าร่วมวิจัย (Respect for persons) การไม่ก่อให้เกิดอันตราย (Non-maleficence) และการปฏิบัติอย่างเป็นธรรม (Justice)

ผู้วิจัยได้ดำเนินการปกปิดตัวตนของผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างรัดกุม โดยไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคลที่สามารถระบุตัวตนได้ อีกทั้งข้อมูลทั้งหมดถูกจัดเก็บและใช้ประโยชน์เพื่อการวิจัยเท่านั้นภายใต้มาตรการรักษาความลับอย่างเหมาะสม

การดำเนินงานวิจัยมุ่งเน้นการประเมินความต้องการรับคำปรึกษาเชิงสนับสนุนในบริบทของการจัดการเรียนการสอน มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อการวินิจฉัยหรือรักษาทางการแพทย์แต่อย่างใด ทั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนได้รับการชี้แจงรายละเอียดของการวิจัยอย่างชัดเจน และให้ความยินยอมเข้าร่วมโดยสมัครใจโดยปราศจากการบังคับหรือชักจูง

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความได้ในระดับที่เหมาะสม เช่น ตรวจสอบความถูกต้องของการสะกดคำและไวยากรณ์ ใช้ภาษาให้ชัดเจนเท่านั้น ในส่วนของข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผล ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบทั้งสิ้น

References

Cha, J., Kim, S. and Park, E. (2022). A lexicon-based approach to examine depression detection in social media: the case of Twitter and university community. **Humanities and Social Sciences Communications**, 9(1), 325.

Chen, X., Liu, X., Li, F., Zhang, Y., Wang, H., Zhao, Y., Sun, Q., Li, J. and Zhou, L. (2025). Depression and health outcomes: An umbrella review of systematic reviews and meta-analyses of observational studies. **Translational Psychiatry,** 15(1), 298.

Coppersmith, G., Dredze, M., Harman, C., Hollingshead, K. and Mitchell, M. (2015). CLPsych 2015 shared task: Depression and PTSD on Twitter. **Proceedings of the 2nd Workshop on Computational Linguistics and Clinical Psychology: From Linguistic Signal to Clinical Reality** (pp. 31–39). Denver, Colorado: Association for Computational Linguistics.

De Choudhury, M., Gamon, M., Counts, S. and Horvitz, E. (2013). Predicting depression via social media. **Proceedings of the 7th International AAAI Conference on Weblogs and Social Media (ICWSM)** (pp. 128–137) Palo Alto, CA: AAAI Press.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

de Sousa, R. D., Zagalo, D. M., Costa, T., de Almeida, J. M. C., Canhão, H. and Rodrigues, A. (2025). Exploring depression in adults over a decade: A review of longitudinal studies. **BMC Psychiatry,** 25(1), 378.

Eichstaedt, J. C., Smith, R. J., Merchant, R. M., Ungar, L. H., Crutchley, P., Preoţiuc-Pietro, D., Asch, D. A. and Schwartz, H. A. (2018). Facebook language predicts depression in medical records. **Proceedings of the National Academy of Sciences,** 115(44), 11203–11208.

Ji, B. (2023). Depressive disorder: A general overview. **Lecture Notes in Education Psychology and Public Media,** 7, 507–512.

Kabir, M. K., Islam, M., Kabir, A. N. B., Haque, A. and Rahman, M. K. (2022). Detection of depression severity using Bengali social media posts on mental health: Study using natural language processing techniques. **JMIR Formative Research,** 6(9), e36118.

Kim, J., Lee, J., Park, E. and Han, J. (2020). A deep learning model for detecting mental illness from user content on social media. **Scientific Reports,** 10(1), 11846.

Kim, N. H., Kim, J. M., Park, D. M., Ji, S. R. and Kim, J. W. (2022). Analysis of depression in social media texts through the Patient Health Questionnaire-9 and natural language processing. **Digital Health**, 8, 20552076221114204.

Kroenke, K., Spitzer, R. L. and Williams, J. B. W. (2001). The PHQ-9: Validity of a brief depression severity measure. **Journal of General Internal Medicine**, 16(9), 606–613.

Levy, J. J. and O'Malley, A. J. (2020). Don't dismiss logistic regression: The case for sensible extraction of interactions in the era of machine learning. **BMC Medical Research Methodology,** 20(1), 171.

Rickwood, D. and Coleman-Rose, C. (2023). The effect of survey administration mode on youth mental health measures: Social desirability bias and sensitive questions. **Heliyon**, 9(9), e20131.

Salas-Zárate, R., Alor-Hernández, G., Paredes-Valverde, M. A., Salas-Zárate, M. D. P., Bustos-López, M. and Sánchez-Cervantes, J. L. (2024). Mental-health: An NLP-based system for detecting depression levels through user comments on Twitter (X). **Mathematics**, 12(13), 1926.

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 76 - 89
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.07

Research Article in Science Education

Development of an Active Learning Model Integrated with Positive Teacher–Student Relationships (PEACE2 Model) to Enhance Problem-Solving Skills and Learning Achievement in Physics for Grade 12 Students at Srikoonwittayabunlung School

Nikorn Nilpong[1,*]

[1]*Department of Science and Technology, Srikoonwittayabunlung School, Phana District, Amnat Charoen Province*

**Email: nilpongnikorn@gmail.com*

Received <12 Jan. 2026>; Revised <8 May 2026>; Accepted <22 May 2026>

Abstract

This study aimed to develop an active learning model integrated with positive teacher–student relationships (PEACE^2 Model) to enhance Grade 12 students' problem-solving skills and learning achievement in Solids and Fluids at Srikoonwittayabunlung School, a small-sized secondary school with limited resources. A four-phase Research and Development (R & D) design was employed: (1) needs analysis, (2) model development and expert validation with pilot testing, (3) field implementation with 21 Grade 12/1 students, and (4) evaluation of students' opinions. Data were collected using questionnaires, interviews, tests of problem-solving skills and learning achievement, lesson plans, and a student opinion questionnaire. Data analysis used descriptive statistics, instructional efficiency (E_1/E_2), effectiveness index (E.I.), and a paired-samples t-test. The findings revealed that the current practice of active learning and positive teacher–student relationships was moderate ($\overline{X}$ = 3.11, SD = 0.81). Therefore, it is necessary to develop instructional models. The PEACE^2 Model organized learning into six steps: Preparation, High Engagement, Action, Conclusion, Enhance Skills, and Evaluate. Field efficiency was E_1/E_2 = 77.39/76.96, exceeding the 75/75 criterion, and the effectiveness index was E.I. = 0.72, indicating high learning gains. After implementation, students' problem-solving skills significantly increased from pretest ($\overline{X}$ = 4.38, SD = 2.06) to posttest ($\overline{X}$ = 18.47, SD = 2.14), $p < .001$, and learning achievement significantly improved from pretest ($\overline{X}$ = 6.19, SD = 1.89) to posttest ($\overline{X}$ = 20.29, SD = 2.02), $p < .001$. Students' overall opinions toward the PEACE^2 Model were high, suggesting that the model is appropriate and can be effectively implemented to improve physics learning outcomes in resource-constrained small school contexts.

Keywords: Learning model; Active learning; Positive teacher–student relationships; Problem-solving skills; Learning achievement

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์

นิกรณ์ นิลพงษ์[1,*]

[1]*กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ อำเภอพนา จังหวัดอำนาจเจริญ*

**Email: nilpongnikorn@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกที่บูรณาการความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียน (PEACE^2 Model) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากร การวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) 4 ระยะ ได้แก่ (1) วิเคราะห์ความต้องการและปัญหา (2) พัฒนารูปแบบและตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน พร้อมทดลองนำร่องกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 23 คน (3) นำรูปแบบไปใช้จริงกับนักเรียนชั้น ม.6/1 จำนวน 21 คน และ (4) ประเมินความคิดเห็นของนักเรียน เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ แบบประเมินความเหมาะสม แบบทดสอบทักษะการแก้โจทย์ปัญหา แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ และแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และสถิติทดสอบทีสำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สัมพันธ์กัน ผลการวิจัยพบว่า ระดับการปฏิบัติด้านการเรียนรู้เชิงรุกและความสัมพันธ์เชิงบวกโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.11, SD = 0.81) จึงมีความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุกและความสัมพันธ์เชิงบวก รูปแบบ PEACE^2 สังเคราะห์กิจกรรมการเรียนรู้เป็น 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นที่ 0 เตรียมการ (Preparation : P) ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจอย่างสูง (High Engagement : E) ขั้นที่ 2 ลงมือปฏิบัติ (Action : A) ขั้นที่ 3 สรุปการเรียน (Conclusion : C) ขั้นที่ 4 เสริมทักษะ (Enhance skills : E) และขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluate : E) เรียกว่า PEACE^2 Model มีประสิทธิภาพภาคสนาม E_1/E_2 = 77.39/76.96 สูงกว่าเกณฑ์ 75/75 และมี E.I. = 0.72 แสดงถึงความก้าวหน้าการเรียนรู้ในระดับสูง ภายหลังการใช้รูปแบบ นักเรียนมีทักษะการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ก่อนเรียน $\overline{X}$ = 4.38, SD = 2.06; หลังเรียน $\overline{X}$ = 18.47, SD = 2.14; $t(20) = 35.61$, $p < .001$) และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ก่อนเรียน $\overline{X}$ = 6.19, SD = 1.89; หลังเรียน $\overline{X}$ = 20.29, SD = 2.02; $t(20) = 37.99$, $p < .001$) อีกทั้งนักเรียนมีความคิดเห็นต่อรูปแบบ PEACE^2 โดยรวมอยู่ในระดับมาก สะท้อนว่ารูปแบบมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้เพื่อยกระดับการเรียนรู้ฟิสิกส์ในบริบทโรงเรียนขนาดเล็กที่มีทรัพยากรจำกัดได้อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ: รูปแบบการเรียนรู้; การเรียนรู้เชิงรุก; ความสัมพันธ์เชิงบวกครูกับนักเรียน; ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา; ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บทนำ

สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของโลกในปัจจุบันได้ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อแนวทางและรูปแบบการจัดการศึกษา ทำให้การจัดการเรียนรู้จำเป็นต้องปรับจากการถ่ายทอดความรู้แบบเดิมไปสู่การเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีบทบาทเป็น “ผู้เรียนรู้” อย่างชัดเจน กล่าวคือ ผู้เรียนต้องเป็นผู้คิด ค้นหา ลงมือปฏิบัติ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ขณะที่บทบาทของครูควรเปลี่ยนจาก “ผู้สอน” เป็นผู้กระตุ้น ผู้อำนวยความสะดวก ผู้จัดเตรียมประสบการณ์ และผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับจากการปฏิบัติของผู้เรียน เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายและยั่งยืน สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติด้านการพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์ ที่มุ่งปลูกฝังคุณลักษณะของช่วงวัยเรียน/วัยรุ่นให้เป็นคนดี มีวินัย และมีทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การแก้ปัญหาซับซ้อน ความคิดสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่น และความยืดหยุ่นทางความคิด รวมถึงการยกระดับบทบาทครูยุคใหม่จาก “ครูสอน” เป็น “โค้ช/ผู้อำนวยการการเรียนรู้” ที่สามารถออกแบบกิจกรรมสร้างนวัตกรรม และพัฒนากระบวนการเรียนรู้เพื่อผลลัพธ์ของผู้เรียนได้ (Secretariat of the National Strategy Committee, 2018)

จากผลการประเมิน PISA 2022 นักเรียนไทย มีคะแนนเฉลี่ย คณิตศาสตร์ 394 และวิทยาศาสตร์ 409 คะแนน และมีแนวโน้มลดลงจากรอบก่อนหน้า ตามกรอบ PISA ถือว่าเป็นระดับขั้นต่ำ (minimum proficiency) สะท้อนความท้าทายด้าน “สมรรถนะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา” ของนักเรียนไทย (OECD, 2023) นอกจากนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสาม ได้เน้นการพัฒนาทุนมนุษย์บนฐาน “การเรียนรู้ตลอดชีวิต” เพื่อให้ประชาชนสามารถพัฒนาทักษะและปรับตัวได้ต่อเนื่องท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และได้สะท้อนประเด็นท้าทายด้านทุนมนุษย์ของประเทศไทย โดยพบแนวโน้มทักษะด้านการอ่าน/การแสวงหาความรู้ลดลง และมีจำนวนเยาวชนที่ไม่ได้เรียนและไม่ได้ทำงานเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งคุณภาพการศึกษายังอยู่ในระดับต่ำเมื่อพิจารณาจากการประเมินระดับนานาชาติ ส่งผลให้การผลิตกำลังคนและการยกระดับทักษะแรงงานให้สอดคล้องกับตลาดและทิศทางเศรษฐกิจฐานนวัตกรรมเป็นข้อจำกัดสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความต้องการทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพิ่มสูงขึ้นควบคู่กับทักษะที่เทคโนโลยีทดแทนได้ยาก เช่น ทักษะมนุษย์ การคิดเชิงวิพากษ์ การทำงานเป็นทีม และความคิดสร้างสรรค์ (Office of the National Economic and Social Development Council, 2023)

ในระดับนโยบายการศึกษา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดจุดหมายเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ โดยเน้นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการ ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี (Ministry of Education, 2016) ซึ่งสะท้อนว่าทักษะการคิดและการแก้ปัญหาเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียน โดยเฉพาะการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบเสาะ การสังเกต สำรวจตรวจสอบ และการทดลอง แล้วนำผลมาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ รวมถึงการมีส่วนร่วมในทุกขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ (Ministry of Education, 2017)

เมื่อพิจารณาในมิติ “การคิดแก้ปัญหา” จะพบว่าเป็นทักษะจำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคใหม่ที่ซับซ้อนและมีข้อมูลจำนวนมาก ทั้งยังถูกระบุไว้อย่างชัดเจนในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 โดยเฉพาะความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ซึ่งเป็นทักษะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 และเป็นฐานในการพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุเป้าหมายทางการศึกษา (Office of the Education Council, 2017) ดังนั้น การจัดการเรียนรู้จึงควรมุ่งพัฒนา “กระบวนการคิด” ให้ผู้เรียนสามารถใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน และนำไปสู่การแก้ปัญหาได้จริงในสถานการณ์หลากหลายแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สอดรับกับเป้าหมายดังกล่าว คือการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ซึ่งเน้นลดบทบาทการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอน และเพิ่มบทบาทของผู้เรียนในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกิจกรรมที่หลากหลายและมีปฏิสัมพันธ์ทั้งครู–ผู้เรียนและผู้เรียน–ผู้เรียน เพื่อพัฒนาความคิดขั้นสูงและทักษะจำเป็นแห่งศตวรรษที่ 21 (Phromphasit, 2016) จากงานวิจัยการจัดลำดับกิจกรรมการสอน–การเรียนรู้ที่ผสานการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการสร้างแบบจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ในหัวข้อ “ปรากฏการณ์ผิวของของเหลว” ช่วยส่งเสริมการให้เหตุผลและความเข้าใจของผู้เรียนได้ (Battaglia *et al*., 2023) อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้เชิงรุกมิได้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมเพียงอย่างเดียว แต่ยังสัมพันธ์กับ “บรรยากาศการเรียนรู้” และ “ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน” โดยเฉพาะความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูและผู้เรียน ซึ่งเป็นฐานสำคัญของแรงจูงใจ ความตั้งใจเรียน และเจตคติต่อรายวิชา ในวิชาฟิสิกส์ โดยเฉพาะเรื่อง ของแข็งและของไหล มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรม ผู้เรียนจึงมักเกิดความกังวลเมื่อเผชิญเนื้อหาและการแก้โจทย์ที่ยาก ในมุมนี้ ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับผู้เรียนช่วยสร้าง “พื้นที่ปลอดภัย” ให้ผู้เรียนกล้าลองผิดลองถูกในการแก้โจทย์ปัญหาและมีส่วนร่วมมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานในบริบทฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาที่พบว่า ความใกล้ชิดกับครูสัมพันธ์กับความกังวลในชั้นเรียนฟิสิกส์ที่ลดลง (Kamata *et al*., 2025).

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัย พบว่าเมื่อผู้เรียนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับครูผู้สอน โดยเฉพาะความไว้วางใจและการยอมรับ ผู้เรียนมักตั้งใจเรียนมากขึ้น มีเจตคติที่ดีต่อรายวิชา และมีแนวโน้มส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีขึ้น ในทางตรงกันข้าม หากความสัมพันธ์ครู–ผู้เรียนไม่เอื้อต่อการเรียนรู้ อาจทำให้แรงจูงใจและการมีส่วนร่วมลดลงและกระทบต่อผลการเรียนได้ ดังนั้นการยกระดับคุณภาพห้องเรียนจำเป็นต้องพัฒนาทั้งสมรรถนะการจัดการเรียนรู้และการสร้างปฏิสัมพันธ์เชิงบวกในชั้นเรียน สอดคล้องกับแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา (ก.ค.ศ.) ที่เน้น “Back to school” และ “Focus on classroom” โดยการประเมินควรพิจารณาจากสมรรถนะการปฏิบัติงานจริงของครูในห้องเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ และผลลัพธ์การเรียนรู้ของผู้เรียน (Office of the Teacher Civil Service and Educational Personnel Commission, 2021)

ในบริบทโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ ซึ่งเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็ก มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ สื่อ และอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ประกอบกับผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสามารถปานกลางถึงอ่อน และมีแรงจูงใจในการเรียนไม่สูงนัก ผู้วิจัยพบปัญหาสำคัญในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์คือ “ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา” ที่ผู้เรียนยังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนี้ข้อมูลผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนในช่วง 2 ปีการศึกษาย้อนหลังยังอยู่ในระดับต่ำและไม่น่าพอใจ (Srikoonwittayabunlung School, 2025) จึงสะท้อนความจำเป็นในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทจริงของโรงเรียนขนาดเล็ก สามารถใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และยกระดับทั้งทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมุ่งพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่บูรณาการ “การเรียนรู้เชิงรุก” ร่วมกับ “ความสัมพันธ์เชิงบวก” PEACE^2 Model ที่ออกแบบมาเพื่อลดข้อจำกัดด้านงบประมาณ โดยไม่พึ่งพาสื่อราคาแพง แต่ใช้กระบวนการจัดกิจกรรมและต้นทุนทางจิตวิทยาของครูเป็นสำคัญ เน้นกิจกรรมการทดลองอย่างง่าย เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพห้องเรียน เพิ่มการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เสริมเจตคติที่ดีต่อการเรียนฟิสิกส์ และสร้างองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการ และสภาพปัญหาในการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวกเพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์
2. เพื่อสร้าง ตรวจสอบคุณภาพ หาประสิทธิภาพ (E1/E2) และหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของ PEACE^2 Model
3. เพื่อศึกษาผลการใช้ PEACE^2 Model ต่อทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
   3.1 เพื่อเปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย PEACE^2 Model
   3.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วย PEACE^2 Model
4. เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วย PEACE^2 Model

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบ PEACE^2 Model มีทักษะการแก้โจทย์ปัญหา วิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบ PEACE^2 Model มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ดำเนินการโดยใช้กระบวนการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ตามแนวคิดของ Buasorn (2022) ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ความต้องการ และสภาพปัญหาในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

แหล่งข้อมูล 1) ครูผู้สอน ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จำนวน 9 คน 2) นักเรียนโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน และ 3) ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ จำนวน 5 คน

ตัวแปรที่ศึกษา 1) สภาพปัจจุบันและปัญหา ของทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน และ 2) แนวทางการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 1) แบบสอบถามสภาพปัจจุบันและปัญหา เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 19 ข้อ ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียน การส่งเสริมทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 2) แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง จำนวน 7 ข้อ สำหรับสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ครอบคลุมประเด็นแนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สื่อ/แหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล การสอนในบริบทผู้เรียนระดับกลางถึงอ่อน การจัดการเรียนรู้เชิงรุก และการส่งเสริมความสัมพันธ์เชิงบวก โดยตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง (IOC) (Rovinelli and Hambleton, 1977)

การเก็บรวบรวมข้อมูล 1) ดำเนินการให้คณะครูและบุคลากรทางการศึกษา ตอบแบบสอบถาม โดยการชี้แจงวัตถุประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และอธิบายทำความเข้าใจ 2) ดำเนินการให้นักเรียน ตอบแบบสอบถาม 3) สำรวจผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถด้านการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ จากนั้นทำการติดต่อเพื่อขอสัมภาษณ์ 4) ดำเนินการขอกำหนดวัน เวลา วิธีการแบบพบตัวหรือทางโทรศัพท์ และ 5) ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล 1) นำข้อมูลจากแบบสอบถามความต้องการ สภาพปัจจุบันและปัญหา มาวิเคราะห์ข้อมูลจากการประเมิน ซึ่งกำหนดคะแนน 5 ระดับ และ 2) นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์ แนวการเรียนรู้เชิงรุก การสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกมาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) ตามการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ และการตรวจสอบสามเส้า (Triangulation) ระหว่างครู นักเรียน ผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model)

แหล่งข้อมูล 1) ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และ 2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้ในการทดสอบและทดลองใช้ของรูปแบบการเรียนรู้

ตัวแปรที่ศึกษา 1) ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ 2) ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 3) ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ และ 4) ประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยนี้ **ความสัมพันธ์เชิงบวก** หมายถึง ปฏิสัมพันธ์เชิงสนับสนุนระหว่างครูผู้สอนและนักเรียนในบริบทการเรียนรู้ที่ก่อให้เกิดความไว้วางใจ การยอมรับนับถือ ความร่วมมือ และความปลอดภัยทางอารมณ์ ส่งเสริมให้นักเรียนกล้าแสดงออก กล้าถาม และเรียนรู้จากความผิดพลาดได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การให้คำแนะนำเชิงบวก การจำชื่อและเรียกชื่อเล่นนักเรียน การสร้างพื้นที่ปลอดภัยในการถามคำถาม

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 1) แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ 2) แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ 3) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 7 แผน 14 ชั่วโมง และ 4) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา โดยเครื่องมือผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญโดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้อง (IOC) (Rovinelli and Hambleton, 1977) และหาค่าความเชื่อมั่น (KR-20) (Kuder and Richardson, 1937) แล้ว

การเก็บรวบรวมข้อมูล ทดลองนำร่อง 1) ดำเนินการทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลอง 2) ทดลองจัดการเรียนการสอน จำนวน 7 แผน รวม 14 ชั่วโมง 3) ดำเนินการทดสอบหลังเรียน 4) นำผลคะแนนที่ได้คำนวณ หาค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เทียบกับเกณฑ์ 75/75 (Phromwong, 2013) และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) เทียบกับเกณฑ์ 0.50 (Nuangchalerm, 2017) การตรวจสอบความเหมาะสม 1) ทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ 2) นำส่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบประเมิน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และ 3) นำคะแนน มาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยคะแนน (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ที่ได้เทียบกับเกณฑ์ ระดับ 3.51 ขึ้นไป ถือว่ามีความเหมาะสม และ 4) ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบการจัดการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ข้อมูล 1) การประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนการสอน ได้ใช้การวิเคราะห์เป็นแบบประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ถ้าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ 3.51 ขึ้นไป ถือว่ามีความเหมาะสม และ2) การประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยการหาค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) หากได้ค่าเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์ 75/75 ถือว่ามีประสิทธิภาพ และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) หากได้ค่าเท่ากับหรือมากกว่าเกณฑ์ 0.50 หรือร้อยละ 50 ถือว่าผ่านเกณฑ์

ตอนที่ 3 เพื่อศึกษาผลการใช้ PEACE^2 Model ต่อทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้แบบแผนการวิจัยกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลังการทดลอง (One-Group Pretest Posttest Design)

แหล่งข้อมูล 1) ประชากร ได้แก่ นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ จำนวน 2 ห้องเรียน รวมเป็นจำนวน 41 คน และ 2) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ปีการศึกษา

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

2568 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ จำนวน 21 คน ซึ่งได้มาจากสุ่มเลือกห้องเรียนจากห้อง ม.6 ทั้งหมด 2 ห้อง ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา 1) ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยนี้ **ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล อย่างเป็นระบบตาม 4 ขั้นตอนของโพยา การทำความเข้าใจปัญหา การวางแผน การดำเนินการ และการตรวจสอบผลลัพธ์ โดยวัดจากคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา จำนวน 5 ข้อ ซึ่งใช้ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ และ**ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง คะแนนความรู้ความเข้าใจของนักเรียนในวิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล ที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 25 ข้อ ซึ่งใช้วัดก่อนเรียนและหลังเรียนภายหลังการจัดการเรียนรู้ด้วย PEACE^2 Model

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่องของแข็งและของไหล จำนวน 7 แผน ที่ผ่านการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลแล้ว 2) แบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา แบบอัตนัย จำนวน 5 ข้อ และ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องของแข็งและของไหล แบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

การเก็บรวบรวมข้อมูล 1) สร้างความเข้าใจกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 2) ทดสอบก่อนเรียนเป็นการทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) จัดการเรียนการสอน จำนวน 7 แผน เวลาเรียน 2 ชั่วโมงต่อแผน ที่มีการทดลองอย่างง่ายและฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา รวมเป็น 14 ชั่วโมง 4) ทดสอบหลังเรียน

การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนเทียบก่อนเรียน ด้วยสถิติทดสอบที (t-test for Dependent Samples) (Pallant, 2020) และรายงานขนาดอิทธิพล (effect size) ด้วยค่า Cohen's d (Cohen, 1988)

ตอนที่ 4 ศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่ได้รับการเรียนด้วย PEACE^2 Model

แหล่งข้อมูล นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 จำนวน 21 คน

ตัวแปรที่ศึกษา ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วย PEACE^2 Model

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตรวจสอบความเชื่อมั่นด้วยค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach, 1990)

การเก็บรวบรวมข้อมูล หลังจากดำเนินการทดลองใช้ PEACE^2 Model นำแบบสอบถามความคิดเห็น ให้นักเรียนตอบในชั่วโมงเรียนถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลเป็นแบบประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. สภาพและปัญหา ในการพัฒนา PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์

1.1 จากการเก็บข้อมูลสภาพการจัดการเรียนการสอน ด้วยแบบสอบถามจากครู และนักเรียน พบว่า สภาพการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียน การส่งเสริมทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยภาพรวมปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ($\overline{X}$ = 3.11, S.D. = 0.81) แต่เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า หลายประเด็นของการจัดการเรียนรู้ยังอยู่ในระดับน้อยและควรได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจังและเร่งด่วน โดยด้านการเรียนรู้เชิงรุก ครูยังจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ คิดวิเคราะห์ เชื่อมโยงความรู้กับสถานการณ์จริง และสะท้อนคิดได้เพียงระดับปานกลาง อีกทั้งการเตรียมสื่อ กิจกรรม และการประเมินผลก่อนเรียนยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร ทั้งนี้ Khammani (2023) ชี้ว่า การศึกษาสภาพการณ์และปัญหาจริงเป็นฐานสำคัญในการค้นหาองค์ประกอบที่ทำให้รูปแบบมีประสิทธิภาพและช่วยลดปัญหาที่ทำให้รูปแบบขาดประสิทธิผล สอดคล้องกับ Bonwell and Sutherland (1996) และ Brandes and Ginnis (2000) ที่เสนอว่า การเรียนรู้เชิงรุกจะเกิดผลเด่นชัดเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมต่อเนื่องในทุกขั้นตอน ได้ลงมือทำจริง คิดวิเคราะห์ และทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ หากกิจกรรมยังเอนเอียงไปทางการบรรยายหรือแบบฝึกหัดที่เน้นการจำสูตร ผลลัพธ์จึงสะท้อนออกมาเพียงระดับปานกลางดังที่พบในการศึกษานี้

ด้านความสัมพันธ์เชิงบวก พบข้อจำกัดในการรับฟังความคิดเห็น การเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงออก การให้คำปรึกษา และการใช้ถ้อยคำเชิงบวก ทำให้บรรยากาศชั้นเรียนยังไม่เอื้อต่อความรู้สึกปลอดภัยและความไว้วางใจของผู้เรียนอย่างเพียงพอ สอดคล้องกับ Noddings (2005) และ Pianta (1999) ที่ระบุว่า ความสัมพันธ์เชิงบวกเกิดจากความเอาใจใส่

จริงใจ การสื่อสารแบบเปิดกว้าง และการสร้างความปลอดภัยทางอารมณ์ หากองค์ประกอบเหล่านี้ยังไม่เข้มแข็ง ผู้เรียนจะลังเลไม่กล้าถามและไม่กล้าแสดงความคิดเห็น ส่งผลให้การเรียนรู้เชิงลึกและแรงจูงใจภายในลดลง

ด้านทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ครูยังไม่สามารถออกแบบกิจกรรมที่เน้น “กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ” ทำให้ผู้เรียนขาดโครงสร้างการคิดตั้งแต่การทำความเข้าใจโจทย์ การวางแผน เลือกกลยุทธ์ ไปจนถึงการตรวจสอบคำตอบ เมื่อเผชิญโจทย์ฟิสิกส์ที่ซับซ้อนจึงมักติดขัดตั้งแต่ขั้นอ่านโจทย์และแปลความหมาย สอดคล้องกับงานของ Hershkovitz and Nesher (2003) ที่ชี้ว่าการขาดกระบวนการแก้ปัญหาเชิงระบบเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง และผู้เรียนยังไม่สามารถอธิบาย สรุป และถ่ายทอดความเข้าใจได้ชัดเจน

1.2 จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนฟิสิกส์ 5 คน พบข้อเสนอเพื่อแก้ปัญหา ได้แก่ การสอนการแก้โจทย์ด้วยขั้นตอนที่ชัดเจนตามแนวโพลยา/สสวท. การจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่ให้นักเรียนได้ทดลอง สืบค้น สรุป และนำเสนอ การออกแบบกิจกรรมและแบบฝึกหัดให้เหมาะกับผู้เรียนระดับกลางถึงอ่อน และการใช้การทดลองอย่างง่ายหรือการสาธิตเมื่อทรัพยากรจำกัด เพื่อสนับสนุนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดคอนสตรัคติวิสต์ ทั้งนี้ Prince (2004) ระบุว่าการเรียนรู้เชิงรุกช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดียวกัน การสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกเป็นปัจจัยทางจิตวิทยาที่ส่งผลต่อแรงจูงใจ ความเชื่อมั่น และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน โดย Hattie (2009) ยืนยันว่าความสัมพันธ์ครู–ผู้เรียนมีค่าขนาดผลสูงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แนวทางดังกล่าวจึงเป็นฐานสำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model) ในขั้นตอนต่อไป

2. ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของ PEACE^2 Model

2.1 การสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1) หลักการ

1.1) การเรียนรู้เชิงรุก การเรียนรู้เน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทหลัก ลงมือคิด อภิปราย ทดลอง และตั้งคำถามด้วยตัวเอง ผู้เรียนสร้างความเข้าใจจากประสบการณ์ตรง เช่น การทดลองหรือสืบค้นข้อมูล ช่วยให้เห็นภาพจริงและนำความรู้ไปใช้ได้จริง กิจกรรมต่างๆ กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินข้อมูลอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับการทำงานร่วมกันเพื่อแลกเปลี่ยนมุมมอง และมีการสะท้อนคิดเพื่อให้ผู้เรียนตรวจสอบวิธีคิดและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

1.2) ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูและนักเรียน ครูมีบทบาทสร้างความไว้วางใจด้วยการใส่ใจ เห็นคุณค่าและเคารพความเป็นตัวตนของผู้เรียนแต่ละคน การสื่อสารต้องเปิดใจ รับฟัง และให้เกียรติ เพื่อสร้างบรรยากาศเรียนรู้ที่ปลอดภัยและไม่ตัดสิน ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนกล้าแสดงออกและตั้งคำถาม ครูสนับสนุนทั้งด้านวิชาการและด้านอารมณ์ เช่น ช่วยอธิบายเมื่อผู้เรียนไม่เข้าใจ และให้กำลังใจเมื่อผู้เรียนท้อ การมีปฏิสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจ ตั้งใจเรียน และมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้น

1.3) การแก้โจทย์ปัญหา การแก้ปัญหาที่ดีเริ่มจากการทำความเข้าใจปัญหาให้ชัดเจน ระบุข้อมูล เงื่อนไข และสิ่งที่ต้องการ จากนั้นวางแผน เลือกวิธีที่เหมาะสม และลงมือทำอย่างเป็นขั้นตอน ผู้เรียนต้องตรวจสอบผลลัพธ์ ปรับปรุงและคิดทบทวนว่ากระบวนการที่ใช้มีจุดแข็งหรือจุดที่ควรแก้ไขอย่างไร เพื่อให้สามารถนำหลักคิดไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่ได้ ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความรู้ คอยตั้งคำถามและชี้แนะแนวคิด ช่วยให้ผู้เรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเอง ไม่ใช่บอกคำตอบทันที

2) วัตถุประสงค์

2.1) รูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา รายวิชาฟิสิกส์

2.2) รูปแบบการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาฟิสิกส์

3) เนื้อหาสาระการเรียนรู้

เป็นเนื้อหา วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม วิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ เป็นเนื้อหาในหน่วยการเรียน เรื่อง ของแข็งและของไหล โดยมีหัวข้อหลักต่อไปนี้ ของแข็งและสภาพยืดหยุ่นของของแข็ง ความตึงผิวและความหนืดของของเหลว ของไหลสถิต และพลศาสตร์ของของไหล

4) กระบวนการเรียนการสอน

ขั้นที่ 0 เตรียมการ (Preparation : P) ครูเตรียมความพร้อมด้านแผนการสอน สื่อ/อุปกรณ์ทดลอง สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ศึกษาความแตกต่างระหว่างผู้เรียน เจตคติเชิงบวกต่อผู้เรียน และจัดกลุ่มแบบคละความสามารถเพื่อให้การเรียนรู้เป็นมิตร และส่งเสริมการมีส่วนร่วม

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ขั้นที่ 1 สร้างความสนใจอย่างสูง (High Engagement : E) ครูเชื่อมโยงเนื้อหากับชีวิตจริง ใช้สื่อกระตุ้นความสนใจ เช่น ภาพ วิดีโอ คำถามนำเข้าสู่บทเรียน ทบทวนความรู้เดิม และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ผ่อนคลายและเป็นกันเอง

ขั้นที่ 2 ลงมือปฏิบัติ (Action : A) ผู้เรียนลงมือทดลองหรือทำกิจกรรมแบบกลุ่มร่วมมือ แบ่งหน้าที่ภายในกลุ่ม แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ฝึกการคิดวิเคราะห์และการทำงานเป็นทีม ครูคอยสังเกต ช่วยเหลือ ให้คำชม และชี้แนะอย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 3 สรุปการเรียนรู้ (Conclusion : C) ผู้เรียนสรุปผลการทดลอง นำเสนอความเข้าใจในเนื้อหา ฝึกทักษะการสื่อสาร ทั้งการเขียนและการพูด ครูตรวจสอบความเข้าใจ ตั้งคำถามชี้นำ และเสริมประเด็นสำคัญให้ชัดเจน

ขั้นที่ 4 เสริมทักษะ (Enhance Skills : E) ครูสาธิตการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้น แล้วให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง โดยมีการแลกเปลี่ยนช่วยเหลือในกลุ่ม เน้นการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ทำความเข้าใจปัญหา 2) วางแผนแก้ปัญหา 3) ดำเนินการตามแผน และ 4) ตรวจสอบผล พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนอธิบายแนวคิดและนำเสนอวิธีแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation : E) ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการแก้ปัญหา และระหว่างเรียน ตามตัวชี้วัดด้านความรู้ (K) ทักษะกระบวนการ (P) และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A) พร้อมสะท้อนผลการเรียน แนะนำ และเสริมกำลังใจผู้เรียน

5) การวัดและประเมินผล

5.1) การวัดผลก่อนเรียน วัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาก่อนเรียน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียน

5.2) การวัดผลระหว่างเรียน วัดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ และวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหา วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน และ สภาพกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้

5.3) การวัดผลหลังเรียน วัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาหลังเรียน วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียน และวัดความคิดเห็นต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยรูปแบบการเรียนรู้

2.2 ผลการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญของ PEACE^2 Model โดยมีการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประเมิน

1) ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ ตรวจสอบคุณภาพจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.39, S.D. = 0.50) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านส่วนใหญ่มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2) ความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้ ตรวจสอบคุณภาพจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.46, S.D. = 0.49) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านส่วนใหญ่มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.3 ผลการหาค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของ PEACE^2 Model

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) แบบ 1 : 1 เท่ากับ 59.05 / 57.33 มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) แบบ 1 : 3 เท่ากับ 70.95 / 69.33 และมีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) แบบภาคสนามที่ทดลองกับนักเรียน จำนวน 23 คน มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 77.39/76.96 ทั้งนี้ ค่าประสิทธิภาพภาคสนามที่สูงกว่าขั้นต้น โดยผู้วิจัยได้นำข้อค้นพบมาปรับแก้ เช่น ปรับถ้อยคำ/คำชี้แจงในแผนการสอนและใบกิจกรรมให้ชัดเจนเหมาะกับผู้เรียน ปรับการจัดสรรเวลาในกิจกรรมทดลองและช่วงเสริมทักษะการแก้โจทย์ให้เพียงพอ ซึ่งประสิทธิภาพแบบภาคสนามสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75 จึงถือว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้ในบริบทของห้องเรียนจริง ผลดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการสร้างองค์ความรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การอภิปราย และการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งช่วยเพิ่มคุณภาพของกระบวนการเรียนรู้ระหว่างเรียน (E_1) และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (E_2) ตามที่ Prince (2004) ระบุว่าการเรียนรู้เชิงรุกช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงลึกและการคงอยู่ของความรู้ได้ดีกว่าการสอนแบบบรรยายเพียงอย่างเดียว และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Utsahrajakarn (2015) ได้ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ Active Learning เพื่อพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง คลื่นไหวสะเทือน โดยรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 76/77 ซึ่งสูงกว่าร้อยละ 75/75 ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ การที่ค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในแต่ละขั้นของการทดลอง สะท้อนถึงกระบวนการพัฒนารูปแบบการสอนอย่างเป็นระบบตามแนวคิดการวิจัยและพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Khammani (2023) ที่เสนอว่ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพควรผ่านการทดลอง ปรับปรุง และตรวจสอบคุณภาพในสถานการณ์จริงหลายระยะ

2.4 ผลการหาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของ PEACE^2 Model จากการให้นักเรียนกลุ่มภาคสนาม จำนวน 23 คน ทดสอบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน แล้วนำคะแนนรวมของทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ที่ได้ หาค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของ PEACE^2 Model จากคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จำนวนนักเรียน (N)	คะแนนรวมทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์		ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)
	ทดสอบก่อนเรียน	ทดสอบหลังเรียน	
23	217	885	0.72

ค่าดัชนีประสิทธิผล มีค่าเท่ากับ 0.72 คิดเป็นร้อยละ 72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ แสดงว่า PEACE^2 Model เป็นรูปแบบการสอนที่สอดคล้องกับหลักการสอนเชิงรุก ที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ตั้งคำถาม อภิปราย และแก้ปัญหาด้วยตนเอง ควบคู่แนวคิดความสัมพันธ์เชิงบวกที่เน้นบรรยากาศการเรียนรู้ ความไว้วางใจ และการสนับสนุนทางอารมณ์ ซึ่งในการสอนจริงช่วยเพิ่มการมีส่วนร่วม ความกล้าแสดงออก และความเชื่อมั่นในการแก้โจทย์ปัญหา งานวิจัย Srinuan (2018) พบว่า “ชุดกิจกรรมฟิสิกส์ตามแนวคิดการแก้ปัญหาเชิงระบบ” สามารถทำให้ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนได้จริง และนักเรียนวิเคราะห์โจทย์ อธิบายสถานการณ์ วาดแผนภาพ และเลือกสูตรได้ถูกต้องมากขึ้น ทักษะการแก้โจทย์พัฒนาจาก “พอใช้” เป็น “ดี” ขณะที่ Nualmai (2019) รายงานว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุกทำให้ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างได้จริง และช่วยเสริมทักษะการทำงานเป็นทีมในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ข้อค้นพบทั้งสองสนับสนุนว่าการออกแบบการสอนเชิงรุกที่มีโครงสร้างและบรรยากาศเชิงบวกสามารถยกระดับทั้งผลสัมฤทธิ์และทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญ

3. ผลการทดลองใช้ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ผลการศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนจากการเรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเทียบทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน คะแนนหลังเรียนเทียบก่อนเรียน

ตัวแปร	จำนวนนักเรียน (N)		ทักษะการแก้โจทย์ปัญหา				
		$\bar{X}$	*S.D.*	t	df	p	d_z
ก่อนเรียน	21	4.38	2.06	35.61**	20	< .001	7.77
หลังเรียน	21	18.47	2.14				

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, t(20)=35.61, p<.01, d_z = 7.77

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนที่เรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้ เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเทียบก่อนเรียน พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (t (20) = 35.61, p<.01) และมีขนาดอิทธิพลสูง (d_z = 7.77) การจัดการเรียนรู้ด้วย PEACE^2 Model ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กสามารถพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้จริง โดยสอดคล้องกับทฤษฎีการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอน ได้แก่ ทำความเข้าใจปัญหา วางแผน ดำเนินการ และตรวจสอบผลลัพธ์ ในขั้นเสริมทักษะ (Enhance Skills: E) ครูสาธิตการแก้โจทย์ตามลำดับขั้นอย่างชัดเจนก่อนให้นักเรียนฝึกทำและอภิปรายร่วมกัน ทำให้ผู้เรียนเห็น “กระบวนการคิด” มากกว่าคำตอบสำเร็จรูป นักเรียนสามารถถ่ายทอดโจทย์ปัญหาออกมาเป็นแผนภาพทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องมากขึ้น เลือกสูตร/แนวคิดทางฟิสิกส์ และตรวจสอบเหตุผลของคำตอบได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของโพลยาที่เน้นการสอนกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ นอกจากนี้กิจกรรมในขั้นลงมือปฏิบัติ (Action: A) และสรุปการเรียนรู้ (Conclusion: C) ที่เน้นการทดลอง อภิปราย นำเสนอ และสะท้อนคิด ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงประสบการณ์จริงกับโจทย์เชิงสัญลักษณ์ ลดการท่องสูตรแบบลอย ๆ เมื่อพิจารณาตามการสอนเชิงรุก ที่มุ่งให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมพัฒนาการคิดขั้นสูง ผลการวิจัยครั้งนี้จึงสอดคล้องอย่างชัดเจน อีกทั้งสอดคล้องกับ Petcharat and Wutchana (2022) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์โดยใช้ห้องเรียนกลับด้านตามแนวคิดเกมิฟิเคชันช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า การสอนเชิงรุกที่มี

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

โครงสร้างชัดเจนและได้รับการสนับสนุนด้วยความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเงื่อนไขสำคัญที่ช่วยพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ผลการศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการเรียนโดย PEACE^2 Model แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คะแนนหลังเรียนเทียบก่อนเรียน

ตัวแปร	จำนวนนักเรียน (N)		ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน				
		$\bar{X}$	*S.D.*	t	df	p	d_z
ก่อนเรียน	21	6.19	1.89	37.99**	20	< .001	8.29
หลังเรียน	21	20.29	2.02				

**นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, t(20)=37.99, p<.01, d_z = 8.29

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 t(20)=37.99, p<.01 และมีขนาดอิทธิพลสูง (d_z = 8.29) แสดงว่าการสอนโดย PEACE^2 Model กับกลุ่มตัวอย่างไม่เพียงพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหา แต่ยังส่งผลต่อ ความเข้าใจเนื้อหาด้วย เนื้อหาฟิสิกส์เรื่อง “ของแข็งและของไหล” เป็นหัวข้อที่ยากต่อการเข้าใจพอสมควร หากสอนด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว ผู้เรียนมักจำสูตรได้แต่ไม่เข้าใจหลักการ ทำให้ผลสัมฤทธิ์ไม่สูง อย่างไรก็ตาม ในรูปแบบนี้ ครูใช้กิจกรรมทดลองอย่างง่าย การจำลองสถานการณ์ สื่อใกล้ตัว เน้นการปฏิบัติ และทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดฟิสิกส์กับปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน เมื่อความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ชัดเจนขึ้น การทำแบบฝึกหัดและข้อสอบจึงมีประสิทธิภาพตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Saksuphab (2021) ที่รายงานว่า การจัดการเรียนรู้เชิงรุกในวิชาฟิสิกส์โดยใช้ปัญหาเป็นฐานสามารถช่วยพัฒนาทั้งทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้ โดยเฉพาะเมื่อผู้เรียนมีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระดมความคิดและร่วมกันแสวงหาแนวทางในการแก้ปัญหา

4. ผลการประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ PEACE^2 Model

ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อ PEACE^2 Model โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.28, S.D. = 0.66) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านทุกด้านย่อยมีระดับความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก สะท้อนว่ารูปแบบที่พัฒนาขึ้นตอบสนองความต้องการของผู้เรียนได้รอบด้านและสอดคล้องกับทฤษฎีที่เกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญ ด้านการเรียนรู้เชิงรุก ผลการประเมินระดับสูงสอดคล้องกับแนวคิดของ Meyers and Jones (1993) ที่ชี้ว่า การเรียนรู้มีคุณภาพเมื่อผู้เรียนได้ลงมือทำ แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างองค์ความรู้จากประสบการณ์ตรง ซึ่งปรากฏชัดในขั้น ลงมือปฏิบัติ (A) และ ขั้นสรุปการเรียนรู้ (C) ของ PEACE^2 Model โดยผู้เรียนสะท้อนว่ากิจกรรมช่วยให้เข้าใจบทเรียนง่ายขึ้น มีส่วนร่วม และกล้าแสดงออกมากขึ้น ด้านความสัมพันธ์เชิงบวก ระดับความคิดเห็นที่อยู่ในระดับมากสอดคล้องกับ Noddings (2005) ที่เน้นการเอาใจใส่และการรับฟังอย่างแท้จริงของครูเพื่อสร้างความปลอดภัยและความไว้วางใจ รวมทั้ง Hattie (2009) ที่ยืนยันว่าความสัมพันธ์ครู–ผู้เรียนส่งผลกระทบสูงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รูปแบบจึงให้ความสำคัญกับบรรยากาศที่เป็นมิตรและถ้อยคำเชิงบวกจนผู้เรียนประเมินในระดับสูง ผู้เรียนรับรู้ว่าทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของตนพัฒนาขึ้น สอดคล้องกับกรอบการแก้ปัญหา 4 ขั้นของ Polya (1957) โดยเฉพาะขั้นเสริมทักษะ (E) ที่ฝึกแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นช่วยให้การแก้โจทย์ “ง่ายขึ้นและเป็นระบบขึ้น” นอกจากนี้ผลประเมินระดับมากยังสอดคล้องกับงานของ Planinic *et al*. (2024) ได้ศึกษาผลของลำดับการสอนแบบสืบเสาะ (Inquiry-Based Teaching Sequence) ต่อความเข้าใจเรื่องทัศนศาสตร์เชิงคลื่นของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ชอบรูปแบบการสืบเสาะและมีทัศนคติเชิงบวกต่อองค์ประกอบที่เป็นการเรียนรู้เชิงโต้ตอบ การทดลอง และการทำงานร่วมกัน รูปแบบการสอนที่เน้นการมีส่วนร่วมช่วยสร้างความรับผิดชอบร่วม ความสัมพันธ์ที่ดี และความสุขในการเรียน เมื่อพิจารณาบริบทโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านสื่อและอุปกรณ์ ผลการประเมินระดับมาก จึงสะท้อนว่า PEACE^2 Model มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้จริงโดยความสำเร็จดังกล่าวเกิดจาก “ครูและกระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่มีโครงสร้างชัดเจน” มากกว่าการพึ่งพาสื่อการสอนราคาแพง สอดคล้องกับ Educational Research Bureau (2022) ที่เสนอให้โรงเรียนขนาดเล็กใช้สื่ออย่างคุ้มค่า ใช้การทดลองอย่างง่าย เน้นการมีส่วนร่วม สร้างแรงจูงใจ และความสัมพันธ์ที่ดี ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของ PEACE^2 Model.

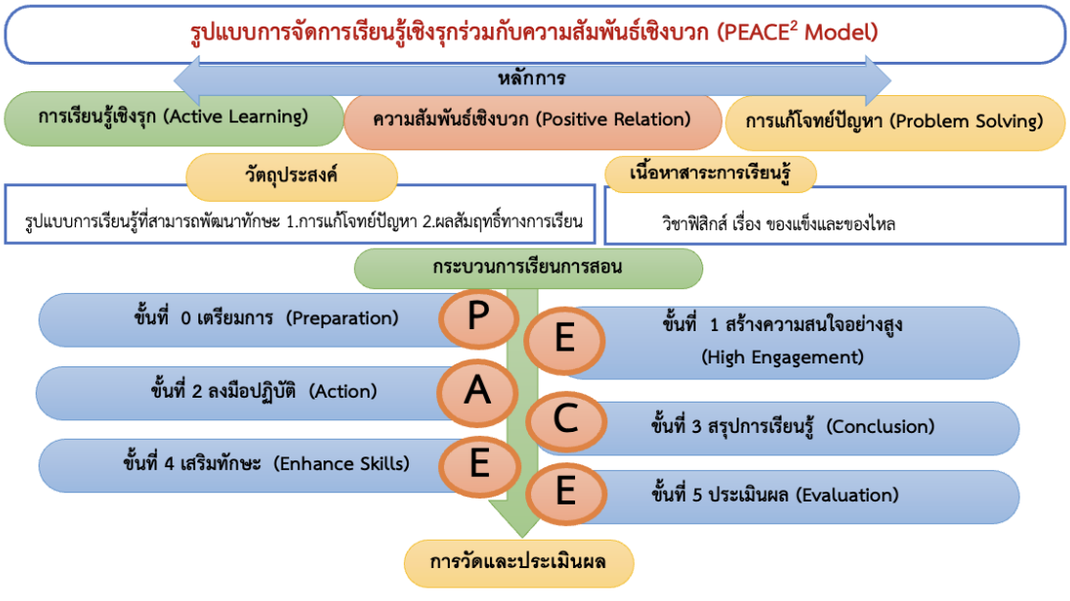
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. สภาพและปัญหา ในการพัฒนา PEACE^2 Model 1) จากการเก็บข้อมูลสภาพการจัดการเรียนการสอน ด้วยแบบสอบถามจากครู และนักเรียน พบว่า สภาพการจัดการเรียนรู้เชิงรุก ความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียน การส่งเสริมทักษะการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยภาพรวมปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.11, S.D. = 0.81) แต่เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า หลายประเด็นอยู่ในระดับน้อยและควรได้รับการส่งเสริมอย่างจริงจัง และ 2) แนวทางการจัดการเรียนรู้จากผู้เชี่ยวชาญ สอนการแก้โจทย์ตามแนว Polya/สสวท. การจัดการเรียนรู้เชิงรุก นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทดลองอย่างง่าย สื่อการสอน เชื่อมโยงกับชีวิตจริง และเหมาะกับระดับผู้เรียน พร้อมทั้งการสร้างความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างครูกับนักเรียนผ่านการสื่อสารอย่างสุภาพ เป็นธรรม เอาใจใส่ และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่ปลอดภัยและเป็นกันเอง

2. ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์

2.1 ผลการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model) เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 รูปแบบการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับความสัมพันธ์เชิงบวก (PEACE^2 Model)

เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญของ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ โดยมีการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประเมิน

1) ความเหมาะสมของรูปแบบการเรียนรู้ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.50) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านส่วนใหญ่มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2) ความเหมาะสมของแผนการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.46, S.D. = 0.49) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านส่วนใหญ่มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

2.3 ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) ของ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ มีค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) แบบภาคสนาม มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 77.39/76.96 ซึ่งประสิทธิภาพแบบภาคสนามสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75 จึงถือว่าเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ

2.4 ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่องของแข็งและของไหล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ มีค่าเท่ากับ 0.72 คิดเป็นร้อยละ 72 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ที่กำหนดไว้ โดยการวิจัยนี้ ค่า E.I. คำนวณจากคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อน–หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มภาคสนาม

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

3. ผลการทดลองใช้ PEACE^2 Model เพื่อพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนจากการเรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้ เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเทียบก่อนเรียน พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t(20) = 35.61$, $p<.01$)

3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจากการเรียนโดยรูปแบบการเรียนรู้ เมื่อเทียบคะแนนหลังเรียนเทียบก่อนเรียน พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($t(20) = 37.99$, $p<.01$)

4. ผลการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อรูปแบบการเรียนรู้ จากนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีระดับความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.28$, S.D. = 0.66) และเมื่อพิจารณาประเด็นในแต่ละด้านทุกด้านย่อยมีระดับความคิดเห็นต่อรูปแบบการจัดการเรียน การสอนอยู่ในระดับมาก

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ส่งเสริมให้ครูผู้สอนนำ PEACE^2 Model ไปประยุกต์ใช้ในวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ ครูควรให้ความสำคัญกับขั้นตอน P (Preparation) และ E (High Engagement) เป็นลำดับแรก เพื่อเตรียมความพร้อมทางจิตวิทยาและลด “ความวิตกกังวลต่อวิชาฟิสิกส์” ก่อนเข้าสู่เนื้อหาที่ยาก ที่ต้องการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.2 จากผลการวิจัยพบว่าโรงเรียนขนาดเล็กสามารถใช้รูปแบบนี้ได้ดี ครูควรเน้นการใช้ชุดการทดลองอย่างง่าย หรือสื่อดิจิทัลที่เข้าถึงได้ง่าย ครูควรพัฒนา “ใบกิจกรรมที่เน้นนั่งร้านทางการเรียนรู้ (Scaffolding)” โดยใช้โครงสร้างการแก้โจทย์ 4 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Polya เพื่อช่วยเหลือนักเรียนในกลุ่มที่อ่อนให้สามารถไต่ระดับความคิดได้ เพื่อกระตุ้นทักษะการแก้โจทย์

1.3 ควรใช้ผลการวิจัยเป็นฐานในการทำ PLC (Professional Learning Community: PLC) ภายในกลุ่มสาระฯ โดยให้ครูร่วมวางแผน สังเกตชั้นเรียน สะท้อนผล โดยเน้นมิติ “ความสัมพันธ์ครูกับนักเรียน” และการจัดกิจกรรมเชิงรุกเพื่อปรับปรุงการสอนและขยายผลในรายวิชาอื่น ๆ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเชิงคุณภาพเชิงลึก (qualitative inquiry) เช่น การสังเกตชั้นเรียนและ/หรือการวิเคราะห์วาทกรรม (discourse analysis) เพื่ออธิบายว่าคำพูด ท่าทาง และการให้ข้อมูลย้อนกลับของครูใน PEACE^2 Model ส่งผลต่อ “ความกล้าเสี่ยงในการตอบ/ตั้งคำถาม” (risk-taking) และการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในกิจกรรมฟิสิกส์อย่างไร

2.2 ควรศึกษาการบูรณาการเทคโนโลยีการเรียนรู้สมัยใหม่ (เช่น AI tutoring หรือ simulation เช่น PhET) ในขั้นตอน Action (A) เพื่อประเมินว่าเทคโนโลยีสามารถเสริมทั้งมิติความสัมพันธ์เชิงบวกและการแก้โจทย์ปัญหาได้มากน้อยเพียงใด โดยเฉพาะในบริบทโรงเรียนขนาดเล็กที่มีข้อจำกัดด้านห้องปฏิบัติการและสื่ออุปกรณ์

2.3 ควรศึกษาผลของ PEACE^2 Model ต่อทักษะด้านสารสนเทศและการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (self-directed information seeking) เนื่องจากรูปแบบฯ เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งอาจเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาทุนมนุษย์และการเรียนรู้ตลอดชีวิต

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ รศ.ดร. สายัณ พุทธลา ผศ.ดร. อมรรัตน์ คำบุญ และนายวุฒิพล รัตนพร ครูเชี่ยวชาญ ที่ได้ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนศรีคูณวิทยบัลลังก์ที่ กรุณาให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลและสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยด้วยดีเสมอมา ตลอดจนขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้รับความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัยและได้รับความยินยอมจากผู้ปกครองของนักเรียนเป็นลายลักษณ์อักษรก่อนดำเนินการวิจัย ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้คุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและรักษาความลับของผู้เข้าร่วมวิจัยตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์อย่างเคร่งครัด

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (AI tools) เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความ โดยใช้ ChatGPT และ Gemini เพื่อช่วยในการ สืบค้นข้อมูล ตรวจสอบการสะกดและไวยากรณ์ การปรับปรุงภาษาให้ชัดเจนขึ้นกระชับขึ้น การจัดรูปแบบบรรณานุกรม และการสกัดข้อความจากเอกสารขนาดใหญ่ ทั้งนี้ เครื่องมือดังกล่าวถูกใช้ในฐานะ “ผู้ช่วย” เท่านั้น มิได้ใช้แทนการวิเคราะห์ทางวิชาการ การตีความผลการวิจัย หรือการสรุปข้อค้นพบของผู้วิจัย ผู้วิจัยเป็นผู้รับผิดชอบต่อเนื้อหา ความถูกต้องของข้อมูล การวิเคราะห์ผล และข้อสรุปทั้งหมดที่ปรากฏในบทความนี้แต่เพียงผู้เดียว

References

Battaglia, O. R., Agliolo Gallitto, A., Termini, G. and Fazio, C. (2023). Outcomes of a teaching learning sequence on modelling surface phenomena in liquids. **Education Sciences**, 13(4), 425.

Bonwell, C. C. and Sutherland, T. E. (1996). The active learning continuum: Choosing activities to engage students in the classroom. **New directions for teaching and learning**, 1996(67), 3–16.

Brandes, D. and Ginnis, P. (2000). **A guide to student-centred learning (2nd ed.)**. Cheltenham, UK: Nelson Thornes Ltd.

Buasorn, R. (2022). **Educational research and development of educational innovations (7th ed.)** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Cohen, J. (1988). **Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)**. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Cronbach, L. J. (1990). **Essentials of psychological testing (5th ed.)**. Harper and Row.

Educational Research Bureau. (2022). **Research report on small schools and factors affecting the quality of science learning** (in Thai). Bangkok: Office of the Basic Education Commission.

Hattie, J. (2009). **Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement**. London: Routledge.

Hershkovitz, S. and Nesher, P. (2003). The role of schemes in solving word problems. **The Mathematics Educator**, 7(2), 1–24.

Kamata, N., Koul, R., Tanitteerapan, T. and Srisupawong, Y. (2025). Teacher-student relationships, classroom anxiety, and physics identity of high school students. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, 21(7), em2657.

Khammani, T. (2023). **The science of teaching: Body of knowledge for designing effective learning processes (26th ed.)** (in Thai). Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Kuder, G. F. and Richardson, M. W. (1937). The theory of the estimation of test reliability. **Psychometrika**, 2(3), 151-160.

Meyers, C. and Jones, T. B. (1993). **Promoting active learning: Strategies for the college classroom**. San Francisco, CA: Jossey-Bass Publishers.

Ministry of Education. (2016). **Basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.

Ministry of Education. (2017). **Indicators and core learning contents: Science learning area, revised edition B.E. 2560 (A.D. 2017), under the Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)** (in Thai). Bangkok: Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.

Noddings, N. (2005). **The Challenge to Care in Schools (2nd ed.)**. New York: Teachers College Press.

Nualmai, A. (2019). Effects of active learning activities on learning achievement and teamwork of grade-10 students in the unit Cell structure and function (in Thai). **Master’s thesis**. Lopburi: Thepsatri Rajabhat University.

Nuangchalerm, P. (2017). **Educational research: Concepts, principles, and applications** (in Thai). Bangkok: Ramkhamhaeng University Press.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

OECD. (2023). **PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education**. PISA, OECD Publishing, Paris.

Office of the Education Council. (2017). **National education plan B.E. 2560–2579 (A.D. 2017–2036)** (in Thai). Bangkok: Ministry of Education.

Office of the National Economic and Social Development Council. (2023). **The thirteenth national economic and social development plan B.E. 2566–2570 (A.D. 2023–2027)** (in Thai). Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Council.

Office of the Teacher Civil Service and Educational Personnel Commission. (2021). Criteria and procedures for evaluating positions and professional standing of teachers and educational personnel: Teacher position (in Thai). Retrieved 7 April 2024, from **OTEPC**: https://otepc.go.th/th/content_page/item/3 3 6 8 - 9 - 2565.html.

Pallant, J. (2020). **SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS (7th ed.)**. Open University Press.

Petcharat, P. and Wutchana, U. (2022). The development of gamification online lesson with flipped classroom model for reinforcing ability of solving problem of Matthayom Suksa 4 students in physics course on the topic of force and Newton's law of motion (in Thai). **Journal of Legal Entity Management and Local Innovation**, 8(10), 170–183.

Phromphasit, P. (2016). Active learning management in a general psychology course for students in the Faculty of Humanities and Social Sciences (in Thai). **Master's thesis**. Uttaradit: Uttaradit Rajabhat University.

Phromwong, C. (2013). Efficiency testing of instructional media or instructional packages (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 5(1), 7–20.

Pianta, R. C. (1999). **Enhancing relationships between children and teachers**. Washington, DC: American Psychological Association.

Planinic, M., Jelicic, K., Matejak Cvenic, K., Susac, A. and Ivanjek, L. (2024). Effect of an inquiry-based teaching sequence on secondary school students' understanding of wave optics. **Physical Review Physics Education Research**, 20(1), 010156.

Polya, G. (1957). **How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method**. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. **Journal of Engineering Education**, 93(3), 223–231.

Rovinelli, R. J. and Hambleton, R. K. (1977). On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. **Tijdschrift voor Onderwijs Research**, 2, 49-60.

Saksuphab, K. (2021). Development of an active-learning physics instructional model using problem-based learning to enhance problem-solving skills and learning achievement of Grade 10 students (in Thai). **Journal of Education Burapha University**, 32(1), 46–60.

Secretariat of the National Strategy Committee. (2018). **National Strategy B.E. 2561–2580 (A.D. 2018–2037) (1st ed.)** (in Thai). Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Council.

Srikoonwittayabunlung School. (2025). **School Self-Assessment Report (SAR) for the 2024 academic year** (in Thai). Amnat Charoen: Srikoonwittayabunlung School.

Srinuan, W. (2018). Development of physics learning activity packages based on a systems problem-solving approach for grade-11 students (in Thai). **Master's thesis**. Khon Kaen: Khon Kaen University.

Utsahrajakarn, F. (2015). An active learning instructional model to develop scientific conceptions on seismic waves (in Thai). **Master's thesis**. Chonburi: Burapha University.uri: Burapha University.

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 90 - 103
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.08

Research Article in Science Education

Developing scientific concepts of ecosystems and genetics for grade 9 students through the 5E instructional model combined with infographics

Arunnee Chongpan[1] and Suwat Pabchanda[2,*]

[1]Radomwittayanusorn school, Nakhon Ratchasima Province

[2]Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima Province

**Email: suwat.p@nrru.ac.th*

Received <13 Mar. 2026>; Revised <18 May 2026>; Accepted <22 May 2026>

Abstract

The objectives of this research were as follows: 1) to study the use of the 5E instructional model combined with infographic media and 2) to develop scientific concepts regarding ecosystem relationships, food webs, and genetically modified organisms for grade 9 students. Learning progress was compared using pre- and post-test scores. The research sample consisted of 38 grade 9 students from a school in Nakhon Ratchasima province during the first semester of the 2025 academic year using a purposive sampling method. A pre-experimental design featuring a one-group pretest-posttest was used. The research tools included: 1) three 5E inquiry-based learning plans, 2) infographic worksheets, 3) Infographic assessment form and 4) pre- and post-test questionnaires. Statistical analysis included mean, standard deviation, percentage, effectiveness index, and t-test. The results showed that the effectiveness index for learning about ecosystem relationships, food webs, and genetically modified organisms was 0.7609, 0.8898, and 0.9500, respectively. Post-test scores were 8.84 ± 1.08, 9.29 ± 0.80, and 9.63 ± 0.75 (mean ± SD, n=38), respectively. This indicates that students showed more than 75% progress in learning all three topics, and their post-test scores were significantly higher than 75% of the total score at the .05 significance level. Therefore, the 5-step inquiry-based learning approach combined with infographics can develop scientific concepts on these topics.

Keywords: Inquiry-based learning; Infographic; Concept; Ecosystem; Genetic

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบนิเวศและพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก

อรุณณี จงปั้น[1] และ สุวัฒน์ ผาบจันดา[2,*]

[1]โรงเรียนระดมวิทยานุสรณ์ อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

**Email: suwat.p@nrru.ac.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และ 2) เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนรู้จากคะแนนเต็มแบบทดสอบก่อนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างวิจัยนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 38 คน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง แผนการวิจัยแบบก่อนทดลองโดยใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว ทดสอบก่อนและหลังการทดลอง เครื่องมือวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น จำนวน 3 แผน 2) ใบงานอินโฟกราฟิก 3) แบบประเมินอินโฟกราฟิก และ 4) แบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน การวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ค่าดัชนีประสิทธิผล และการทดสอบที ผลการวิจัย พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผลของการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เท่ากับ 0.7609 0.8898 และ 0.9500 ตามลำดับ คะแนนทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 8.84 $\pm$ 1.08 9.29 $\pm$ 0.80 และ 9.63 $\pm$ 0.75 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ แสดงว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ทั้ง 3 เรื่องมากกว่าร้อยละ 75 และคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องดังกล่าวได้

คำสำคัญ: การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้; อินโฟกราฟิก; มโนมติ; ระบบนิเวศ; พันธุกรรม

บทนำ

มโนมติทางวิทยาศาสตร์สามารถนำเสนอตัวแทนทางความคิด (Mental representation) แบ่งได้ 3 ระดับ ได้แก่ ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค (Macro representation) ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค (Micro representation) และตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ (Symbolic representation) เป็นแนวทางสำคัญในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้งและสะท้อนมโนมติผ่านการเชื่อมโยงปรากฏการณ์ที่มองเห็นได้ (Macro) เช่น สี การเปลี่ยนสถานะ ฟองแก๊ส ตะกอน หรือ สารละลาย (Chairam, Jarujamrus and Amatatongchai, 2019) เข้ากับแบบจำลองอนุภาค (Micro) ใช้อธิบายโครงสร้างอนุภาค อะตอม โมเลกุล หรือ ไอออน ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า และแปลความหมายในรูปแบบการเขียนสัญลักษณ์ (Symbolic) เช่น สูตรเคมี สมการเคมี กราฟ หรือ แผนภาพ เพื่อแทนอนุภาคและปฏิกิริยา (Suknarusaithagul, Faikhamta and Suwanruji, 2021) ตัวอย่างการเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิด 3 ระดับ เพื่อสะท้อนมโนมติทางชีววิทยา เรื่องระบบนิเวศ (Namwong, 2022) ได้แก่ ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค เช่น การสังเกตเห็นสัตว์กินพืช (ภาวะล่าเหยื่อ) หรือ การเน่าเปื่อยของซากสิ่งมีชีวิต (สายใยอาหาร) เป็นต้น ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค เช่น แบคทีเรียในทางเดินอาหารของวัวควายช่วยย่อยเซลลูโลสในพืช (ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต) การทำงานของจุลินทรีย์ในดิน (สายใยอาหาร) และตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ เช่น การเขียนสัญลักษณ์ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศโดยใช้เครื่องหมายบวกลบ การเขียนห่วงโซ่อาหาร (Food Chain) ในสายใยอาหารมีหัวลูกศรชี้ทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารตามลำดับการเป็นผู้บริโภค ในส่วนมโนมติเรื่องพันธุกรรมสะท้อนผ่านตัวแทนทางความคิดระดับมหภาคในด้านการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมสามารถสังเกตลักษณะปรากฏ (Phenotype) ที่แสดงออกมา เช่น สีดอกของถั่วลันเตา (ม่วงหรือขาว) หรือลักษณะเส้นผม (หยักศกหรือตรง) ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค เช่น การพิจารณาโครงสร้างโครโมโซมและสารทางพันธุกรรม ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์โดยการใช้ตัวอักษรแทนจีโนไทป์ (Genotype) เช่น AA แทนลักษณะเด่นพันธุ์แท้ Aa แทนลักษณะเด่นพันธุ์ทาง และ aa แทนลักษณะด้อย (Munman *et al*., 2025)

กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น (5Es) มีรากฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ของ Piaget และมีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Bybee *et al*., 2006) การเรียนรู้แบบสืบเสาะเชื่อมโยงให้นักเรียนสร้างมโนมติ (Concept) ที่ถูกต้องจากตัวแทนทางความคิดทั้ง 3 ระดับ (มหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์) มีลักษณะสำคัญ 5 ประการ (National Research Council, 2000) ดังนี้ 1) การตั้งคำถามเชิงวิทยาศาสตร์ (Engages in Scientifically Oriented Questions) ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสนใจที่ปรากฏการณ์ในระดับมหภาคและกระตุ้นให้เกิดความสงสัยเพื่อดึงมโนมติเดิมที่มีอยู่ออกมาตรวจสอบ 2) การให้ความสำคัญกับหลักฐาน (Gives Priority to Evidence) นักเรียนเก็บข้อมูลจากการสังเกตหรือทดลอง ซึ่งเป็นขั้นตอนการสร้างตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) ที่มีหลักฐานรองรับ 3) การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน (Formulates Explanations from Evidence) นักเรียนต้องเชื่อมโยงหลักฐาน (มหภาค) เข้ากับกลไกที่มองไม่เห็น (จุลภาค) เพื่อสรุปเป็นหลักการหรือมโนมติใหม่ 4) การเชื่อมโยงคำอธิบายกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Evaluates Explanations in Light of Alternative Explanations) นักเรียนเปรียบเทียบสิ่งที่ตนเองค้นพบกับกฎทางวิทยาศาสตร์หรือสัญลักษณ์มาตรฐาน เพื่อแก้ไขมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) และ 5) การสื่อสารและการให้เหตุผล (Communicates and Justifies Explanations) นักเรียนต้องอธิบายหรือใช้สัญลักษณ์หรือโมเดลสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจ จะทำให้มโนมตินั้นชัดเจนและเป็นระบบมากขึ้นในสมอง (Windschitl, Thompson and Braaten, 2008)

จากงานวิจัยผ่านมาที่เกี่ยวกับการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก อาทิเช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐาน เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Muenchang, Sirisawat and Chauvatcharin, 2020) การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ เรื่องระบบนิเวศ (Namwong, 2022) ระบบสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต (Nantawong, Udom and Vanichanon, 2021) การเรียนรู้แบบ 4MAT เสริมด้วยแบบบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง อาหาร สารอาหาร และระบบย่อยอาหาร (Atsaphai and Choomponla, 2024) การจัดการเรียนรู้เรื่องการสังเคราะห์แสงโดยใช้ยุทธศาสตร์การสอนของฮิวสันและฮิวสันร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้จากประสบการณ์ของคอล์บ (Sakunkitphokhanon and Phornphisutthimas, 2025) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับเทคนิคเครือข่ายความคิด เรื่องโครโมโซมและสารพันธุกรรม (Munman *et al*., 2025) เป็นต้น สื่อการเรียนรู้มีส่วนช่วยทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องหลังจากการได้รับการจัดการเรียนรู้เชิงรุกร่วมกับการใช้สื่อการเรียนรู้ เช่น ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ร่วมกับบอร์ดเกม เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Trinnagesgosol and Watchana, 2024) การทดลองจำลองเสมือนจริง (Nirutmeteekul and Thongdaengjua, 2023) และการสร้างภาพแบบจำลองเชิงสัญลักษณ์ (Wichaiyo and Cojorn, 2023) นอกจากนี้ การจัดการข้อมูลและการแปลความหมายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการสืบค้นข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การสังเคราะห์ข้อมูล การสะท้อนข้อมูล และการประยุกต์ใช้ข้อมูล มีส่วนส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์และการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Sakonthawat and Pabchanda, 2025) โดยการใช้ประเด็น

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

วิทยาศาสตร์กับสังคมร่วมกับไอซีที เรื่องการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Nachanthong, 2021) อินโฟกราฟิก (Infographics) เป็นสื่อรูปแบบหนึ่งที่ช่วยเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากให้สามารถนำเสนอแบบสรุปภาพรวมในรูปแบบภาพประกอบ (Illustration) แผนภูมิ (Graph) หรือ สัญลักษณ์ ร่วมกับข้อความสั้น ๆ ที่มีใจความสำคัญ การใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อสร้างความน่าสนใจ ความเข้าใจ และการจดจำได้ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้ (Vanichvasin, 2015) รวมทั้งการใช้อินโฟกราฟิกเป็นสื่อการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสามารถนำเสนอเนื้อหาและอธิบายได้อย่างดี ส่งให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (Theprasit, 2022) นอกจากนี้ อินโฟกราฟิกสามารถพัฒนานักเรียนด้านความคิดสร้างสรรค์จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้อีกด้วย (Daengrayub and Nillapun, 2025)

ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกคือการใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือ การคิด (Thinking Tool) ในกระบวนการสืบเสาะ เพื่อช่วยให้นักเรียนจัดระเบียบความคิดและสร้างความเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม (สิ่งที่เห็น คือตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) และนามธรรม (สิ่งที่มองไม่เห็น คือ ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์) ได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาจะมีการใช้สื่อการเรียนรู้อินโฟกราฟิกร่วมกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ อินโฟกราฟิกช่วยในการถ่ายทอดข้อมูลซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น ยังสามารถสร้างแรงดึงดูดและกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งทำให้นักเรียนที่มีความพร้อมและไม่พร้อมด้านการใช้ภาษาไทยในการเรียนรู้ เช่น กลุ่มชาติพันธุ์ (Tasao and Chamrat, 2021) สามารถเชื่อมโยงข้อมูลต่าง ๆ จากอินโฟกราฟิกได้อย่างมีระบบ และสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องอย่างลึกซึ้ง (Chaluthong and Plangsorn, 2024) นอกจากนี้ สื่ออินโฟกราฟิก (Infographics) มีคุณสมบัติเด่นในการสรุปเนื้อหาด้วยภาพประกอบและสัญลักษณ์ร่วมกับข้อความสั้น ๆ การบูรณาการสื่ออินโฟกราฟิกร่วมกับกระบวนการสืบเสาะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างชิ้นงานอินโฟกราฟิก ซึ่งนักเรียนได้ฝึกทักษะการจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นภาพ (Vanichvasin, 2015)

งานวิจัยที่ผ่านมาในประเทศไทย มีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกเน้นประเมินความสามารถสร้างสรรค์สร้างสื่ออินโฟกราฟิก (Daengrayub and Nillapun, 2025; Rattanakorn and Kaewkhongkha, 2021) และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มชาติพันธุ์ผ่านการตอบคำถามจากภาพอินโฟกราฟิก (Tasao and Chamrat, 2021) อย่างไรก็ตาม การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างอินโฟกราฟิกช่วยเชื่อมต่อตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบยังเป็นเรื่องที่น่าสนใจ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิกที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เพื่อเกิดมโนมติที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ซึ่งเป็นเรื่องที่มีข้อมูลจำนวนมากและซับซ้อน การให้นักเรียนสร้างสื่ออินโฟกราฟิกช่วยเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากให้เป็นภาพรวมที่เข้าใจง่ายผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะจึงยังเป็นช่องว่างวิจัยที่น่าศึกษา ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิกเพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น
2. เพื่อพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับอินโฟกราฟิก

วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

ในการวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบก่อนทดลอง (Pre-experimental Research) และแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนและหลัง (one-group pretest-posttest design) โดยสมมติฐานการวิจัย คือ นักเรียนมีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม หลังได้รับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 2 ห้องเรียน โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัยนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3/1 และ 3/2 จำนวน 17 และ 21 คน ตามลำดับ รวมจำนวน 38 คน ได้จากการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิจัย ดังนี้

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก จำนวน 3 แผน ประกอบด้วย แผนที่ 1 ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ แผนที่ 2 สายใยอาหาร และ แผนที่ 3 สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
2) ใบงานการสร้างอินโฟกราฟิกและเกณฑ์ให้คะแนน (Scoring rubrics) อินโฟกราฟิกเรื่อง ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก แสดงตารางที่ 1 – 3
3) แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน ประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก แผนละ 10 ข้อ ซึ่งผ่านการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (IOC) จากสมาชิกชุมชนแห่งการเรียนรู้ทางวิชาชีพ 3 ท่าน (Sakonthawat and Pabchanda, 2021) มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ของแบบทดสอบทั้งสามแผนอยู่ระหว่าง 0.67 - 1.00 (สอดคล้องระดับที่ยอมรับได้) ค่าเฉลี่ยดัชนีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.50 (ความยากพอเหมาะ) และค่าเฉลี่ยดัชนีอำนาจจำแนกข้อสอบอยู่ระหว่าง 0.50 - 0.60 (จำแนกดีมาก) (Nirutmeteekul and Thongdaengjua, 2023)

ตารางที่ 1 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
1. ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	สิ่งมีชีวิต 3 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	สิ่งมีชีวิต 2 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	สิ่งมีชีวิต 1 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน
2. บทบาทสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 3 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 2 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน	ระบุความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตถูกต้องอย่างละ 1 คู่ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ 5) แข่งขัน และ 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน

ตารางที่ 2 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหาร

รายการประเมิน	**ระดับคุณภาพ**		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
1. องค์ประกอบภาพสายใยอาหาร	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 6 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่อาหารอย่างน้อย 2 สาย	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 4-5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่อาหารอย่างน้อย 2 สาย	ภาพสายใยอาหารถูกต้อง 1-3 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย 6) โซ่อาหารอย่างน้อย 2 สาย
2. บทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหาร	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 3-4 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย	ระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้อง 1-2 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน 2) ผู้ผลิต 3) ผู้บริโภค 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย 5) ผู้ย่อยสลาย

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ตารางที่ 3 เกณฑ์ให้คะแนนประเมินชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	ดี (3 คะแนน)	**พอใช้ (2 คะแนน)**	**ปรับปรุง (1 คะแนน)**
1. องค์ประกอบภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 2-3 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ภาพอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมมี 1 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ
2. ผลกระทบของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 2-3 ประเด็น ดังนี้1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ	ระบุผลกระทบสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมถูก 1 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล:

การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ก่อนเริ่มเรียน 10 นาที นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนประเภทปรนัย 4 ตัวเลือก 10 ข้อ ๆ ละ 1 คะแนน (10 คะแนน)
2) ครูจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก
3) หลังจบบทเรียน นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน แบบทดสอบหลังเรียนเป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบก่อนเรียน 10 นาที
4) วิเคราะห์ค่าทางสถิติข้อมูลคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ
5) คำนวณหาค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index : E.I.) เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ (Kasonsuk, 2023) โดยใช้วิธีการหาค่าดัชนีประสิทธิผลของกู๊ดแมน (Goodman) เฟรสเชอร์ (Fletchers) และ ชไนเดอร์ (Schneider) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ดัชนีประสิทธิผล (E.I.)} = \frac{\text{ผลรวมคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน} - \text{ผลรวมคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียน}}{\text{ผลคูณคะแนนเต็มกับจำนวนนักเรียน} - \text{ผลรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียน}}$$

เกณฑ์การแปลผลดัชนีประสิทธิผล (E.I.) คือ 0.70 ขึ้นไป = สูงมาก 0.60 – 0.69 = สูง 0.50 – 0.59 = ปานกลาง และ 0.00 – 0.49 = ต่ำ ((Kasonsuk, 2023)

6) การทดสอบสมมติฐานโดยใช้การทดสอบที (t-test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มของนักเรียนรายบุคคล ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (Wichaiyo and Cojorn, 2023)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟิก

การประเมินความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยใช้คำถามของแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนเป็นคำถามชุดเดียวกันของแต่ละเรื่องมีแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน ผลคะแนนทดสอบก่อนและหลังเรียน แสดงในตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 3.89 $\pm$ 1.20 3.55 $\pm$ 1.25 และ 2.63 $\pm$ 1.15 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ ส่วนคะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 8.84 $\pm$ 1.08 9.29 $\pm$ 0.80 และ 9.63 $\pm$ 0.75 คะแนน (mean $\pm$ SD, n=38) ตามลำดับ ทั้ง 3 เรื่องมีคะแนนเฉลี่ยทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนทดสอบก่อนเรียน จากการวิเคราะห์คะแนนก่อนเรียนกับคำถามของแบบทดสอบก่อนเรียนเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พบว่า นักเรียนมากกว่าร้อยละ 60 ของกลุ่มตัวอย่าง ตอบคำถามผิดมากที่สุดในประเด็นคำถามเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ในประเด็นเกี่ยวกับระบุความสัมพันธ์คู่สิ่งมีชีวิตที่กำหนดให้ การถ่ายทอดพลังงานสายใย

อาหารจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตบางชนิด และการระบุผลกระทบจากสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมทั้งประโยชน์และโทษ ตามลำดับ

ตารางที่ 4 คะแนนทดสอบก่อนเรียน คะแนนทดสอบหลังเรียน ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) และการทดสอบที (t-test)

ชื่อแผนจัดการเรียนรู้	คะแนนก่อนเรียน	คะแนนหลังเรียน	E.I.	t-test
1. ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ	3.89 $\pm$ 1.20	8.84 $\pm$ 1.08	0.7609	7.669*
2. สายใยอาหาร	3.55 $\pm$ 1.25	9.29 $\pm$ 0.80	0.8898	13.749*
3. สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม	2.63 $\pm$ 1.15	9.63 $\pm$ 0.75	0.9500	17.507*

*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .05

เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) สำหรับสะท้อนความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของนักเรียนก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม พบว่า ค่าดัชนีประสิทธิผล เท่ากับ 0.7609 0.8898 และ 0.9500 ตามลำดับ ค่าดัชนีประสิทธิผลของทั้ง 3 เรื่องมีค่ามากกว่า 0.70 เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแปลผลดัชนีประสิทธิผล (E.I.) (Kasonsuk, 2023) แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม มีประสิทธิผลสูงมากที่ช่วยทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ คิดเป็นร้อยละ 76.09 88.98 และ 95.00 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนทดสอบหลังเรียนกับเกณฑ์คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มของนักเรียนรายบุคคลโดยใช้การทดสอบที (Wichaiyo and Cojorn, 2023) พบว่า ค่าทีที่คำนวณได้ของแผนจัดการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เท่ากับ 7.669 13.749 และ 17.507 ตามลำดับ ซึ่งทุกค่าทีคำนวณมีค่าสูงกว่าทีวิกฤตแบบทางเดียว (t Critical one-tail = 1.687, df = 37) ที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่านักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ช่วยให้นักเรียนแต่ละคนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างนี้มีความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม (Nirutmeteekul and Thongdaengjua, 2023) ผลคะแนนทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 เรื่องที่สะท้อนความเข้าใจมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องและผ่านเกณฑ์ประเมินในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ Vanichvasin (2015) เสนอว่าศักยภาพของอินโฟกราฟิกสามารถประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือจัดการเรียนรู้ที่ช่วยเพิ่มคุณภาพการเรียนรู้ได้ในสองมิติสำคัญ มิติแรกคือ การใช้อินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือสื่อสารเพื่อสร้างความน่าสนใจ ความเข้าใจ และการจดจำได้ ซึ่งถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และมิติที่สองคือการใช้อินโฟกราฟิกเป็นสื่อการเรียนรู้สร้างความพึงพอใจในการเรียนรู้ผ่านการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพด้วยความชัดเจนและความเข้าใจทำให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการ นอกจากนี้ กระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น ในขั้นอภิปรายและลงข้อสรุปใช้กิจกรรมเดินชมผลงานอินโฟกราฟิกช่วยพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับ Dual Coding Theory (ทฤษฎีการรหัสสองทาง) ของ Allan Paivio (Clark and Paivio, 1991) เสนอว่ามนุษย์ประมวลผลข้อมูลผ่าน 2 ช่องทางแยกกัน คือ ช่องทางภาพ (Visual) และ ช่องทางภาษาหรือเสียง (Verbal) เมื่อข้อมูลถูกเข้ารหัสทั้งรูปแบบภาพและคำพร้อมกัน จะช่วยให้สมองจดจำ เข้าใจ และเรียกคืนข้อมูลได้ดีขึ้นและแม่นยำกว่าการใช้ช่องทางเดียว จึงส่งผลให้คะแนนทดสอบหลังเรียนทั้ง 3 เรื่องของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ได้รับการยอมรับในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แต่ในเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมสูงอย่างระบบนิเวศและพันธุกรรม นักเรียนประสบปัญหาเชื่อมโยงมโนมติระหว่างสิ่งที่สังเกตได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) กับกลไกในระดับอนุภาคที่สังเกตไม่ได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค) และการสื่อสารโดยใช้ตัวอักษร หรือ สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ (ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์) งานวิจัยนี้ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างอินโฟกราฟิกด้วยตนเอง เพื่อเป็นเครื่องมือในการจัดระเบียบตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) ในขั้นตอนการสืบเสาะหาความรู้ การสร้างอินโฟกราฟิกเป็นเครื่องมือที่ครูใช้ตรวจสอบว่ากระบวนการเปลี่ยนข้อมูลวิทยาศาสตร์ให้เป็นทัศนภาพที่สะท้อนมโนมติทางวิทยาศาสตร์ผ่านตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ ที่ส่งเสริมความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

ผลการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก พบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้นี้สามารถพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยพฤติกรรมที่สะท้อนความเข้าใจ ดังนี้ 1) มโนมติเรื่องความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ และสายใยอาหาร จากการเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดมหภาค จุลภาค และสัญลักษณ์ โดย

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

นักเรียนสามารถเปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตเห็น (มหภาค) ให้กลายเป็นอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร (สัญลักษณ์) พร้อมอธิบายการถ่ายทอดพลังงานของสิ่งมีชีวิต (จุลภาค) ตามความสัมพันธ์ในระบบนิเวศได้อย่างถูกต้อง นักเรียนเข้าใจความหมายของหัวลูกศรว่าคือทิศทางการถ่ายทอดพลังงาน รวมทั้งความเข้าใจเชิงระบบโดยนักเรียนเกิดมโนมติที่ถูกต้องว่าหากสิ่งมีชีวิตหนึ่งในระบบนิเวศมีจำนวนลดลงหรือเพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบกับสิ่งมีชีวิตอื่นต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ ซึ่งสะท้อนผ่านการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงความสัมพันธ์ในอินโฟกราฟิกและประเมินด้วยการตอบคำถามในแบบทดสอบหลังเรียน 2) มโนมติเรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (Genetically Modified Organisms: GMOs) การอธิบายผ่านตัวแทนทางความคิดทั้ง 3 ระดับ ช่วยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เชื่อมโยงตั้งแต่ระดับที่มองเห็นไปจนถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับโมเลกุลและนำเสนอความคิดในระดับสัญลักษณ์ ตัวแทนความคิดระดับมหภาคของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมเป็นสิ่งที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่าจากลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป (Phenotype) ของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น มะละกอไร้เมล็ด ข้าวโพดที่มีสีเมล็ดหลากสี หรือพืชที่มีความทนทานต่อยาฆ่าแมลงมากกว่าพืชทั่วไป ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาคทำให้นักเรียนนึกภาพของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมในลักษณะทางกายภาพที่เหนือกว่าปกติ เช่น ขนาดที่ใหญ่ขึ้น สีที่เปลี่ยนไป หรือความสามารถในการอยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ของการดัดแปรพันธุกรรม รวมทั้งผลกระทบในระบบนิเวศ และอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่นได้เช่นกัน ส่วนตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นกลไกที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในระดับเซลล์และโมเลกุล ตัวอย่างเช่น การแทรกสาย DNA ของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง (เช่น แบคทีเรีย) เข้าไปในสาย DNA ของพืชเป้าหมายตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคช่วยให้นักเรียนสามารถนึกภาพเป็นกระบวนการทางชีวภาพ เช่น ยีนเป้าหมาย (Target Gene) มีส่วนหนึ่งของสาย DNA ที่ถูกตัดออกมา ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ของสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นกระบวนการเปลี่ยนมโนมติให้เป็นรหัส แผนภาพ หรือสัญลักษณ์ เพื่อใช้ในการสื่อสารเชิงวิชาการ ตัวอย่างเช่น การใช้สัญลักษณ์ทางพันธุวิศวกรรมและอักษรย่อ ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ช่วยให้นักเรียนระบุสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ การประยุกต์ใช้ที่สำคัญคือการรู้จักสินค้า GMOs ในตลาด เช่น ถั่วเหลือง หรือข้าวโพดบางชนิดจากการอ่านฉลากสินค้าที่มีสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมพื้นสีเหลืองตัวอักษรสีดำโดยมีข้อความว่า “GMO” หรือข้อความที่แสดงว่าผลิตภัณฑ์นี้ไม่มีการดัดแปรพันธุกรรม (“Non-GMO Project”) ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคและสัญลักษณ์จากอินโฟกราฟิกในใบความรู้ ในขั้นขยายความรู้ของการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

ศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

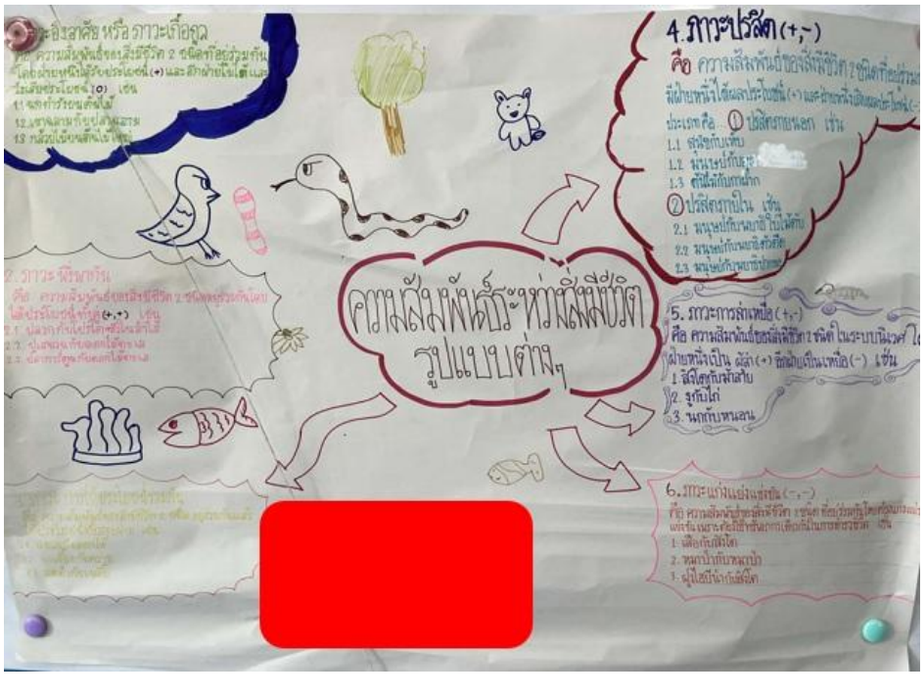
ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิก (National Research Council, 2000) มี 5 ลักษณะ ดังนี้ 1) การตั้งคำถาม ครูใช้อินโฟกราฟิกเพื่อกระตุ้นความสงสัยโดยการแสดงข้อมูลสถิติ เช่น กราฟแสดงจำนวนประชากรผึ้งที่ลดลงมากในรอบ 10 ปี หรือความผิดปกติของภาพข้าวโพดดัดแปรพันธุกรรม (ตัวแทนความคิดระดับมหภาค) ช่วยให้นักเรียนตั้งคำถามว่า ทำไมผึ้งที่หายไปถึงส่งผลต่อการขาดแคลนอาหารของมนุษย์? หรือ ทำไมข้าวโพดจากภาพนี้จึงมีลักษณะต่างจากที่เคยพบ? ซึ่งนำเข้าสู่มโนมติเรื่อง ความสัมพันธ์ในระบบนิเวศ และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม 2) การหาหลักฐาน นักเรียนลงมือสำรวจข้อมูลจากใบความรู้ โปรแกรมสืบค้น (Search Engine เช่น Google) และ YouTube จากนั้นนำข้อมูลดิบมาบันทึกในรูปแบบตาราง เพื่อให้นักเรียนมีหลักฐานก่อนจะนำสร้างเป็นภาพอินโฟกราฟิก 3) การสร้างคำอธิบาย ให้นักเรียนออกแบบและสร้างอินโฟกราฟิกเชิงอธิบาย (Explanatory Infographic) แสดงข้อมูลที่สังเกตได้ (ตัวแทนความคิดระดับมหภาค) และอธิบายกลไกที่มองไม่เห็น (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาค) เช่น วาดภาพปลากำลังกินสาหร่าย (มหภาค) 4) การเชื่อมโยงความรู้ ให้นักเรียนระบุข้อมูลอินโฟกราฟิกของตนเองตามเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่ครูกำหนดให้ เช่น ปลากำลังกินสาหร่ายมีความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิดเหมือนกับวัวกำลังกินหญ้า เพื่อตรวจสอบความเข้าใจถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน (Misconceptions) และปรับปรุงตัวแทนทางความคิดในระดับสัญลักษณ์ให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดในระบบนิเวศเดียวกัน (Interspecific interaction) โดยการใช้เครื่องหมายบวกแทนการได้ประโยชน์ เครื่องหมายลบแทนการเสียประโยชน์ และเลขศูนย์แทนไม่ได้และไม่เสียประโยชน์ 5) การสื่อสาร เพื่อให้นักเรียนอธิบายและลงข้อสรุปความรู้ โดยจัดกิจกรรม Infographic Gallery Walk ให้นักเรียนนำเสนอผลงานอินโฟกราฟิกของตนเอง และตอบคำถามจากเพื่อนกลุ่มอื่นโดยใช้ภาพและสัญลักษณ์ในอินโฟกราฟิกเป็นสื่อกลางในการอธิบายเหตุผล การสื่อสารด้วยภาพช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ทำให้ผู้ฟังเข้าใจมโนมติที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น

จากลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับอินโฟกราฟิก ใช้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม สำหรับจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก นำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละขั้นโดยสังเขป ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) กระตุ้นความสนใจนักเรียนโดยสื่อที่คุ้นเคยหรือที่กำลังได้รับความสนใจ (ภาพสัตว์ป่าในสะวันนา ภาพสายใยอาหาร วีดิทัศน์ข่าวข้าวโพดการดัดแปรพันธุกรรม) จากนั้นครูใช้คำถามเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์ของนักเรียน กับเนื้อหาใหม่ที่จะเรียน ในขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน และบทบาทหน้าที่หลักภายในกลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้วางแผน 2) ผู้

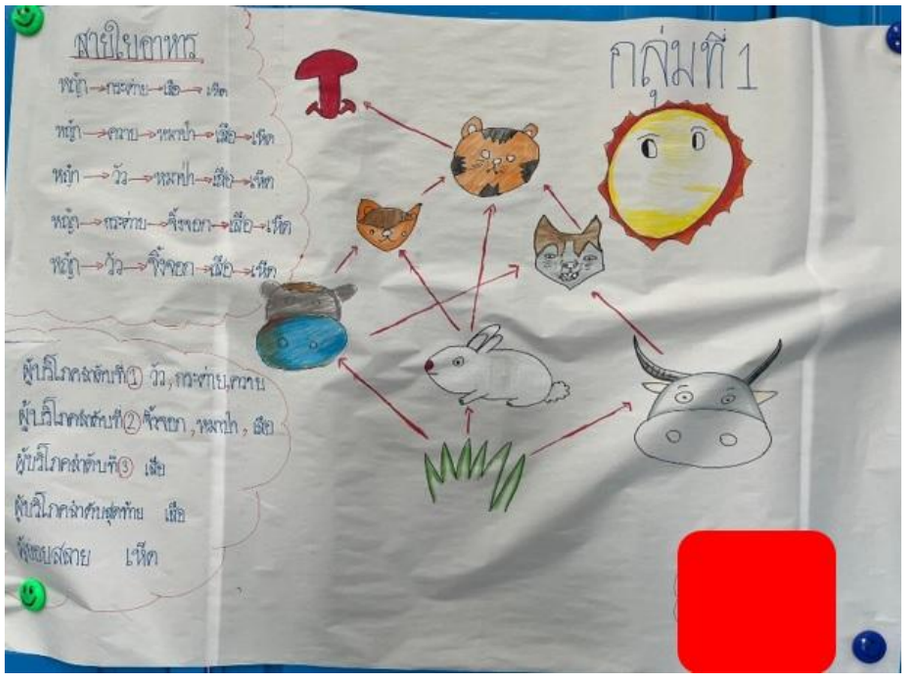
คุมเวลา 3) ผู้บันทึก 4) ผู้นำเสนอ 5) ผู้รับส่งงาน ให้นักเรียนสืบค้นและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องที่เรียน (ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตรูปแบบต่าง ๆ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม) โดยศึกษาข้อมูลจากสื่อการเรียนรู้ใบความรู้ โปรแกรมสืบค้น (Search Engine เช่น Google) และ YouTube แล้วร่วมกันสรุปความรู้ในรูปแผนภาพอินโฟกราฟิก ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกที่นักเรียนสร้างขึ้นเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังภาพที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำแผนภาพอินโฟกราฟิกของกลุ่มตนเองไปติดที่หน้ากระดาน โดยเรียงลำดับตามหมายเลขกลุ่ม ครูชี้แจงแนวทางการเดินชมผลงาน (Gallery walk) ของแต่ละกลุ่ม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเดินชมผลงานของเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ตามลำดับหมายเลขกลุ่มจากน้อยไปมาก กำหนดเวลาเดินชมผลงานกลุ่มละ 2 นาที จนครบทุกกลุ่ม พร้อมทั้งทำการประเมินผลงานของเพื่อนกลุ่มอื่นโดยใช้เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่ครูแจกให้ (เกณฑ์ประเมินอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังตารางที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) นักเรียนจะไม่ทำการประเมินผลงานของกลุ่มตนเองแต่รับฟังพร้อมข้อคิดเห็น และสิ่งที่ควรปรับปรุงจากเพื่อนกลุ่มอื่นเพื่อปรับปรุงอินโฟกราฟิกของตนเองมีความสมบูรณ์ ขั้น 4 ขยายความรู้ (Elaboration) ครูใช้คำถามในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียนร่วมกับอินโฟกราฟิก เพื่อช่วยนักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ที่เพิ่งเรียนรู้ คำถามขยายความรู้ในแต่ละแผน ดังนี้ “จากอินโฟกราฟิกนี้ นักเรียนยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเป็นคู่ ๆ ว่าสิ่งมีชีวิตคู่นั้นเป็นความสัมพันธ์รูปแบบใดและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร?” “จากอินโฟกราฟิก 2 ระบบนิเวศนี้ นักเรียนคิดว่าระบบนิเวศมีการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหารแตกต่างกันอย่างไร?” และ “จากอินโฟกราฟิก วิธีการดัดแปรพันธุกรรมมีประโยชน์ และผลกระทบต่อมนุษย์อย่างไร?” ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียน (บางข้อคำถามให้นักเรียนตอบคำถามจากอินโฟกราฟิก เช่น ภาพสายใยอาหาร) นักเรียนสลับกันตรวจตามเกณฑ์ให้คะแนน รวมคะแนน และลงชื่อคนตรวจ และส่งผลงานคืนให้เจ้าของ นักเรียนทำการประเมินความความพึงพอใจต่อผลงานตนเอง โดยการระบายสีระดับความพอใจ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะในการปรับปรุงงาน เพื่อความสมบูรณ์ในการทำงานครั้งต่อไป

หลังจบบทเรียน ครูตรวจให้คะแนนชิ้นงานอินโฟกราฟิกโดยใช้เกณฑ์ประเมินอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม แสดงดังตารางที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ จากตัวอย่างภาพชิ้นงานอินโฟกราฟฟิกเรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิต แสดงดังภาพที่ 1 พบว่า นักเรียนสามารถระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตถูกต้อง 3 คู่ ของแต่ละความสัมพันธ์ ดังนี้ 1) เกื้อกูล 2) พึ่งพากัน 3) ปรสิต 4) ล่าเหยื่อ และ 5) แข่งขัน 6) ได้ประโยชน์ร่วมกัน ได้คะแนนประเมิน 6 คะแนนเต็ม คุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่า นักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องในด้านความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศผ่านการใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ ภาพคู่สิ่งมีชีวิต ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ ความสัมพันธ์ระหว่างคู่สิ่งมีชีวิตว่าได้หรือเสียประโยชน์ และตัวแทนสัญลักษณ์ คือการใช้เครื่องหมายบวก ลบ และศูนย์ แทนได้ประโยชน์ เสียประโยชน์ และไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหาร แสดงดังภาพที่ 2) นักเรียนเขียนสายใยอาหารประกอบด้วยโซ่อาหาร 5 โซ่ และระบุบทบาทสิ่งมีชีวิตในสายใยอาหารถูกต้องทั้ง 5 ประเด็น ดังนี้ 1) แหล่งพลังงาน คือ ดวงอาทิตย์ 2) ผู้ผลิต คือ หญ้า 3) ผู้บริโภคลำดับที่ 1 (วัว กระต่าย และควาย) ลำดับที่ 2 (จิ้งจอก หมาป่า เสือ) และลำดับที่ 3 (เสือ) 4) ผู้บริโภคลำดับสุดท้าย3 (เสือ) 5) ผู้ย่อยสลาย (เห็ด) ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสายใยอาหารนี้ได้คะแนน 6 คะแนนเต็ม คุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องในด้านสายใยอาหารในระบบนิเวศผ่านตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ ภาพสิ่งมีชีวิตในแต่ละโซ่อาหารของสายใยอาหารนี้ ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ การถ่ายทอดพลังงงานผ่านการบริโภคกันเป็นทอดๆ และตัวแทนสัญลักษณ์ คือการใช้เครื่องหมายลูกศรแทนทิศทางการบริโภคในแต่ละโซ่อาหาร ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมของนักเรียน แสดงดังภาพที่ 3 มีการระบุข้อมูลถูกต้องทั้ง 4 ประเด็น ดังนี้ 1) การใช้ประโยชน์ 2) ผลกระทบต่อมนุษย์ 3) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 4) ผลกระทบด้านอื่น ๆ ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกเรื่องสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมนี้ได้คะแนน 6 คะแนนเต็ม มีคุณภาพอยู่ในระดับดี แสดงว่านักเรียนมีมโนมติที่ถูกต้องในด้านสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ผ่านการใช้ตัวแทนความคิดระดับมหภาคคือ การสังเกตเห็นประโยชน์ของพืช GMO เช่น การมีอาหารเพิ่ม เพิ่มการปลูกพืชได้ดี ช่วยป้องกันสัตว์หรือแมลง ตัวแทนความคิดระดับจุลภาคคือ พืช GMO มีวิตามินสร้างภูมิคุ้มกัน ผลกระทบกับมนุษย์เรื่องสารพิษจากการบริโภคพืช GMO และตัวแทนสัญลักษณ์คือ การใช้คำว่า “พืช GMOs” แทนสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 1 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร



ภาพที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานอินโฟกราฟิกสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

การบูรณาการอินโฟกราฟิกเข้ากับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นเพียงสื่อประกอบการใช้คำถามของครู แต่ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือจัดระเบียบความคิด (Cognitive Tool) (Thammabut and Wonganu, 2024) ของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ซึ่งผลการศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ได้ค้นพบแนวทาง ดังนี้ 1) ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement) การใช้อินโฟกราฟิกเชิงสถานการณ์ (เช่น การเสียสมดุลในสายใยอาหาร หรือ ข่าวผลกระทบจาก GMOs) ช่วยดึงดูดความสนใจและกระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามในระดับมหภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนใช้อินโฟกราฟิกเป็นแหล่งข้อมูลและเป็นพื้นที่ในการรวบรวมหลักฐาน โดยการเปลี่ยนข้อมูลดิบจากการสืบค้น สำรวจหรือทดลอง ให้กลายเป็นแผนภาพที่อธิบายความเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ เช่น ข้อมูลสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศสร้างเป็นอินโฟกราฟิกสายใยอาหาร 3) อธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) จัดกิจกรรม Infographic Gallery Walk ให้นักเรียนนำเสนอชิ้นงานอินโฟกราฟิกของตนเอง และตอบคำถามจากเพื่อนๆ โดยใช้ภาพ สัญลักษณ์และข้อความสั้น ๆ ในอินโฟกราฟิกเป็นสื่อกลางในการอธิบายเหตุผลเพื่อหาข้อสรุป การสื่อสารด้วยภาพอินโฟกราฟิกช่วยลดภาระทางปัญญา (Cognitive Load) ทำให้ผู้ฟังเข้าใจมโนมติที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) การให้นักเรียนศึกษาอินโฟกราฟิกในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน และตอบคำถาม ซึ่งช่วยให้ครูตรวจสอบได้ว่านักเรียนสามารถเชื่อมโยงตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ได้ถูกต้องและสื่อสารมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบและถูกต้อง (เช่น ลูกศรในสายใยอาหารแสดงทิศทางการถ่ายทอดพลังงาน) และ 5) ประเมิน (Evaluation) แบบทดสอบที่ออกแบบคำถามโดยเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก และบางข้อความให้นักเรียนวิเคราะห์อินโฟกราฟิกเพื่อหาคำตอบ นอกจากนี้ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับอินโฟกราฟิก ช่วยลดมโนมติที่คลาดเคลื่อน (Misconceptions) ของนักเรียนผ่านกระบวนการระดมความคิดเพื่อออกแบบสื่ออินโฟกราฟิกร่วมกัน และให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล (Peer Review) ทำให้มโนมติที่คลาดเคลื่อนได้รับการแก้ไขก่อนจะสื่อสารออกมาเป็นอินโฟกราฟิก สิ่งที่ทำให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ คือการเปลี่ยนให้อินโฟกราฟิกเป็นเป้าหมายในการสื่อสารตัวแทนทางความคิด (Mental Representation) และใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น เป็นเส้นทางในการสร้างความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนทางความคิดทั้งในระดับมหภาค จุลภาคและสัญลักษณ์เชื่อมโยงกับมโนมติทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้

สรุปผล

จากผลงานวิจัยเรื่องการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบนิเวศและพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถสรุปผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ข้อ ดังนี้

1. ผลการศึกษาการใช้สื่ออินโฟกราฟิกสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

การใช้อินโฟกราฟิกในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสืบเสาะ 5 ขั้น (5E) สรุปแนวทางการใช้สื่ออินโฟกราฟิก ดังนี้ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ใช้สื่ออินโฟกราฟิกที่นักเรียนคุ้นเคยหรือกำลังได้รับความสนใจ เพื่อกระตุ้นความสนใจและเชื่อมโยงความรู้เดิม (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มเพื่อสืบค้นข้อมูลและจัดระเบียบความคิดผ่านการสร้างอินโฟกราฟิกช่วยให้นักเรียนสามารถสรุปข้อมูลทั้งการสังเกตลักษณะปรากฏภายนอก (ตัวแทนทางความคิดระดับมหภาค) และสิ่งที่สังเกตไม่ได้ (ตัวแทนทางความคิดระดับจุลภาคภาค) เขียนเป็นภาพรวมที่เข้าใจง่าย โดยใช้ภาพประกอบ และสัญลักษณ์ร่วมกับข้อความสั้น ๆ (ตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำเสนอภาพอินโฟกราฟิกให้เพื่อนกลุ่มอื่นผ่านกิจกรรมการเดินชมผลงาน (Gallery walk) เพื่อแลกเปลี่ยนและประเมินมโนมติที่ถูกต้องร่วมกัน 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ครูใช้คำถามประกอบอินโฟกราฟิกในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวกับเรื่องที่เรียน เพื่อช่วยนักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ใหม่ที่เพิ่งเรียนรู้ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) นักเรียนแต่ละคนทำแบบทดสอบหลังเรียนที่สร้างคำถามโดยใช้เกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิก

2. ผลการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ร่วมกับอินโฟกราฟิก สามารถสรุปผลการพัฒนามโนมติทางวิทยาศาสตร์เรื่องความสัมพันธ์สิ่งมีชีวิต สายใยอาหาร และสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ดังนี้ 1) นักเรียนมีความก้าวในการเรียนรู้คิดเป็นร้อยละ 76.09 88.98 และ 95.00 ตามลำดับ 2) นักเรียนมีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้ง 3 เรื่อง และ 3) นักเรียนสามารถสร้างตัวแทนทางความคิดเชื่อมโยงมโนมติทางวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องทั้ง 3 ระดับตัวแทนทางความคิด ได้แก่ นักเรียนสะท้อนตัวแทนความทางคิดระดับมหภาค โดยการสังเกตลักษณะที่ปรากฏภายนอก เช่น สามารถจับคู่สิ่งมีชีวิตที่มีความสัมพันธ์กันในระบบนิเวศ จัดเรียงลำดับการบริโภคในสายใยอาหาร และระบุพืชที่มีลักษณะแตกต่างจากพืชปกติได้ถูกต้อง นักเรียนสะท้อนตัวแทนความทางคิดระดับจุลภาค โดยแสดงความเข้าใจสิ่งที่มองไม่เห็น เช่น ระบุการได้หรือเสียประโยชน์ของความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต เขียนทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร และบอกผลกระทบจากการบริโภคพืช GMO ได้ถูกต้อง และ นักเรียนสะท้อนตัวแทนทางความคิดระดับสัญลักษณ์ โดยการใช้สัญลักษณ์ หรือ ข้อความทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้เครื่องหมายบวก ลบและเลขศูนย์แสดงการได้หรือเสียประโยชน์ของความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต การใช้ลูกศรระบุทิศทางการถ่ายทอดพลังงานในสายใยอาหาร การระบุพืชดัดแปรพันธุกรรมจากสัญลักษณ์ GMO บนฉลากสินค้า ได้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้มี 2 ข้อ ดังนี้ 1) ในขั้นการสร้างความสนใจของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะครูควรเลือกใช้สถานการณ์ร่วมกับสื่อการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เรียนและกำลังอยู่ในความสนใจของนักเรียน และ 2) ก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติสร้างอินโฟกราฟิก ครูควรชี้แจงเกณฑ์ให้คะแนนอินโฟกราฟิกที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้นักเรียนสามารถนำไปเป็นแนวทางการสร้างอินโฟกราฟิกได้ถูกต้องและครบถ้วน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป มี 2 ประเด็น ดังนี้ 1) การให้นักเรียนใช้ปัญญาประดิษฐ์ช่วยสร้างอินโฟกราฟิกโดยใช้ข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นได้เอง และ 2) การหากิจกรรมอื่นแทนการเดินชมผลงานเพื่อลดระยะเวลาของการทำกิจกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรพัฒนาศักยภาพบุคลากรทางการศึกษา เพื่อเป็นผู้หนุนนำครูสู่ผู้อำนวยการเรียนรู้ จัดโดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ภายใต้ความร่วมมือกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในระหว่างวันที่ 29 – 30 มิถุนายน พ.ศ. 2568 ซึ่งครูผู้วิจัยได้รับความรู้ด้านผู้อำนวยการเรียนรู้ (Facilitator) และนำมาใช้ปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และการจัดการชั้นเรียน สุดท้ายขอขอบคุณท่านผู้บริหารสถานศึกษา โรงเรียนระดมวิทยานุสรณ์ ที่ส่งเสริมสนับสนุนการเข้าร่วมอบรมและทำวิจัยนี้จนสำเร็จ

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้ไม่มีการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากสถาบัน แต่ผู้วิจัยได้เข้ารับการอบรมจริยธรรมการวิจัย และดำเนินการวิจัยที่แสดงถึงการไม่ขัดต่อจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์หรือสัตว์ โดยการได้ขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้อง ระหว่างการดำเนินการวิจัยได้ปฏิบัติตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) อย่างถูกต้องและครบถ้วน

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือ AI เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความนี้ ดังนี้ 1) การตรวจสอบการสะกดและไวยากรณ์บทคัดย่อภาษาอังกฤษโดยใช้ Grammarly 2) การจัดรูปแบบบรรณานุกรมและการอ้างอิง โดยใช้ Zotero และ 3) การสร้างภาพปกบทความ (Article cover image) โดยใช้ Gemini

References

Atsaphai, W. and Choomponla, C. (2024). The effects of 4MAT learning supplemented with learning logs on understanding food nutrients and digestive system concept of grade 6 students (in Thai). **Academic Journal of Mahamakut Buddhist University Roi Et Campus**, 13(2), 242-254.

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications. **Colorado Springs, Co: BSCS,** 5 (88-98).

Chairam, S., Jarujamrus, P. and Amatatongchai, M. (2019). Exploring students' understanding of solution (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 1(2), 152-161.

Chaluthong, A. and Plangsorn, B. (2024). Infographic teaching material design (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 43(3), 1-6.

Clark, J. M. and Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. **Educational Psychology Review**, 3(3), 149-210.

Daengrayub, W. and Nillapun, M. (2025). Development of creative thinking skills with inquiry-based learning and infographic for the eighth grade students (in Thai). **Journal of Education, Silpakorn University**, 23(1), 299-312.

Kasonsuk, N. (2023). The results of organizing learning using a 7–step inquiry–based learning activity (7E) set using digital technology media that has an effect on analytical thinking skills and academic achievement on the subject, force in daily life; science and technology department of grade 5 (in Thai). **Journal of Rajanagarindra**, 20(2), 36-52.

Muenchang, S., Sirisawat, C. and Chauvatcharin, N. (2020). The effect of using game – based learning on scientific understanding on genetic inheritance for grade 10 students (in Thai). **Journal of Inclusive and Innovative Education**, 3(3), 1-13.

Munman, P., Malasri, O., Insumran, Y., Keawmad, P., Charoensopharat, K. and Ratanacherdchai, K. (2025). The study of learning achievement of inquiry-based learning approach combined with the team word-webbing in biology subject on chromosomes and genetic material for mathayomsuksa 4 students (in Thai). **Journal of Education Rajabhat Maha Sarakham University**, 22(3), 323-329.

Nachanthong, J. (2021). Active learning for heredity using Socio-scientific issues and ICT to promote critical thinking in biology for mathayomsuksa 6 students (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 7(3), 235-251.

Namwong, P. (2022). Developing instructional development of learning management in the biology course on ecosystems and population based on the constructivism theory for the 12th grade students (in Thai). **Pitchayatat Journal**, 17(2), 143-153.

Nantawong, S., Udom, P. and Vanichanon, A. (2021). Development of conceptual understanding on reproductive system and development using constructivist approach for 11th grade students (in Thai). **Journal of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus**, 32(1), 137-151.

National Research Council, NRC. (2000). **Inquiry and the National Science Education Standards.** Washington, DC: National Academy Press.

Nirutmeteekul, N. and Thongdaengjua, A. (2023). Development of scientific concepts using the 5Es inquiry-based instructional model combined with the interactive PhET simulation of grade 10th students (in Thai). **Journal of Education Studies Valaya Alongkorn Rajabhat University**, 1(1), 39-53.

Rattanakorn, P. and Kaewkhongkha, P. (2021). A study of creativity from inquiry based learning with infographic

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

of Mathayom 4 students (in Thai). **Silpakorn Educational Research Journal**, 13(2), 67-83.

Sakonthawat, P. and Pabchanda, S. (2021). The development of punctuality for eleventh grade students in chemistry with blended learning based on inquiry, social media, exit ticket and scorecard through lesson design by using professional learning community activity (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 4(2), 204-216.

Sakonthawat, P. and Pabchanda, S. (2025). Development of data management and scientific interpretation skills of tenth grade students in chemistry subject through 5D active learning management by professional learning community (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 8(2), 262-274.

Sakunkitphokhanon, N. and Phornphisutthimas, S. (2025). Conceptual development on photosynthesis using Hewson and Hewson's teaching strategy and Kolb's experiential learning for upper secondary students (in Thai). **STOU Education Journal**, 18(1), 59-80.

Suknarusaithagul, N., Faikhamta, C. and Suwanruji, P. (2021). The development of grade 12 students' representational competence in electrochemical cell through model-based learning (in Thai). **Journal of Education Khon Kaen University**, 44(2), 84-99.

Tasao, N. and Chamrat, S. (2021). Effect of inquiry learning in-cooperated with the use of infographics on the scientific explanation ability of ethnic group students (in Thai). **Journal of Science and Science Education (JSSE)**, 4(2), 190-203.

Thammabut, T. and Wonganu, P. (2024). The design of learning media to reduce cognitive load using the Split-Attention principle (in Thai). **Journal of Information and Learning**, 35(2), 170-178.

Thepprasit, R. (2022). The results of using ready-made lessons on title of "Creating media infographic for students in Matthayomsuksa 2", Science and Technology Department, Sa School, Wiang Sa District, Nan Province (in Thai). **Wishing Journal Review**, 1(3), 15-26.

Trinnagesgosol, P. and Watchana, U. (2024). A study of grade 11 students' Biology learning achievement on the inheritance of genetic characteristics using science activity sets combined with board games (in Thai). **SSRU Academic Journal of Education**, 8(2), 35-43.

Vanichvasin, P. (2015). Potentials of using infographics in enhancing the quality of learning (in Thai). **Panyapiwat Journal**, 7(2), 227-240.

Wichaiyo, B. and Cojorn, K. (2023). The development of scientific concepts and learning achievement in Chemistry on the topic of gas for mathayomsuksa 5 students using model based learning (in Thai). **Rajabhat Maha Sarakham University Journal**, 17(2), 71-81.

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 - SCI EDUC**, 92, 941-967.

JSSE JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 129 - 144
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University http://doi.org/10.14456/jsse.2026.11

Research Article in Science Education

Developing Mathematical Reasoning Skills on CER Framework of Grade 8 Students in Opportunity Expansion Schools through Mathematical Argumentation Activities on the Pythagorean Theorem

Nitjarin Kutpun[1] and Wanintorn Poonpaiboonpipat[2,*]

[1]Master of Education Program in Mathematics Education, Faculty of Education, Naresuan University

[2]Faculty of Education, Naresuan University

**Email: wanintorns@nu.ac.th*

Received <24 Apr. 2026>; Revised <26 May 2026>; Accepted <26 May 2026>

Abstract

This study is action research aimed to 1) investigating approaches to developing mathematical reasoning skills on CER framework through mathematical argumentation-based learning activities, and 2) enhancing the mathematical reasoning skills on CER framework of Grade 8 students on the topic of the Pythagorean Theorem. The participants consisted of 9 students from a small-sized opportunity expansion school. The research instruments included 1) 4 lesson plans, with one lesson plan implemented in each action research cycle, totaling 4 action research cycles 2) reflective journals on learning activity implementation 3) activity worksheets, and 4) an assessment of mathematical reasoning skills based on the Claim–Evidence–Reasoning (CER) framework. Qualitative data were analyzed through content analysis of students' worksheets and the mathematical reasoning assessment based on the CER framework, while descriptive statistics were used to analyze quantitative data. The findings of this research were as follows 1. The learning management approach for developing mathematical reasoning skills based on the CER framework through mathematical argumentation highlights important roles of both teachers and students. Key emphases include 1) teachers selecting open-ended problem situations or situations with multiple possible solutions, using language that students could easily understand before gradually extending to more complex problems. 2) teachers preparing students with the prerequisite knowledge and mathematical content necessary for mathematical reasoning. Consequently, foundational content was introduced during Action Cycles 1–2, while the concepts of the Pythagorean Theorem and its converse were emphasized in Action Cycles 3–4. and 3) teachers encouraging students to engage in analytical thinking, leading to the presentation and refinement of claims relevant to the given situations, supported by appropriate reasoning, while enabling students to organize their mathematical thinking systematically and logically. 2. The results of the development of mathematical reasoning skills, based on the CER framework assessment, indicated that students achieved Level 3 in Claim (C), Level 3 in Evidence (E), and Level 2 in Reasoning (R). Overall, students' mathematical reasoning skills in all CER components improved and reached Level 3. These findings demonstrate that the learning management approach implemented in the context of an opportunity expansion school was effective in developing students' mathematical reasoning skills.

Keywords: Mathematical Reasoning Skills; CER Framework; Mathematical Argumentation; Pythagorean Theorem

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

นิจจริญ กัดพันธุ์[1] และ วนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์[2,*]

[1]หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตสาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษา คณะศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2]คณะศึกษาศาสตร มหาวิทยาลัยนเรศวร

**Email: wanintorns@nu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ และ 2) เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ผู้เข้าร่วมวิจัยมีจำนวน 9 คน เป็นนักเรียนโรงเรียนขยายโอกาสขนาดเล็ก มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 4 แผน ซึ่ง 1 แผนต่อ 1 วงจรปฏิบัติการ รวมทั้งสิ้น 4 วงจรปฏิบัติการ 2) แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ใบกิจกรรม และ 4) แบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาจากใบกิจกรรม และแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER และใช้สถิติเชิงพรรณนาสำหรับข้อมูลเชิงตัวเลข ผลการวิจัยพบว่า 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER โดยการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ มีประเด็นบทบาทครูและบทบาทนักเรียนที่ควรเน้นคือ 1) ครูเลือกสถานการณ์ปัญหาที่เป็นปัญหาปลายเปิด หรือสถานการณ์ที่มีทางเลือก สถานการณ์ควรใช้คำที่นักเรียนเข้าใจได้ง่าย ก่อนที่จะขยายปัญหาที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น 2) ครูควรเตรียมความพร้อมของนักเรียนในด้านเนื้อหาและความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จึงมีการปูเนื้อหาในวงจรปฏิบัติการที่ 1 – 2 และเข้าเนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส และบทกลับทฤษฎีบทพีทาโกรัสในวงจรปฏิบัติการที่ 3 – 4 และ 3) ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์ ไปสู่การนำเสนอและปรับปรุงข้อกล่าวอ้างให้เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ โดยมีเหตุผลมารองรับ และนักเรียนสามารถลำดับความคิดทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้อง 2. ผลการวิจัยจากแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER พบว่า นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) อยู่ในระดับ 3 การอ้างอิงหลักฐาน (E) อยู่ในระดับ 3 และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) อยู่ในระดับ 2 ดังนั้นนักเรียนมีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ในภาพรวมทุกองค์ประกอบดีขึ้น และอยู่ในระดับ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนในบริบทโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

คำสำคัญ: ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์; กรอบแนวคิด CER; การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์; ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

คณิตศาสตร์เป็นศาสตร์สำคัญที่ส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Ministry of Education, 2017) ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST), 2017) โดยเฉพาะทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (mathematical reasoning) ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการเรียนรู้คณิตศาสตร์และการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ในระดับนานาชาติ เช่น การประเมินของ PISA ที่เน้นทักษะการอธิบายเหตุผลอย่างมีตรรกะและเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง (OECD, 2017) ทั้งนี้ งานวิจัยที่ผ่านมาได้ชี้ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการโต้แย้งและการให้เหตุผล เช่น แนวคิดของ National Council of Teachers of Mathematics (1989) และ Baroody (1998) แสดงให้เห็นว่าการให้เหตุผลมีความสำคัญทั้งในการเป็นเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้และการใช้งานคณิตศาสตร์ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้ ในทางปฏิบัติพบว่านักเรียนยังมีข้อจำกัดในการอธิบายเหตุผลและการเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อสรุปอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะในเนื้อหาที่ต้องใช้การคิดเชิงตรรกะในทางคณิตศาสตร์ สะท้อนให้เห็นช่องว่างของการจัดการเรียนรู้ที่ยังไม่สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีรูปแบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ จึงเป็นแนวทางในการเติมเต็มช่องว่างดังกล่าวและยกระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนได้อย่างชัดเจน

สภาพปัจจุบันการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ยังเป็นปัญหาสำหรับครูและนักเรียนมาโดยตลอด โดยเฉพาะด้านผลสัมฤทธิ์และทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน จากผลการทดสอบระดับชาติ O-NET ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2567 พบว่าคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์อยู่เพียงร้อยละ 26.53 ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มสาระอื่น อีกทั้งสาระการวัดและเรขาคณิตมีคะแนนเฉลี่ยเพียง 19.00 สะท้อนถึงข้อจำกัดด้านความเข้าใจแนวคิดและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียน (National Institute of Educational Testing Service (Public Organization), 2024) สอดคล้องกับผลการประเมิน PISA 2022 ที่พบว่านักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ยด้านคณิตศาสตร์ 394 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD และมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษาที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มโรงเรียนอื่นอย่างชัดเจน (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2023) สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษายังขาดความเข้าใจพื้นฐานและทักษะกระบวนการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

บริบทของโรงเรียนบ้านสวนเมี่ยง ซึ่งเป็นโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีคะแนน Pre-PISA ด้านคณิตศาสตร์เฉลี่ยเพียง 37.30 จากคะแนนเต็ม 120 คะแนน ต่ำกว่าร้อยละ 50 และจากการสังเกตของผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอน พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลหรือแสดงที่มาของคำตอบได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังไม่กล้าแสดงความคิดเห็นหรือโต้แย้งเชิงเหตุผล เนื่องจากคุ้นชินกับการเรียนแบบท่องจำมากกว่าการสร้างความเข้าใจเชิงแนวคิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sema and Thamsuan (2017) ที่พบว่านักเรียนระดับมัธยมศึกษายังมีข้อจำกัดด้านทักษะในการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะการอธิบายแนวคิดและการแสดงเหตุผลอย่างเป็นระบบ จึงจำเป็นต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการมีส่วนร่วม การอภิปราย และการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เพื่อยกระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนในบริบทดังกล่าวอย่างเป็นรูปธรรม

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สามารถดำเนินการได้ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียน เช่น การเรียนรู้แบบร่วมมือ การใช้เทคนิคเพื่อนคู่คิด และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ซึ่งช่วยพัฒนาให้ผู้เรียนได้แสดงแนวคิด อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสร้างข้อกล่าวอ้างอย่างมีเหตุผล งานวิจัยภายในประเทศต่างชี้ให้เห็นว่าการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดวิเคราะห์ และอภิปราย สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่มีขั้นตอนชัดเจน ช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง อธิบายเหตุผล และสรุปผลได้ส่วนงานวิจัยต่างประเทศมีการจัดการเรียนรู้แบบการโต้แย้งและการใช้กรอบแนวคิด Claim Evidence Reasoning (CER) มีส่วนช่วยพัฒนาความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ทักษะการให้เหตุผล และการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

ผู้วิจัยจึงมุ่งพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ร่วมกับกรอบแนวคิด Claim–Evidence–Reasoning (CER) McNeill and Krajcik (2011) ซึ่งได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของประเทศไทยแล้ว จากงานวิจัยของ Jaroenphon and Kitkuakul (2023) ที่ส่งเสริมทักษะการให้เหตุผลและการสื่อสาร สื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง รูปสามเหลี่ยม โดยการจัดการเรียนรู้แบบการโต้แย้งคณิตศาสตร์ โดยการวัดอาจไม่ได้ตามกรอบ CER โดยตรงแต่มีองค์ประกอบที่คล้าย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการหา

ข้อสรุปของปัญหา และด้านการพิจารณาความสมเหตุสมผลของข้อสรุป ซึ่งผลการวิจัยยืนยันว่ากรอบ CER ที่ประกอบด้วย การสร้างข้อกล่าวอ้าง การอ้างอิงหลักฐาน และการอธิบายความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ สามารถนำมาพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER เพื่อให้นักเรียนได้มีการโต้แย้งและมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ของ Knudsen *et al.* (2018) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสร้างกรณี การคาดเดา การแสดงเหตุผล และการสรุป โดยบูรณาการกรอบ CER เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง อ้างอิงหลักฐาน และอธิบายเหตุผลได้อย่างเป็นระบบ โดยใช้บริบทของเนื้อหาคณิตศาสตร์ที่เอื้อต่อการโต้แย้งในเรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้เป็นฐานในการฝึกฝน การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้ ในส่วนขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ครูทำหน้าที่ออกแบบกิจกรรมเป็นลำดับขั้นเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนโดยขั้นการสร้างกรณี (Generating Cases) ที่นักเรียนวิเคราะห์กับปัญหาหรือสถานการณ์ และฝึกการระบุ Claim เบื้องต้น จากข้อมูลที่รวบรวมได้ ต่อมาในขั้นการคาดเดา (Conjecturing) นักเรียนได้สร้างสมมติฐานและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซึ่งเป็นการเชื่อมโยง Claim กับ Evidence ที่ปรากฏ จากนั้นในขั้นการแสดงเหตุผล (Justifying) นักเรียนต้องพิสูจน์ อธิบาย และอภิปรายอย่างมีตรรกะ ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะ Reasoning ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และสุดท้ายขั้นการสรุป (Concluding) นักเรียนได้สะท้อน ปรับปรุง พัฒนาทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคาดหวังว่าการวิจัยนี้จะช่วยเสริมสร้างรูปแบบการสอนที่เหมาะสมกับนักเรียน และส่งเสริมการเรียนรู้เชิงลึกทางคณิตศาสตร์ในระยะยาว

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนในบริบทโรงเรียนขยายโอกาส โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เพื่อเติมเต็มช่องว่างความรู้ของนักเรียน และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส

2. เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนขยายโอกาสแห่งหนึ่งในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 9 คน ที่ได้จากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนตามแบบของ Kemmis (Kitkuekul, 2014) ซึ่งดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน แต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) ตามลำดับ โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ทั้งหมด 4 วงจรปฏิบัติการ เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นนี้มาสรุปเป็นแนวทางการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นวางแผนของวงจรปฏิบัติการถัดไปจนครบทั้งหมด 4 วงจร

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ชนิด ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ละ 3 ชั่วโมง รวมทั้งสิ้น 12 ชั่วโมง มีการจัดการเรียนรู้จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการตามแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างกรณี 2) การคาดเดา 3) การแสดงเหตุผล และ 4) การสรุป Knudsen *et al.* (2018) ประเมินจากความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้แบบประเมินความเหมาะสมแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การแปลความหมาย เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินใช้เกณฑ์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมมากที่สุดและสามารถนำไปใช้ได้

2. แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนการสอน ปัญหา และแนวทางพัฒนา โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตเป็นผู้บันทึก ซึ่งประเมินจากความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อมูลทั้งของผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกต เพื่อจะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

3. ใบกิจกรรม ประกอบด้วย ใบกิจกรรมโครงหลังคา ใบกิจกรรมเส้นทางลัดในสนามในโรงเรียน ใบกิจกรรมเสาไฟหน้าโรงเรียน และใบกิจกรรมงานเด็กช่าง แต่ละกิจกรรมนักเรียนได้แสดงการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ ข้อคำถามให้มีความชัดเจน และเพิ่มข้อคำถามให้ครอบคลุมในการวัดองค์ประกอบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนมีคะแนน 3 ระดับ ที่ปรับปรุงจากงานวิจัยของ McNeill and Krajcik (2011) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียน

ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER	ระดับ	พฤติกรรมที่แสดงออก
การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	3	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องและสมบูรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส
	2	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
	1	สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาได้
การอ้างอิงหลักฐาน (E)	3	สามารถแสดงหลักฐานหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างและสนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเหมาะสมและเพียงพอ
	2	สามารถแสดงหลักฐานหรือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับข้อกล่าวอ้างแต่ไม่เพียงพอในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรืออาจจะมีหลักฐานบางอย่างไม่เหมาะสม
	1	ไม่สามารถให้หลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างถึงเหตุผลทางคณิตศาสตร์หรือใช้หลักฐานที่ไม่เหมาะสม
การอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R)	3	แสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับหลักฐานทางคณิตศาสตร์ มีการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและเพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส
	2	แสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับหลักฐานทางคณิตศาสตร์ มีการแสดงแนวคิดทางเกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโกรัสที่ถูกต้อง แต่ไม่เพียงพอ
	1	ไม่แสดงเหตุผลทางคณิตศาสตร์หรือแสดงเหตุผลที่ไม่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกับหลักฐานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีบทพีทาโกรัส

4. แบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ใช้ประเมินความทักษะการให้เหตุผลของผู้เรียนโดยพิจารณาจากการสร้างข้อกล่าวอ้าง การอ้างอิงหลักฐาน และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล โดยใช้ข้อคำถามแบบอัตนัย จำนวน 4 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อพิจารณาข้อมีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อคำถาม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ ปรับแก้ข้อคำถามให้ตรงกับเนื้อหาพีทาโกรัส

ซึ่งถือว่าแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสามารถนำไปใช้ได้ และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างย่อย จำนวน 5 คน ที่เรียนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งเป็นนักเรียนคนละกลุ่มกับผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของข้อคำถามของแบบวัดทักษะ โดยวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) (Meechan, 2004) พบว่า มีค่า RAI เท่ากับ 0.98 ซึ่งค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินสามารถให้คะแนนได้อย่างสอดคล้องกันสูงมาก และนำแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ไปวิเคราะห์การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคล

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ชี้แจงจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่มีส่วนร่วมวิจัยทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

2. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ตามชั่วโมงปกติของโรงเรียน คาบเรียนละ 60 นาที จัดการเรียนรู้จำนวน 4 วงจรปฏิบัติการ วงจรปฏิบัติการละ 3 ชั่วโมง โดยใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ในระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันศึกษาและเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิดลงในใบกิจกรรม พร้อมทั้งมีการนำเสนอ ผู้วิจัยจะสังเกตและจดบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดทำการสะท้อนผล เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงวงจรปฏิบัติการในครั้งต่อไป

5. เมื่อดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 ชั่วโมง

6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการและวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดอีกครั้งเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ผู้วิจัยจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูล เพื่อนำผลการวิเคราะห์และตีความข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไป ในประเด็นต่อไปนี้

1.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER อย่างไร

1.1.2 ปัญหาหรืออุปสรรคที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละขั้นตอน มีอะไรบ้าง

1.1.3 แนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไปควรทำอย่างไร

1.2 ผู้วิจัยวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตมาจัดกลุ่มข้อมูล เพื่อให้สะดวกต่อการวิเคราะห์และอภิปรายผล

1.3 ดำเนินการวิจัยใน 4 ขั้นตอน ได้แก่

1.3.1 ขั้นวางแผน เป็นการรายงานรายละเอียดที่ผู้วิจัยได้วางแผนและเตรียมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

1.3.2 ขั้นปฏิบัติการ เป็นการรายงานขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 การสร้างกรณี ขั้นที่ 2 การคาดเดา ขั้นที่ 3 การแสดงเหตุผล และขั้นที่ 4 การสรุป

1.3.3 ขั้นสังเกตการณ์ เป็นการรายงานผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากการจัดระเบียบข้อมูล โดยเขียนรายงานเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนปฏิบัติในชั้นเรียน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

1.3.4 ขั้นสะท้อนผล เป็นการรายงานแนวทางการปรับปรุงแก้ไข เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการถัดไปให้ดียิ่งขึ้น

1.4 ผู้วิจัยนำแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากตัวผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งเป็นครูผู้สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ในทุกคาบเรียนมาดำเนินการตรวจสอบข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีการสามเส้า (Triangulation) โดยการใช้แหล่งข้อมูลมากกว่า 1 แหล่ง (Resource Triangulation) (Kitkuekul, 2014) เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์และพิจารณาผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่อย่างไร

2. เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ในการวิเคราะห์นั้น ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ใบกิจกรรม แบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ซึ่งจะทำการวิเคราะห์เมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และจะวิเคราะห์ภาพรวมทั้งหมดเมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ครบทั้ง 4 วงจร จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 2 แหล่งมาเปรียบเทียบกันเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของผลวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหา (Content Analysis) โดยการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน กำหนดรหัสข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ องค์ประกอบละ 3 ระดับ ได้แก่ C1 – 3, E1 – 3 และ R1 – 3 โดยนับจำนวนนักเรียนและหาค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับ

2.2 ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลการจัดระดับของทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ในแต่ละวงจรแล้วรายงานในรูปของร้อยละและความเรียง เพื่อที่จะทราบถึงผลการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนเมื่อได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยนับจำนวนนักเรียนและเปรียบเทียบค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER จำแนกตามบทบาทครูและบทบาทของนักเรียนในแต่ละขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การสร้างกรณี (Generating Cases)

ครูมีบทบาทในการอธิบายสถานการณ์ที่ปัญหาแบบปลายเปิด และเข้าใจได้ง่าย หรือสถานการณ์ปัญหาที่มีทางเลือกเหมาะกับนักเรียนที่เริ่มต้นการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ดังสถานการณ์เส้นทางลัดในสนามโรงเรียน โดยให้นักเรียนพิจารณาเลือกเส้นทางเดินควรเดินเส้นทาง ก หรือ เส้นทาง ข ที่มีระยะทางที่สั้นกว่ากัน และทบทวนความรู้ทางคณิตศาสตร์เดิมให้กับนักเรียนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของความยาวด้านของสามเหลี่ยมมุมฉาก ทั้งใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์ เปรียบเทียบ และสร้างข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ เช่น “โจทย์กล่าวว่าอย่างไร” หรือ “ข้อมูลที่มีคืออะไรบ้าง” หรือ “มีใครคิดต่างกันหรือไม่” ขั้นนี้ครูไม่ต้องเร่งรีบให้นักเรียนอภิปรายเป็นกลุ่ม ควรให้นักเรียนได้ลองคิดและเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเองก่อน และครูสร้างบรรยากาศที่ให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดของตนเอง ส่วนนักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และแสดงความคิดเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างจากสถานการณ์ปัญหาในมุมมองของตนเอง รับฟังเพื่อนร่วมชั้นในมุมมองที่แตกต่าง และนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมกับนักเรียนคนอื่นที่ถูกสุ่มออกมานำเสนอ และอภิปรายภายในชั้นเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เหมือนหรือแตกต่างจากความคิดของตนเอง

ขั้นที่ 2 การคาดเดา (Conjecturing)

ครูมีบทบาทในการนำเสนอข้อกล่าวอ้างของนักเรียน และกระตุ้นนักเรียนอภิปรายแลกเปลี่ยนกันภายในกลุ่ม นำไปสู่การนำเสนอและปรับปรุงข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่ม และครูใช้คำถามกระตุ้นว่าข้อกล่าวอ้างของแต่ละกลุ่มต้องมีเหตุผลมารองรับ เช่น “รู้ได้อย่างไรว่าข้อกล่าวอ้างนี้เป็นจริงและใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ใดสนับสนุน” โดยให้อิสระนักเรียนในการคิด แต่ครูต้องดูแนวคิดของนักเรียน เพื่อแนะนำการคิดของนักเรียนได้ทันที เช่น “เราควรเพิ่มเติมข้อมูลอะไรเพื่อให้ข้อกล่าวอ้างเรามีความน่าเชื่อถือ” ส่วนนักเรียนนำข้อกล่าวอ้างที่ได้จากการวิเคราะห์สถานการณ์ และหาเหตุผลรองรับข้อกล่าวอ้างของกลุ่มเกี่ยวกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ และในวงจรปฏิบัติการที่ 1 – 2 มีการปูเนื้อหาพื้นฐานที่ทำให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง และหาเหตุผลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับเรื่อง รูปสามเหลี่ยมมุมฉาก และความด้านของสามเหลี่ยมมุมฉาก ส่วนวงจรปฏิบัติการที่ 3 – 4 เนื้อหาเกี่ยวกับทฤษฎีบทพีทาโรกัส และบทกลับทฤษฎีบทพีทาโกรัส นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างจากเนื้อหากับวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2

ขั้นที่ 3 การแสดงเหตุผล (Justifying)

ครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลและหลักฐานที่ใช้สนับสนุน ส่งเสริมให้นักเรียนอภิปรายและโต้แย้งภายในกลุ่มกันอย่างมีเหตุผล ใช้คำถามเจาะลึกในสิ่งที่นักเรียนอธิบายเป็นสิ่งสำคัญ เช่น “สรุปว่าเหตุผลที่นำเสนอเชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างหรือไม่” และ “ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือหรือไม่” ครูเปิดกว้างให้แสดงความคิดอย่างหลากหลาย โดยไม่ชี้นำความคิด แต่ถ้าขั้นนี้มีการแสดงเหตุผลเพียงแค่ 1 เหตุผล จนไม่สามารถอภิปรายโต้แย้งกันได้ ครูควรถามเพื่อให้นักเรียนแสดงเหตุผลและการประเมินความสมเหตุสมผลให้ได้มากที่สุด เช่น “ทำไมสถานการณ์นี้ถึงใช้สูตรนี้ได้” หรือ “สถานการณ์นี้เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากหรือไม่ เพราะอะไร” และถ้านักเรียนไม่มีหลักฐานจะทำให้นักเรียนไม่สามารถเรียบเรียงสรุปเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้างได้ ส่วนนักเรียนอธิบายเหตุผลที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองทั้งโต้แย้งแนวคิดของผู้อื่นโดยใช้เหตุผลเกี่ยวกับเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ นักเรียนสามารถตรวจสอบความถูกต้องและปรับปรุงหลักฐานการดำเนินการทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 4 การสรุป (Concluding)

ครูมีบทบาทในการให้นักเรียนสะท้อนความคิดภายในกลุ่มและเปรียบเทียบแนวคิดของตนเองกับเพื่อน เช่น “แต่ละกลุ่มมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการสรุปของกลุ่มเพื่อนอย่างไรบ้าง” หรือ “ข้อสรุปของกลุ่มใดมีความสมเหตุสมผลมากที่สุด เพราะอะไร” ครูควรมีรูปแบบในการสรุปเป็นแนวทางจากสถานการณ์ใกล้เคียง เพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจว่าต้องนำเสนอความคิดอย่างได้ และครูจัดลำดับความคิดและความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้ถูกต้อง พร้อมทั้งเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับสถานการณ์จริง ส่วนนักเรียนอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากสถานการณ์ปัญหา ทั้งเรียบเรียงข้อกล่าวอ้างและเหตุผลประกอบเชื่อมโยงไปสู่ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับข้อกล่าวอ้าง นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปราย แสดงความคิดเห็น และเขียนตอบคำถามในใบกิจกรรม “ใช้ความสัมพันธ์ $a^2 + b^2 = c^2$ จากสถานการณ์ก่อนหน้ามาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ เพื่อหาความยาวด้านที่เหลือ”

ตอนที่ 2 ผลพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ตั้งแต่วงจรปฏิบัติการที่ 1 ถึง วงจรปฏิบัติการที่ 4 มีการพัฒนาของทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER สูงขึ้นตามลำดับ ดังตารางที่ 2

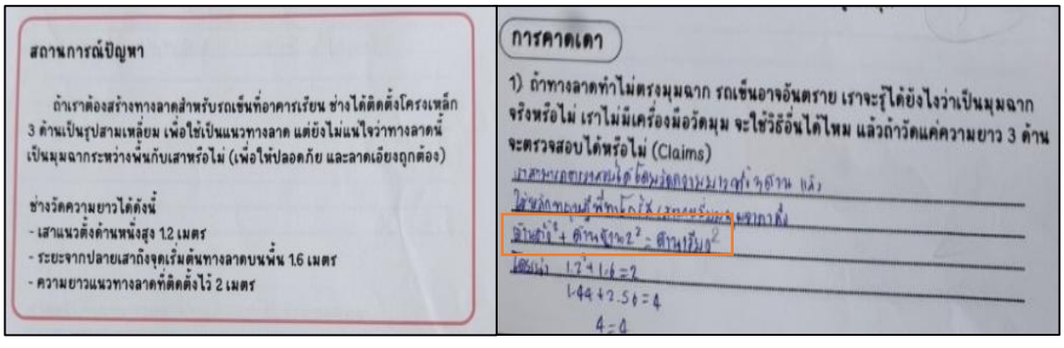
ตารางที่ 2 แสดงจำนวนนักเรียนตามระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER จากใบกิจกรรม 4 กิจกรรมและแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	ทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER	จำนวนของนักเรียนจำแนกตามระดับทักษะ (ร้อยละ)		
		ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
ใบกิจกรรมที่ 1	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	0 (0.00)	5 (55.56)	4 (44.44)
	การแสดงหลักฐาน (E)	0 (0.00)	4 (44.44)	5 (55.56)
	ประเมินความสมเหตุสมผล (R)	0 (0.00)	4 (44.44)	5 (55.56)
ใบกิจกรรมที่ 2	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	1 (11.11)	4 (44.44)	4 (44.44)
	การแสดงหลักฐาน (E)	1 (11.11)	6 (66.67)	2 (22.22)
	ประเมินความสมเหตุสมผล (R)	1 (11.11)	6 (66.67)	2 (22.22)
ใบกิจกรรมที่ 3	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	4 (44.44)	5 (55.56)	0 (0.00)
	การแสดงหลักฐาน (E)	4 (44.44)	5 (55.56)	0 (0.00)
	ประเมินความสมเหตุสมผล (R)	3 (33.33)	6 (66.67)	0 (0.00)
ใบกิจกรรมที่ 4	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	8 (88.89)	1 (11.11)	0 (0.00)
	การแสดงหลักฐาน (E)	6 (66.67)	3 (33.33)	0 (0.00)
	ประเมินความสมเหตุสมผล (R)	6 (66.67)	3 (33.33)	0 (0.00)
แบบวัดทักษะ	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)	7 (77.78)	2 (22.22)	0 (0.00)
	การแสดงหลักฐาน (E)	6 (66.67)	3 (33.33)	0 (0.00)
	ประเมินความสมเหตุสมผล (R)	2 (22.22)	7 (77.78)	0 (0.00)

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

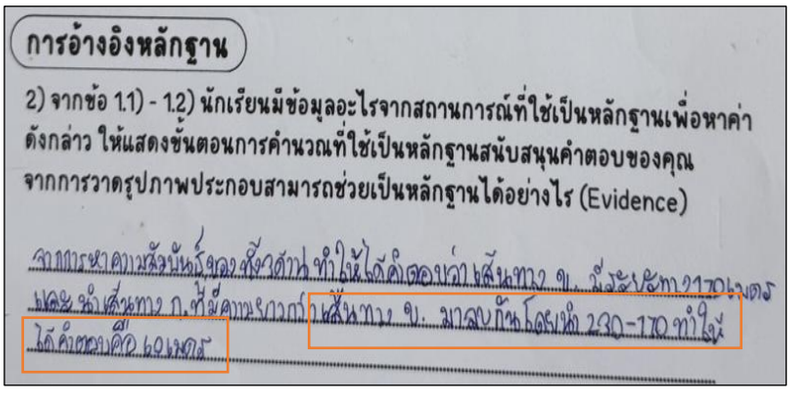
ตารางที่ 2 แสดงจำนวนนักเรียนและค่าร้อยละตามระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์หลังจากการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส พบว่า นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) ระดับ 3 นักเรียนสามารถให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ในส่วนของการอ้างอิงหลักฐาน (E) นักเรียนอยู่ในระดับ 2 และในส่วนของการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) นักเรียนสามารถเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้อยู่ในระดับ 2 เนื่องจากนักเรียนสามารถอธิบายถึงเหตุผลและความเชื่อมโยงกันของหลักฐานและประเมินความสมเหตุสมผลได้ และภาพรวมทั้ง 3 องค์ประกอบของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรมของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 และแบบวัดทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) อยู่ในระดับ 3 ร้อยละ 77.78 โดยที่นักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และนำความรู้พื้นฐานและหลักการทางคณิตศาสตร์มาสร้างข้อกล่าวอ้าง นักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการอ้างอิงหลักฐาน (E) อยู่ในระดับ 3 ร้อยละ 66.67 โดยที่นักเรียนเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานทางคณิตศาสตร์ไปในแนวทางเดียวกัน และนักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้านการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) อยู่ในระดับ 2 ร้อยละ 77.78 โดยที่นักเรียนประเมินความสมเหตุสมผลเกี่ยวกับสถานการณ์ได้ การอธิบายเหตุผลและการประเมินความสมเหตุสมผลได้ถูกต้องบางส่วน และนักเรียนมีระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER รวมทุกองค์ประกอบ อยู่ในระดับ 3

ภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนในใบกิจกรรมที่มีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) การอ้างอิงหลักฐาน (E) และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) ดังภาพที่ 1 – 3



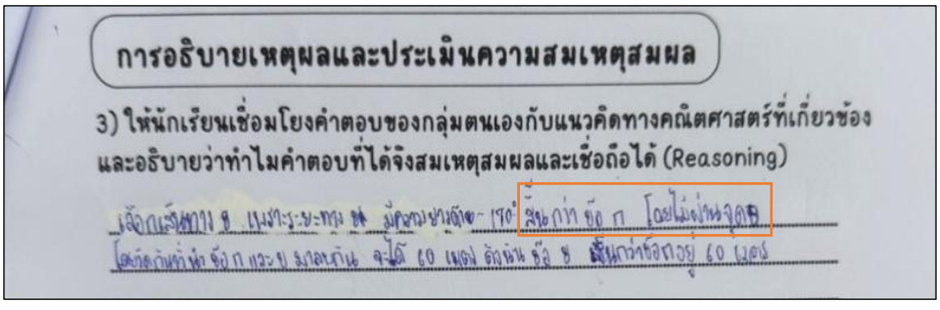
ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมงานเด็กช่าง การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C)

ภาพที่ 1 เป็นการเขียนข้อกล่าวอ้างของใบกิจกรรมงานเด็กช่าง จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนข้อกล่าวอ้างโดยมีการความสัมพันธ์ของความยาวทั้งสามด้านของรูปสามเหลี่ยม มีการอธิบายได้อย่างชัดเจน เช่น “ด้านตั้ง^2 + ด้านฐาน^2 = ด้านเอียง^2” อีกทั้งยังเขียนวิธีคิดประกอบข้อกล่าวอ้างด้วย แสดงถึงการมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER การสร้างข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับ 3



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมเส้นทางลัดในสนามโรงเรียน การอ้างอิงหลักฐาน (E)

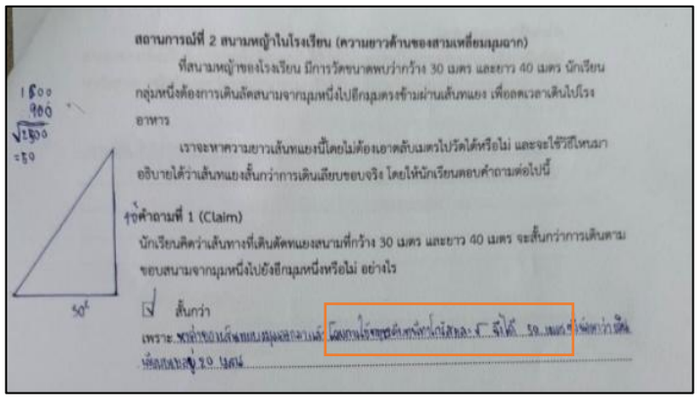
ภาพที่ 2 เป็นการเขียนการอ้างอิงหลักฐานของใบกิจกรรมเส้นทางลัดในสนามโรงเรียน จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนการอ้างอิงหลักฐานกล่าวถึงระยะทาง ก. ยาวกว่าระยะทาง ข. อยู่ 60 เมตร และหาระยะทางจากความยาวของสนาม โดยไม่ได้กล่าวว่านำความยาวเท่าใดบ้าง เพื่อนำมาหาความยาวเส้นทาง ข. จึงมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER การเขียนการอ้างอิงหลักฐานอยู่ในระดับ 2



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างใบกิจกรรมเส้นทางลัดในสนามโรงเรียน การอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R)

ภาพที่ 3 เป็นการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผลของใบกิจกรรมเส้นทางลัดในสนามโรงเรียน จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถเขียนการอธิบายเหตุผลได้คือเลือกเส้นทางที่ถูกต้อง และยังกล่าวถึงระยะทางที่ต่างกันได้ แต่ไม่กล่าวถึงเส้นทาง ก. ว่ามีความยาว 230 เมตร โดยนำเส้นทางมารวมกัน จึงมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER การอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) อยู่ในระดับ 2

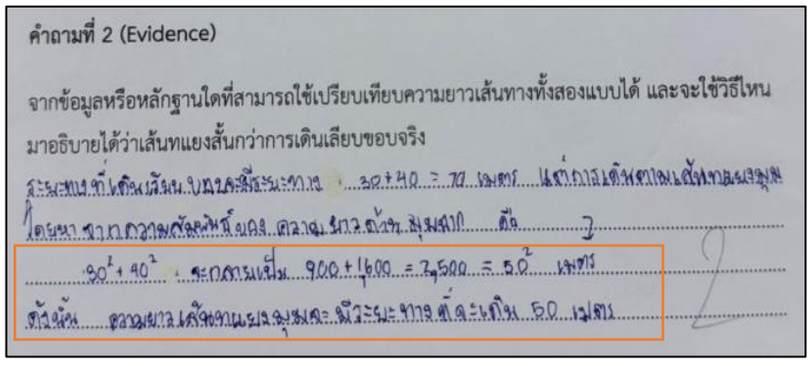
ภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนในแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) การอ้างอิงหลักฐาน (E) และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) ดังภาพที่ 4 – 6



ภาพที่ 4 การสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) เกี่ยวกับสถานการณ์สนามหญ้าในโรงเรียนของนักเรียน

ภาพที่ 4 นักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ มีการกล่าวถึงข้อกล่าวอ้างที่มีทิศทางเดียวกับสถานการณ์ กล่าวว่า “มีระยะทางที่สั้นกว่า เพราะใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสจะได้ความยาว 50 เมตร” อีกทั้งยังวาดรูปประกอบสถานการณ์ได้ถูกต้อง จึงมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER ในการสร้างข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับ 3

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University


คำถามที่ 2 (Evidence)

จากข้อมูลหรือหลักฐานใดที่สามารถใช้เปรียบเทียบความยาวเส้นทางทั้งสองแบบได้ และจะใช้วิธีไหนมาอธิบายได้ว่าเส้นทแยงสั้นกว่าการเดินเลียบขอบจริง

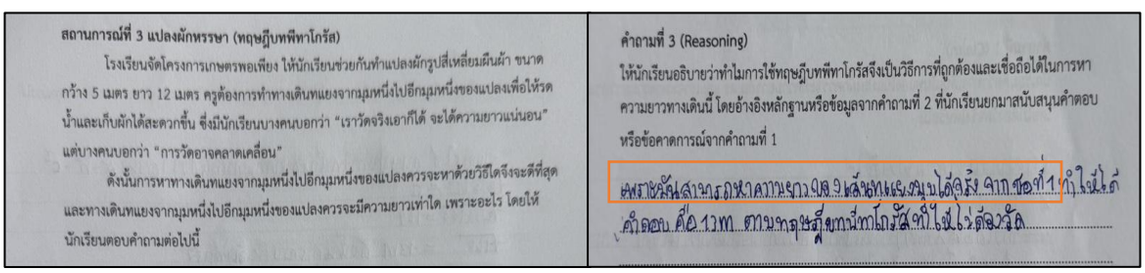
ระยะทางที่เดินเป็นมุมฉากระยะทาง 30+40 = 70 เมตร แต่ถ้าเดินตามเส้นทแยงมุม โดยหาจากความสัมพันธ์ของความยาวด้านมุมฉาก คือ

$30^2 + 40^2$ จะกลายเป็น 900 + 1600 = 2,500 = 50^2 เมตร

ดังนั้น ความยาวเส้นทแยงมุมจะมีระยะทางที่ต่ำกว่าเดิน 50 เมตร

ภาพที่ 5 การอ้างอิงหลักฐาน (E) เกี่ยวกับสถานการณ์สนามหญ้าในโรงเรียนของนักเรียน

ภาพที่ 5 นักเรียนมีการอ้างอิงหลักฐานเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง สามารถนำเนื้อหาความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองที่เกี่ยวกับสถานการณ์ได้ถูกต้องสมบูรณ์ เช่น “ความสัมพันธ์ คือ $30^2 + 40^2$ เป็น 900 + 1,600 = 2,500 = 50^2 เส้นทแยงมุมมีระยะทางที่จะเดิน 50 เมตร” จึงมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER ในการอ้างอิงหลักฐานอยู่ในระดับ 3


สถานการณ์ที่ 3 แปลงผักหรรษา (ทฤษฎีบทพีทาโกรัส)

โรงเรียนจัดโครงการเกษตรพอเพียง ให้นักเรียนช่วยกันทำแปลงผักรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 12 เมตร ครูต้องการทำทางเดินทแยงจากมุมหนึ่งไปอีกมุมหนึ่งของแปลงเพื่อให้รดน้ำและเก็บผักได้สะดวกขึ้น ซึ่งมีนักเรียนบางคนบอกว่า “เราวัดจริงเอาก็ได้ จะได้ความยาวแน่นอน” แต่บางคนบอกว่า “การวัดอาจคลาดเคลื่อน”

ดังนั้นการหาทางเดินทแยงจากมุมหนึ่งไปอีกมุมหนึ่งของแปลงควรจะหาด้วยวิธีใดจึงจะดีที่สุด และทางเดินทแยงจากมุมหนึ่งไปอีกมุมหนึ่งของแปลงควรจะมีความยาวเท่าใด เพราะอะไร โดยให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

คำถามที่ 3 (Reasoning)

ให้นักเรียนอธิบายว่าทำไมการใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสจึงเป็นวิธีการที่ถูกต้องและเชื่อถือได้ในการหาความยาวทางเดินนี้ โดยอ้างอิงหลักฐานหรือข้อมูลจากคำถามที่ 2 ที่นักเรียนยกมาสนับสนุนคำตอบหรือข้อคาดการณ์จากคำถามที่ 1

เพราะสามารถหาความยาว ด้วยทแยงมุมได้ถูกต้อง จากข้อที่ 1 ทำให้ได้คำตอบ คือ 13 ซม. ตามทฤษฎีบทพีทาโกรัสที่ใช้ไม่ต้องวัด

ภาพที่ 6 การอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผล (R) เกี่ยวกับสถานการณ์แปลงผักหรรษา

ภาพที่ 6 นักเรียนมีการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผลเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้องสามารถเรียบเรียงข้อกล่าวอ้าง การอ้างอิงหลักฐานเพื่อนำมาสนับสนุนการสรุปได้และมีความเกี่ยวกับสถานการณ์ได้ถูกต้องบางส่วน โดยนักเรียนกล่าวว่าหาความยาวของเส้นทแยงมุมได้คือ 13 เมตร แต่ไม่เชื่อมโยงถึงความสัมพันธ์ของความด้านที่เหลือและยังประเมินไม่ชัดเจน จึงมีทักษะการให้เหตุผลตามกรอบแนวคิด CER ในการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผลอยู่ในระดับ 2

อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พบว่า แนวทางการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยแบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนนั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส โดยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้สำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน ทำให้เข้าใจถึงสภาพปัญหาในชั้นเรียน

ขั้นที่ 1 การสร้างกรณี (Generating Cases)

การออกแบบสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการประยุกต์เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส และเตรียมความพร้อมของนักเรียนโดยการทบทวนความรู้พื้นฐาน เพื่อเป็นฐานในการสร้างความเข้าใจในลำดับต่อไป จากการจัดกิจกรรมทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการพบว่า การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง เช่น สถานการณ์ใกล้ตัวของนักเรียน ช่วยกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Gravemeijer and Doorman (1999) ที่เสนอว่าการใช้บริบทจริงเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างความหมายทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สังเกต ทดลอง และสำรวจ เช่น การวาดภาพหรือสร้างแบบจำลอง จะช่วยส่งเสริมกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ของ Fosnot (2005) จากการ

สังเกตพบว่านักเรียนบางส่วนยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในแนวคิดพื้นฐาน ดังนั้นครูควรตรวจสอบและปรับความเข้าใจเบื้องต้นก่อน เพื่อให้การเรียนรู้ในขั้นต่อไปมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 2 การคาดเดา (Conjecturing)

การส่งเสริมการสร้างข้อกล่าวอ้าง (C) และนำไปสู่การอ้างอิงหลักฐาน (E) โดยการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและพัฒนาแนวคิดร่วมกัน จากการดำเนินกิจกรรม พบว่า การอภิปรายภายในกลุ่มและการนำเสนอระหว่างกลุ่มช่วยให้เกิดข้อกล่าวอ้างที่หลากหลาย และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงแนวคิดของตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Yackel and Cobb (1996) ที่เน้นบทบาทของการปฏิสัมพันธ์ทางสังคมในการพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ ครูควรใช้คำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นการคิด เช่น มีวิธีอื่นหรือไม่ หรือเพราะเหตุใดจึงคิดเช่นนั้น เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการสร้างข้อกล่าวอ้าง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Hiebert (1997) ที่กล่าวว่าการตั้งคำถามที่ท้าทายช่วยส่งเสริมการคิดเชิงลึกของผู้เรียน ทั้งนี้ จากการสังเกตพบว่านักเรียนบางส่วนยังไม่มั่นใจในการแสดงความคิดเห็น ครูจึงควรสร้างบรรยากาศที่ปลอดภัยทางความคิด เพื่อให้นักเรียนกล้าแสดงออกและยอมรับความหลากหลายของแนวคิด

ขั้นที่ 3 การแสดงเหตุผล (Justifying)

การกระตุ้นการทำงานกลุ่มและการโต้แย้งของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนต้องใช้หลักฐานและเหตุผลในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองตามกรอบแนวคิด CER ซึ่งมุ่งเน้นการเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และเหตุผลอย่างเป็นระบบ จากการจัดกิจกรรมในช่วงแรก พบว่านักเรียนบางคนยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้อย่างชัดเจน และมีส่วนร่วมในการอภิปรายไม่ทั่วถึง ดังนั้นครูควรปรับกลยุทธ์โดยให้ผู้เรียนคิดและเขียนเหตุผลเป็นรายบุคคลก่อน แล้วจึงนำมารวมเป็นข้อสรุปของกลุ่ม เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักเรียนทุกคน การใช้คำถามกระตุ้น เช่น เพราะอะไร หรืออธิบายเพิ่มเติมได้หรือไม่ ช่วยให้นักเรียนขยายความคิดและพัฒนาเหตุผลของตนเองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Stylianides (2008) ที่เน้นความสำคัญของการให้เหตุผลและการพิสูจน์ในห้องเรียนคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้โต้แย้งและตรวจสอบแนวคิดของกันและกัน จะช่วยพัฒนาทักษะการให้เหตุผลเชิงวิพากษ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Toulmin (2003) เกี่ยวกับโครงสร้างของการโต้แย้ง จากการดำเนินกิจกรรมในวงจรหลัง ๆ พบว่านักเรียนมีพัฒนาการในการใช้หลักฐานและการอธิบายเหตุผลอย่างชัดเจนมากขึ้น สามารถเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้ได้อย่างเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การสรุป (Concluding)

การรวบรวมและสังเคราะห์องค์ความรู้จากการโต้แย้ง โดยให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาและสรุปแนวคิดที่ถูกต้องและมีความสมเหตุสมผลมากที่สุด ครูควรใช้คำถามกระตุ้น เช่น ข้อสรุปใดเหมาะสมที่สุด หรือมีหลักฐานใดสนับสนุนข้อสรุปนี้ เพื่อให้นักเรียนได้ใช้เหตุผลในการตัดสินใจ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Kilpatrick, Swafford and Findell (2001) ที่เน้นการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลและการตัดสินใจทางคณิตศาสตร์ จากการจัดกิจกรรม พบว่า การให้นักเรียนเขียนสรุปและนำเสนอหน้าชั้นเรียน ช่วยให้นักเรียนสามารถจัดระบบความคิดของตนเอง และพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Niss (2003) ที่กล่าวถึงความสำคัญของทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการสะท้อนผลการเรียนรู้และการให้ข้อเสนอแนะจากครู จะช่วยให้นักเรียนสามารถปรับปรุงแนวคิดของตนเอง และพัฒนาทักษะการให้เหตุผลได้อย่างต่อเนื่อง

ส่วนการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เมื่อพิจารณาระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER จากใบกิจกรรมและแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์สามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า พัฒนาการในการวิเคราะห์สถานการณ์และนำเสนอข้อกล่าวอ้างของตนเองดีขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งผู้วิจัยคิดว่าเป็นผลมาจากการตั้งคำถามกระตุ้นนักเรียน และการจัดบรรยากาศชั้นเรียนให้เอื้อต่อการเสนอคำตอบแต่ละวงจรปฏิบัติการ รวมไปถึงการอภิปรายข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างกันในชั้นเรียนและต่อยอดไปสู่การหาเหตุผลมาประกอบข้อกล่าวอ้าง โดยมาจากประสบการณ์เดิมหรือการแลกเปลี่ยนร่วมกันของนักเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนสะท้อนผลถึงคำตอบ ไม่ว่าจะเป็นรายบุคคลหรือในภาพรวม ซึ่งทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จุดที่ผิดพลาดหรือที่ต้องปรับปรุงของตนเองสะท้อนออกมาจากผลงาน ซึ่งสอดคล้องกับ Knudsen *et al.* (2018) กล่าวว่าแนวทางการใช้กรอบการเรียนรู้ CER เพื่อให้นักเรียนอธิบายข้อสรุปด้วยหลักฐานและเหตุผล ซึ่งพัฒนาทักษะผ่านการสร้างข้อสรุปทางคณิตศาสตร์

เมื่อพิจารณาในองค์ประกอบย่อยของการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการสร้างข้อกล่าวอ้างที่ดีในทุกวงจรปฏิบัติการ กล่าวคือ นักเรียนสามารถเสนอข้อกล่าวอ้าง เกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้องและหลากหลายมากขึ้น โดยเฉพาะในวงจรปฏิบัติการที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่าง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

อิสระ ซึ่งช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Stein *et al.* (2000) กล่าวว่าแนวทางการใช้โจทย์คณิตศาสตร์ที่มีความท้าทายทางความคิด เพื่อพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ส่วนการอ้างอิงหลักฐาน นักเรียนมีพัฒนาการที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ โดยสามารถเลือกใช้หลักฐานทางคณิตศาสตร์ เพื่อสนับสนุนข้อคาดเดาของตนเอง อย่างไรก็ตามการแสดงหลักฐานยังไม่หลากหลายในบางวงจร ทั้งนี้นักเรียนยังมีประสบการณ์ในการเลือกเชื่อมโยงหลักฐานอย่างจำกัด มีการนำเสนอแนวคิดไม่หลากหลาย ส่งผลให้การโต้แย้งและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นน้อย เมื่อมีการส่งเสริมให้อภิปรายร่วมกัน นักเรียนสามารถพัฒนาการแสดงหลักฐานได้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Lesh and Doerr (2003) ที่กล่าวว่าการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลายช่วยส่งเสริมความเข้าใจและการให้เหตุผลของผู้เรียน การอธิบายเหตุผลและการประเมินความสมเหตุสมผล ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการอธิบายเหตุผลต้องอาศัยทักษะการคิดเชิงตรรกะที่เป็นระบบ นักเรียนบางส่วนยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อได้รับการฝึกฝนผ่านการโต้แย้ง การอภิปราย นักเรียนสามารถพัฒนาการอธิบายเหตุผลที่มีความสมเหตุสมผลและเป็นลำดับขั้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Ball and Bass (2003) ที่กล่าวว่าการเรียนรู้คณิตศาสตร์ควรมุ่งให้ผู้เรียนสามารถอธิบายเหตุผลและทำให้แนวคิดทางคณิตศาสตร์มีความสมเหตุสมผล โดยการอธิบายเหตุผลถือเป็นสิ่งสำคัญของความเข้าใจทางคณิตศาสตร์

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1. ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรมีการวางแผนและเตรียมความพร้อมทั้งในด้านเนื้อหา กิจกรรม และการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อให้การเรียนรู้สามารถนำไปสู่การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ได้ ควรเลือกหรือออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่มีลักษณะเป็นปัญหาแบบเปิดมีหลายทางเลือก และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงหรือประสบการณ์ของผู้เรียน เช่น สถานการณ์เส้นทางลัดในสนามโรงเรียน ที่สถานการณ์จะมีเส้นทางให้เลือกว่าควรเดินเส้นทางใด เพื่อกระตุ้นให้เกิดการตั้งข้อกล่าวอ้างที่หลากหลาย แต่พึงระวังการใช้คำที่ชี้แนะนักเรียน เช่น เส้นทาง ข เป็นทางลัด นักเรียนส่วนใหญ่ก็จะเลือกเส้นทาง ข และทบทวนความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่จะเรียน เช่น ความรู้พื้นฐานทางเรขาคณิต หรือความสัมพันธ์ของตัวแปร เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้เดิมมาใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างเหมาะสม เช่น ให้ด้าน a และ b เป็นด้านประกอบมุมฉาก และด้าน c เป็นด้านตรงข้ามมุมฉาก

2. ระหว่างการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถจัดการเรียนรู้และแก้ไขปัญหาที่พบในชั้นเรียนได้ทันที เพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER อย่างต่อเนื่อง จากการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 การสร้างกรณี ผู้สอนควรเน้นให้นักเรียนทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาอย่างแท้จริงก่อน และใช้คำถามกระตุ้น เช่น “โจทย์กล่าวว่าอย่างไร” หรือ “ข้อมูลที่มีคืออะไรบ้าง” หรือ “มีใครคิดต่างไหม” เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์และสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างที่มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ได้ ในสถานการณ์ที่ 3 เสาไฟหน้าโรงเรียน นักเรียนสามารถอ่านและทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาแล้วซึ่งในขั้นที่ 2 การคาดเดา นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้างได้ว่าต้องใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัส แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ดังกล่าวทำให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ ส่วนการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 3 การแสดงเหตุผล และขั้นที่ 4 การสรุป ผู้สอนควรใช้คำถามชี้นำ เช่น “มีหลักฐานอะไรสนับสนุน” หรือ “เพราะอะไรจึงคิดเช่นนั้น” เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และเหตุผลได้ หรือการอภิปรายภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนหลักฐานทางคณิตศาสตร์ ในส่วนนี้ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจในหลักฐานมากขึ้น ดังนั้นผู้สอนควรเตรียมสถานการณ์ปัญหาที่แปลกใหม่มายกตัวอย่างให้กับนักเรียนในชั้นเรียน ภายหลังจากที่นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอของตนเองแล้ว เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้และเกิดแนวคิดทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ในชีวิตจริงมากขึ้น และควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ซักถาม และโต้แย้งกันโดยใช้หลักฐานและเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตพบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมในการอภิปรายและโต้แย้งภายในกลุ่มอย่างแท้จริง จะสามารถพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ได้ดีขึ้น ผู้สอนควรจัดบรรยากาศให้นักเรียนมีความตื่นตัวตลอดเวลา เช่น การใช้คำถามโต้ตอบกันภายในชั้นเรียน เพื่อไม่ให้นักเรียนรู้สึกว่าการเรียนรู้ไม่น่าสนใจ และเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กันภายในกลุ่มและภายในชั้นเรียน และทำกิจกรรมกลุ่มร่วมกันเสมอ

3. หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ ผู้สอนควรสรุปผลและสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ รวมถึงสะท้อนผลคะแนนจากการตรวจให้คะแนนใบกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนทราบข้อดีและข้อบกพร่องที่จะนำไปพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนโดยผู้สอนควรสะท้อนผลระดับของทักษะจากการตรวจให้ใบกิจกรรมของนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อให้นักเรียนทราบถึงระดับการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทุกองค์ประกอบ คำตอบส่วนที่ดี และคำตอบส่วนที่ต้องปรับปรุง รวมถึงแนวทางการตอบคำถามให้ตรงประเด็นและเชื่อมโยงกับหลักฐานทางคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องและสามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการตอบคำถามมากยิ่งขึ้น

การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา โดยกิจกรรมการเรียนรู้แบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส ผู้วิจัยได้พิจารณาความสอดคล้องของระดับทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER จากใบกิจกรรม และแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER พบว่า นักเรียนมีพัฒนาการให้การสร้างข้อกล่าวอ้างจากใบกิจกรรมทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการอยู่ในระดับ 3 การอ้างอิงหลักฐานในใบกิจกรรมทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการอยู่ในระดับ 2 และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผลทั้ง 4 วงจรปฏิบัติการอยู่ในระดับ 2 ซึ่งนักเรียนมีทักษะการให้เหตุผลทุกองค์ประกอบภาพรวมอยู่ในระดับ 2 และจากแบบวัดทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ตามกรอบแนวคิด CER หลังการเรียนรู้รูปแบบการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีบทพีทาโกรัส พบว่านักเรียนมีการสร้างข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับ 3 การอ้างอิงหลักฐานอยู่ในระดับ 3 และการอธิบายเหตุผลและประเมินความสมเหตุสมผลอยู่ในระดับ 2 ซึ่งเห็นได้ว่านักเรียนมีทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ทุกองค์ประกอบ อยู่ในระดับ 3

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้

1. ครูควรออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงของนักเรียน ใช้สถานการณ์ปัญหาที่เข้าใจง่าย และมีทางเลือกที่หลากหลาย ไม่ยากและไม่ง่ายเกินไป เพื่อกระตุ้นความสนใจและส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่หลากหลาย เช่น สถานการณ์ทางลัดในสนามโรงเรียน ซึ่งเป็นสถานการณ์ให้นักเรียนได้วิเคราะห์ว่าควรเลือกเส้นทางเดินใดที่จะมีระยะทางสั้นกว่ากัน

2. ครูควรใช้คำถามกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น “นักเรียนคิดว่าสถานการณ์นี้ต้องการอะไร” หรือ “มีการสร้างข้อกล่าวอ้างที่แตกต่างหรือไม่” หรือ “นักเรียนคิดเห็นอย่างไรกับเหตุผลของเพื่อน” หรือ “เพื่อนควรเพิ่มเติมอะไรบ้าง” เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลได้มากขึ้น ในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการให้กำลังใจนักเรียน และบอกกล่าวกับนักเรียนว่าการตอบไม่มีถูกมีผิดเราสามารถนำเสนอสิ่งที่เราคิดออกมาได้เสมอ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การโต้แย้งทางคณิตศาสตร์ที่สามารถพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์การคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากการโต้แย้งทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดที่หลากหลาย ซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดริเริ่ม ความคิดความคล่องแคล่ว และความคิดยืดหยุ่น ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความยินยอมโดยใช้การสอบถามจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักความเคารพในบุคคล (Respect for person) หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) และหลักความยุติธรรม (Justice) เป็นต้น

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้เขียนได้มีการใช้เครื่องมือ AI เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและการเขียนบทความในส่วน การช่วยตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา การปรับปรุงสำนวนภาษา และการจัดเรียงโครงสร้างของเนื้อหาเบื้องต้น ทั้งนี้ ผู้เขียนเป็นผู้ตรวจสอบ แก้ไข และรับผิดชอบความถูกต้องของเนื้อหาทั้งหมดด้วยตนเอง และในการอ้างอิงเอกสาร ผู้เขียนได้สืบค้นจากฐานข้อมูลวารสารวิชาการที่น่าเชื่อถือ และตรวจสอบความถูกต้องของแหล่งอ้างอิงทุกฉบับด้วยตนเอง โดยไม่ได้ใช้ AI ในการสร้างหรืออ้างอิงแหล่งข้อมูลที่ไม่สามารถตรวจสอบได้

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

References

Ball, D. L. and Bass, H. (2003). Making mathematics reasonable in school. In W. G. J. Kilpatrick, **A research companion to Principles and Standards for School Mathematics** (pp. 27-44). Reston: National Council of Teachers of Mathematics.

Baroody, A. J. (1998). **Fostering Children's Mathematical Power: An Investigative Approach to K-8 Mathematics Instruction**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Fosnot, C. T. (2005). **Constructivism: Theory, perspectives, and practice (2nd ed.)**. New York: Teachers College Press.

Gravemeijer, K. and Doorman, M. (1999). Context problems in realistic mathematics education: A calculus course as an example. **Educational studies in mathematics**, 39(1), 111-129.

Hiebert, J. (1997). **Making sense: Teaching and learning mathematics with understanding**. Portsmouth: Heinemann.

Jaroenphon, K. and Kitkuakul, S. (2023). Enhancing mathematical reasoning and communication abilities of Grade 6 students on triangles through mathematical argumentation-based learning (in Thai). **Journal of Roi Kaensarn Academi**, 8(8), 187–202.

Kilpatrick, J., Swafford, J. and Findell, B. (2001). **Adding it up: Helping children learn mathematics**. Washington: National Academies Press.

Kitkuekul, S. (2014). **Science learning management: Directions for teachers in the 21st century** (in Thai). Phetchabun: Juladis Printing.

Knudsen, J., Stevens, H. S., Lara-Meloy, T., Kim, H. J., Schechtman, N. and Shechtman, N. (2017). **Mathematical Argumentation in Middle School-The What, Why, and How: A Step-by-Step Guide With Activities, Games, and Lesson Planning Tools**. Corwin Press.

Lesh, R. A. and Doerr, H. M. (2003). **Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

McNeill, K. L. and Krajcik, J. S. (2011). **Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing**. Pearson.

Meechan, S. (2004). Rater Agreement Index (RAI) (in Thai). **Journal of Education, Prince of Songkla University**, 67-75.

Ministry of Education. (2017). **Basic Education Core Curriculum 2008 (Revised Edition 2017)** (in Thai). Bangkok: The Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.

National Council of Teachers of Mathematics. (1989). **Curriculum and evaluation standards for school mathematics**. Reston.

National Institute of Educational Testing Service (Public Organization). (2024). Ordinary National Educational Test (O-NET) results report for Grade 9, academic year 2024 (in Thai). Retrieved 21 May 2025, from **niets**: file:///C:/Users/asus/Downloads/Basic_Stat_BY_Grade_25

Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. In A. Gagatsis and S. Papastavridis (Eds.). **3rd Mediterranean Conference on Mathematical Education** (pp. 115-124). Athens: Hellenic Mathematical Society.

OECD. (2017). **PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy**. Paris: OECD Publishing.

Sema, P. and Thamsuan, J. (2017). Effects of organizing mathematics learning activities using inquiryco-operation model on mathematical reasoning and communication abilities of eighth grade students (in Thai). **An Online Journal of Education**, 12(4), 666-680.

Stein, M. K., Smith, M. S., Henningsen, M. A. and Silver, E. A. (2000). **Implementing Standards-Based Mathematics Instruction**. Teachers College Press.

Stylianides, A. J. (2008). The role of conceptual analysis in teaching and learning proof. **For the Learning of Mathematics**, 2-8.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). **Basic Education Core Curriculum: Mathematics Learning Area (Revised Edition B.E. 2560)** (in Thai). Bangkok: Office of the Basic Education Commission.

The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2022). Mathematical literacy framework (in Thai). Retrieved 23 May 2025, from **pisathailand**: https://pisathailand.ipst.ac.th/aboutpisa/mathematical_literacy_framework/

Toulmin, S. (2003). **The uses of argument (Updated ed.)**. Cambridge: Cambridge University Press.

Yackel, E. and Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. **Journal for research in mathematics education**, 27(4), 458-477.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 145 - 160
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.12

Research Article in Science Education

Learning Implementation based on Mathematical Modeling to Enhance Statistical Thinking Abilities in Statistics for Grade 8 Students

Suwanna Tanyong[1] and Wanintorn Poonpaiboonpipat[2,*]

[1]Master of Education Program in Mathematics Education, Faculty of Education, Naresuan University

[2]Faculty of Education, Naresuan University

**Email: wanintorns@nu.ac.th*

Received <27 Apr. 2026>; Revised <31 May 2026>; Accepted <1 Jun. 2026>

Abstract

This research aimed to 1) investigate pedagogical guidelines for mathematical modeling-based learning to promote mathematical thinking, and 2) study the effects of this approach on the mathematical thinking of Grade 8 students in the topic of Statistics. The target group consisted of 39 Grade 8 students from an extra-large school in Phichit Province during the second semester of the 2025 academic year. The study utilized a Classroom Action Research design across four cycles, totaling 12 hours. Research instruments included lesson plans, learning reflection forms, activity sheets, and a mathematical thinking ability test. Data were validated through triangulation and analyzed using qualitative methods. The research findings revealed that: 1. Pedagogical guidelines for mathematical modeling-based learning should prioritize the roles of teachers and students in three key areas: 1) selecting real-world, open-ended, and meaningful situations to serve as a starting point for students to independently define the scope of their mathematical models; 2) utilizing scaffolding questions to prompt students to analyze conditions and initial agreements when transforming real-world problems into mathematical models; and 3) emphasizing the connection of results from the model back to the real-world context and validating their reasonableness, rather than focusing solely on computational accuracy. 2. Students demonstrated a sequential improvement in their mathematical thinking abilities through the mathematical modeling process. Based on the activity sheets, all aspects of the students' mathematical thinking abilities were at Level 2, ranked from highest to lowest as follows: reasoning, problem-solving, and representation. This contrasted with the results of the mathematical thinking ability test, which ranked the abilities from highest to lowest as follows: problem-solving, representation, and reasoning. These findings indicate that the mathematical modeling-based learning approach effectively reflects the development of students' mathematical thinking, particularly enhancing their capacities to solve, understand, execute, and conclude solutions to mathematical problems.

Keywords: Mathematical Modeling; Mathematical Thinking; Statistics

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์ศึกษา

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

สุวันนา ตันหยง[1] และ วนินทร พูนไพบูลย์พิพัฒน์[2,*]

[1]หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

**Email: wanintorns@nu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และ 2) ศึกษาผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 39 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษในจังหวัดพิจิตร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 4 วงจร รวม 12 ชั่วโมง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสะท้อนผลการเรียนรู้ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ และตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการวิจัยพบว่า 1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มีประเด็นบทบาทครูและบทบาทนักเรียนที่ควรเน้นคือ 1) การเลือกสถานการณ์ที่มีบริบทใกล้ตัว เป็นปัญหาปลายเปิด และมีความหมายต่อนักเรียน เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นให้นักเรียนได้กำหนดขอบเขตของแบบจำลองด้วยตนเอง 2) การใช้คำถามเชิงกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์เงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้นในการเปลี่ยนปัญหาในโลกจริงให้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และ 3) การให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงผลลัพธ์จากแบบจำลองกลับสู่บริบทสถานการณ์จริง และตรวจสอบความสมเหตุสมผล มากกว่ามุ่งเน้นเพียงความถูกต้องของการคำนวณ 2. นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับ จากใบกิจกรรมพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทุกด้านอยู่ในระดับ 2. เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งแตกต่างกับผลทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การแก้ปัญหา การนำเสนอตัวแทนความคิด และการให้เหตุผล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สะท้อนพัฒนาการด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนให้มีความสามารถในด้านการแก้ปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา และสรุปคำตอบของปัญหาได้

คำสำคัญ: แบบจำลองทางคณิตศาสตร์; การคิดเชิงคณิตศาสตร์; สถิติ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

การศึกษายุคใหม่ตามกรอบเข็มทิศการเรียนรู้ (OECD, 2019) มุ่งพัฒนาสมรรถนะองค์รวมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถระดมความรู้ ทักษะ เจตคติ และค่านิยมไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง พร้อมทั้งส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ซับซ้อน นอกจากนี้ ผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องมีสมรรถนะแกนกลางในการตอบสนองต่อโลกยุคใหม่ ทั้งด้านการสื่อสาร การรู้เท่าทันดิจิทัล ทักษะทางอารมณ์และสังคมในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ตลอดจนการมีจิตสาธารณะที่รับผิดชอบต่อส่วนรวมเพื่อมุ่งสู่สุขภาวะที่ดีร่วมกัน สมรรถนะเหล่านี้ไม่เพียงช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จทางวิชาการเท่านั้น แต่ยังช่วยให้สามารถปรับตัวและใช้ชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องได้อย่างมีคุณภาพ (Ministry of Education, 2019) ซึ่งหัวใจสำคัญของการพัฒนาสมรรถนะดังกล่าว คือการปลูกฝังกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบและการแก้ปัญหาอย่างมีตรรกะ โดยเฉพาะในบริบทของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงการคำนวณหรือการท่องจำสูตร แต่เป็นศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดเชิงลึก และเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์จริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2017; National Council of Teachers of Mathematics, 2000)

พื้นฐานสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งถือเป็นทักษะหลักที่สะท้อนถึงกระบวนการคิดเชิงวิเคราะห์ การให้เหตุผลอย่างเป็นระบบ และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถนี้เป็นพื้นฐานสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ตีความปัญหา และสร้างแนวทางแก้ไขที่เหมาะสมโดยใช้เหตุผลรองรับอย่างเป็นขั้นตอน ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ 3 มิติ ได้แก่ การแก้ปัญหา (Problem Solving) ซึ่งหมายถึงความสามารถในการเข้าใจ วิเคราะห์ และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการหาคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างมีเหตุผล การให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงและหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างข้อสรุปที่ถูกต้อง และการนำเสนอตัวแทนความคิด (Representation) ซึ่งหมายถึงการใช้สัญลักษณ์ แผนภาพ ตาราง หรือรูปแบบอื่น ๆ เพื่อถ่ายทอดความคิดทางคณิตศาสตร์ได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย (Kriegler, 2004) องค์ประกอบทั้งสามนี้ต้องบูรณาการร่วมกันอย่างสมดุลเพื่อเปลี่ยนจากการทำโจทย์แบบซ้ำเดิมไปสู่กระบวนการคิดเชิงลึกที่เน้นการทำความเข้าใจโมโนทัศน์ การตีความข้อมูล และการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของหลักการทางคณิตศาสตร์ ผู้เรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์เข้ากับสถานการณ์จริง วิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน และเลือกใช้แนวทางแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ซึ่งถือเป็นหัวใจของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 (National Council of Teachers of Mathematics, 2000)

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จำเป็นต้องอาศัยแนวทางและกระบวนการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง คิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง และฝึกการใช้เหตุผลอย่างเป็นระบบมากกว่าการรับความรู้จากครูเพียงฝ่ายเดียว การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และสามารถเชื่อมโยงความรู้คณิตศาสตร์กับสถานการณ์ในชีวิตจริงได้ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000) เมื่อพิจารณาถึงเครื่องมือที่จะช่วยบูรณาการทักษะการคิดเข้าด้วยกัน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) ถือเป็นกระบวนการที่มีความโดดเด่นและเป็นรูปธรรมที่สุดที่เน้นให้ผู้เรียนใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจ วิเคราะห์ และแก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง กระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ผ่านขั้นตอนการคิดอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจากการทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง การระบุและเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การสร้างสมมติฐาน การแปลงสถานการณ์นั้นให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Blum and Leiss, 2007) จากนั้นดำเนินการแก้ปัญหาด้วยการคำนวณหรือการใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ และสุดท้ายคือการตีความผลลัพธ์ที่ได้กลับไปสู่บริบทของปัญหาจริง พร้อมตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ กระบวนการดังกล่าวไม่เพียงช่วยพัฒนาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เชิงลึก แต่ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านการคิด การตั้งคำถาม และการประเมินผลการคิดของตนเอง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการคิดเชิงคณิตศาสตร์อย่างแท้จริง

Blum (2011) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจโจทย์ ซึ่งผู้เรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์และระบุปัญหาหลัก 2) การทำปัญหาให้ง่ายขึ้น โดยการเลือกและจัดระเบียบข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถจัดการได้ง่ายขึ้น 3) การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแปลงสถานการณ์และข้อมูลเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เช่น สมการ ฟังก์ชัน หรือกราฟ 4) การดำเนินการทางคณิตศาสตร์ คือ การแก้สมการหรือดำเนินการคำนวณตามแบบจำลอง 5) การตีความผลลัพธ์ โดยการนำผลลัพธ์กลับไปเชื่อมโยงกับสถานการณ์จริง 6) การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ซึ่งประเมินความถูกต้องและความเหมาะสมของคำตอบ 7) การนำเสนอ เป็นการสื่อสารผลลัพธ์และกระบวนการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน ขั้นตอนเหล่านี้สะท้อนกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในมิติที่หลากหลาย

ตั้งแต่การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล การใช้เหตุผลอย่างมีระบบ ไปจนถึงการสื่อสารและการประเมินผลลัพธ์อย่างมีวิจารณญาณ (Lesh and Doerr, 2003)

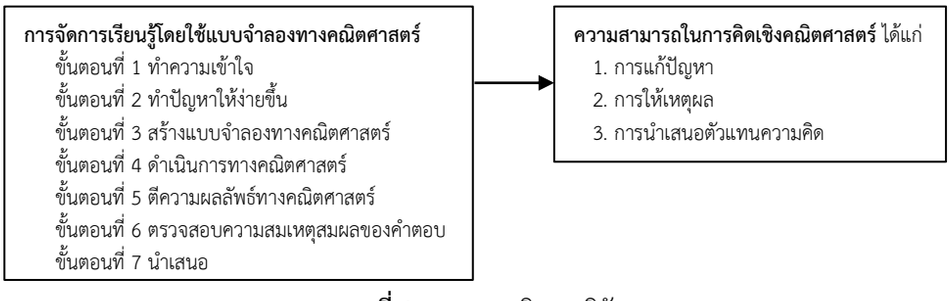
ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) มุ่งเน้นให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเนื้อหาสถิติในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งครอบคลุมเรื่องการนำเสนอข้อมูลด้วยแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ ฮิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล เนื้อหานี้ถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อมูลได้อย่างมีเหตุผล ปัญหาที่มักพบคือนักเรียนมองว่าสถิติเป็นเพียงการคำนวณตามสูตรและขาดการเชื่อมโยงกับบริบทจริง การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จึงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขปัญหานี้ โดยการเปลี่ยนสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่ซับซ้อนให้กลายเป็นแบบจำลองทางสถิติที่จับต้องได้ในรูปของ แบบจำลองเชิงภาพ เช่น การใช้ฮิสโทแกรมเพื่อวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล และแบบจำลองเชิงค่าตัวแทน เช่น การใช้ค่ากลางเพื่อสรุปบทสรุปของข้อมูลทั้งหมด

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อสถิติสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เพื่อผู้เรียนจะสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างมั่นใจ มีทักษะการคิดวิเคราะห์และการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่แข็งแกร่ง รวมทั้งสามารถพัฒนาการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้นต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในจังหวัดพิจิตร จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 39 คน โดยเลือกนักเรียนกลุ่มที่มีความรู้พื้นฐานปานกลางและคละความสามารถของผู้เรียน

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ดำเนินการเป็นวงจรปฏิบัติการที่ต่อเนื่องกัน ตามแนวคิดของ Kemmis (Kitkuekul, 2014) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ในแต่ละวงจร ได้แก่ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติการ (Act) ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยทั้ง 4 ขั้นตอน มีลักษณะทำซ้ำเป็นวงจรปฏิบัติการทั้งหมด 4 วงจร เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้มาถึงขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้จากขั้นนี้มาสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในขั้นวางแผนของวงจรการปฏิบัติการถัดไปจนครบวงจรปฏิบัติการที่กำหนดทั้งหมด 4 วงจร ได้แก่ วงจรที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แผนภาพจุด จำนวน 2 ชั่วโมง

วงจรที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แผนภาพต้น-ใบ จำนวน 3 ชั่วโมง

วงจรที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ฮิสโทแกรม จำนวน 3 ชั่วโมง

วงจรที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ค่ากลางของข้อมูล จำนวน 4 ชั่วโมง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ จำนวน 4 แผน โดยใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง ซึ่งมี 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ทำความเข้าใจ 2) ทำปัญหาให้ง่ายขึ้น 3) สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 4) ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ 5) ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ 6) ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ และ 7) นำเสนอ (Blum, 2011) ประเมินจากความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ ใช้แบบประเมินความเหมาะสมแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินความเหมาะสมคือมีค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.50 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 ถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม พบว่า มีค่าเฉลี่ยความเหมาะสม เท่ากับ 4.89 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.09 ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้

1.2 แบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกผลหลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสะท้อนการจัดการเรียนการสอน ปัญหา และแนวทางพัฒนา โดยผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตเป็นผู้บันทึก ซึ่งประเมินจากความตรงเชิงเนื้อหาและความสอดคล้องของข้อมูล เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ใบกิจกรรม และแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์

2.1 ใบกิจกรรม เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีข้อคำถามให้นักเรียนเขียนตอบแบบอิสระ ประกอบด้วย 1) ชานมไข่มุกของเรา 2) ยานยนต์ไฟฟ้า 3) นักกีฬาทีมชาติ และ 4) รายได้หลอกตา ซึ่งใบกิจกรรมจะถูกพิจารณาความเหมาะสมพร้อมแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ การปรับข้อคำถามให้มีความชัดเจนและเข้าใจง่าย

2.2 แบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยมีข้อคำถามให้นักเรียนเขียนตอบแบบอิสระ ประกอบด้วย 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อยตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ พบว่า มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 ทุกข้อ และค่าความเชื่อมั่น (Reliability) มีค่าเท่ากับ 0.82 ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะและปรับปรุงแก้ไขแล้ว คือ การปรับข้อคำถามให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาและชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งถือว่าแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ปฐมนิเทศพร้อมทั้งชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

2. ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ในชั่วโมงปกติของโรงเรียนโดยใช้เวลาจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

3. ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน รวมทั้งหมด 13 กลุ่ม แบ่งโดยคละความสามารถของนักเรียน และใช้นักเรียนกลุ่มเดิมในทุกวงจรปฏิบัติการ แต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและเขียนคำตอบหรือแสดงวิธีคิดในใบกิจกรรมที่กำหนดให้ พร้อมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกลุ่ม เพื่อระดมแนวคิดที่หลากหลายและลงมือแก้สถานการณ์ปัญหาได้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตจดบันทึกพฤติกรรมที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

4. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะนำผลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดทำการสะท้อนผล เพื่อนำผลที่ได้ไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป

5. เมื่อเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้ หรือ 4 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เป็นรายบุคคล โดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 ชั่วโมง

6. นำผลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 นำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์เชิงเนื้อหา โดยเริ่มจากการจัดระเบียบเนื้อหาของข้อมูลโดยการสรุปย่อและจำแนกประเด็น จากนั้นดำเนินการใส่รหัสในรูปแบบคำสำคัญ เพื่อคัดเลือกข้อมูลที่สามารถตอบคำถามในประเด็นที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์

1.2 สรุปประเด็นสำคัญที่วิเคราะห์ได้ ดังนี้ 1) ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ 2) ปัญหาที่พบจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีอะไรบ้าง และ 3) แนวทางการปรับปรุงแก้ไขสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรทำอย่างไร

1.3 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) ซึ่งได้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไป (Resource Triangulation) (Kitgueakul, 2014) โดยนำแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาวิเคราะห์และสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ว่าให้ข้อมูลในประเด็นที่สอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่

2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรายละเอียด ดังนี้

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากใบกิจกรรม และแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ มาตรวจคำตอบตามเกณฑ์แบบแยกประเด็นเพื่อจัดระดับความสามารถตามระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ การแก้ปัญหา การให้เหตุผล และการนำเสนอตัวแทนความคิด ตัวอย่างเกณฑ์แสดงในตารางที่ 1 และรายงานผลในรูปแบบของความถี่และร้อยละเพื่อที่จะทราบถึงการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ตารางที่ 1 เกณฑ์ระดับคะแนนแบบแยกประเด็นตามระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์

ด้าน/ประเด็น	เกณฑ์การพิจารณาระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
	ระดับ 2	**ระดับ 1**	**ระดับ 0**
1. ด้านการแก้ปัญหา			
P1 การทำความเข้าใจปัญหา			
	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องและครบถ้วน	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วน	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาผิด หรือ ไม่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขปัญหา
P2 การดำเนินการแก้ปัญหา			
	ใช้สูตร ทฤษฎีบท หรือหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาทุกขั้นตอน	ใช้สูตร ทฤษฎีบท หรือหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ แสดงการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุกขั้นตอน	ใช้สูตร ทฤษฎีบท หรือหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงการแก้ปัญหาผิด หรือ ไม่แสดงการแก้ปัญหา
P3 การสรุปคำตอบของปัญหา			
	สรุปคำตอบได้ถูกต้องและครบถ้วนตามประเด็นที่ปัญหาต้องการทราบ	สรุปคำตอบได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ สรุปคำตอบได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครบถ้วนตามประเด็นที่ปัญหาต้องการทราบ	สรุปคำตอบผิด หรือ ไม่สรุปคำตอบ
2. ด้านการให้เหตุผล			
R1 การอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจปัญหา			
	ระบุความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง	ระบุความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	ระบุความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องผิด หรือ ไม่ระบุความสอดคล้อง
R2 การอธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหา			
	อธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล	อธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผลในบางส่วนหรืออธิบายไม่ชัดเจน	อธิบายเหตุผลของของการดำเนินการแก้ปัญหาไม่สมเหตุสมผล หรือ ไม่สามารถอธิบายได้
R3 การอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา			
	นำคำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง หรือ ระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง	นำคำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน หรือ ระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน	นำคำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาผิด หรือ ระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาผิด หรือ ไม่เขียนอธิบายความสมเหตุสมผล
3. ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด			
Re1 การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหา			
	ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาผิด หรือ ไม่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขปัญหา	วาดภาพ เน้นข้อความ หรือกำหนดสัญลักษณ์จากปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาไม่เหมาะสม แต่สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน หรือเขียนแผนภาพ เน้นข้อความ หรือกำหนดสัญลักษณ์จากปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน	วาดภาพ เน้นข้อความ หรือกำหนดสัญลักษณ์จากปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาไม่เหมาะสม และสื่อความหมายไม่ชัดเจน หรือ ไม่ระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหา

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ด้าน/ประเด็น	เกณฑ์การพิจารณาระดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์		
	ระดับ 2	ระดับ 1	ระดับ 0
Re2 การใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา			
	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาไม่เหมาะสมแต่สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน หรือ นำสัญลักษณ์ แผนภาพ รูปภาพ กราฟ หรือข้อความมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาไม่เหมาะสมและสื่อความหมายไม่ชัดเจน หรือ ไม่แสดงการแก้ปัญหา
Re3 การใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา			
	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาใช้สรุปคำตอบได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาใช้สรุปคำตอบไม่เหมาะสม แต่สื่อความหมายได้อย่างชัดเจน หรือ นำสัญลักษณ์ แผนภาพ รูปภาพ กราฟ หรือข้อความมาใช้ได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน	นำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาใช้สรุปคำตอบไม่เหมาะสม และสื่อความหมายไม่ชัดเจน หรือ ไม่สรุปคำตอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยซึ่งเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจ ครูมีบทบาทในการเป็นผู้เปิดประเด็นโดยนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนรู้สึกว่าเป็นปัญหาจริง และต้องได้รับการแก้ไข โดยสถานการณ์นั้นควรมีความท้าทายและมีบริบทที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น การคัดเลือกนักกีฬาหรือเรื่องรายได้ เพื่อดึงดูดให้นักเรียนอยากเข้าไปมีส่วนร่วมในบทบาทสมมติ ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องวิเคราะห์เงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ โดยใช้ทักษะการสรุปข้อมูล เช่น การวาดผังความคิด เพื่อแยกแยะสิ่งที่โจทย์ให้มากับเป้าหมายที่ต้องหาให้ชัดเจน

ขั้นตอนที่ 2 ทำปัญหาให้ง่ายขึ้น ครูมีบทบาทในการเป็นผู้อำนวยความสะดวก โดยการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นปัญหาเชิงโครงสร้าง เช่น เมื่อข้อมูลมีจำนวนมากเกินไปจะจัดการอย่างไร หรือการชี้ให้เห็นค่าผิดปกติในข้อมูล เพื่อให้นักเรียนตัดสินใจตัดทอนสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องออก ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องปรึกษาหารือภายในกลุ่มเพื่อตีกรอบปัญหาและเลือกข้อมูลที่จำเป็นต่อการหาคำตอบ โดยพยายามมองหาเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ เช่น แผนภาพจุด หรือแผนภาพต้น-ใบ เพื่อช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาในโลกจริง

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ครูมีบทบาทในการเป็นที่ปรึกษาคอยชี้แนะให้นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องเหมาะสมกับลักษณะข้อมูล โดยครูควรจัดเตรียมใบกิจกรรมที่เปิดกว้างให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีการของตนเอง ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในโลกจริงให้เป็นโครงสร้างคณิตศาสตร์ เช่น การออกแบบตารางแจกแจงความถี่ การเลือกใช้สูตรคำนวณ เพื่อสร้างแบบจำลองที่จะนำไปสู่คำตอบ

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ครูมีบทบาทในการเป็นผู้คอยสังเกตและกำชับให้นักเรียนทำงานอย่างมีระเบียบ เน้นย้ำความถูกต้องในการคำนวณ เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจส่งผลต่อการสรุปผล ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนลงมือคำนวณหรือสร้างแผนภาพตามแบบจำลองที่ออกแบบไว้ โดยต้องมีการตรวจสอบภายในกลุ่มเพื่อให้มั่นใจว่าตัวเลขและข้อมูลทางคณิตศาสตร์มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 5 ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ครูมีบทบาทในการเป็นผู้กระตุ้นการเชื่อมโยง โดยใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแปลความหมายจากตัวเลขที่ได้กลับไปสู่สถานการณ์ปัญหาเดิม ครูต้องเน้นให้นักเรียนสรุปผลแบบมีหลักฐานอ้างอิง ไม่ใช่เพียงการตอบตัวเลขคณิตศาสตร์เพียงอย่างเดียว ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องวิเคราะห์ว่าตัวเลขที่คำนวณได้บอกอะไรในเชิงความเป็นจริง เช่น การอธิบายว่ามัธยฐานสะท้อนรายได้ของคนส่วนใหญ่ได้ดีกว่าค่าเฉลี่ย โดยต้องให้เหตุผลที่สอดคล้องกับบริบทของปัญหา

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ครูมีบทบาทในการตั้งคำถามเชิงวิพากษ์ หรือเปลี่ยนเงื่อนไขบางประการเพื่อให้นักเรียนทบทวนว่าคำตอบนั้นยังสมเหตุสมผลหรือไม่ รวมถึงการกระตุ้นให้นักเรียนมองเห็นข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลองที่เลือกใช้ ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องประเมินความเหมาะสมของคำตอบในเชิงคุณภาพ เช่น ความคุ้มค่าหรือความน่าเชื่อถือ และต้องกล้าตัดสินใจไม่นำเสนอแบบจำลองที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง แม้ว่าในทางคณิตศาสตร์จะคำนวณออกมาถูกต้องก็ตาม

ขั้นตอนที่ 7 นำเสนอ ครูมีบทบาทในการเป็นผู้สร้างพื้นที่แลกเปลี่ยน โดยการจัดรูปแบบการนำเสนอที่น่าสนใจ เช่น การสวมบทบาทสมมติ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสื่อสารคณิตศาสตร์ในที่สาธารณะ ส่วนบทบาทนักเรียน คือ นักเรียนต้องสื่อสารกระบวนการคิดและข้อสรุปของกลุ่มตนเองอย่างเป็นระบบ และต้องพร้อมรับฟังข้อโต้แย้งหรือคำถามจากเพื่อนต่างกลุ่ม เพื่อนำมาสะท้อนคิดความเข้าใจของตนเองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากใบกิจกรรมและหลังการจัดการเรียนรู้จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

1. ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนกลุ่มนักเรียนและร้อยละตามระดับความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรมแยกตามองค์ประกอบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การคิดเชิงคณิตศาสตร์	องค์ประกอบ	จำนวนกลุ่มนักเรียน											
		วงจรปฏิบัติการที่ 1			วงจรปฏิบัติการที่ 2			วงจรปฏิบัติการที่ 3			วงจรปฏิบัติการที่ 4		
		ระดับ			ระดับ			ระดับ			ระดับ		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1. การแก้ปัญหา (P)	P1	0 (0.00)	6 (46.15)	7 (53.85)	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)
	P2	0 (0.00)	9 (69.23)	4 (30.77)	0 (0.00)	8 (61.54)	5 (38.46)	0 (0.00)	9 (69.23)	4 (30.77)	0 (0.00)	6 (46.15)	7 (53.85)
	P3	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)
2. การให้เหตุผล (R)	R1	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)
	R2	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)
	R3	0 (0.00)	8 (61.54)	5 (38.46)	0 (0.00)	5 (38.46)	8 (61.54)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)	0 (0.00)	5 (38.46)	8 (61.54)
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด (Re)	Re1	0 (0.00)	7 (53.85)	6 (46.15)	0 (0.00)	9 (69.23)	4 (30.77)	0 (0.00)	6 (46.15)	7 (53.85)	0 (0.00)	2 (15.38)	11 (84.62)
	Re2	0 (0.00)	9 (69.23)	4 (30.77)	0 (0.00)	8 (61.54)	5 (38.46)	0 (0.00)	5 (38.46)	8 (61.54)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)
	Re3	0 (0.00)	8 (61.54)	5 (38.46)	0 (0.00)	6 (46.15)	7 (53.85)	0 (0.00)	4 (30.77)	9 (69.23)	0 (0.00)	3 (23.08)	10 (76.92)

ตารางที่ 2 จำนวนกลุ่มนักเรียนตามระดับความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรมแยกตามองค์ประกอบในแต่ละวงจรปฏิบัติการ สำหรับการแก้ปัญหา (P) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และระดับ 2 ทุกใบกิจกรรม ในภาพรวมขององค์ประกอบการทำความเข้าใจปัญหา (P1) และองค์ประกอบการสรุปคำตอบของปัญหา (P3) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือนักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง และสามารถสรุปคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วนตามประเด็นที่ปัญหาต้องการทราบ ในขณะที่องค์ประกอบการดำเนินการแก้ปัญหา (P2) มีนักเรียนอยู่ในระดับ 1 ในใบกิจกรรมที่ 1-3 คือ นักเรียนใช้สูตร ทฤษฎีบท หรือหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วนคือนักเรียนยังไม่สามารถแสดงวิธีคิดหรือการได้มาซึ่งคำตอบของปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ ซึ่งในใบกิจกรรมที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถใช้สูตร ทฤษฎีบท หรือหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงการแก้ปัญหาได้ถูกต้องและแสดงขั้นตอนการแก้ปัญหาทุกขั้นตอน

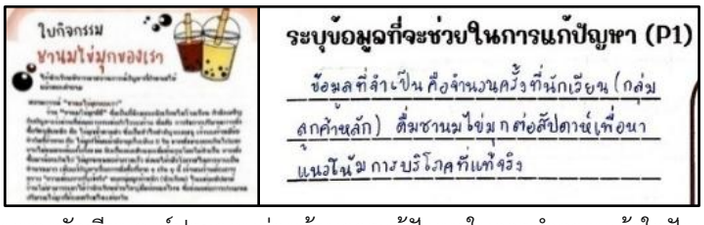
สำหรับการให้เหตุผล (R) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และระดับ 2 ทุกใบกิจกรรม ในภาพรวมขององค์ประกอบการอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจปัญหา (R1) และองค์ประกอบการอธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหา (R2) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถระบุความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถอธิบายเหตุผลของการดำเนินการแก้ปัญหาได้อย่างสมเหตุสมผล ในขณะที่องค์ประกอบ การอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา (R3) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง แต่ในใบกิจกรรมที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 คือ นักเรียนยังระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้องเพียงบางส่วน

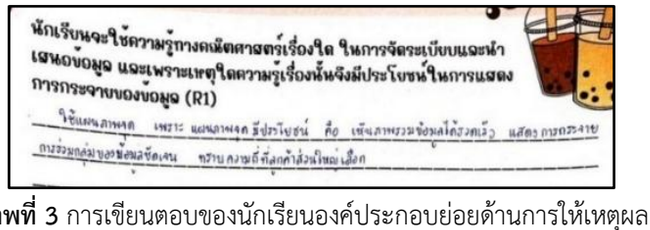
สำหรับการนำเสนอตัวแทนความคิด (Re) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และระดับ 2 ทุกใบกิจกรรม ในภาพรวมขององค์ประกอบการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อทำความเข้าใจปัญหา (Re1) และการใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา (Re2) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 ของใบกิจกรรมที่ 1 และ 2 คือ นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพ เน้นข้อความ หรือกำหนดสัญลักษณ์จากปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน และนักเรียนสามารถนำสัญลักษณ์ แผนภาพ รูปภาพ กราฟ หรือข้อความมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจนในขณะที่ใบกิจกรรมที่ 3 และ 4 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถวาดภาพ เน้นข้อความ หรือกำหนดสัญลักษณ์จากปัญหาเพื่อระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจนมากขึ้น เพราะนักเรียนได้มีการเรียนรู้ข้อผิดพลาดจากใบกิจกรรมก่อนหน้า และนำข้อผิดพลาดนี้มาพูดคุยกันภายในกลุ่มและปรับปรุงแก้ไขในใบกิจกรรมถัดไป ส่วนภาพรวมขององค์ประกอบการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3) นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 2 คือ นักเรียนสามารถนำสัญลักษณ์ รูปภาพ หรือข้อความมาใช้สรุปคำตอบได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน แต่ในใบกิจกรรมที่ 1 นักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 คือ นำสัญลักษณ์ แผนภาพ รูปภาพ กราฟ หรือข้อความมาใช้ได้อย่างเหมาะสม แต่สื่อความหมายไม่ชัดเจน

ภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน ดังภาพที่ 2-4



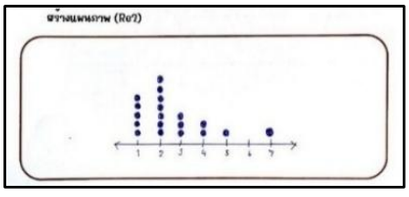
ภาพที่ 2 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการแก้ปัญหาในการทำความเข้าใจปัญหา (P1) อยู่ในระดับ 2

ภาพที่ 2 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในใบกิจกรรม จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบและเงื่อนไขของปัญหาในการที่จะแก้ปัญหาเรื่องร้านชานมไข่มุกได้ถูกต้องและครบถ้วน จึงมีทักษะการแก้ปัญหาในการทำความเข้าใจปัญหา (P1) อยู่ในระดับ 2



ภาพที่ 3 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการให้เหตุผลในการอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจปัญหา (R1) อยู่ในระดับ 2

ภาพที่ 3 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในใบกิจกรรม จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถระบุความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่ปัญหาต้องการทราบกับเงื่อนไขของปัญหาและนำความรู้ทางคณิตศาสตร์เรื่องแผนภาพจุดมาอธิบายเหตุผลได้ถูกต้อง จึงมีทักษะการให้เหตุผลในการอธิบายเหตุผลของการนำความรู้หรือข้อมูลมาใช้เพื่อทำความเข้าใจปัญหา (R1) อยู่ในระดับ 2



ภาพที่ 4 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดในการใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา (Re2) อยู่ในระดับ 2

ภาพที่ 4 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในใบกิจกรรม จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่องแผนภาพจุดมาแสดงการดำเนินการการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน จึงมีทักษะการนำเสนอตัวแทนความคิดในการใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหา (Re2) อยู่ในระดับ 2

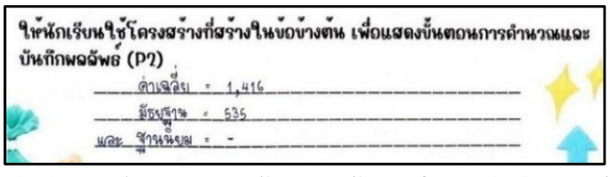
2. ความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนนักเรียนและร้อยละตามระดับความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละสถานการณ์

การคิดเชิงคณิตศาสตร์	องค์ประกอบ	จำนวนนักเรียน (ร้อยละ)					
		สถานการณ์ที่ 1			สถานการณ์ที่ 2		
		ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 0	ระดับ 1	ระดับ 2
1. การแก้ปัญหา (P)	P1	5 (12.82)	13 (33.33)	21 (53.85)	0 (0.00)	13 (33.33)	26 (66.67)
	P2	3 (7.69)	16 (41.03)	20 (51.28)	6 (15.38)	16 (41.03)	17 (43.59)
	P3	3 (7.69)	20 (51.28)	16 (41.03)	5 (12.82)	10 (25.64)	24 (61.54)
2. การให้เหตุผล (R)	R1	6 (15.38)	14 (35.90)	19 (48.72)	6 (15.38)	10 (25.64)	23 (58.97)
	R2	5 (12.82)	12 (30.77)	22 (56.41)	7 (17.95)	17 (43.59)	15 (38.46)
	R3	2 (5.13)	18 (46.15)	19 (48.72)	8 (20.51)	12 (30.77)	19 (48.72)
3. การนำเสนอตัวแทนความคิด (Re)	Re1	5 (12.82)	19 (48.72)	15 (38.46)	6 (15.38)	14 (35.90)	19 (48.72)
	Re2	4 (10.26)	11 (28.21)	24 (61.54)	6 (15.38)	12 (30.77)	21 (53.85)
	Re3	3 (7.69)	18 (46.15)	18 (46.15)	3 (7.69)	16 (41.03)	20 (51.28)

สรุปได้ว่า ผลการวิจัยการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียนแสดงพัฒนาการที่ดีขึ้นระหว่างการจัดการเรียนรู้จากใบกิจกรรมและหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ ระหว่างการทำใบกิจกรรมนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 1 และ 2 เมื่อเรียงลำดับการคิดเชิงคณิตศาสตร์รายด้านที่อยู่ในระดับ 2 จากมากไปน้อย ได้แก่ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งแตกต่างกับผลทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การแก้ปัญหา การนำเสนอตัวแทนความคิด และการให้เหตุผล เรียงลำดับจากมากไปน้อยโดยพิจารณาองค์ประกอบย่อยด้านการให้เหตุผลจากใบกิจกรรม พบว่า R1, R2 และ R3 ซึ่งแตกต่างจากผลจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่า R1, R3 และ R2 ทั้งนี้ นักเรียนสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหาได้มากขึ้น องค์ประกอบย่อยด้านการแก้ปัญหาจากใบกิจกรรม พบว่า P3, P1 และ P2 ซึ่งแตกต่างจากผลจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่า P1, P3 และ P2 ซึ่งนักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาได้มากขึ้น และองค์ประกอบย่อยด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดจากใบกิจกรรม พบว่า Re3, Re1 และ Re2 ซึ่งแตกต่างจากผลจากแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่า Re2, Re3 และ Re1 ทั้งนี้ นักเรียนสามารถใช้ตัวแทนความคิดในการดำเนินการแก้ปัญหาได้มากขึ้น

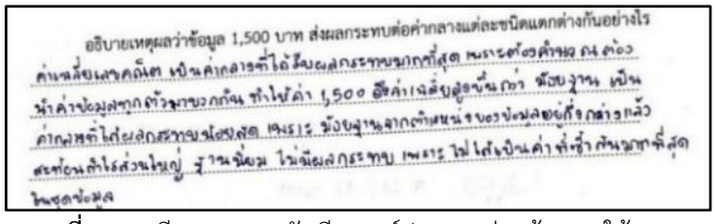
ภาพตัวอย่างการเขียนตอบของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในแต่ละด้าน ดังภาพที่ 5-7



ภาพที่ 5 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหา (P2) อยู่ในระดับ 1

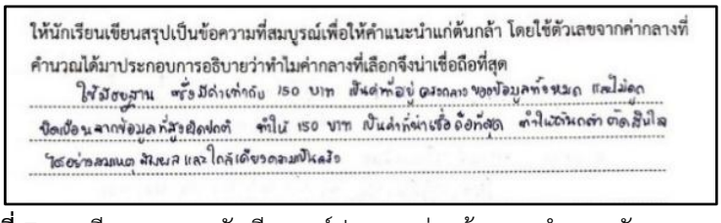
ภาพที่ 5 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า นักเรียนมีความสามารถในการแสดงการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่ยังไม่ครบทุกขั้นตอน เนื่องจากไม่มีการแสดงวิธีคิดของการได้มาซึ่งคำตอบ จึงมีทักษะการแก้ปัญหาในการดำเนินการแก้ปัญหา (P2) อยู่ในระดับ 1

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 6 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการให้เหตุผล
ในการอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา (R3) อยู่ในระดับ 2

ภาพที่ 6 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถนำคำตอบที่ได้ไปตรวจสอบกับเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง และระบุความสอดคล้องระหว่างคำตอบและเงื่อนไขของปัญหาได้ถูกต้อง จึงมีทักษะการให้เหตุผลในการอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบของปัญหา (R3) อยู่ในระดับ 2



ภาพที่ 7 การเขียนตอบของนักเรียนองค์ประกอบย่อยด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด
ในการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3) อยู่ในระดับ 2

ภาพที่ 7 เป็นการเขียนตอบของนักเรียนในแบบทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ จะเห็นได้ว่า นักเรียนสามารถนำข้อความมาใช้สรุปคำตอบเพื่อให้คำแนะนำแก่ต้นกล้าได้อย่างเหมาะสม และสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน จึงมีทักษะการนำเสนอตัวแทนความคิดในการใช้ตัวแทนความคิดเพื่อสรุปคำตอบของปัญหา (Re3) อยู่ในระดับ 2

อภิปรายผล

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ผู้วิจัยได้สำรวจและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทำให้เข้าใจถึงสภาพปัญหาในชั้นเรียน ทั้งนี้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แต่ละขั้นตอนมีแนวทางการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจ ผู้วิจัยเน้นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนผ่านการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาในโลกจริงที่ใกล้ชิดกับประสบการณ์ของนักเรียน โดยจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 พบว่า สถานการณ์ชานมไข่มุกของเราเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการสร้างแบบจำลองที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมเข้ากับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ความโดดเด่นของสถานการณ์นี้ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ ความไม่ซับซ้อนของบริบทช่วยให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ จำแนก และระบุข้อมูลจากสถานการณ์จริงมาเป็นข้อมูลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนและถูกต้อง นักเรียนสามารถเปลี่ยนข้อมูลเชิงบรรยายให้กลายเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีความพร้อมสำหรับการสร้างแบบจำลองในขั้นต่อไป สอดคล้องกับ Makanong (2014) ที่ระบุว่าการเริ่มต้นจากสถานการณ์ที่มีความหมายจะช่วยให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้ชัดเจนขึ้น และ Nentian (2017) ที่เน้นว่าการเลือกบริบทที่เหมาะสมกับระดับความสามารถจะช่วยป้องกันเจตคติเชิงลบ และเป็นพื้นฐานสำคัญในการเลือกใช้ตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์เพื่อดำเนินการในระดับที่สูงขึ้นต่อไป รวมถึงสอดคล้องกับ Schukajlow, Rellensmann and Achmetli (2024) ที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้สถานการณ์ปัญหาที่เอื้อต่อการสร้างตัวแทนความคิดเชิงภาพจะช่วยลดความซับซ้อนในการทำความเข้าใจ ทำให้นักเรียนสามารถถอดรหัสข้อความบรรยายในโลกจริง และจัดโครงสร้างข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 2 ทำปัญหาให้ง่ายขึ้น ผู้วิจัยเน้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายกลุ่มเพื่อวิเคราะห์และคัดเลือกข้อมูลจากสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน โดยจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 เรื่องยานยนต์ไฟฟ้า พบความโดดเด่นของนักเรียนในการสร้างโครงสร้างปัญหา ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญในการเปลี่ยนข้อมูลในบริบทโลกจริง

ที่มีความกำกวมและซับซ้อน ให้กลายเป็นโครงสร้างที่มีองค์ประกอบทางคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน เช่น การระบุตัวแปรหลัก การกำหนดข้อจำกัดของสถานการณ์ และการมองเห็นความสัมพันธ์เชิงระบบ ส่งผลให้สถานการณ์ปัญหาดังกล่าวถูกลดรูปอยู่ในรูปแบบของตารางหรือแผนภาพจนอยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการนำเครื่องมือทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่อไป ในขั้นตอนนี้ส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลอย่างเป็นระบบ กล่าวคือ การที่ให้นักเรียนฝึกคัดกรองและจำกัดขอบเขตข้อมูลจากชุดข้อมูลดิบที่มีความหลากหลาย ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะในการระบุตัวแปรทางสถิติที่สำคัญและตัดทอนรายละเอียดที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป ทำให้นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงปริมาณได้ชัดเจนก่อนนำไปสร้างแบบจำลอง นอกจากนี้ การส่งเสริมให้นักเรียนตัดสินใจเลือกข้อมูลด้วยตนเองยังช่วยสร้างความตระหนักถึงความสมเหตุสมผลของการเลือกตัวแทนข้อมูล สอดคล้องกับ Blomhoej and Jensen (2003) ที่ระบุว่าการทำปัญหาให้ง่ายขึ้นด้วยการตัดทอนรายละเอียดจะช่วยสร้างโครงสร้างปัญหาที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้ด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับ Vengvichit (2020) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนฝึกการจำกัดขอบเขตและระบุตัวแปร จะช่วยพัฒนาทักษะการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหาและการให้เหตุผลให้เพิ่มสูงขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเน้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้เลือกและตัดสินใจใช้เครื่องมือหรือตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง โดยจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 2 พบข้อค้นพบเกี่ยวกับกระบวนการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของผู้เรียน กล่าวคือ มีความโดดเด่นในการนำเสนอตัวแทนความคิดผ่านการเลือกใช้แผนภาพต้น-ใบ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวแทนความคิดในการจัดกระทำข้อมูลที่มีความละเอียดสูง ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนไม่ได้เป็นเพียงการปฏิบัติตามคำสั่งหรือขั้นตอนที่กำหนดไว้ แต่เป็นกระบวนการคิดวิเคราะห์เชิงลึกเพื่อประเมินและเลือกเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสูงสุดกับลักษณะของข้อมูล การที่นักเรียนตัดสินใจเลือกใช้แผนภาพต้น-ใบแทนการใช้แผนภาพจุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรักษาความละเอียดของชุดข้อมูลที่เป็นทศนิยมไว้ ซึ่งในบริบทของการจำลองสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ ถือเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงถึงสมรรถนะในการแปลงบริบทในโลกจริงให้เป็นโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ผู้เรียนสามารถลดรูปความซับซ้อนของสถานการณ์ลงได้ โดยที่ยังคงรักษาความหมายเดิมของข้อมูลในโลกจริงไว้ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน อย่างไรก็ตาม ยังค้นพบเกี่ยวกับพัฒนาการด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการให้เหตุผลและการอธิบายแนวคิดทางคณิตศาสตร์ พบว่า แม้นักเรียนส่วนใหญ่จะสามารถเลือกใช้และสร้างตัวแทนความคิดเชิงภาพ เช่น แผนภาพต้น-ใบ ได้อย่างถูกต้องในเชิงเทคนิค แต่เมื่อต้องอธิบายเหตุผลหรือระบุแนวคิดเชิงทฤษฎีที่รองรับการกระทำดังกล่าว ผู้เรียนบางส่วนยังคงแสดงออกถึงความคลุมเครือในการสื่อสารแนวคิดโดยมักอธิบายในลักษณะของขั้นตอนการปฏิบัติมากกว่าการอธิบายความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างคณิตศาสตร์ ข้อมูลนี้สะท้อนให้เห็นว่า พัฒนาการด้านการให้เหตุผลจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาและต้องการการจัดกิจกรรมที่เน้นการฝึกทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ที่เข้มข้นยิ่งขึ้นในวงจรปฏิบัติการถัดไป สอดคล้องกับ Wessels (2014) ที่กล่าวว่าการส่งเสริมการสร้างแบบจำลองควรสร้างสถานการณ์ที่ให้นักเรียนต้องตัดสินใจเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมที่สุดมาใช้ เพื่อให้เกิดการจัดระบบโครงสร้างความคิดอย่างแท้จริง นอกจากนี้ การจัดลำดับความยากง่ายของสถานการณ์ในวงจรที่ 3 ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Sriraman and Lesh (2006) ที่ระบุว่าการเลือกใช้ตัวแทนความคิดที่สอดคล้องกับระดับความรู้และปริมาณข้อมูล จะช่วยให้ผู้เรียนสื่อสารความหมายของข้อมูลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 4 ดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยเน้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงเพื่อหาคำตอบจากแบบจำลองที่สร้างขึ้น โดยจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 1 และ 2 พบว่ากระบวนการจัดกระทำข้อมูลอย่างเป็นระบบส่งผลเชิงบวกต่อพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแก้ปัญหา กล่าวคือ การที่ผู้วิจัยสนับสนุนให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้เทคนิคและเครื่องมือเชิงรูปธรรมเพื่อสร้างความถูกต้องแม่นยำ เช่น การใช้เครื่องมือวัดระยะสเกลเพื่อควบคุมความเที่ยงตรงของแผนภาพ ถือเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความละเอียดรอบคอบในกระบวนการเปลี่ยนผ่านจากแบบจำลองไปสู่ผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ที่มีความถูกต้อง นอกจากนี้ การออกแบบกิจกรรมที่เน้นกระบวนการกลุ่มเพื่อตรวจสอบความถูกต้องร่วมกันยังเป็นปัจจัยเกื้อหนุนให้เกิดการสะท้อนคิด ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถประเมิน ค้นพบข้อผิดพลาด และดำเนินการปรับปรุงพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง ซึ่งสะท้อนถึงการบรรลุสมรรถนะการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบและมีความหมายในบริบทของการจำลองสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ สอดคล้องกับ Muller and Burkhardt (2007) ที่ระบุว่าในขั้นการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนใช้ทักษะการคำนวณที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับ Haines and Crouch (2007) ที่กล่าวว่าการสร้างบรรยากาศที่เอื้อให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จะช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความมั่นใจในการนำเสนอตัวแทนความคิดและการแก้ปัญหาที่ชัดเจนตามหลักสถิติ

ขั้นตอนที่ 5 ตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนนำผลลัพธ์หรือตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ที่ได้รับกลับมาตีความหมายให้สอดคล้องกับบริบทของสถานการณ์ปัญหาในโลกจริง จากการ

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

จัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง ฮิสโทแกรม พบเกี่ยวกับความโดดเด่นของแบบจำลองเชิงภาพที่ทำหน้าที่เป็นการเชื่อมโยงไปสู่การสรุปผลเชิงคุณภาพ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ในมิติด้านการให้เหตุผล กล่าวคือ การที่ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กลยุทธ์การตั้งคำถามปลายเปิดเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล มีส่วนสำคัญในการปรับเปลี่ยนมุมมองของผู้เรียนให้ตระหนักถึงความหมายเชิงลึกของค่าสถิติ ที่เป็นมากกว่าเพียงผลลัพธ์จากการคำนวณตามสูตร ข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นจากการที่นักเรียนสามารถแปลความหมายจากลักษณะการกระจายของฮิสโทแกรม เพื่อระบุช่วงที่มีความหนาแน่นสูงสุดได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งพัฒนาการนี้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงถึงทักษะการตีความในกระบวนการจำลองสถานการณ์เชิงคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนสามารถเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์เชิงปริมาณกลับไปเป็นข้อสรุปเชิงคุณภาพที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้จริงในสถานการณ์บริบทโลกจริงได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางกลุ่มยังมีพัฒนาการที่ไม่เด่นชัดนัก โดยปรากฏในการเชื่อมโยงค่าสถิติหรือลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลไปสู่การตัดสินใจและการแก้ปัญหาในสถานการณ์ยานยนต์ไฟฟ้าในชีวิตจริงได้ ข้อค้นพบดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงการดำเนินการในระบบสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์กับการประยุกต์ใช้ในบริบทสถานการณ์จริงคือนักเรียนไม่สามารถตีความผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์นั้นได้ ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนบทบาทของครูผู้สอน โดยใช้คำถามเชิงลึกที่มุ่งเน้นไปที่การอธิบายความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง เช่น เหตุใดแผนภาพประเภทนี้จึงสามารถสะท้อนข้อมูลได้ดีกว่าเครื่องมืออื่น หรือโครงสร้างของแผนภาพนี้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรในโลกจริงอย่างไร เป็นต้น สอดคล้องกับ Stillman (2011) ที่ระบุว่าในขั้นการตีความ ครูควรจัดกิจกรรมที่ท้าทายให้นักเรียนเชื่อมโยงผลลัพธ์กลับไปสู่บริบทเดิมของปัญหาเพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความหมาย และสอดคล้องกับ Gal (2002) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้สถิติที่มีประสิทธิภาพ ครูต้องส่งเสริมให้นักเรียนฝึกแปลความหมายของข้อมูลที่ปรากฏอย่างมีเหตุผล เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้เท่าทันข้อมูลที่สะท้อนถึงความเป็นไปในสถานการณ์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบความสมเหตุสมผลของคำตอบ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามและประเมินความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง โดยจากการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการที่ 3 และ 4 พบความโดดเด่นของกระบวนการตรวจสอบ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการให้เหตุผลและการแก้ปัญหาอย่างลึกซึ้ง กล่าวคือ การที่ผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาที่ท้าทายเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าผลลัพธ์ที่ได้มีความสมเหตุสมผลเพียงใดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น การพิจารณาว่าปริมาณข้อมูลที่นำมาศึกษาเพียงพอที่จะสรุปภาพรวมได้หรือไม่ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการตรวจสอบตนเอง นอกจากนี้ การเปิดพื้นที่ให้อภิปรายแลกเปลี่ยนระหว่างกลุ่มยังทำให้นักเรียนตระหนักถึงความคลาดเคลื่อนทางสถิติและข้อจำกัดของข้อมูล สอดคล้องกับ Blum and Borromeo Ferri (2009) ที่กล่าวว่าในขั้นการตรวจสอบความสมเหตุสมผล ครูควรสร้างบรรยากาศที่เอื้อให้นักเรียนเปรียบเทียบผลลัพธ์กับเป้าหมายของปัญหาเพื่อตัดสินใจปรับปรุงแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น และสอดคล้องกับ Mousoulides (2011) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองควรเน้นกระบวนการที่นักเรียนได้ตรวจสอบและปรับปรุงแนวคิดของตนเองซ้ำ ๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่สมเหตุสมผลและน่าเชื่อถือที่สุด

ขั้นตอนที่ 7 นำเสนอ ผู้วิจัยเน้นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสื่อสารแนวคิดและสรุปคำตอบของสถานการณ์ปัญหาอย่างเป็นระบบ โดยพบว่าแบบจำลองเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ด้านการนำเสนอตัวแทนความคิด กล่าวคือ ในทุกวงจรปฏิบัติการ นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการใช้แผนภาพและค่ากลางที่ตนเองสร้างขึ้นมาเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อสนับสนุนเหตุผลในการตอบคำถามหรือให้คำแนะนำในสถานการณ์โลกจริง การที่นักเรียนต้องเขียนอธิบายสรุปคำตอบโดยเชื่อมโยงหลักฐานจากค่าสถิติกลับไปสู่บริบทปัญหา ช่วยให้นักเรียนจัดระบบโครงสร้างความคิดของตนเองให้ชัดเจนยิ่งขึ้น สอดคล้องกับ Lesh and Doerr (2003) ที่กล่าวว่าในขั้นการนำเสนอ ครูควรสร้างพื้นที่ให้นักเรียนได้ถ่ายทอดแบบจำลองของตนเองสู่ผู้อื่น เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และตรวจสอบความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และสอดคล้องกับ Sriraman and Lesh (2006) ที่ระบุว่าการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำเสนอแบบจำลองจะช่วยให้ผู้เรียนจัดระบบโครงสร้างความคิดให้ชัดเจน ส่งผลให้นักเรียนสามารถถ่ายทอดความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ออกมาเป็นคำอธิบายที่สมเหตุสมผลและตอบโจทย์ปัญหาต้นเรื่องได้อย่างสมบูรณ์

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2.1 ด้านการแก้ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีปัจจัยสำคัญจากแบบจำลองในสถานการณ์เรื่องชานมไข่มุกและยานยนต์ไฟฟ้า ที่ช่วยให้นักเรียนสามารถก้าวข้ามการแก้โจทย์แบบท่องจำไปสู่การระบุตัวแปรสำคัญจากสถานการณ์จริงได้อย่างถูกต้อง ความสามารถนี้สะท้อนจากการที่นักเรียนเริ่มมีกลยุทธ์ในการคัดกรองข้อมูล และเลือกใช้แบบจำลองสถิติ เช่น แผนภาพต้น-ใบ เพื่อรักษาความถูกต้องของข้อมูลที่เป็นทศนิยม ซึ่งแสดงถึงกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Aumpuan and Chuasuwanthavee (2022) ที่พบว่าการใช้สถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทจริงช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจและเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งขึ้น และสอดคล้องกับ English

(2006) ที่กล่าวว่าการให้ผู้เรียนเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่ซับซ้อนและต้องสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพและสื่อความหมายทางสถิติได้ชัดเจน

2.2 ด้านการให้เหตุผล นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการให้เหตุผลอยู่ในระดับที่ดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองที่ผู้วิจัยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเหตุผลเบื้องหลังการตีความหมายข้อมูล ทำให้นักเรียนเปลี่ยนจากการใช้ความรู้สึกส่วนตัว มาเป็นการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์จากแบบจำลอง เช่น การให้เหตุผลในการเลือกใช้ฮิสโทแกรมเพื่อสรุปภาพรวมของข้อมูลที่มีปริมาณมากแทนการดูข้อมูลรายตัว ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบายความสมเหตุสมผลของคำตอบได้ชัดเจนและมีน้ำหนักทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wulandari, Herman and Fatimah (2024) ที่กล่าวว่าการอภิปรายช่วยให้นักเรียนได้ฝึกอธิบายแนวคิดและโต้แย้งด้วยเหตุผลทางคณิตศาสตร์ และสอดคล้องกับ Doğan and Sir (2022) ที่พบว่ากระบวนการแลกเปลี่ยนอย่างมีเหตุผลช่วยให้นักเรียนคิดค้นกลยุทธ์จากการเปรียบเทียบแนวคิดผ่านตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่หลากหลาย

2.3 การนำเสนอตัวแทนความคิด นักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการด้านการนำเสนอตัวแทนความคิดที่ชัดเจนและมีความหมายมากขึ้น โดยมีความโดดเด่นในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองและการนำเสนอ กล่าวคือ นักเรียนสามารถออกแบบการสื่อสารผ่านแผนภาพทางสถิติที่มีความเที่ยงตรงสูง เช่น การกำหนดสเกลในแผนภาพจุดและการจัดกลุ่มข้อมูลในฮิสโทแกรมที่สะท้อนข้อเท็จจริงของปัญหาได้ดีกว่าในช่วงต้นงานวิจัย พัฒนาการนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถใช้ภาพ สัญลักษณ์ และข้อความในการถ่ายทอดโครงสร้างทางคณิตศาสตร์จากโลกจริงสู่การสรุปคำตอบได้อย่างสมบูรณ์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Srimasaka and Supap (2022) ที่พบว่าสถานการณ์ที่ท้าทายส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการสื่อสารและสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ National Council of Teachers of Mathematics (2000) ที่กล่าวว่าการจัดประสบการณ์ให้นักเรียนได้นำเสนอตัวแทนความคิดที่หลากหลายเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาการสื่อสารทางคณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การเลือกสถานการณ์ปัญหาปลายเปิดที่มีบริบทใกล้ตัวและมีความหมายต่อผู้เรียน เพื่อใช้เป็นจุดเริ่มสำคัญที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกกำหนดขอบเขตและโครงสร้างของแบบจำลองด้วยตนเอง แทนโจทย์ที่ถูกตีกรอบไว้ล่วงหน้า ดังที่ปรากฏในกิจกรรมชานมไข่มุกของเรา ซึ่งนักเรียนได้ฝึกทักษะการสรุปข้อมูลและจำแนกสิ่งที่สถานการณ์กำหนดออกจากเป้าหมายที่ต้องค้นหาด้วยตนเอง และการเปลี่ยนปัญหาโลกจริงให้เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ครูควรแสดงบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกผ่านการใช้คำถามเชิงกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนไปสู่การวิเคราะห์เงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้นจากความซับซ้อนของข้อมูล เช่น กิจกรรมรายได้หลอกตาที่ครูใช้คำถามกระตุ้น คือ หากนักเรียนเลือกใช้ข้อมูลจากค่าเฉลี่ยจะทำให้ข้อมูลนั้นสมเหตุสมผลกับสถานการณ์หรือไม่ เพื่อให้นักเรียนตัดสินใจเลือกวิธีจัดการกับข้อมูลจนสามารถเลือกใช้เครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสมในการสร้างตัวแทนความคิดได้โดยไม่ต้องพึ่งพาการบอกวิธีแก้ปัญหาโดยตรงจากครู นอกจากนี้ แนวทางดังกล่าวยังเน้นการให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงผลลัพธ์จากแบบจำลองกลับสู่บริบทสถานการณ์จริงเพื่อตรวจสอบความสมเหตุสมผล มากกว่ามุ่งเน้นเพียงความถูกต้องของการคำนวณตามทฤษฎี โดยนักเรียนจะต้องฝึกตีความหมายของตัวเลขย้อนกลับไปสู่สภาพความเป็นจริง เช่น ความเหมาะสมของค่ามัธยฐานเทียบกับค่าเฉลี่ยในบริบทของรายได้อาชีพ ซึ่งกระบวนการสะท้อนกลับและตรวจสอบบนพื้นฐานของความเป็นจริงนี้เป็นสิ่งสำคัญในการให้นักเรียนเกิดพัฒนาการด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์

2. ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านกระบวนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดีขึ้นอย่างเป็นลำดับ จากใบกิจกรรมพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ทุกด้านอยู่ในระดับ 2 เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การให้เหตุผล การแก้ปัญหา และการนำเสนอตัวแทนความคิด ซึ่งแตกต่างกับผลทดสอบความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์ที่พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงคณิตศาสตร์เรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ การแก้ปัญหา การนำเสนอตัวแทนความคิด และการให้เหตุผล

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรเปลี่ยนบทบาทจากการเป็นผู้บอกวิธีแก้ปัญหาเป็นผู้อำนวยความสะดวกที่ใช้คำถามเชิงกระตุ้น เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์เงื่อนไขและกำหนดขอบเขตของแบบจำลองด้วยตนเอง

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

โดยเฉพาะในขั้นตอนการเปลี่ยนปัญหาโลกจริงให้เป็นคณิตศาสตร์และการตรวจสอบความสมเหตุสมผล ซึ่งควรให้เวลานักเรียนในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และเชื่อมโยงผลลัพธ์กลับสู่บริบทจริง มากกว่าการมุ่งเน้นเพียงความถูกต้องของการคำนวณ เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดเชิงคณิตศาสตร์ผ่านการตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยตนเองอย่างแท้จริง

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ครูควรมีการบูรณาการใช้โปรแกรมทางสถิติหรือแอปพลิเคชัน เช่น GeoGebra ร่วมกับการสร้างแบบจำลอง เพื่อช่วยในการคำนวณที่ยุ่งยากและซับซ้อน ทำให้นักเรียนสามารถมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์เงื่อนไข การตีความผลลัพธ์ และการตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลองได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากขึ้น

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ขอความยินยอมโดยใช้เอกสารจากผู้เข้าร่วมวิจัยอย่างถูกต้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ หลักเคารพในบุคคล หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตรายต่อผู้เข้าร่วมวิจัย และหลักความยุติธรรม

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้เขียนได้มีการใช้เครื่องมือ AI เพื่อสนับสนุนการทำวิจัยและเขียนบทความในส่วนการช่วยตรวจสอบความถูกต้องทางภาษา การปรับปรุงสำนวนภาษา และการจัดเรียงโครงสร้างของเนื้อหาเบื้องต้น ทั้งนี้ ผู้เขียนเป็นผู้ตรวจสอบ แก้ไข และรับผิดชอบความถูกต้องของเนื้อหาทั้งหมดด้วยตนเอง และในการอ้างอิงเอกสาร ผู้เขียนได้สืบค้นจากฐานข้อมูลวารสารวิชาการที่น่าเชื่อถือ และตรวจสอบความถูกต้องของแหล่งอ้างอิงทุกฉบับด้วยตนเอง โดยไม่ได้ใช้ AI ในการสร้างหรืออ้างอิงแหล่งข้อมูลที่ไม่สามารถตรวจสอบได้

References

Aumpuan, N. and Chuasuwanthavee, C. (2022). Effects of problem-based learning management using daily life contexts on mathematical problem-solving ability (in Thai). **Journal of Learning and Innovation**, 2(1), 12-25.

Blomhoej, M. and Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. **Teaching Mathematics and its Applications: International Journal of the IMA**, 22(3), 123-139.

Blum, W. (2011). Can modelling be taught and learnt? Some Answers from Empirical Research. In **Trends in teaching and learning of mathematical modelling** (pp. 15-30). Springer.

Blum, W. and Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. **Journal of Mathematical Modelling and Application**, 1(1), 45-58.

Blum, W. and Leiss, D. (2007). How do students' structures their modelling process? The theoretical framework of the solution plan and empirical results. **In Mathematical Modelling: Education, Engineering and Economics**. Chichester: Horwood.

Doğan, M. and Sir, M. (2022). Examination of middle school students' mathematical reasoning in the mathematical modeling process. **Journal of Computer and Education Research**, 10(19), 133–158.

English, L. D. (2006). Introduces statistical distributions through a data-modeling context. **Teaching Statistics**, 28(2), 34-39.

Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. **International Statistical Review**, 70(1), 1-25.

Haines, C. and Crouch, R. (2007). Mathematical modelling and applications: Ability and competence frameworks. In **Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study** (pp. 417-424). Boston, MA: Springer.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. (2017). **Manual for the Basic Education Core Curriculum: Mathematics (Revised Edition 2017)** (in Thai). Bangkok: Kurusapa Printing House.

Kitkuekul, S. (2014). **Science learning management: Directions for teachers in the 21st century** (in Thai). Phetchabun: Juladis Printing.

Kriegler, S. (2004). Just what is algebraic thinking?. **Arithmetic Teacher**, 38(1), 38-43.

Lesh, R. and Doerr, H. M. (2003). **Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Makanong, A. (2014). **Mathematical skills and processes: Development for progress** (in Thai). Bangkok: Center for Textbook and Academic Documents, Faculty of Education, Chulalongkorn University.

Ministry of Education. (2019). **Guidelines for learner competency development in basic education** (in Thai). Bangkok: Agricultural Cooperative Federation of Thailand Printing House.

Mousoulides, N. G. (2011). Exploring the activity of mathematical modeling: The role of external representations. In **Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA 14** (pp. 525-535). Springer.

Muller, E. and Burkhardt, H. (2007). Applications and modelling for mathematics—overview. **Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study**, 267-274.

National Council of Teachers of Mathematics. (2000). **Principles and standards for school mathematics**. Reston, VA: Author.

Nentian, S. (2017). Mathematics learning management through real-world problems emphasizing mathematical modeling (in Thai). **Journal of Education, Chulalongkorn University**, 45(2), 238-253.

OECD. (2019). **OECD Learning Compass 2030: A Framework for Education**. OECD Publishing.

Schukajlow, S., Rellensmann, J. and Achmetli, K. (2024). Visual representations and mathematical modeling: {A}n experimental study on the effects of prompting students to draw. **Educational Studies in Mathematics**, 115(2), 185–203.

Srimasaka, W. and Supap, W. (2022). The development of mathematical problem solving and communication abilities of grade 7 students using active learning with scaffolding questions (in Thai). **Naresuan University Educational Research Journal**, 14(2), 89-102.

Sriraman, B. and Lesh, R. (2006). Modeling conceptions revisited. **ZDM – International Journal on Mathematics Education**, 38(3), 247-254.

Stillman, G. (2011). Applying metacognitive knowledge and strategies in applications and modelling tasks at secondary school. In **Trends in teaching and learning of mathematical modelling: ICTMA 14** (pp. 165-174). Springer.

Vengvichit, K. (2020). **The development of mathematical modeling competency and mathematical problem solving ability of grade 8 students using mathematical modeling-based learning** (in Thai). Master's Thesis. Nakhon Pathom: Silpakorn University.

Wessels, H. M. (2014). Levels of mathematical creativity in model-eliciting activities. **Journal of Mathematical Modelling and Application**, 1(9), 22-40.

Wulandari, S., Herman, T. and Fatimah, S. (2024). Enhancing students' mathematical reasoning skills through mathematical modeling in statistical learning. **Journal of Mathematics Education**, 15(1), 45-62.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 161 – 169
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.13

Research Article in Science

The Canonical Solar Photosynthesis Geometry Model (CS-PGM): A Deterministic Framework for Quantifying the Absolute Physical Limits of Crop Yield Efficiency

Phisit Suvarnaphaet [1,*]

[1]*Faculty of Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University, Phetchaburi IT Campus*

**Email: suvarnaphaet_p@su.ac.th*

Received <29 Oct. 2025>; Revised <27 Mar. 2026>; Accepted <30 Mar. 2026>

Abstract

Global agricultural output is constrained by the efficiency with which crops convert solar radiation into biomass through Photosynthetically Active Radiation (PAR). Existing crop models, often empirical, frequently incorporate confounding atmospheric and environmental variables, obscuring the fundamental physical limitation imposed by solar geometry. This research introduces the Canonical Solar Photosynthesis Geometry Model (CS-PGM), a deterministic, zero-external-data mathematical framework designed to calculate the Theoretical Maximum Potential Yield (TMPY) for any location on Earth. The CS-PGM rigorously integrates celestial mechanics ($\mathbf{H_o}$), a postulated Canonical Atmosphere ($T_{total} \approx 0.72$), and the established Light Use Efficiency (LUE) principle (LUE_{max} = 4.8 g MJ^{-1} PAR for C4 plants). These canonical constants represent the absolute thermodynamic limits and optimal clear-sky transmittance, stripping away empirical weather noise. The model's primary contribution is the establishment of a universal, non-empirical benchmark for yield potential, enabling the precise quantification of the Theoretical Yield Gap (TYG). The results confirm the mathematical phenomenon of Isophotic Peak Shifting, showing that TMPY peaks at mid-latitudes (e.g., 74.6 t ha^{-1} at 16° (N/S) for a 120-day season), significantly higher than at the equator (69.0 t ha^{-1}). This demonstrates mathematically that the absolute physical ceiling for biomass is not located at the equator. This transparent, physics-based framework provides policymakers and agricultural researchers with a powerful diagnostic tool for strategic resource allocation, by isolating the maximum potential yield from environmental variability.

Keywords: Theoretical Yield Gap; Solar Geometry; Photosynthesis; Canonical Model; Absolute Yield Limit

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์

แบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM): กรอบแนวคิดเชิงกำหนดเพื่อหาขีดจำกัดทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ของประสิทธิภาพผลผลิตพืช

พิสิษฐ์ สุวรรณแพทย์[1,*]

[1]*คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี*

**Email: suvarnaphaet_p@su.ac.th*

บทคัดย่อ

ผลผลิตทางการเกษตรทั่วโลกถูกจำกัดด้วยประสิทธิภาพในการแปลงรังสีดวงอาทิตย์เป็นชีวมวลของพืช โดยที่ความแปรปรวนของสภาพอากาศจริงมักจะบดบังขีดจำกัดทางฟิสิกส์พื้นฐานที่กำหนดโดยเรขาคณิตของดวงอาทิตย์ แบบจำลองพืชที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่มักเป็นเชิงประจักษ์และต้องรวมตัวแปรบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมที่ผันผวน ทำให้การกำหนด เพดานทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ มีความคลุมเครือ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอ แบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดทางคณิตศาสตร์เชิงกำหนด (Deterministic) ที่ไม่ต้องอาศัยข้อมูลภายนอก (Zero-External-Data) ออกแบบมาเพื่อคำนวณ ผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY) สำหรับทุกตำแหน่งบนโลก CS-PGM ผสานกลศาสตร์ท้องฟ้า ($\mathbf{H_o}$), สมมติฐานบรรยากาศเชิงบัญญัติ (T_{total}), และหลักการประสิทธิภาพการใช้แสง (LUE) ที่เป็นที่ยอมรับ (LUE_{max}) โดยใช้ค่าคงที่ $T_{total} \approx 0.72$ ซึ่งเป็นค่าการส่องผ่านทางทฤษฎีสูงสุด และ LUE_{max} ที่ 4.8 g MJ^{-1} PAR สำหรับพืช C4 การใช้ค่าคงที่เหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อตัดตัวแปรแทรกซ้อนทางสภาพอากาศออก และสะท้อนถึงขีดจำกัดทางอุณหพลศาสตร์สูงสุดที่เป็นไปได้ การสนับสนุนหลักของแบบจำลองคือการสร้าง เกณฑ์มาตรฐานสากลและที่ไม่ใช่เชิงประจักษ์ สำหรับศักยภาพผลผลิต ทำให้สามารถหา ช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี ได้อย่างแม่นยำ ผลการวิจัยยืนยันปรากฏการณ์ การเลื่อนตัวของจุดสูงสุดพลังงานแสง (Isophotic Peak Shifting) โดย TMPY มีค่าสูงสุดที่ละติจูด 16° (N/S) โดยให้ผลผลิต 74.6 ตันต่อเฮกตาร์ สำหรับฤดูปลูก 120 วัน ซึ่งสูงกว่าที่เส้นศูนย์สูตร (69.0 t ha^{-1}) อย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์นี้พิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ว่าขีดจำกัดทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ของชีวมวลไม่ได้อยู่ที่เส้นศูนย์สูตร กรอบแนวคิดที่โปร่งใสและอิงหลักฟิสิกส์นี้เป็นเครื่องมือวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพสำหรับผู้กำหนดนโยบายและนักวิจัยทางการเกษตรในการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีกลยุทธ์

คำสำคัญ: ช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี; เรขาคณิตของดวงอาทิตย์; การสังเคราะห์ด้วยแสง; แบบจำลองเชิงบัญญัติ; ขีดจำกัดผลผลิตสัมบูรณ์

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทนำ

ผลผลิตทางการเกษตรทั่วโลกกำลังเผชิญความท้าทายสำคัญในการตอบสนองความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้น ภายใต้ข้อจำกัดด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การขาดแคลนทรัพยากร และพื้นที่เพาะปลูกที่จำกัด ในมิติทางชีวฟิสิกส์ กระบวนการพื้นฐานที่กำหนดปริมาณชีวมวลและผลผลิตสูงสุดของพืชคือการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งถูกจำกัด (Van Wart *et al*., 2013) โดยปริมาณรังสีแสงที่พืชใช้ได้ (Photosynthetically Active Radiation: PAR) ตลอดช่วงฤดูปลูก (Zhu, Long and Ort, 2010; Long *et al*., 2006) ปัจจุบัน การประเมินศักยภาพผลผลิต (Yield Potential: Yp) มักอาศัยแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช (Crop Simulation Models) ที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เช่น DSSAT (Jones *et al*., 2003), APSIM (Holzworth *et al*., 2014) หรือ WOFOST (Van Ittersum *et al*., 2003) ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานบนพื้นฐานของประสิทธิภาพการใช้รังสี (Radiation Use Efficiency: RUE) โดยรับข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์รวม (Global Radiation) และตัวแปรสภาพอากาศที่วัดได้จริงมาประมวลผล การใช้ข้อมูลเชิงประจักษ์เหล่านี้ช่วยให้แบบจำลองสามารถคาดการณ์ผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมของแต่ละท้องถิ่นได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม การนำตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่ผันผวน (เช่น ความหนาแน่นของเมฆ หรือปริมาณฝุ่นละออง) มาร่วมคำนวณ กลับสร้างความคลุมเครือในการระบุเพดานผลผลิตสูงสุดทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ (Theoretical Maximum Potential Yield: TMPY) ซึ่งในทางทฤษฎีควรถูกกำหนดโดย “เรขาคณิตของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry)” เท่านั้น ทั้งนี้ คำว่าเรขาคณิตของดวงอาทิตย์ในงานวิจัยนี้ หมายถึงกลุ่มพารามิเตอร์ทางกลศาสตร์ท้องฟ้าที่ควบคุมปริมาณรังสีนอกโลก (Extraterrestrial Radiation: H_o) ได้แก่ ละติจูด (ϕ) มุมเดคลิเนชัน (δ) และมุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ตก (ω_s)

จากช่องว่างดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดทางคณิตศาสตร์เชิงกำหนด (Deterministic framework) ที่พัฒนาขึ้นภายใต้แนวคิดการไม่พึ่งพาข้อมูลสภาพอากาศภายนอก (Zero-External-Data) แบบจำลองนี้ออกแบบมาเพื่อคำนวณค่า TMPY โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ละติจูด 0 ถึง 60 องศา (N/S) เนื่องจากเป็นโซนที่ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกหลักของโลก (Global Arable Land) สำหรับพื้นที่ในละติจูดที่สูงกว่า 60 องศาขึ้นไป จะมีข้อจำกัดรุนแรงเรื่องอุณหภูมิที่หนาวเย็นและฤดูปลูกที่สั้นเกินไป ซึ่งอยู่นอกเหนือสมมติฐานการผลิตชีวมวลสูงสุดของแบบจำลองนี้ CS-PGM บูรณาการหลักการสำคัญ 3 ประการ ได้แก่ (1) กลศาสตร์ท้องฟ้าสำหรับคำนวณรังสีนอกโลก (H_o) , (2) สมมติฐานบรรยากาศเชิงบัญญัติที่ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านสูงสุดทางทฤษฎี ($T_{total} \approx 0.72$), และ (3) หลักการ LUE สูงสุด โดยกำหนดค่า LUE_{max} ของพืชกลุ่ม C4 ไว้ที่ 4.8 g MJ^{-1} PAR การเลือกใช้สมมติฐานและพารามิเตอร์คงที่เหล่านี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อจำลองสภาวะอุดมคติที่ปราศจากสิ่งกีดขวางทางชั้นบรรยากาศและไร้ข้อจำกัดทางสรีรวิทยา ทำให้สามารถประเมินเพดานผลผลิตสูงสุดทางอุณหพลศาสตร์ที่ถูกกำหนดโดยข้อจำกัดของพลังงานแสงอาทิตย์เพียงปัจจัยเดียวได้อย่างแท้จริง

เป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้คือการสร้างเกณฑ์มาตรฐานสากลเชิงคณิตศาสตร์ที่ไม่ใช่การประมาณการเชิงประจักษ์ เพื่อให้สามารถประเมินศักยภาพผลผลิตพืชได้จากหลักฟิสิกส์บริสุทธิ์ (Loomis and Amthor, 1999) การค้นพบค่า TMPY ที่เป็นอิสระจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ จะช่วยให้นักวิจัยและผู้กำหนดนโยบายสามารถแยกแยะระหว่างข้อจำกัดทางฟิสิกส์ที่ไม่อาจแก้ไขได้ (เช่น สภาพแสงตามกลศาสตร์ท้องฟ้า) กับข้อจำกัดทางสภาพอากาศหรือการจัดการที่สามารถปรับปรุงได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้คำนวณช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี (Theoretical Yield Gap: TYG) ได้อย่างแม่นยำ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการวางแผนยุทธศาสตร์และจัดสรรทรัพยากรเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการเกษตรได้อย่างตรงจุด

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนากรอบแนวคิดทางคณิตศาสตร์เชิงกำหนดที่ปราศจากการใช้ข้อมูลสภาพอากาศนำเข้า (Zero-External-Data Deterministic Framework) หรือแบบจำลอง CS-PGM โดยบูรณาการหลักกลศาสตร์ท้องฟ้าและค่าคงที่ทางชีวฟิสิกส์เชิงบัญญัติ (Canonical Constants) เข้าด้วยกันเพื่อจำลองศักยภาพผลผลิตพืช

2. เพื่อคำนวณและสร้างเกณฑ์มาตรฐานสากลของผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (Theoretical Maximum Potential Yield: TMPY) ภายใต้ขอบเขตพื้นที่เพาะปลูกหลักของโลกตั้งแต่ละติจูดที่ 0 ถึง 60 องศา (N/S) โดยให้เป็นค่าที่ถูกจำกัดด้วยปัจจัยทางฟิสิกส์ของเรขาคณิตดวงอาทิตย์โดยสมบูรณ์

3. เพื่อวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวของค่า TMPY ตามการเปลี่ยนแปลงของละติจูด (N/S) สำหรับระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่เป็นขีดจำกัดทางฟิสิกส์สัมบูรณ์ (Absolute Physical Ceiling) ของการผลิตชีวมวล และอธิบายกลไกการเกิดปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting

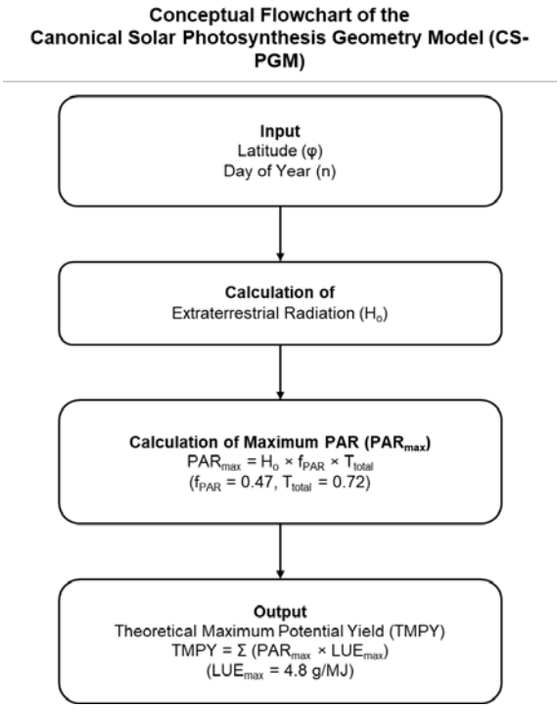
4. เพื่อประยุกต์ใช้ค่า TMPY ที่คำนวณได้เป็นเครื่องมือวินิจฉัยในการกำหนดช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี (Theoretical Yield Gap: TYG) ซึ่งจะช่วยแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อจำกัดทางฟิสิกส์สภาพแสงที่ไม่อาจแก้ไขได้ กับข้อจำกัดทางสภาพอากาศจริงที่สามารถจัดการได้ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนส่งเสริมการเกษตรเชิงยุทธศาสตร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. กรอบแนวคิดของแบบจำลอง (CS-PGM Conceptual Framework)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคณิตศาสตร์และแบบจำลอง (Mathematical and Modeling Research) โดยมีระเบียบวิธีหลักในการพัฒนาแบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM) เพื่อคำนวณผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY) ขั้นตอนการทำงานหลักแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1 ได้แก่:

1. การรับข้อมูลนำเข้าและใช้กลศาสตร์ท้องฟ้าคำนวณรังสีดวงอาทิตย์รายวันนอกโลก (H_o)
2. การแปลงค่า H_o เป็นรังสีแสงที่พืชใช้ได้สูงสุด (PAR_{max}) ภายใต้สมมติฐานการส่องผ่านเชิงบัญญัติ
3. การประยุกต์ใช้หลักการประสิทธิภาพการใช้แสง (LUE) เพื่อแปลง PAR_{max} เป็นชีวมวล (TMPY)



ภาพที่ 1 Conceptual Flowchart

2. การคำนวณรังสีดวงอาทิตย์

2.1 ตัวแปรนำเข้า (Input Variables)

- ละติจูด (ϕ): กำหนดขอบเขตการคำนวณตั้งแต่ 0° ถึง 60° เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่เพาะปลูกหลักทางการเกษตรทั้งในซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้
- วันของปี (n): กำหนดเป็นฤดูปลูกสมมติ (Canonical Growing Season: CGS) ที่มีระยะเวลา 120 วัน ระยะเวลาดังกล่าวอ้างอิงจากวงจรชีวิตเฉลี่ยของพืชไร่กลุ่ม C4 ที่มีการเจริญเติบโตเร็วและให้ปริมาณชีวมวลสูง (เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือข้าวฟ่าง) การตรึงกรอบเวลาไว้คงที่ช่วยให้สามารถเปรียบเทียบศักยภาพการรับแสงข้ามละติจูดบนฐานเวลาเดียวกันได้อย่างเป็นรูปธรรม สำหรับวันเริ่มต้นฤดูปลูก (Day 1) กำหนดให้เป็นวันที่ดวงอาทิตย์ให้พลังงานรังสีสูงสุดในรอบปีของแต่ละละติจูด กล่าวคือ พื้นที่ในซีกโลกเหนือจะเริ่มต้นในช่วงวันครีษมายัน (Summer Solstice) ในขณะที่ซีกโลกใต้จะเริ่มต้นในช่วงวันเหมายัน (Winter Solstice) เพื่อให้แบบจำลองครอบคลุมช่วงเวลา 120 วันที่พื้นที่นั้น ๆ ได้รับความยาวนานของวันสูงที่สุด

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

2.2 การคำนวณรังสีดวงอาทิตย์รายวันนอกโลก (H_o)

รังสีดวงอาทิตย์นอกโลก H_o (หน่วย: MJ m^{-2} day^{-1}) คำนวณตามหลักกลศาสตร์ท้องฟ้าด้วยสมการของ Duffie and Beckman (2013) ซึ่งเป็นฟังก์ชันของละติจูด (ϕ), มุมเดคลิเนชัน (δ), และระยะทางโลกระหว่างดวงอาทิตย์ (E_0):

$$\mathbf{H_o} = \frac{24 \times 3600}{\pi} \mathbf{G_{sc}} E_0 [\omega_s \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \sin\omega_s]$$

โดยที่ $\mathbf{G_{sc}}$ คือ ค่าคงที่สุริยะ (Solar Constant) (1,367 W/m^2) ω_s คือมุมชั่วโมงดวงอาทิตย์ตก ทั้งนี้ เพื่อความแม่นยำในระยะยาวและรองรับความคลาดเคลื่อนในปีอธิกสุรทิน (Leap year) ตัวแปรวันจะถูกระบุในรูปแบบวันที่จูเลียน (Julian Date: *J*) เพื่อนำมาใช้คำนวณค่ามุมเดคลิเนชัน(δ) ตามสมการ: $\delta = 23.45\ sin\left[\frac{360}{365.25}(284 + J)\right]$ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ในแต่ละวันตลอดฤดูปลูกอย่างเป็นพลวัต

3. การคำนวณศักยภาพรังสีสูงสุด (PAR_{max})

ขั้นตอนนี้เป็นการแปลงค่า H_o ให้เป็น PAR_{max} ซึ่งคือปริมาณรังสีแสงสูงสุดที่พืชสามารถนำไปใช้สังเคราะห์ด้วยแสงได้ภายใต้สภาวะท้องฟ้าใสบริสุทธิ์ (Clear sky) โดยปรับแก้ด้วยพารามิเตอร์เชิงบัญญัติ (Canonical Constants) ดังสมการ:

$$\mathbf{PAR_{max}} = \mathbf{H_o} \times f_{\text{PAR}} \times \mathbf{T}_{\text{total}}$$

โดยสัดส่วนของ PAR (f_{PAR}) ถูกกำหนดไว้ที่ 0.47 (McCree, 1972) และการส่องผ่านเชิงบัญญัติ (T_{total}) กำหนดไว้ที่ค่า $\approx$ 0.72 การเลือกใช้ค่า $T_{total} \approx$ 0.72 มีพื้นฐานมาจากค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านทางทฤษฎีสูงสุด (Gueymard, 2003) ซึ่งเปรียบเสมือนท้องฟ้าอุดมคติที่ปราศจากเมฆ หมอกควัน หรือไอน้ำรบกวน เพื่อสร้างเพดานการรับแสงสูงสุดที่ตัดข้อจำกัดทางอุตุนิยมวิทยาทิ้งไปโดยสิ้นเชิง ค่า PAR_{max} รายวันที่คำนวณได้จะถูกใช้เป็นฐานในการประเมินผลผลิตต่อไป

4. การคำนวณผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY)

ประเมินผลผลิตตามหลักการของแบบจำลองประสิทธิภาพการใช้แสง (LUE Model) ของ Monteith (1977) โดยอินทิเกรตค่า PAR_{max} รายวันตลอดช่วงฤดูปลูก 120 วัน (n=1 ถึง 120):

$$TMPY = \sum_{n=1}^{120} (PAR_{max} \times LUE_{max} \times \epsilon_i)$$

ประสิทธิภาพการสกัดกั้นแสง (ϵ_i) กำหนดเป็น 1.0 ตลอดฤดูปลูก ส่วนค่า LUE_{max} กำหนดไว้ที่ 4.8 g MJ^{-1} PAR ซึ่งเป็นขีดจำกัดสูงสุดทางอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamic limit) สำหรับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C4 ในสภาวะที่ไม่มีความเครียดจากน้ำ ธาตุอาหาร หรืออุณหภูมิ (Zelitch, 1992; Slattery and Ort, 2015)

5. การวิเคราะห์ผลลัพธ์

ดำเนินการรันแบบจำลองเพื่อประเมินค่า TMPY ตลอดช่วงละติจูด 0° ถึง 60° (N/S) โดยวิเคราะห์หาระดับผลผลิตชีวมวลรวมตลอดฤดูปลูก (Total PAR Integration) เพื่อระบุจุดสูงสุดสัมบูรณ์ (Absolute Peak) และอธิบายกลไกทางฟิสิกส์ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting

6. การดำเนินการและเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์ (Computational Implementation and Tools)

การทำงานของแบบจำลอง CS-PGM ดำเนินการผ่านการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Python ในสภาพแวดล้อม Google Colaboratory อัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ถูกออกแบบให้คำนวณค่า H_o และ PAR_{max} แบบรายวันอย่างละเอียด (Daily Integration) ตลอด 120 วัน โดยใช้ไลบรารีทางวิทยาศาสตร์ (NumPy และ Pandas) เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนจากการใช้ค่าเฉลี่ยแบบหยาบ ข้อมูลผลลัพธ์ที่ผ่านการสอบเทียบความถูกต้องตามหลักกลศาสตร์ท้องฟ้าถูกส่งออกเพื่อวิเคราะห์และนำเสนอเชิงกราฟิก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การกระจายตัวของ TMPY และการค้นพบจุดสูงสุดเชิงทฤษฎี

ผลการประมวลผลค่าผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY) สำหรับฤดูปลูก 120 วัน จากแบบจำลอง CS-PGM แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายตัวตามละติจูดที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear distribution) ซึ่งเป็นผลสะท้อนโดยตรงจากพลวัตของเรขาคณิตดวงอาทิตย์ อันเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบของแสงและความยาวนานของวัน ดังที่แสดงในตารางที่ 1 จากการสอบเทียบอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์อย่างละเอียดตามหลักกลศาสตร์ท้องฟ้า พบว่าค่า TMPY มีความผันผวนอย่างชัดเจน โดยมีค่าสูงสุดสัมบูรณ์ (Absolute Peak) อยู่ที่ละติจูด 16° (N/S) ซึ่งให้ผลผลิตสูงถึง 74.6 t ha^{-1} ต่อฤดูปลูก ในขณะที่ผลผลิตศักยภาพที่เส้นศูนย์สูตร (0°) มีค่าเพียง 69.0 t ha-1 ต่อฤดูปลูก (ตารางที่ 1) การค้นพบนี้เป็นการตอกย้ำด้วยหลักฐานทางคณิตศาสตร์ว่า เพดานทางฟิสิกส์สัมบูรณ์สำหรับการผลิตชีวมวลของพืช C4 ไม่ได้กระจุกตัวอยู่ที่บริเวณที่ดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากที่สุดเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 1 ผลการคำนวณ TMPY ที่ละติจูดสำคัญตามแบบจำลอง CS-PGM

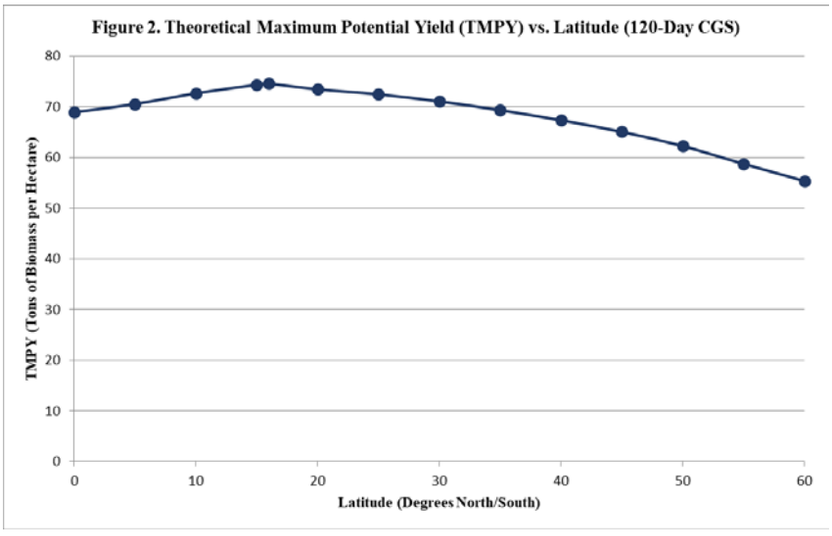
Latitude (ϕ)	Average Daily H_o (MJ/m^2)	Average Daily PAR_{max} (MJ/m^2)	Total PAR (MJ/m^2/CGS)	TMPY (t ha^{-1} season^{-1})
0°	35.39	11.97	1,437	69.0
16° (Peak)	38.25	12.94	1,553	74.6
20°	37.73	12.77	1,532	73.5
25°	37.17	12.58	1,509	72.5
35°	35.60	12.05	1,446	69.4
60°	28.44	9.62	1,155	55.4

การอภิปรายปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting

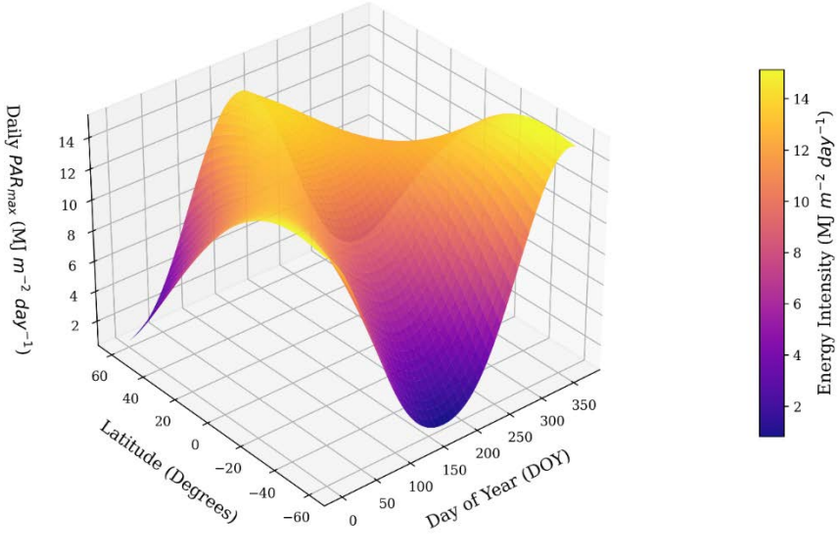
ผลการคำนวณในตารางที่ 1 และรูปแบบโค้งพาราโบลาในภาพที่ 2 เป็นการยืนยันถึงการมีอยู่ของปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting กลไกหลักทางฟิสิกส์ที่ขับเคลื่อนปรากฏการณ์นี้ เกิดจากการต้านทานกัน (Trade-off) ระหว่าง “ความเข้มแสง” และ “ระยะเวลาสะสมแสง” กล่าวคือ แม้บริเวณเส้นศูนย์สูตร (0°) จะได้รับความเข้มของแสงดวงอาทิตย์ต่อหน่วยพื้นที่สูงที่สุด แต่กลับถูกจำกัดด้วยความยาวนานของวัน (Daylength) ที่คงที่เพียงประมาณ 12 ชั่วโมงตลอดทั้งปี ในทางกลับกัน เมื่อขยับขึ้นไปที่บริเวณละติจูด 16° ถึง 20° (N/S) ในช่วงฤดูปลูก (ซึ่งเริ่มต้นในช่วงวันครีษมายันหรือวันเหมายัน) พื้นที่เหล่านี้จะได้รับประโยชน์จากความยาวนานของวันที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (มากกว่า 13 ชั่วโมงต่อวัน) เมื่อนำมาอินทิเกรตเพื่อหาผลรวมของการสะสมพลังงาน (Total PAR Integration) ตลอดระยะเวลา 120 วัน จึงส่งผลให้พลังงานแสงสะสมรวมมีค่าสูงกว่าที่เส้นศูนย์สูตรอย่างชัดเจน

เพื่ออธิบายกลไกทางฟิสิกส์ที่อยู่เบื้องหลังปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting ให้เห็นภาพชัดเจนยิ่งขึ้น ภาพที่ 3 แสดงการกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาแบบ 3 มิติของปริมาณรังสีแสงที่พืชใช้ได้สูงสุดรายวัน (PAR_{max}) ซึ่งสะท้อนถึงอิทธิพลของเรขาคณิตดวงอาทิตย์อย่างเป็นพลวัต พื้นผิวโค้ง (Surface plot) นี้แสดงให้เห็นถึง "เทือกเขาพลังงาน" ที่ไม่ได้แบนราบ แต่มีจุดยอด (Peak) อยู่ในช่วงกลางปี (รอบวันครีษมายัน) สำหรับซีกโลกเหนือ และช่วงปลายปี/ต้นปี (รอบวันเหมายัน) สำหรับซีกโลกใต้ การที่แบบจำลอง CS-PGM กำหนดให้ฤดูปลูก 120 วันเริ่มต้นในช่วงเวลาดังกล่าว จึงเปรียบเสมือนการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟในบริเวณที่สูงที่สุดของเทือกเขานี้ ซึ่งความกว้างของฐานเทือกเขา (ความยาวนานของวัน) ที่ละติจูด 16° ถึง 20° (N/S) มีอิทธิพลต่อการสะสมพลังงานรวมเหนือกว่าความเข้มแสงที่จุดศูนย์สูตรอย่างชัดเจน

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University



ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นของความสัมพันธ์ระหว่าง TMPY และละติจูด



ภาพที่ 3 การกระจายตัวเชิงพื้นที่และเวลาแบบ 3 มิติของปริมาณรังสีแสงที่พืชใช้ได้สูงสุดรายวัน (PAR_{max}) ตามละติจูดและวันของปี (DOY)

คุณค่าทางนวัตกรรมและการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิต

แบบจำลอง CS-PGM มีนวัตกรรมที่โดดเด่นในการสร้างเกณฑ์มาตรฐานเชิงบัญญัติ (Canonical Benchmark) ที่เป็นอิสระจากความผันผวนของสภาพอากาศจริง (Zero-External-Data) ทำให้สามารถกำหนดช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี (Theoretical Yield Gap: TYG) ได้อย่างแม่นยำ (Lobell, Cassman and Field, 2009) โดยคำนวณจากสมการ TYG = TMPY - Y_{actual} (เมื่อ Y_{actual} คือผลผลิตที่วัดได้จริงในพื้นที่)

เพื่อให้เห็นภาพการประยุกต์ใช้อย่างเป็นรูปธรรม เมื่อนำค่า TMPY สูงสุดที่คำนวณได้ (74.6 t ha^{-1}) ไปเปรียบเทียบกับสถิติผลผลิตจริงสูงสุดระดับโลก (World Record Yields) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเป็นตัวแทนของพืช C4 ที่มีประสิทธิภาพสูง พบว่าสถิติโลกปัจจุบันที่ปลูกภายใต้การจัดการเชิงประจักษ์ขั้นสูงในสภาพอากาศจริง มักจะให้ผลผลิตสูงสุดอยู่ที่ไม่เกิน 35-40 t ha^{-1} การเปรียบเทียบนี้สะท้อนให้เห็นว่า แม้จะมีการจัดการธาตุอาหารและระบบชลประทานอย่างสมบูรณ์แบบ แต่ผลผลิตจริงยังคงห่างจากเพดานทางฟิสิกส์สัมบูรณ์อยู่เกือบ 50% ช่องว่างขนาดใหญ่นี้ (TYG) อธิบายได้ด้วยการสูญเสียพลังงานจากการดูดกลืนและการกระเจิงของแสงโดยชั้นบรรยากาศ (Atmospheric transmittance loss) ที่เกิดจากเมฆและละอองลอยในสภาพแวดล้อมจริง รวมถึงขีดจำกัดในการกระจายแสงเข้าสู่ทรงพุ่มของพืช (Canopy light interception)

ข้อค้นพบนี้จึงถือเป็นเครื่องมือวินิจฉัยเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญ สำหรับผู้กำหนดนโยบายในการประเมินขีดจำกัดสูงสุดที่เป็นไปได้ของการผลิตอาหาร เพื่อประกอบการพิจารณาจัดสรรความสำคัญและการลงทุนในเทคโนโลยีการเกษตร เช่น การพัฒนาสภาพแวดล้อมควบคุม (Controlled Environment Agriculture) ให้เหมาะสมกับศักยภาพทางกลศาสตร์ท้องฟ้าในแต่ละพื้นที่

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาแบบจำลองเรขาคณิตการสังเคราะห์ด้วยแสงจากแสงอาทิตย์เชิงบัญญัติ (CS-PGM) ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดทางคณิตศาสตร์เชิงกำหนดที่ปราศจากการพึ่งพาข้อมูลสภาพอากาศจริง (Zero-External-Data) แบบจำลองดังกล่าวสามารถระบุเพดานทางฟิสิกส์สัมบูรณ์สำหรับศักยภาพผลผลิตพืช C4 บนโลกได้อย่างเป็นรูปธรรม ภายใต้ขอบเขตพื้นที่เพาะปลูกหลักของโลกตั้งแต่ละติจูด 0° ถึง 60° (N/S)

ผลการวิจัยหลักที่ได้จากการสอบเทียบอัลกอริทึมทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ดังนี้:

1. จุดสูงสุดเชิงทฤษฎี (Absolute Physical Ceiling): ค่าผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY) ที่สะสมตลอดฤดูปลูก 120 วัน มีค่าสูงสุดสัมบูรณ์อยู่ที่ 74.6 t ha^{-1} โดยจุดสูงสุดนี้ไม่ได้อยู่ที่เส้นศูนย์สูตร แต่เกิดขึ้นที่ละติจูด 16° (N/S) ซึ่งจัดเป็นเพดานผลผลิตชีวมวลทางอุณหพลศาสตร์ที่สูงที่สุดที่เป็นไปได้บนโลก

2. ปรากฏการณ์ Isophotic Peak Shifting: งานวิจัยยืนยันทางคณิตศาสตร์ว่า TMPY ที่ละติจูด 16° สูงกว่าที่เส้นศูนย์สูตร (0°) ซึ่งมีค่า 69.0 t ha-1 อยู่ประมาณ 8.1% ปรากฏการณ์นี้เป็นผลมาจากอิทธิพลของ “ความยาวนานของวัน” ในช่วงฤดูปลูก (ซึ่งเริ่มต้นในช่วงวันครีษมายันหรือวันเหมายัน) บริเวณละติจูด 16° ถึง 20° จะมีความยาวนานของวันเฉลี่ยที่สมดุลและเอื้อต่อการสะสมพลังงานแสงรวมตลอด 120 วัน ได้เหนือกว่าบริเวณเส้นศูนย์สูตรที่มีกลางวันยาวเพียง 12 ชั่วโมงคงที่

3. เกณฑ์มาตรฐานใหม่สำหรับการวิเคราะห์ช่องว่างผลผลิต: การใช้พารามิเตอร์เชิงบัญญัติ (เช่น $T_{total} \approx 0.72$ และ LUE_{max} = 4.8 g/MJ) ช่วยสร้างเกณฑ์มาตรฐานสากลที่เป็นอิสระจากสภาพอากาศจริง ทำให้สามารถนำค่า TMPY ไปประเมิน “ช่องว่างผลผลิตเชิงทฤษฎี (TYG)” เทียบกับผลผลิตจากฐานข้อมูลจริงได้อย่างแม่นยำ เพื่อแยกแยะข้อจำกัดทางสภาพแสงที่แก้ไขไม่ได้ ออกจากข้อจำกัดทางสภาพอากาศหรือการจัดการที่สามารถพัฒนาได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เพื่อขยายขอบเขตคุณค่าทางวิชาการและการประยุกต์ใช้แบบจำลอง CS-PGM งานวิจัยนี้มีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคตดังนี้:

1. การเปรียบเทียบเชิงวิเคราะห์กับฐานข้อมูลผลผลิตจริง (Empirical Yield Comparison) ควรมีการวิจัยต่อยอดโดยนำค่า TMPY ที่คำนวณได้ ไปเปรียบเทียบเชิงวิเคราะห์กับสถิติผลผลิตจริงระดับโลก (World Record Yields) หรือค่า Yield Potential (Yp) จากแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์จริง (Global Radiation) ในพื้นที่ละติจูดต่าง ๆ เพื่อประเมิน “ขนาดของการสูญเสียศักยภาพผลผลิตจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Loss)” เช่น อิทธิพลของความหนาแน่นของเมฆและฝุ่นละอองในแต่ละภูมิภาค

2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์เชิงบัญญัติ (Sensitivity Analysis) ควรมีการศึกษาความอ่อนไหวของแบบจำลองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่เชิงบัญญัติ (โดยเฉพาะค่า LUE_{max}) เพื่อรองรับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพและพันธุวิศวกรรมของพืชในอนาคต ที่อาจเพิ่มขีดความสามารถในการแปลงพลังงานแสงให้สูงทะลุขีดจำกัดเดิม

3. การประยุกต์ใช้เชิงยุทธศาสตร์และการกำหนดนโยบาย เสนอให้ใช้ CS-PGM เป็นเครื่องมือพื้นฐานในการวางแผนยุทธศาสตร์ความมั่นคงทางอาหารระดับชาติหรือระดับโลก โดยชี้เป้าหมายการลงทุนด้านเทคโนโลยีการเกษตรขั้นสูง (เช่น ระบบชลประทานอัจฉริยะ หรือโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม) ไปยังเขตละติจูด 15° ถึง 20° (N/S) เป็นลำดับแรก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพแฝงทางกลศาสตร์ท้องฟ้า (Theoretical Return on Light) สูงที่สุดในการผลิตชีวมวล

จริยธรรมการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคณิตศาสตร์และแบบจำลอง (Mathematical and Modeling Research) ซึ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองเชิงกำหนด (Deterministic Model) โดยใช้หลักการทางกลศาสตร์ท้องฟ้าและค่าคงที่ทางชีวฟิสิกส์เชิงบัญญัติ (Canonical Constants) เป็นหลักในการคำนวณ ผลผลิตศักยภาพสูงสุดเชิงทฤษฎี (TMPY) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึง ไม่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในมนุษย์ สัตว์ หรือการทดลองภาคสนามที่มีความเสี่ยงต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

การใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยขอเปิดเผยว่าได้มีการใช้เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (AI tools) เพื่อสนับสนุนงานเขียนบทความนี้ บทบาทของ AI เครื่องมือปัญญาประดิษฐ์ (เช่น Google Gemini หรือ Grammarly) ถูกใช้ในบทบาทสนับสนุนด้านภาษาอังกฤษเท่านั้น โดยเน้นการปรับปรุงสำนวนและกระชับเนื้อหาในส่วนบทคัดย่อ ไวยากรณ์ภาษาอังกฤษ การแปลบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษและการปรับปรุงความชัดเจนของภาษาอังกฤษ (Language Refinement) ผู้นิพนธ์เป็นผู้รับผิดชอบต่อความถูกต้องของข้อมูล การวิเคราะห์ และข้อสรุปทางวิชาการทั้งหมดในบทความนี้

References

Duffie, J. A. and Beckman, W. A. (2013). **Solar engineering of thermal processes**. John Wiley & Sons.

Gueymard, C. A. (2003). Direct solar transmittance and irradiance predictions with broadband models. Part I: detailed theoretical performance assessment. **Solar Energy**, 74(5), 355-379.

Holzworth, D. P., Huth, N. I., deVoil, P. G., Zurcher, E. J., Herrmann, N. I., McLean, G., Chenu, K., Van Oosterom, E. J., Snow, V., Murphy, C., Moore, A. D., Brown, H., Whish, J. P. M., Verrall, S., Fainges, J., Bell, L. W., Peake, A. S., Poulton, P. L., Hochman, Z., Thorburn, P. J., Gaydon, D. S., Dalgliesh, N. P., Rodriguez, D., Cox, H., Chapman, S., Doherty, A., Teixeira, E., Sharp, J., Cichota, R., Vogeler, I., Li, F. Y., Wang, E., Hammer, G. L., Robertson, M. J., Dimes, J. P., Whitbread, A. M., Hunt, J., Van Rees, H., McClelland, T., Carberry, P. S., Hargreaves, J. N. G., MacLeod, N., McDonald, C., Harsdorf, J., Wedgwood, S. and Keating, B. A. (2014). APSIM–evolution towards a new generation of agricultural systems simulation. **Environmental Modelling & Software**, 62, 327-350.

Jones, J. W., Hoogenboom, G., Porter, C. H., Boote, K. J., Batchelor, W. D., Hunt, L. A., Wilkens, P. W., Singh, U., Gijsman, A. J. and Ritchie, J. T. (2003). The DSSAT cropping system model. **European journal of agronomy**, 18(3-4), 235-265.

Lobell, D. B., Cassman, K. G. and Field, C. B. (2009). Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. **Annual review of environment and resources**, 34, 179-204.

Long, S. P., Zhu, X. G., Naidu, S. L. and Ort, D. R. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields?. **Plant, Cell & Environment**, 29(3), 315-330.

Loomis, R. S. and Amthor, J. S. (1999). Yield potential, plant assimilatory capacity, and metabolic efficiencies. **Crop Science**, 39(6), 1584-1596.

McCree, K. J. (1972). The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. **Agricultural Meteorology**, 9, 191–216.

Monteith, J. L. (1977). Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical transactions of the royal society of London. B, Biological Sciences**, 281(980), 277-294.

Slattery, R. A. and Ort, D. R. (2015). Photosynthetic energy conversion efficiency: setting the baseline for gauging future improvements in important food and biofuel crops. **Plant Physiology**, 168(2), 383-392.

Van Ittersum, M. K., Leffelaar, P. A., Van Keulen, H., Kropff, M. J., Bastiaans, L. and Goudriaan, J. (2003). On approaches and applications of the Wageningen crop models. **European journal of agronomy,** 18(3-4), 201-234.

Van Wart, J., Van Bussel, L. G. J., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N. D., Claessens, L., Van Ittersum, M. K. and Cassman, K. G. (2013). Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. **Field crops research**, 143, 44-55.

Zelitch, I. (1992). Control of plant productivity by regulation of photorespiration. **BioScience**, 42(7), 510-516.

Zhu, X. G., Long, S. P. and Ort, D. R. (2010). Improving photosynthetic efficiency for greater yield. **Annual review of plant biology**, 61(1), 235-261.

JSSE
JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University
Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 170 - 181
http://doi.org/10.14456/jsse.2026.14

Research Article in Science

Lie Structure and Finite-Dimensional Simple Poisson Modules of two Poisson Algebras

Sirikorn Sonsura[1] and Nongkhran Sasom[2,*]

[1]Mathematics Program, Department of mathematics and Digital Technology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani

[2]Department of mathematics and Digital Technology, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, Ubon Ratchathani

**Email:nongkhran.s@ubu.ac.th*

Received <20 Nov. 2026>; Revised <30 Mar. 2026>; Accepted <30 Mar. 2026>

Abstract

This research classifies all finite-dimensional simple Poisson modules for two distinct Poisson algebras, $A = \mathbb{C}[x, y, z]$ and $\mathrm{B} = \mathbb{C}[\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}]$, defined over the complex field $\mathbb{C}$. The Poisson brackets are explicitly defined as: A: $\{x, y\} = xy - x - y, \{y, z\} = yz - y - z, \{z, x\} = xz - x - z$ and B: $\{x, y\} = z^2 - 1$, $\{y, z\} = x$, $\{z, x\} = y$. Applying Jordan's classification framework (2010), we identify the Poisson maximal ideals, J, for both A and B, and analyze the structure of the associated Lie algebras, $\mathcal{g}(J) = J/J^2$. We establish that Poisson algebras, A and B, admit exactly two Poisson maximal ideals, which are J_1 and J_2. Crucially, we prove that for all four cases, the associated Lie algebras $\mathcal{g}(J_i) = J_i/J_i^2$, $i = 1,2$, are three-dimensional and isomorphic to the special linear algebra $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$. Consequently, utilizing the well-known representation theory of $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$, we show that the finite-dimensional simple Poisson modules of both A and B consist of two infinite families. For every dimension $d \geq 1$, there exists exactly one $d-$ dimensional simple Poisson module (up to isomorphism) annihilated by J_1 and one by J_2.

Keywords: Poisson algebras; Poisson ideal; Poisson maximal ideal; Derived algebra; Poisson modules

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์

โครงสร้างลีและมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวมีมิติจำกัดบนพีชคณิตพัวส์ซองสองชนิด

สิริกร สอนสุระ[1] และ นงคราญ สระโสม[2,*]

[1]หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

[2]ภาควิชาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

**Email: nongkhran.s@ubu.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการจำแนกมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวมิติจำกัดทั้งหมดบนพีชคณิตพัวส์ซองสองชนิดที่แตกต่างกันคือ $A = \mathbb{C}[x, y, z]$ และ $\mathrm{B} = \mathbb{C}[\mathrm{x}, \mathrm{y}, \mathrm{z}]$ ซึ่งนิยามบนฟิลด์จำนวนเชิงซ้อน $\mathbb{C}$ โดยวงเล็บพัวส์ซองได้ให้นิยามไว้อย่างชัดเจนดังนี้ สำหรับพีชคณิตพัวส์ซอง A: $\{x, y\} = xy - x - y, \{y, z\} = yz - y - z, \{z, x\} = xz - x - z$ และ B: $\{x, y\} = z^2 - 1$, $\{y, z\} = x, \{z, x\} = y$ โดยการประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดการจำแนกของจอร์แดน (2010) เราได้ระบุไอดีลพัวส์ซองใหญ่ที่สุด J ของพีชคณิตพัวส์ซองทั้งสองชนิด พร้อมทั้งวิเคราะห์โครงสร้างของพีชคณิตลีที่เกี่ยวข้องคือ $\mathfrak{g}(J) = J/J^2$ ผลการวิจัยพบว่าพีชคณิตพัวส์ซอง A และ B ต่างมีไอดีลพัวส์ซองใหญ่ที่สุดสองค่าคือ J_1 และ J_2 ยิ่งไปกว่านั้นเราสามารถพิสูจน์ได้ว่าทั้งสี่กรณีพีชคณิตลี $\mathfrak{g}(J_i) = J_i/J_i^2, i = 1,2,$ ที่เกี่ยวข้องจะมีมิติเท่ากับ 3 และสมสัณฐานกับพีชคณิตลีเชิงเส้นพิเศษ $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ ด้วยเหตุนี้เมื่อประยุกต์ใช้กับทฤษฎีการแทนที่รู้จักกันดีของ $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ จึงแสดงให้เห็นว่ามอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวมิติจำกัดของทั้งสองพีชคณิตพัวส์ซอง A และ B ประกอบด้วยชุดที่เป็นอนันต์จำนวนสองชุด กล่าวคือสำหรับทุกมิติ $d \geq 1$ จะมีมอดูลพัวส์ซองเชิงเดียวมิติจำกัด d เพียงหนึ่งเดียวภายใต้การสมสัณฐานที่ถูกทำให้เป็นศูนย์โดย J_1 และอีกหนึ่งมอดูลที่ถูกให้เป็นศูนย์โดย J_2

คำสำคัญ: พีชคณิตพัวส์ซอง; ไอดีลพัวส์ซอง; ไอดีลพัวส์ซองใหญ่ที่สุด; พีชคณิตอนุพันธ์; มอดูลพัวส์ซอง

ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

Introduction

A Poisson algebra A is a commutative $\mathbb{C}$-algebra equipped with a Lie bracket $\{-,-\}$ satisfying the Leibniz rule: $\{ab,c\} = a\{b,c\} + \{a,c\}b$ for all $a,b,c \in A$. The bracket $\{-,-\}$ is then called a Poisson bracket. Poisson algebras play a central role in both algebraic structures and mathematical physics, as they unify commutative algebra and Lie theory in a single framework. Poisson modules, defined as modules compatible with both algebraic and Lie operations, provide further insight into the representation theory of these algebras.

The study of Poisson modules has gained significant attention in recent years due to its profound connections with various areas of mathematics and theoretical physics, particularly in deformation quantization and the representation theory of non-commutative algebras. A fundamental problem in this field is the classification of finite-dimensional simple Poisson modules over affine Poisson algebras. Early approaches by Sasom (2006) and Chen (2019) utilized direct methods for such classifications. Subsequently, the seminal work of Jordan (2010) established a systematic framework using the associated Lie algebras of Poisson maximal ideals. This breakthrough allowed researchers to explore diverse Poisson structures; for instance, Chansuriya and Fongchanta (2022) as well as Sasom and Changtong (2023) demonstrated that even slight modifications to the Poisson bracket can lead to significantly different Lie structures and module dimensions. Additionally, Xia and Lie (2022) extended representation theory into GIM Lie algebras, revealing structural constraints where non-trivial finite-dimensional simple modules do not exist in higher dimensions.

Moreover, several studies have contributed to the theory of Poisson modules. Oh (1999) introduced the notion of Poisson enveloping algebras, while Farkas (2000) investigated module structures for Poisson algebras. A significant development was made by Jordan (2010), who provided a systematic classification of finite-dimensional simple Poisson modules and established a direct relationship between Poisson maximal ideals and Lie modules.

Building on this framework, Changtong and Sasom (2018) as well as Sasom and Changtong (2023) studied specific Poisson algebras, successfully classifying their finite-dimensional simple Poisson modules. In particular, for a Poisson algebra $A' = \mathbb{C}[x,y,z]$, Changtong and Sasom (2018) revealed that for one of its maximal ideals, J_1, the simple Poisson modules were restricted to be one-dimensional. The result suggests that the Lie algebra structure $\mathcal{g}(J) \coloneqq J/J^2$ of A was likely simple or abelian. However, minor alterations to the Poisson bracket can drastically change the $\mathcal{g}(J)$ structure.

The aim of this study is to classify the modules for two new Poisson algebras, A and B. We demonstrate that the associated Lie algebras for both algebras are isomorphic to the simple Lie algebra $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$. The crucial finding leads to a complete classification where simple modules exist in all dimensions $d \geq 1$, thus revealing a more complex and complete representation structure for this class of Poisson algebras compared to the previously studied A.

Preliminaries

This section contains some of the materials that will be used throughout this work. The main topics are Lie algebras Dixmier (1996), Derived algebras, Low-dimensional Lie algebras modules Erdmann and Wildon (2006) and Humphreys (1972), Poisson algebras and Poisson and Jordan's result shown in Jordan (2010).

Lie algebras

We begin by recalling the definition of a Lie algebra which leads to the definition of a Poisson algebra. Lie algebra arise as a vector space of linear transformations endowed with a new operation which is general neither commutative nor associative denoted by $[x,y] = xy - yx$ and called the Lie bracket or commutator of x and y.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Definition 1. Let F be a field. A **Lie algebra** over F is an F–vector space L, together with a bilinear map, the Lie bracket $[-,-]: L \times L \longrightarrow L$ given by $(x, y) \mapsto [x, y]$ satisfying the following properties:

1) $[x, x] = 0$ for all $x \in L$,
2) $[x, [y, z]] + [y, [z, x]] + [z, [x, y]] = 0$ for all $x, y, z \in L$.

Axiom 2) is called the **Jacobi identity**. A Lie algebra **commutative** if $[x, y] = 0$ for all $x, y \in L$.

Definition 2. Let L be a Lie algebra. A subspace K of L is called a **Lie subalgebra** if $[x, y] \in K$ for all $x, y \in K$.

Definition 3. A subspace I of a Lie algebra L is called a **Lie ideal** of L if for all $x \in L,\ y \in I,\ [x, y] \in I$.

Definition 4. Let L and M be Lie algebras and a **Lie algebra homomorphism** is a linear map between to Lie algebras L and M such that it is compatible with the Lie bracket:

$$\theta: L \to M \text{ and } \theta([x, y]) = [\theta(x), \theta(y)] \text{ for all } x, y \in L.$$

Definition 5. A Lie algebra L is called **irreducible** if the only ideals in L are L and $\{0\}$. A Lie algebra L is called **simple** if it is irreducible and $\dim L \geq 2$.

Example 6. The Lie algebra $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ is identified with the Lie algebra of 2×2 matrices. We defined the following three elements

$$e = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad f = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ and } \quad h = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$$

as a basis. The Lie products among e, f, and h are given by

$$[e, f] = h, \ [h, e] = 2e \text{ and } [h, f] = -2f.$$

It is well known that the Lie algebra $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ is 3-dimensional.

Proposition 7. (Hall, 2015) The Lie algebra $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$ is simple.

Derived algebras

The derived algebra is one of the tools to investigate the results. Let I and J be ideals of a Lie algebra L, we define a product of ideals $[I, J]$ to be the span of the commutators of elements of I and J.

Definition 8. Let L be a Lie algebra over the complex field $\mathbb{C}$. The **derived algebra** (or **commutator algebra**) of L, denoted by $[L, L]$, is defined as the subspace of L is generated by all Lie brackets of elements of L. That is,

$$[L, L] \coloneqq \text{Span}\{[x, y]: x, y \in L\}.$$

Evidently, L is **commutative** if and only if $[L, L] = 0$. Note that a one-dimensional Lie algebra is necessary commutative since $[ax, bx] = 0$ for all $x \in L$ and all scalars a and b.

Example 9. Let $\mathfrak{gl}(n,F)$ be the set of $n \times n$ matrices over a field F and $\mathfrak{sl}(\mathrm{n},\mathbb{C})$ be the subspace of $\mathfrak{gl}(n,F)$ consisting of all matrices of traces 0. Recall that the trace of a square matrix is the sum of its diagonal entries. Then $[\mathfrak{gl}(n,F),\ \mathfrak{gl}(n,F)] = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$ and $[\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C}),\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})] = \mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.
The following theorem is very useful for classifying the finite-dimensional simple Lie algebras.

Theorem 10. (Erdmann and Wildon, 2006) Suppose that L is a 3-dimensional complex Lie algebra such that $[L,L] = L$. Then $L \cong \mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.

Poisson Algebras and Poisson modules

In this section, we present definition of Poisson algebras, Poisson modules and a Lie algebra J/J^2, where J is a Poisson maximal ideal.

Definition 11. Let A be a commutative algebra over the complex field $\mathbb{C}$. A **Poisson bracket** on A is a Lie algebra bracket $\{-,-\}$ satisfying the Leibniz rule:

$$\{\mathrm{ab},\mathrm{c}\} = \mathrm{a}\{\mathrm{b},\mathrm{c}\} + \{\mathrm{a},\mathrm{c}\}\mathrm{b} \quad \text{for all } a,b,c \in A.$$

The pair $(\mathrm{A},\{-,-\})$ is called a **Poisson algebra.**

Definition 12. Let A be a Poisson algebra over the complex field $\mathbb{C}$. A subspace B of A is a **Poisson subalgebra** of A if B is closed under both associative multiplication and the Poisson bracket of A, that is, for all $b,c \in B$, $xy \in B$ and $\{b,c\} \in B$.

Definition 13. An ideal I of a Poisson algebra A is called a **Poisson ideal** if $\{i,a\} \in I$ for all $i \in I$ and all $a \in A$. If I is a Poisson ideal of A then the quotient A/I becomes a Poisson algebra with the operation defined by:

$$\{a+I, b+I\} = \{a,b\} + I$$

for all $a,b \in A$.
A Poisson algebra A is said to be **simple** if its only Poisson ideals are 0 and A.

Definition 14. A Poisson ideal I of a Poisson algebra A is called a **maximal Poisson ideal** if J is a Poisson ideal and $I \subsetneq J$ then $I = A$. An ideal I of a Poisson algebra A is said to be a **Poisson maximal ideal** if I is a maximal ideal of A and also a Poisson ideal.

Theorem 15. (Sharp, 2000) (Hilbert's Nullstellensatz Theorem) Let $\mathbb{F}[x_1, x_2, \dots, x_n]$ be such that polynomial ring over a field $\mathbb{F}$ in the indeterminates $x_1, x_2, \dots, x_n$. The ideal M is a maximal ideal if and only if there exist $a_1, a_2, \dots, a_n$ such that

$$M = (x_1 - a_1, x_2 - a_2, \dots, x_n - a_n).$$

Next, we present the definition of Poisson module. There is more than one definition of Poisson module in the literature. We shall use the one introduced by Farkas (2000).

Definition 16. Let A be a commutative Poisson algebra with Poisson bracket $\{-,-\}$. An A-module M is a ***Poisson A-module*** if there is a bilinear form $\{-,-\}_M : A \times M \to M$ such that the following axioms hold for all $a,b \in A$ and all $m \in M$:

(i) $\{a,bm\}_M = \{a,b\}\,m + b\{a,m\}_M$;

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

(ii) $\{ab, m\}_M = a\{b, m\}_M + b\{a, m\}_M$;

(iii) $\{\{a, b\}, m\}_M = \{a, \{b, m\}_M\}_M - \{b, \{a, m\}_M\}_M$.

A submodule N of a Poisson module M is called a **Poisson submodule** if $\{a, n\}_M \in N$ for all $a \in A$ and $n \in N$.

Definition 17. Let N be a left module over a ring R. Give any subset $X \subseteq N$, the **annihilator** of X is the set $ann_R(X) = \{r \in R : rx = 0$ for all $x \in X\}$, which is a left ideal of R.

Definition 18. Let M be a Poisson module over a Poisson algebra A and let $S \subseteq M$. In the module sense, we denote the annihilator of S in A by

$$ann_A(S) = \{r \in A : rx = 0 \text{ for all } x \in S\}$$

and we denote the Poisson annihilator of S in A by

$$Pann_A(S) = \{a \in A : \{a, m\}_M = 0 \text{ for all } m \in S\}.$$

Lemma 19. (Jordan, 2010) Let A be a Poisson algebra and M be a Poisson A-module. Let $J = ann_A(M)$. Then

1. J is a Poisson ideal of A.
2. If M is a finite-dimensional simple Poisson module then J is a Poisson maximal ideal of A.
3. $\mathbb{C} + J^2 \subseteq Pann_A M$.

Definition 20. Let L and M be Poisson algebras. An algebra homomorphism θ between Poisson algebras L and M is a **Poisson homomorphism** if it is also a Lie homomorphism.

Definition 21. An algebra homomorphism between two Poisson algebras is a **Poisson isomorphism** if it is a bijective Poisson homomorphism. Two Poisson brackets on the same algebra A are **equivalent** if the corresponding Poisson algebras are isomorphic. Let $(R, \{-,-\})$ be a Poisson algebra. We say that a $\mathbb{C}$-algebra automorphism $\theta: R \to R$ is a **Poisson automorphism** if for all $x, y \in R$, $\theta(\{x, y\}) = \{\theta(x), \theta(y)\}$. Poisson automorphisms can be used to twist the module structures of a Poisson modules, as specified in the following theorem.

Definition 22. Let L and M be Poisson A-modules. A **Poisson module homomorphism** $\theta: L \to M$ is an A-module homomorphism such that $\theta(\{a, m\}_L) = \{a, \theta(m)\}_M$ for all $a \in A$ and $m \in M$. If a map θ is bijective then $\theta^{-1}: M \to L$ is also Poisson module homomorphism and θ is a Poisson module isomorphism.

Remarks 23. If $\theta: A \to B$ is a homomorphism of Lie algebras and M is a B-module then there is an A-module M^θ such that $M = M^\theta$, as a set, and $[a, m]_{M^\theta} = [\theta(a), m]_M$ for all $a \in A$ and all $m \in M$.

Lie algebra J/J^2 where J is a Poisson maximal ideal

Let A be Poisson algebra and let I and J be Poisson ideals of A. Then IJ is a Poisson ideal of A. Of course I and J are Lie subalgebras of A under the Poisson bracket $\{-,-\}$. If $I \subseteq J$, then I is a Lie ideal of J

and the quotient space J/I carries a Lie algebra structure. In particular, the quotient J/J^2 is always a Lie algebra, which we denoted by $\mathcal{g}(J) \coloneqq J/J^2$.

A natural approach to constructing Poisson modules is as follows: let I and J are Poisson ideals of a Poisson algebra A such that $I \subseteq J$, the quotient space J/I become a Poisson A/J-module with the Poisson bracket is denoted by $\{a, j+I\}_{J/I} = \{a,j\}_J + I$, for $a \in A$ and $j \in J$. It can be verified that this operation is well-defined and satisfies all Poisson module axioms. Under this construction, $\mathcal{g}(J) = J/J^2$ also carries a Lie algebra structure. Since every Poisson A/J-submodule of $\mathcal{g}(J)$ is a Lie ideal, it follows that if $\mathcal{g}(J)$ is simple as a Lie algebra, it is also simple as a Poisson module. Furthermore, if A is an affine Poisson algebra and J is a Poisson maximal ideal such that $A/J \cong \mathbb{C}$, the converse also holds because every Lie ideal of $\mathcal{g}(J)$ is then a Poisson A/J-submodule. We recall that an affine Poisson algebra is a Poisson algebra that is finitely generated as a $\mathbb{C}-$ algebra.

The following result by Jordan (2010) provides a fundamental framework for determining the finite-dimensional simple Poisson modules over any affine Poisson algebra. We utilize this theorem as a primary tool to investigate our main research problems. Specifically, the theorem establishes a one-to-one correspondence between finite-dimensional simple Poisson modules and finite-dimensional simple modules over a certain Lie algebra.

Theorem 24. (Jordan, 2010) Let A be an affine generated Poisson algebra.

(i) Let M be a finite-dimensional simple Poisson A -module and let $J = ann_A(M)$. There is a simple modules M^* for the Lie algebra $\mathcal{g}(J)$ such that $M^* = M$, as $\mathbb{C}$-vector space, and $[j + J^2, m]_{M^*} = \{j, m\}_M$ for all $j \in J$ and $m \in M$.

(ii) Let J be a Poisson maximal ideal of A and let N be a finite-dimensional simple $\mathcal{g}(J)$-module. There exists a simple Poisson A-module N' and a Lie homomorphism $\theta: A \to \mathcal{g}(J)$ such that $N' = N^\theta$ as a Lie module over A and $J = ann_A(N')$.

(iii) For all finite-dimensional simple Poisson modules M, $M^{*\prime} = M$. For all Poisson maximal ideals J of A and all finite-dimensional simple $\mathcal{g}(J)$-modules N, $N'^* = N$.

(iv) The procedure in (i) and (ii) establish a bijection Γ from the set of isomorphism classes of finite-dimensional simple Poisson module over A to the set of pairs $(J, \widehat{N})$, where J is a Poisson maximal ideal of A, N is a finite-dimensional simple $\mathcal{g}(J)$-module and $\widehat{N}$ is the isomorphism class of N, given by $\Gamma(\widehat{M}) = (ann_A(M),\ \widehat{M^*})$ where $\widehat{M}$ is isomorphism class of M and $\widehat{M^*}$ is isomorphism class of M^*.

Based on this correspondence, the classification of simple Poisson module for algebras A and B is achieved by identifying their Poisson maximal ideals and analyzing the associated Lie algebra structures, as presented in the following sections.

Results

In this section, we present the main results of this study, focusing on the determination of Poisson maximal ideals and the classification of their corresponding Lie algebras.

Theorem 25. Let $A = \mathbb{C}[x, y, z]$ be a commutative polynomial algebra generated by x, y, z. There are Poisson brackets on A given by

$$\{y, z\}_f = \frac{\partial f}{\partial x},\ \ \{x, y\}_f = \frac{\partial f}{\partial z}\ ,\ \ \{z, x\}_f = \frac{\partial f}{\partial y},$$

determined by polynomial functions $f \coloneqq f(x, y, z) = xyz - xy - yz - zx \in A$ defined as follows;

$$\{x, y\} = xy - x - y,\ \ \{y, z\} = yz - y - z, \text{ and } \{z, x\} = xz - x - z.$$

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Proof. Let $f = xyz - xy - yz - zx \in A$ be the polynomial in A. Then the Poisson exact bracket are:

$$\{x, y\} = \frac{\partial f}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z}(xyz - xy - yz - zx) = xy - x - y,$$
$$\{y, z\} = \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(xyz - xy - yz - zx) = yz - y - z,$$
$$\{z, x\} = \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y}(xyz - xy - yz - zx) = xz - x - z,$$

Hence, these are the Poisson brackets on A :

$$\{x, y\} = xy - x - y, \quad \{y, z\} = yz - y - z, \text{ and } \{z, x\} = xz - x - z.$$

In the next lemma, we find the Poisson maximal ideals of A for this Poisson bracket.

Lemma 26. In the above Poisson algebra A, there are only two Poisson maximal ideals of A which are the followings:

$$J_1 = xA + yA + zA \text{ and } J_2 = (x-2)A + (y-2)A + (z-2)A.$$

Proof. Let J be a Poisson maximal ideal of A. Since A is a commutative polynomial ring over the complex field $\mathbb{C}$, by Theorem 15, $J = (x - a, y - b, z - c)$ for suitable $a, b, c \in \mathbb{C}$. As J is a Poisson ideal, we have $\{x, J\} \in J$, $\{y, J\} \in J$, and $\{z, J\} \in J$. Observe that

$$yx - x - y = \{x, y\} = \{x, y - b\} \in J,$$
$$zy - z - y = \{y, z\} = \{y, z - c\} \in J,$$
$$xz - x - z = \{z, x\} = \{z, x - a\} \in J.$$

Then $ab - a - b = 0$, $bc - b - c = 0$, and $ac - a - c = 0$. This implies $ab - a - b + 1 = 1$ and so $(a-1)(b-1) = 1$. Similarly, we obtain $(a-1)(c-1) = 1$ and $(b-1)(c-1) = 1$. Thus $(a-1) = (b-1) = (c-1) = 1$ or $(a-1) = (b-1) = (c-1) = -1$. If $(a-1) = (b-1) = (c-1) = 1$ then $a = b = c = 2$, and if $(a-1) = (b-1) = (c-1) = -1$, we obtain $a = b = c = 0$. Therefore there are only two Poisson maximal ideals:

$$J_1 = xA + yA + zA \text{ and } J_2 = (x-2)A + (y-2)A + (z-2)A.$$

Theorem 27. The Lie algebra $\mathcal{g}(J_1)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$, where $J_1 = xA + yA + zA$ the Poisson maximal ideal of A.

Proof. For $J_1 = xA + yA + zA$, we consider the associated Lie algebra $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$. In A, the Poisson brackets are given by

$$\{x, y\} = xy - x - y,$$
$$\{y, z\} = yz - y - z,$$
$$\{z, x\} = xz - x - z.$$

The Lie algebra $\mathcal{g}(J_1)$ has a basis consisting of the images of x, y, z denoted by $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$. Since $x, y, z \in J_1$, we have $xy, yz, zx \in J_1^2$. Therefore, in the quotient $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$, these quadratic terms vanish. The Lie brackets in $\mathcal{g}(J_1)$ are thus computed as

$$[\bar{x}, \bar{y}] = -\bar{x} - \bar{y},$$
$$[\bar{y}, \bar{z}] = -\bar{y} - \bar{z},$$
$$[\bar{z}, \bar{x}] = -\bar{z} - \bar{x}.$$

Next, we show that $[\bar{x}, \bar{y}]$, $[\bar{y}, \bar{z}], [\bar{z}, \bar{x}]$ are linearly independent. Let a, b, c be such that $a[\bar{x}, \bar{y}] + b[\bar{y}, \bar{z}] + c[\bar{z}, \bar{x}] = 0$. Substituting the Lie brackets, we obtain $a(-\bar{x} - \bar{y}) + b(-\bar{y} - \bar{z}) + c(-\bar{z} - \bar{x}) = 0$, which simplifies to $(-a - c)\bar{x} + (-a - b)\bar{y} + (-b - c)\bar{z} = 0$. Since $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$ are linearly independent, it follows that $a = b = c = 0$, confirming the linearly independence of the brackets. Therefore $[\mathcal{g}(J_1), \mathcal{g}(J_1)] = span\{[\bar{x}, \bar{y}], [\bar{y}, \bar{z}], [\bar{z}, \bar{x}]\}$ is 3-dimensional and $[\bar{x}, \bar{y}]$, $[\bar{y}, \bar{z}], [\bar{z}, \bar{x}]$ are linearly independent. Consequently, $\mathcal{g}(J_1)$ is a 3-dimensional Lie algebra, implying that the derived algebra $[\mathcal{g}(J_1), \mathcal{g}(J_1)] = \mathcal{g}(J_1)$. By Theorem 10, $\mathcal{g}(J_1)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$.

Theorem 28. The Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$, where $J_2 = (x - 2)A + (y - 2)A + (z - 2)A$ is the Poisson maximal ideal of A.

Proof. For $J_2 = (x - 2)A + (y - 2)A + (z - 2)A$, we consider the associated Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)$. Let $u = x - 2$, $v = y - 2$ and $w = z - 2$. Then $J_2 = uA + vA + wA$. In A, we compute the Poisson brackets as follows $\{u, v\} = \{x - 2, y - 2\} = \{x, y\} = xy - y - x = (u + 2)(v + 2) - (u + 2) - (v + 2) = uv + u + v$. Similarly, $\{v, w\} = vw + v + w$, and $\{w, u\} = uw + u + w$. The Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)$ has a basis consisting of the images of $u, v,$ and w, denoted by $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$. Since $u, v, w \in J_2$, their products $uv, vw, uw \in J_2^2$ and thus vanish in the quotient $\mathcal{g}(J_2)$. The Lie brackets in $\mathcal{g}(J_2)$ are

$$[\bar{u}, \bar{v}] = \bar{u} + \bar{v}, \qquad [\bar{v}, w] = \bar{v} + \bar{w}, \qquad [\bar{w}, \bar{u}] = \bar{u} + \bar{w}.$$

To verify linear independence, let $a, b, c \in \mathbb{C}$ be such that $a[\bar{u}, \bar{v}] + b[\bar{v}, \bar{w}] + c[\bar{w}, \bar{u}] = 0$. Substituting the Lie brackets, we obtain $a(\bar{u} + \bar{v}) + b(\bar{v} + \bar{w}) + c(\bar{u} + \bar{w}) = 0$, which simplifies to $(a + b)\bar{u} + (a + b)\bar{v} + (b + c)\bar{w} = 0$. Since $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ are linearly independent, we have $a + b = 0, a + b = 0$ and $b + c = 0$, it follows that $a = b = c = 0$. Therefore the derived algebra $[\mathcal{g}(J_2), \mathcal{g}(J_2)] = span\{[\bar{u}, \bar{v}], [\bar{v}, \bar{w}], [\bar{w}, \bar{u}]\}$ is 3-dimesional and $[\bar{u}, \bar{v}], [\bar{v}, \bar{w}], [\bar{w}, \bar{u}]$ are linearly independent. This implies that the derived algebra $[\mathcal{g}(J_2), \mathcal{g}(J_2)] = \mathcal{g}(J_2)$. Since $\mathcal{g}(J_2)$ is a 3-dimensional complex Lie algebra, it follows from Theorem 10 that $\mathcal{g}(J_2)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$.

Corollary 29. The finite-dimensional simple Poisson modules of the Poisson algebra A are classified by the finite-dimensional simple modules of the Lie algebra $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$. Consequently, for every dimension $d \geq 1$, there exists exactly two non-isomorphic simple Poisson modules of dimension d (one for each Poisson maximal ideal J_1 and J_2).

Proof. By Theorem 24, each finite-dimensional simple Poisson module is determined by a Poisson maximal ideal together with a finite-dimensional simple module over the associated Lie algebra. Since both J_1 and J_2 yield Lie algebras isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$, the classification of finite-dimensional simple modules over A reduces to the well-known representation theory of $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Theorem 30. Let $B = \mathbb{C}[x, y, z]$ be a commutative polynomial algebra generated by x, y, z. There are Poisson brackets on B defined by polynomial $f(x, y, z) = \frac{x^2}{2} + \frac{y^2}{2} + \frac{z^3}{3} - z$,

$$\{y, z\}_f = \frac{\partial f}{\partial x}, \quad \{x, y\}_f = \frac{\partial f}{\partial z}, \quad \{z, x\}_f = \frac{\partial f}{\partial y}, \text{ and so}$$

$$\{x, y\} = z^2 - 1, \quad \{y, z\} = x, \text{ and } \{z, x\} = y.$$

Then B is a Poisson algebra.

Proof. It is straightforward to verify that the bracket defined above is bilinear and antisymmetric. Direct computation shows that the Jacobi identity $\{x, \{y, z\}\} + \{y, \{z, x\}\} + \{z, \{x, y\}\} = 0$ holds. Furthermore, the Leibniz rule holds because the bracket is extended as a derivation from its values on the generators. That is, for each fixed $f \in B$, the map $g \mapsto \{f, g\}$ is a derivation. Thus B forms a Poisson algebra under this structure.

Lemma 31. In the Poisson algebra $B = \mathbb{C}[x, y, z]$ with the bracket defined above, there exist exactly two Poisson maximal ideals:

$$J_1 = xB + yB + (z - 1)B \text{ and } J_2 = xB + yB + (z + 1)B.$$

Proof. Let J be a Poisson maximal ideal of B. Since B is a commutative polynomial ring over the complex field $\mathbb{C}$, by Theorem 15, $J = (x - a, y - b, z - c)$ for suitable $a, b, c \in \mathbb{C}$. As J is a Poisson ideal, we have $\{x, J\} \in J$, $\{y, J\} \in J$, and $\{z, J\} \in J$. Observe that

$$z^2 - 1 = \{x, y\} = \{x, y - b\} \in J,$$

$$x = \{y, z\} = \{y, z - c\} \in J,$$

$$y = \{z, x\} = \{z, x - a\} \in J.$$

Evaluating these at the point (a, b, c), we obtain $c^2 - 1 = 0$, $a = 0$, $b = 0$. This implies $c = \pm 1$, while $a = 0$, $b = 0$. Therefore there exist exactly two Poisson maximal ideals:

$$J_1 = xB + yB + (z - 1)B \quad \text{and} \quad J_2 = xB + yB + (z + 1)B.$$

Theorem 32. Let J_1 be a Poisson maximal ideal of B. Then the Lie algebra $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$ is 3-dimensional and isomorphic to $\mathfrak{sl}(2, \mathbb{C})$.

Proof. For the Poisson maximal ideal $J_1 = xB + yB + (z - 1)B$, we consider the associated Lie algebra $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$. The basis of this 3-dimensional Lie algebra is given by images of the generators $u = x$, $v = y$, $w = z - 1$ in $\mathcal{g}(J_1)$, denoted by $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$. Since $z = w + 1$, we note that $\bar{z} = \bar{w} + 1$ and $\bar{w}^2 = 0$ in $\mathcal{g}(J_1) = J_1/J_1^2$. We compute the Lie brackets using the rule $[\bar{f}, \bar{g}] = \overline{\{f, g\}}$. Consider

$$[\bar{u}, \bar{v}] = \overline{\{x, y\}} = \overline{z^2 - 1} = \overline{(w + 1)^2 - 1} = \overline{w^2 + 2w} = 2\bar{w},$$

$$[\bar{v}, \bar{w}] = \overline{\{y, z - 1\}} = \bar{x} = \bar{u}.$$

Similarly, we have $[\bar{w},\bar{u}]=\bar{v}$. This shows that the derived algebra $[\,\mathcal{g}(J_1),\mathcal{g}(J_1)]$ is spanned by $\{\bar{u},\bar{v},2\bar{w}\}$ which is the entire algebra $\mathcal{g}(J_1)$. Since the Lie algebra $\mathcal{g}(J_1)$ is 3-dimensional and non-commutative with $[\mathcal{g}(J_1),\mathcal{g}(J_1)]=\mathcal{g}(J_1)$, it satisfies the conditions for unique simple Lie algebra $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$, by Theorem 10, it follows that $\mathcal{g}(J_1)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.

Theorem 33. Let J_2 be a Poisson maximal ideal of B. Then the Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)=J_2/J_2^2$ is three-dimensional and isomorphic to $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.

Proof. For the Poisson maximal ideal $J_2=xB+yB+(z+1)B$,we consider the associated Lie algebra $\mathcal{g}(J_2)=J_2/J_2^2$. The basis of this 3-dimensional Lie algebra is given by images of the generators $u=x,\ v=y,$ $w=z+1$ in $\mathcal{g}(J_2)$, denoted by $\bar{u},\bar{v},\bar{w}$. Since $z=w-1$, we note that $\bar{z}=\bar{w}-1$ and $\bar{w}^2=0$ in $\mathcal{g}(J_2)=J_2/J_2^2$. We compute the Lie brackets using the rule $[\bar{f},\bar{g}]=\overline{\{f,g\}}$. Consider

$$[\bar{u},\bar{v}]=\overline{\{x,y\}}=\overline{z^2-1}=\overline{(w-1)^2-1}=\overline{w^2-2w}=-2\bar{w},\quad [\bar{v},\bar{w}]=\overline{\{y,z+1\}}=\overline{\{y,z\}}=\bar{x}=\bar{u}.$$

Similarly, we have $[\bar{w},\bar{u}]=\bar{v}$. The derived algebra $[\,\mathcal{g}(J_2),\mathcal{g}(J_2)]$ is spanned by $\{\bar{u},\bar{v},-2\bar{w}\}$ which spans $\mathcal{g}(J_2)$. Since $[\,\mathcal{g}(J_2),\mathcal{g}(J_2)]=\mathcal{g}(J_2)$ and $\mathcal{g}(J_2)$ is 3-dimensional complex Lie algebra, by Theorem 10, it follows that $\mathcal{g}(J_2)$ is isomorphic to $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.

Corollary 34. Every finite-dimensional simple Poisson module over B corresponds to a finite-dimensional simple modules over $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$.

Proof. By Theorem 24, each finite-dimensional simple Poisson module is determined by a Poisson maximal ideal together with a finite-dimensional simple module over the associated Lie algebra. Since both J_1 and J_2 yield Lie algebras isomorphic to $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$, the classification of finite-dimensional simple modules over B reduces to the well-known classification of simple $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$ −modules.

Conclusion and Discussion

This research successfully classified the finite-dimensional simple Poisson modules for two distinct Poisson algebras, $A=\mathbb{C}[x,y,z]$ and $B=\mathbb{C}[x,y,z]$, using the method proposed by Jordan (2010). The findings confirm that both Poisson algebras under investigation possess exactly two Poisson maximal ideals J_1 and J_2. Crucially, the associated quotient Lie algebras, $\mathcal{g}(J_i)=J_i/J_i^2$, for all four cases, are proven to be isomorphic to the simple Lie algebra $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$. The $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$ structure leads directly to the complete classification the finite-dimensional simple Poisson modules of both A and B are shown to consist of two infinite families, this means that for every dimension $d\geq 1$, there exists exactly one simple module (up to isomorphism) annihilated by J_1 and another by J_2. The most significant finding of this study is revealed when comparing the result of the current Poisson algebra A with a closely related algebra A' studied previously Changtong and Sasom (2018). In the prior work on A', the modules annihilated by the corresponding J_1 were restricted to be only one-dimensional. The sharp contrast demonstrates that a seemingly minor modification to the Poisson bracket fundamentally alters the structure of the associated Lie algebra $\mathcal{g}(J_i)$. Specifically, the bracket in the current algebra A results in highly complex and richer $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$ Lie structure for $\mathcal{g}(J_i)$, which facilitates the existence of simple modules in all dimensions. This highlights the high sensitivity of the Poisson maximal ideal structure to the bracket definition. The classification of modules for both A and the classical-bracket algebra B, and their convergence to the $\mathfrak{sl}(2,\mathbb{C})$ structure, provides a substantial extension to the existing literature on Poisson module classification.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

This framework suggests potential extensions to more general cases, such as Poisson algebra with more than three generators or those defined by more intricate Poisson bracket relations. Investigating such cases could reveal deeper algebraic phenomena where the associated Lie algebras may be of a higher dimension or isomorphic to other types of simple Lie algebras, providing a broader understanding of module classification in Poisson algebras.

Acknowledgements

The authors would like to thank the department of Mathematics Statistics and Computer, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University, for providing research facilities and academic assistance.

Research Ethics

This study did not involve research on humans, animals, or plants.

The use of Artificial Intelligence tools

The project team used Open AI's Chat GPT-4 and Gemini during the proposal drafting process to enhance the clarity and coherence of the language. All scientific content was independently developed by the team. We rigorously verified the accuracy and originality of the work, upholding established ethical standards for the responsible use of AI in research.

References

Changtong, K. and Sasom, N. (2018). Poisson Maximal ideals and the Finite-dimensional Simple Poisson Modules of a Certain Poisson Algebra. **KKU Science Journal**, 46(3), 606-613.

Chansuriya, N. and Fongchanta, S. (2022). Finite Dimensional Simple Poisson Modules of a Poisson Algebra A. **The Journal of Applied Science and Emerging Technology**, 21(1), 244580.

Chansuriya, N. and Sasom, N. (2021). Simple Poisson modules over a Poisson Algebra S_q.**Thai Journal of Mathematics**, 19(3), 1134-1143.

Chen, W. (2019). Simple Poisson Modules over Certain Polynomial Poisson Algebras. **International Journal of Algebra**, 13(2), 83-96.

Dixmier, J. (1996). **Enveloping Algebras**. American Mathematical Society.

Erdmann, K. and Wildon, M. J. (2006). **Introduction to Lie Algebras**. London: Springer.

Farkas, D. R. (2000). Modules for Poisson algebras, **Communications in Algebra**, 28(7), 3293-3306.

Hall, B. (2015). **Lie groups, Lie Algebras and Lie Algebras and Representations: An Elementary Introduction (2nd Ed)**. Cham: Springer.

Humphreys, J. E. (1972). **Introduction to Lie algebras and Representation Theory**. New York: Springer.

Jordan D. A. (2010). Finite-dimensional simple Poisson modules. **Algebras and Representation Theory**, 13(1), 79-101.

Oh, S. O. (1999). Poisson enveloping algebras. **Communications in Algebra**, 27(5), 2181–2186.

Sasom, N. and Changtong, K. (2023). On finite-dimensional Simple Poisson module on a certain Poisson algebra by using the specific Lie structure method on Poisson maximal ideals, **Journal of Science and Science Education**, 6(1), 40-49.

Sasom, N. (2006). Reversible skew Laurent polynomial rings, rings of invariants and related rings**. Doctoral Dissertation**, Sheffield: University of Sheffield.

Sharp, R. Y. (2000). **Steps in Commutative Algebra (2nd Ed)**. Cambridge University Press.

Xia, L. and Lie, D. (2022). Finite Dimensional Simple Modules over Some GIM Lie Algebras, **Mathematics**, 10(15), 2658

JSSE JOURNAL OF SCIENCE & SCIENCE EDUCATION Vol. 9 No. 1 (Jan. – Jun. 2026): 182 - 193
Faculty of Science, Ubon Ratchathani University http://doi.org/10.14456/jsse.2026.15

Research Article in Science

Modeling Monthly Extreme Rainfall Using the Generalized Extreme Value Distribution for Flood Risk Assessment and Agricultural Planning in Upper Northeastern Thailand

Wuttichai Phoodee[1,*], Natthakan Thammo[1], Anantaya Kuekthong[1], Phattaradanai Takpho[1], Nattawoot Viphanna[1], Pornthip Khempanya[1], Patsorn Somkiettiyod[1] and Orathai Thammo[1]

[1]Uthen Pattana School, The Secondary Education Service Area Office, Nakhon Phanom

**Email: W.phoodee@gmail.com*

Received <10 Feb. 2026>; Revised <7 Apr. 2026>; Accepted <7 Apr. 2026>

Abstract

This study aimed to model monthly extreme rainfall in the upper northeastern region of Thailand using the Generalized Extreme Value (GEV) distribution with parameter estimation based on the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method. The dataset comprised daily maximum rainfall records from 1984 to 2025 collected at six meteorological stations, namely Sakon Nakhon Agricultural Station, Sakon Nakhon, Nakhon Phanom, Nakhon Phanom Agricultural Station, Bueng Kan, and Mukdahan. Descriptive analysis indicated that extreme rainfall at all stations exhibited pronounced right-skewed distributions, which are appropriate for extreme value analysis. The goodness-of-fit assessment using the Kolmogorov–Smirnov test and parameter estimates revealed that most stations were well characterized by the GEV framework, predominantly following the Weibull-type distribution, while some stations exhibited Fréchet-type behavior. Return levels were estimated for recurrence intervals of 2, 5, 10, 50, and 100 years, showing a consistent increasing trend with longer return periods across all stations. The highest return levels were observed at the Nakhon Phanom Agricultural Station, with the 100-year return level reaching approximately 281.75 mm, whereas the lowest values were found at the Sakon Nakhon station. Diagnostic plots, including Probability Plots, QQ-Plots, Return Level Plots, and Density Plots, confirmed the strong performance of the GEV model in capturing the empirical behavior of extreme rainfall. The findings provide valuable insights for flood risk assessment, agricultural planning, and water resource management in the upper northeastern region of Thailand under increasing climatic variability.

Keywords: Generalized extreme value distribution; Maximum likelihood estimation; Weibull Distribution; Return level

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

บทความวิจัยทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัยและการวางแผนการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

วุฒิชัย ภูดี[1,*], ณัฐกานต์ ธรรมโม[1], อนันตญา กีกทอง[1], ภัทรดนัย ตักโพธิ์[1], นัฐวุฒิ วิพรรณะ[1], พรทิพย์ เข็มปัญญา[1], ภัสสร สมเกียรติยศ[1] และ อรทัย ธรรมโม[1]

[1]โรงเรียนอุเทนพัฒนา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษานครพนม จังหวัดนครพนม

**Email: W.phoodee@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปร่วมกับการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด ข้อมูลที่ใช้เป็นปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนในช่วงปี พ.ศ. 2527–2568 จากสถานีตรวจวัด 6 แห่ง ได้แก่ สกลนคร สกษ. สกลนคร นครพนม นครพนม สกษ. บึงกาฬ และมุกดาหาร จากผลการวิเคราะห์เชิงพรรณนาพบว่าข้อมูลฝนสุดขีดของทุกสถานีมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวา ซึ่งเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีค่าสุดขีด ผลการประมาณพารามิเตอร์และการทดสอบความเหมาะสมด้วยสถิติโคโมโกรอฟ–สเมียร์นอฟชี้ให้เห็นว่าโดยส่วนใหญ่ข้อมูลสามารถอธิบายได้ดีด้วยการแจกแจง GEV ลักษณะการแจกแจงแบบไวล์บูลล์ ขณะที่บางสถานีแสดงลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงแบบฟรีเชต์ การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำสำหรับคาบอุบัติซ้ำ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี พบว่าแนวโน้มค่าระดับการเกิดซ้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกสถานี โดยสถานีนครพนม สกษ. ให้ค่าระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุดในทุกช่วงเวลา โดยเฉพาะในรอบ 100 ปีซึ่งมีค่าประมาณสูงถึงประมาณ 281.75 มิลลิเมตร ขณะที่สถานีสกลนครให้ค่าต่ำที่สุด ผลการตรวจสอบด้วย Probability Plot, QQ-Plot, Return Level Plot และ Density Plot สนับสนุนว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป มีความเหมาะสมสูงในการอธิบายพฤติกรรมฝนสุดขีดในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัย การวางแผนการเกษตร และการจัดการทรัพยากรน้ำภายใต้บริบทความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

คำสำคัญ: การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป; การประมาณค่าภาวะน่าจะเป็นสูงสุด; การแจกแจงแบบไวล์บูลล์; ระดับการเกิดซ้ำ

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตามวัฏจักรของโลก ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนมาก ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงศตวรรษที่ผ่านมา (Ofremu *et al*., 2025) ปรากฏการณ์ดังกล่าวนำไปสู่ความถี่และความรุนแรงที่เพิ่มขึ้นของเหตุการณ์สภาพอากาศสุดขั้ว เช่น คลื่นความร้อน ภัยแล้ง น้ำท่วมและพายุรุนแรง ซึ่งส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อระบบนิเวศ เศรษฐกิจ และความเป็นอยู่ของมนุษย์ โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีความเปราะบางสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Malik and Ford, 2025) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและรูปแบบปริมาณน้ำฝนยังส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อภาคเกษตรกรรมและความมั่นคงทางอาหาร ซึ่งเป็นฐานทรัพยากรสำคัญของหลายประเทศกำลังพัฒนา (Saleem *et al*., 2025) สำหรับประเทศไทย แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องสะท้อนถึงความเสี่ยงจากวิกฤตภูมิอากาศที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ทั้งในด้านอุณหภูมิที่สูงขึ้นและความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนที่มีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อระบบน้ำและการดำรงชีวิตของประชาชน (Mongkoltharn, 2025)

ลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดบึงกาฬ นครพนม สกลนครและมุกดาหาร มีความซับซ้อนเชิงภูมิประเทศ ซึ่งประกอบด้วยที่ราบลุ่มแม่น้ำโขง แอ่งตะกอนขนาดใหญ่ เช่น แอ่งสกลนครและแนวเทือกเขาภูพานที่ทำหน้าที่เป็นแนวแบ่งลุ่มน้ำ และกำแพงภูมิประเทศตามธรรมชาติ ความแตกต่างของระดับความสูงและรูปแบบภูมิประเทศดังกล่าว ส่งผลต่อกลไกการไหลเวียนของมวลอากาศและกระบวนการก่อตัวของเมฆฝนในระดับพื้นที่ ภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้บรรยากาศสามารถกักเก็บไอน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเพิ่มศักยภาพในการเกิดฝนตกหนักในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อมวลอากาศชื้นจากลุ่มแม่น้ำโขงและทะเลจีนใต้เคลื่อนตัวเข้าสู่พื้นที่และถูกยกตัวโดยแนวภูเขาภูพานหรือเนินเขาหินทรายทางตะวันตกของภูมิภาค จะเกิดกระบวนการยกตัวเชิงภูมิประเทศซึ่งเร่งการควบแน่นและการตกของฝน ส่งผลให้บางพื้นที่มีแนวโน้มเกิดฝนสุดขีดมากกว่าบริเวณที่ราบลุ่มโดยรอบ ในขณะเดียวกันพื้นที่ที่ราบลุ่มริมแม่น้ำโขงและแอ่งสกลนครมีลักษณะการระบายน้ำค่อนข้างช้า เมื่อเผชิญกับเหตุการณ์ฝนตกหนักต่อเนื่องจึงมีความเปราะบางต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานาน การเปลี่ยนแปลงของรูปแบบฝนตามสภาพภูมิอากาศที่ผันผวนยิ่งเพิ่มความถี่และความรุนแรงของเหตุการณ์สุดขีดได้ส่งผลให้เกิดฝนในปริมาณสูง ขณะที่พื้นที่ราบลุ่มกว้างเอื้อต่อการสะสมและการคงอยู่ของน้ำฝนบนผิวดิน ซึ่งมีผลต่อรูปแบบความถี่และความรุนแรงของอุทกภัยและส่งผลต่อการเกษตร งานวิจัยจำนวนมากชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เพิ่มปริมาณไอน้ำในบรรยากาศและปรับเปลี่ยนพลวัตของฝน ทำให้เหตุการณ์ฝนตกหนักสุดขีดเกิดบ่อยครั้งและรุนแรงมากขึ้นในระดับโลก (Katz, 1999)

อย่างไรก็ตามข้อมูลปริมาณน้ำฝนต่ำสุด-สูงสุดรายวันในรอบเดือน ถือเป็นการเกิดขึ้นของเหตุการณ์เกี่ยวกับทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) ซึ่งเป็นการอธิบายพฤติกรรมของค่าฝนสุดขีดและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) ถือเป็นกรอบทางสถิติพื้นฐานสำหรับการสร้างแบบจำลองค่ามากสุดแบบช่วงเวลา เช่น ปริมาณฝนสูงสุดรายปี (Hosking, Wallis and Wood, 1985; Coles, 2001) การประยุกต์ใช้ GEV ในด้านอุทกวิทยาช่วยให้สามารถประมาณค่าปริมาณฝนที่มีคาบอุบัติซ้ำ (return levels) สำหรับช่วงเวลาต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงและการวางแผนโครงสร้างพื้นฐาน งานวิจัยสมัยใหม่ยังเน้นการพัฒนาแบบจำลอง GEV แบบไม่คงที่ (Nonstationary GEV) โดยเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของการแจกแจงเข้ากับตัวแปรภูมิอากาศหรือแนวโน้มระยะยาวจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งส่งผลต่อคุณลักษณะของฝนสุดขีดอย่างมีนัยสำคัญ (Kim *et al*., 2022; Renteria, Aquino and Polanco, 2026) และได้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำทฤษฎีนี้มาประยุกต์ใช้กับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ต่าง ๆ ในโลก ได้แก่ ประเทศแคนนาดา ประเทศเกาหลีใต้ ประเทศกรีกและประเทศมาเลเซีย เป็นต้น (Nguyen, Nguyen and Ashkar, 2002; Nadarajah and Choi, 2007; Koutsoyiannis and Baloutsos, 2000) และในประเทศไทยปี 2015 Kaewmun, Busababodhin and Budchamruei (2015) ได้สร้างแบบจำลองปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทยและปี 2018 Busababodhin and Papukdee (2018) ได้สร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในประเทศไทย จากงานวิจัยที่ศึกษาเป็นการใช้กรอบการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป จึงเป็นแนวทางเชิงระบบและมีความเข้มแข็งทางสถิติในการอธิบายพฤติกรรมของฝนสุดขีด และการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ดังนั้นเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการวางแผนการบริหารด้านการเกษตรและการป้องกันอุทกภัย ผู้วิจัยสนใจศึกษาปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมโดยใช้การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

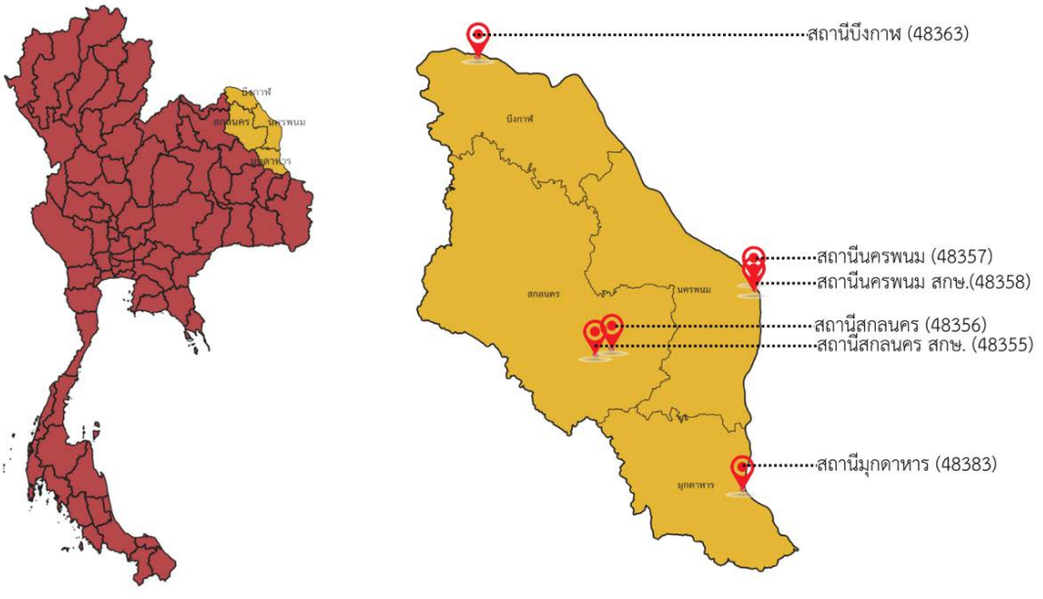
วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดของปริมาณน้ำฝนรายเดือนด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัยและการวางแผนการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 จำนวน 6 สถานี ได้แก่ สถานีสกลนคร สกษ. (48355) สถานีสกลนคร (48356) สถานีนครพนม (48357) สถานีนครพนม สกษ.(48358) สถานีบึงกาฬ (48363) และสถานีมุกดาหาร (48383) โดยได้รับการอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and sustainable agriculture; Climate Change, Innovation and extreme Risk Assessment (DSSA)) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์แบบจำลองค่าสุดขีดด้วยโปรแกรม R และโปรแกรม QGIS แสดงภาพการศึกษาดังภาพประกอบที่ 1



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด 6 สถานี

การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD)

การวิเคราะห์เหตุการณ์สุดขีดวางนัยทั่วไป จะเลือกใช้ข้อมูลที่เป็นค่าสุดขีดมาวิเคราะห์โดยจะใช้ข้อมูลที่มีค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดที่อยู่ในช่วงเวลาที่สนใจ เช่น ข้อมูลรายปี ข้อมูลรายเดือน ข้อมูลรายสัปดาห์ หรือข้อมูลรายวัน ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ซึ่งมีช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 รวมทั้งสิ้น 42 ปี ในแต่ละสถานีวัดปริมาณน้ำฝน การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\sigma}\left[1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{(1/\xi)-1} Exp\left\{-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

เมื่อ $1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$ มีค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (μ) ซึ่ง $-\infty < \mu < \infty$, ค่าพารามิเตอร์แสดงขนาน (σ) ซึ่ง $\sigma > 0$ และค่าพารามิเตอร์แสดงรูปร่าง (ξ) ซึ่ง$-\infty < \xi < \infty$ และมีฟังก์ชันสะสมความน่าจะเป็น

$$F(x) = Exp\left\{-\left(1+\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-1/\xi}\right\}$$

การแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปสามารถแบ่งลักษณะการแจกแจงแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ โดยพิจารณาจากพารามิเตอร์รูปร่าง ดังนี้

$\xi > 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบฟรีเชต์ (Fréchet Distribution)

$\xi = 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบกัมเบล (Gumbel Distribution)

$\xi < 0$ เรียกว่า การแจกแจงแบบไวล์บูลล์ (Weibull Distribution)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimates: MLE)

กำหนดให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็น $f(x;\theta)$ เมื่อ θ เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุดมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. หาฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น (Likelihood function) หรือฟังก์ชันความหนาแน่นรวม $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^{n} f(x_i;\theta)$$

2. หาค่าลอการิทึมของฟังก์ชันภาวะความน่าจะเป็น

$$l(\theta) = logL(\theta)$$

3. หาตัวประมาณภาวะความน่าจะเป็นสูงสุด โดยการหาอนุพันธ์ของ $logL(\theta)$ หรือ $l(\theta)$ เทียบกับพารามิเตอร์ θ และให้สมการมีค่าเท่ากับ 0 จะได้ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณแบบภาวะความน่าจะเป็นสูงสุดของ θ

$$\frac{\partial logL(\theta)}{\partial\theta} = 0 \text{ หรือ } \frac{\partial l(\theta)}{\partial\theta} = 0$$

โดยฟังก์ชันภาวะน่าจะเป็นสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเป็นดังนี้

$$L(\mu,\sigma,\xi) = \frac{1}{\sigma^n}\prod_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{-\left(\frac{1}{\xi}+1\right)} \times exp\left\{-\sum_{i=1}^{n}\left(1+\xi\left(\frac{x_i-\mu}{\sigma}\right)\right)^{\frac{-1}{\xi}}\right\}$$

เมื่อกำหนดให้ $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ เป็นตัวประมาณค่าของ μ, σ และ ξ ตามลำดับ

การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (Return Level)

ระดับการเกิดซ้ำ Z_T คือ ตำแหน่งของข้อมูล เมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำซึ่งมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ P หรือ $T = \frac{1}{P}$ หรือ ระดับการเกิดซ้ำ คือ ค่าความคาดหวังที่เกิดกับเหตุการณ์ที่ $Z > \hat{Z}_P$ โดยเฉลี่ย 1 ครั้งในทุกๆ T ปี (Coles, 2001; Busababodhin and Papukdee, 2018) โดยระดับการเกิดซ้ำของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปเป็นดังนี้

$$\hat{Z}_T = \mu - \frac{\sigma}{\xi}\left\{1 - \left[-log\left(1-\frac{1}{T}\right)\right]^{-\xi}\right\}$$

เมื่อกำหนดให้ $\hat{\mu}, \hat{\sigma}$ และ $\hat{\xi}$ เป็นค่าประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดของระดับการเกิดซ้ำเมื่อ T คือ รอบปีการเกิดซ้ำซึ่งมีความสัมพันธ์กับความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ P

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนสูงสุดรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527-2568 รวม 42 ปี จำนวน 6 สถานี ใน 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ดังตางรางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของปริมาณน้ำฝนรายเดือนของแต่ละสถานี

สถานี	จำนวนข้อมูล	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ความเบ้	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95
บึงกาฬ (48363)	15115	251.30	103.71	62.58	2.95	144.80
นครพนม (48357)	15115	304.40	126.23	86.22	0.84	237.60
นครพนม สกษ.(48358)	15115	272.60	124.31	80.24	1.06	242.55
สกลนคร (48356)	15115	228.90	117.24	64.44	0.97	194.16
สกลนคร สกษ.(48355)	15115	212.60	114.82	51.31	1.06	171.00
มุกดาหาร (48383)	15115	269.40	107.09	66.63	2.19	177.79

จากตารางที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดใน 4 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ที่สถานีนครพนม (48357) โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 304.40 มิลลิเมตร รองลงมาคือ สถานีนครพนม สกษ.(48358) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 272.60 มิลลิเมตร สถานีมุกดาหาร (48383) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 269.40 มิลลิเมตร สถานีบึงกาฬ (48363) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 251.30 มิลลิเมตร สถานีสกลนคร (48356) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 228.90 มิลลิเมตร และสถานีสกลนคร สกษ.(48355) มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ที่ 212.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยข้อมูลปริมาณน้ำฝนสุดขีดรายเดือนของทุกสถานีมีค่าความเบ้ (skewness) เป็นบวก ซึ่งแสดงถึงการกระจายแบบเบ้ขวา ลักษณะดังกล่าวสะท้อนถึงพฤติกรรมของเหตุการณ์สุดขีดที่มีค่ามากเกิดขึ้นไม่บ่อยครั้งแต่มีความรุนแรงสูง ส่งผลให้ข้อมูลมีหางด้านขวายาว (Right tail) ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญของข้อมูลค่าสุดขีดในทางทฤษฎี Extreme Value Theory (EVT) การกระจายแบบเบ้ขวาจึงมีความเหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEV) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่ออธิบายพฤติกรรมของค่ามากสุด โดยเฉพาะบริเวณหางของการแจกแจง (tail behavior) (Coles, 2001) นอกจากนี้ ลักษณะการกระจายดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยด้านอุทกวิทยาหลายงานที่พบว่าปริมาณน้ำฝนสุดขีดมักมีการกระจายแบบเบ้ขวาอย่างชัดเจน

การประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประมาณพารามิเตอร์และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปของแต่ละสถานี

สถานี	$\hat{\mu}(SE)$	$\hat{\sigma}(SE)$	$\hat{\xi}(SE)$	การแจกแจงที่เหมาะสม	KS Test (p-value)
บึงกาฬ (48363)	92.25 (5.36)	31.35 (3.80)	-0.01 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.10 (0.79)
นครพนม (48357)	109.86 (6.28)	36.77 (4.46)	-0.01 (0.01)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.10 (0.75)
นครพนม สกษ.(48358)	122.94 (6.88)	40.11 (4.88)	-0.07 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.15 (0.27)
สกลนคร (48356)	84.28 (3.01)	17.83 (2.24)	0.12 (0.09)	การแจกแจงฟรีเชต์ (Fréchet Distribution)	0.22 (0.03)
สกลนคร สกษ.(48355)	91.81 (4.53)	27.38 (3.02)	-0.02 (0.06)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.15(0.32)
มุกดาหาร (48383)	91.31 (4.34)	25.27 (3.09)	-0.02 (0.10)	การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution)	0.13 (0.45)

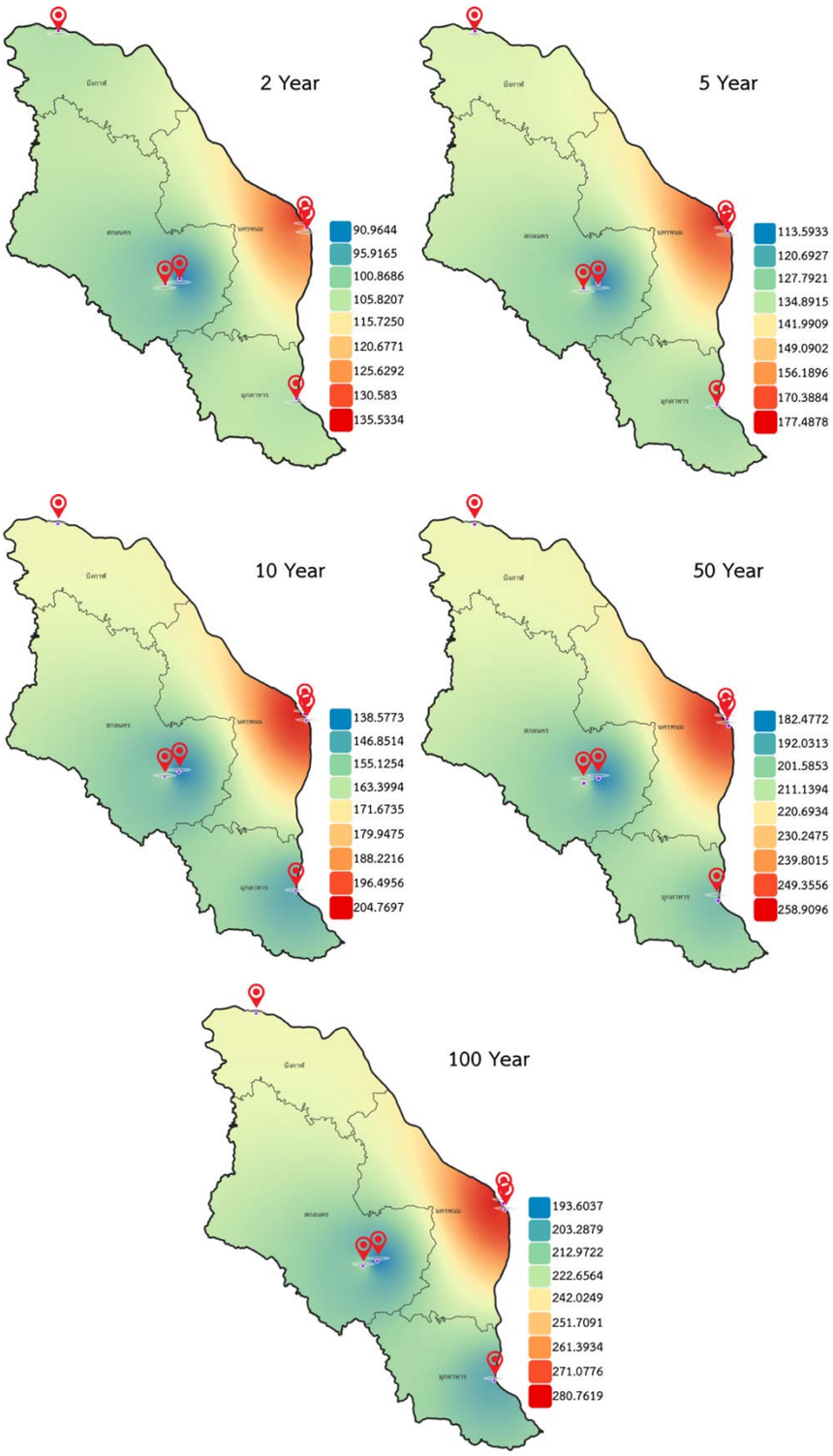
จากตารางที่ 2 พบว่าค่าประมาณพารามิเตอร์ตำแหน่ง$(\hat{\mu})$ ขนาด $(\hat{\sigma})$ และรูปร่าง $(\hat{\xi})$ พร้อมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละสถานี เมื่อพิจารณาค่าประมาณพารามิเตอร์รูปร่าง $(\hat{\xi})$ และสถิติทดสอบโคโมโกรอฟ - สเมอนอฟ (Kolmogorov-Smirnov Test: KS-test) พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยมีการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปที่เหมาะสม คือ การแจกแจงไวล์บูล (Weibull Distribution) โดยมีค่าระดับการเกิดซ้ำและช่วงความเชื่อมั่น 95% สำหรับรอบปีการเกิดซ้ำของแต่ละสถานี ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าประมาณพารามิเตอร์ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 50 ปี และ 100 ปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยสำหรับการแจกแจงแบบค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป

สถานี	ระดับการเกิดซ้ำ				
	2 ปี	5 ปี	10 ปี	50 ปี	100 ปี
บึงกาฬ (48363)	103.7186	139.0019	162.1990	212.7974	234.0015
นครพนม (48357)	123.3110	164.5397	191.5415	250.1509	274.5944
นครพนม สกษ.(48358)	137.4628	180.1790	206.7307	260.6785	281.7531
สกลนคร (48356)	90.96369	113.56495	130.29671	172.83233	193.48550
สกลนคร สกษ.(48355)	101.8169	132.3783	152.3033	195.3038	213.1364
มุกดาหาร (48383)	100.5475	128.7430	147.1169	186.7463	203.1711

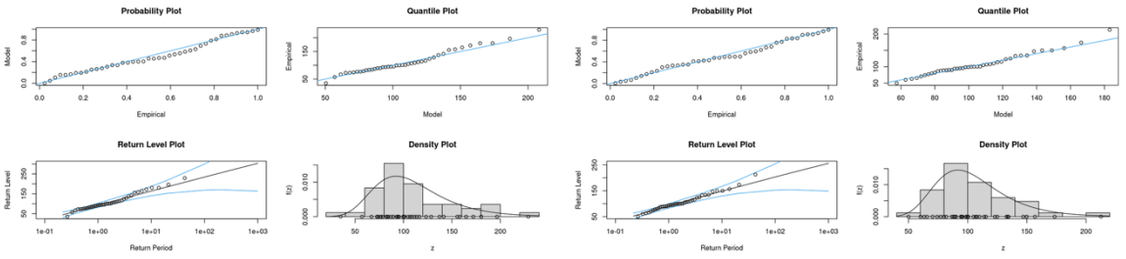
จากตารางที่ 3 แสดงผลการประมาณค่าระดับการเกิดซ้ำ (return levels) ของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในรอบ 2, 5, 10, 50 และ 100 ปี สำหรับสถานีตรวจวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยอาศัยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (Generalized Extreme Value Distribution: GEVD) พบว่า ค่าระดับการเกิดซ้ำของทุกสถานีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการเกิดซ้ำที่ยาวขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะสอดคล้องกับทฤษฎีค่าสุดขีด โดยสถานีในจังหวัดนครพนม โดยเฉพาะสถานีนครพนม สกษ. (48358) แสดงค่าระดับการเกิดซ้ำสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่นในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 100 ปีสูงถึงประมาณ 281.75 มิลลิเมตร รองลงมาคือสถานีนครพนม (48357) ซึ่งมีค่าประมาณในรอบเดียวกันประมาณ 274.59 มิลลิเมตร ผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนถึงศักยภาพการเกิดเหตุการณ์ฝนสุดขีดรุนแรงในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนบน ซึ่งมีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงในระยะยาว ในขณะที่สถานีสกลนคร (48356) ให้ค่าระดับการเกิดซ้ำต่ำที่สุดในทุกช่วงคาบเวลา โดยค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 100 ปีอยู่ที่ประมาณ 193.49 มิลลิเมตร แสดงถึงความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนสุดขีดที่ต่ำกว่าเชิงสัมพัทธ์เมื่อเปรียบเทียบกับสถานีอื่น อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสถานีสกลนคร สกษ. (48355) พบว่าค่าระดับการเกิดซ้ำสูงกว่าสถานีหลักอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลา ซึ่งสะท้อนถึงความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของปริมาณฝนสุดขีดในระดับจุลภาคแม้อยู่ในจังหวัดเดียวกัน สำหรับสถานีบึงกาฬ (48363) และมุกดาหาร (48383) พบว่าค่าระดับการเกิดซ้ำอยู่ในช่วงปานกลาง โดยค่าประมาณในรอบ 100 ปีอยู่ที่ประมาณ 234.00 และ 203.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ ทั้งสองสถานีแสดงรูปแบบการเพิ่มของค่าระดับการเกิดซ้ำอย่างค่อยเป็นค่อยไป และมีความสม่ำเสมอของการประมาณค่าในทุกช่วงคาบเวลา ซึ่งบ่งชี้ถึงเสถียรภาพของแบบจำลอง GEV ที่นำมาใช้ โดยสรุป ลำดับความรุนแรงของค่าระดับการเกิดซ้ำในช่วงคาบเวลายาว (50–100 ปี) สามารถจัดเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ สถานีนครพนม สกษ., สถานีนครพนม, สถานีบึงกาฬ, สถานีสกลนคร สกษ., สถานีมุกดาหาร, สถานีสกลนคร ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสะท้อนอิทธิพลของลักษณะภูมิอากาศเชิงพื้นที่ประกอบกับการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป ซึ่งมีนัยสำคัญต่อการออกแบบโครงสร้างด้านอุทกวิศวกรรม การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ และการวางแผนการปรับตัวต่อเหตุการณ์ฝนสุดขีดภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยอธิบายผ่านแผนที่ iso-provial ในภาพที่ 2 และกราฟ Probability-Plot, QQ-Plot, Return Level Plot, และ Density Plot ของทั้ง 6 สถานี ในภาพประกอบที่ 3 ดังนี้

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

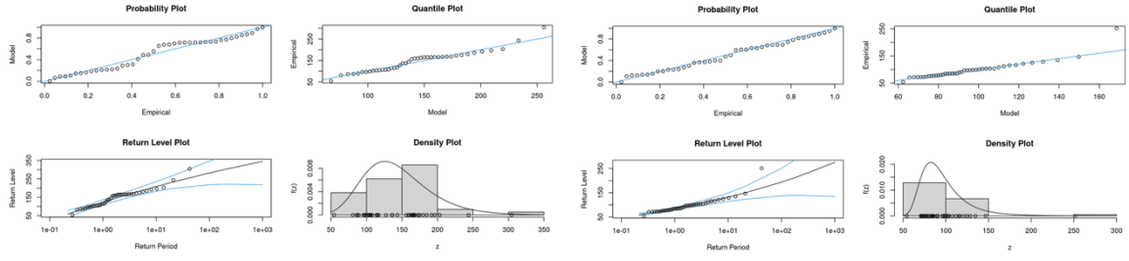


ภาพที่ 2 ค่าประมาณระดับการเกิดซ้ำในรอบ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 50 ปี และ 100 ปีของแต่ละสถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยสำหรับการแจกแจงแบบค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป

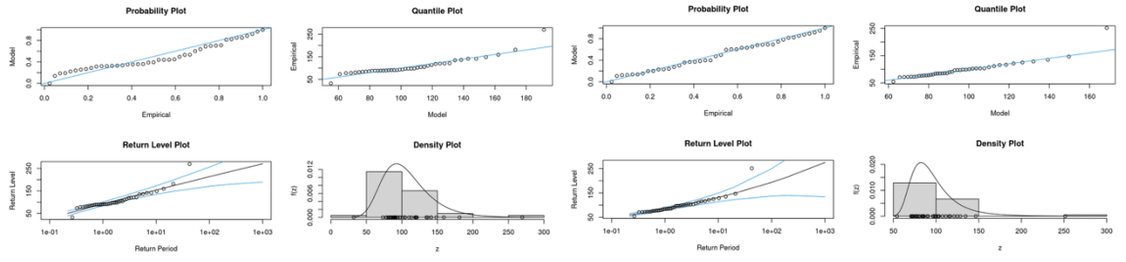
ลิขสิทธิ์โดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



สถานีบึงกาฬ (48363) มุกดาหาร (48383)



นครพนม สกษ.(48358) นครพนม (48357)



สกลนคร สกษ.(48355) สกลนคร (48356)

ภาพที่ 3 Probability-Plot, QQ-Plot, Return Level Plot, และ Density Plot ของทั้ง 6 สถานี

จากภาพที่ 3 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป สำหรับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนของทั้ง 6 สถานีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ สถานีบึงกาฬ (48363) สถานีมุกดาหาร (48383) สถานีนครพนม สกษ. (48358) สถานีนครพนม (48357) สถานีสกลนคร สกษ. (48355) และสถานีสกลนคร (48356) โดยอาศัยกราฟ Probability Plot, Quantile-Quantile Plot (QQ-Plot), Return Level Plot และ Density Plot ผ่านการใช้กราฟวินิจฉัยที่อาศัยแนวคิดของ ควอนไทล์ (quantile) ได้แก่ Probability Plot, QQ-Plot และ Return Level Plot เนื่องจากการวิเคราะห์เหตุการณ์สุดขีดให้ความสำคัญกับพฤติกรรมบริเวณหางของการแจกแจง(tail behavior) มากกว่าค่ากลางของข้อมูล การใช้ควอนไทล์จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์และแบบจำลองเชิงทฤษฎี (Coles, 2001) และเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับแบบจำลองเชิงทฤษฎี โดยมีผลจากการวิเคราะห์ 4 กราฟ ดังนี้ 1) Probability Plot พบว่าจุดข้อมูลของทุกสถานีมีแนวโน้มเรียงตัวใกล้เคียงกับเส้นอ้างอิงของแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป อย่างต่อเนื่องตลอดช่วงความน่าจะเป็น สะท้อนถึงความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายรูปแบบการกระจายของค่าสุดขีดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในช่วงค่าความน่าจะเป็นสูงซึ่งสอดคล้องกับเหตุการณ์ฝนตกหนักรุนแรง อันเป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกวิทยา 2) QQ-Plot ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบวอนไทล์ของข้อมูลจริงกับควอนไทล์ของการแจกแจง GEV โดยจุดข้อมูลส่วนใหญ่กระจายตัวตามแนวเส้นอ้างอิงเชิงเส้น แม้ว่าจะพบการเบี่ยงเบนเล็กน้อยในบริเวณหางบนของการแจกแจงในบางสถานี ซึ่งสะท้อนถึงความผันผวนของเหตุการณ์ฝนตกหนักมากเป็นพิเศษ อย่างไรก็ตาม ความเบี่ยงเบนดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อความเหมาะสมโดยรวมของแบบจำลอง 3) Return Level Plot แสดงให้เห็นว่าเส้นประมาณค่าระดับน้ำฝนตามคาบอุบัติซ้ำจากแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป สามารถครอบคลุมจุดข้อมูลเชิงประจักษ์ได้อย่างเหมาะสมในช่วงคาบอุบัติซ้ำต่ำถึงปานกลาง ขณะที่ในช่วงคาบอุบัติซ้ำสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างไม่เชิงเส้น สะท้อนถึงลักษณะการทวีความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในระยะยาว ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญต่อการวิเคราะห์ความเสี่ยงอุทกภัย การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานด้านน้ำ และการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อรองรับเหตุการณ์สุดขั้วภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และ 4) Density Plot พบว่าการกระจายความหนาแน่นของข้อมูลน้ำฝนรายเดือนมีความสอดคล้องกับฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป อย่างชัดเจนในทุกสถานี โดยส่วนใหญ่

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

มีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวา ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลค่าสุดขีดด้านอุทกวิทยา สะท้อนถึงการเกิดเหตุการณ์ฝนปริมาณสูงที่มีความถี่ต่ำแต่มีความรุนแรงสูง

การประเมินผ่านกราฟทั้งสี่ประเภทสนับสนุนอย่างเป็นระบบว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมีความเหมาะสมสูงในการอธิบายพฤติกรรมของปริมาณน้ำฝนรายเดือนค่าสุดขีดในพื้นที่ศึกษานี้ ทั้งในเชิงการกระจายตัวของข้อมูลและการประมาณระดับฝนตามคาบอุบัติซ้ำ ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปในการประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนด้านการเกษตร การจัดการทรัพยากรน้ำ และการประเมินความเสี่ยงจากอุทกภัยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

อภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายเดือนค่าสุดขีดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนมีลักษณะการกระจายแบบเบ้ขวาอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของทฤษฎีค่าสุดขีด (Extreme Value Theory: EVT) ที่ใช้อธิบายพฤติกรรมของค่าสูงสุดในช่วงเวลา (block maxima) การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีภาวะน่าจะเป็นสูงสุด (MLE) ให้ผลลัพธ์ที่มีเสถียรภาพ และการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วยสถิติโคโมโกรอฟ–สเมียร์นอฟ รวมถึงกราฟวินิจฉัยต่าง ๆ โดยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป (GEVD) สามารถอธิบายรูปแบบข้อมูลได้อย่างเหมาะสมในเกือบทุกสถานี ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับงานของ Busababodhin and Papukdee (2018) ที่รายงานว่าปริมาณน้ำฝนสุดขีดในประเทศไทยมีลักษณะการแจกแจงแบบเบ้ขวาและสามารถจำลองได้ดีด้วยการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป และงานวิจัยของ Kaewmun, Busababodhin and Budchamruei (2015) ซึ่งพบว่าการแจกแจงค่าสุดขีดวางนัยทั่วไป มีความเหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนกลางของประเทศไทย เมื่อพิจารณาค่าพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape parameter, ξ) พบว่าส่วนใหญ่มีค่าเป็นลบ แสดงถึงลักษณะการแจกแจงแบบไวล์บูลล์ (Weibull-type distribution) ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาณน้ำฝนสุดขีดมีขอบเขตบนจำกัดในช่วงเวลาที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nadarajah and Choi (2007) ที่รายงานว่าปริมาณฝนสูงสุดรายวันในเกาหลีใต้ส่วนใหญ่มีลักษณะ Weibull-type distribution ขณะที่บางสถานีในงานวิจัยนี้มีค่า ξ เป็นบวก สะท้อนลักษณะการแจกแจงแบบฟรีเชต์ (Fréchet-type distribution) ซึ่งมีหางขวาหนักกว่า สถานการณ์ดังกล่าวอาจสัมพันธ์กับความแตกต่างเชิงภูมิประเทศและกระบวนการทางบรรยากาศในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะอิทธิพลของแนวเทือกเขาภูพานและลุ่มน้ำโขงที่เอื้อต่อการยกตัวของมวลอากาศชื้นและการก่อตัวของฝนตกหนักในบางบริเวณ ส่งผลให้เกิดเหตุการณ์ฝนสุดขีดที่มีความรุนแรงมากกว่าพื้นที่ราบลุ่มโดยรอบ ซึ่งมีลักษณะสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nguyen, Nguyen and Ashkar (2002) ที่ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างของพฤติกรรมฝนสุดขีดตามบริบทภูมิประเทศ การวิเคราะห์ระดับการเกิดซ้ำ (return levels) แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนสุดขีดอย่างต่อเนื่องเมื่อคาบอุบัติซ้ำยาวขึ้นในทุกสถานี โดยเฉพาะสถานีนครพนม สกษ. ซึ่งให้ค่าระดับการเกิดซ้ำสูงสุดในทุกช่วงเวลา สะท้อนถึงความเปราะบางต่อความเสี่ยงด้านอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่างที่มีลักษณะการระบายน้ำค่อนข้างช้า เมื่อเกิดฝนตกหนักต่อเนื่องจึงมีแนวโน้มเกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ขณะที่สถานีสกลนครมีค่าระดับการเกิดซ้ำต่ำกว่าสถานีอื่น อาจเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศและรูปแบบการไหลเวียนของมวลอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นลักษณะสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ Coles (2001) และสอดคล้องกับงานของ Kim *et al*. (2022) ที่รายงานว่าเหตุการณ์ฝนสุดขีดมีแนวโน้มเพิ่มความรุนแรงภายใต้บริบทความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนเชิงภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ลุ่มแม่น้ำหรือพื้นที่ที่มีแนวภูเขากั้นลม

ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าทั้งในระดับนานาชาติและในประเทศไทยที่รายงานถึงประสิทธิภาพของแบบจำลอง GEV ในการอธิบายเหตุการณ์ฝนสุดขีดและการเพิ่มขึ้นของระดับการเกิดซ้ำภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้บรรยากาศสามารถกักเก็บไอน้ำได้มากขึ้น ส่งผลให้เกิดฝนตกหนักรุนแรงในช่วงเวลาสั้น ๆ บ่อยครั้งยิ่งขึ้น กลไกดังกล่าวยิ่งทวีความสำคัญในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศซับซ้อนเช่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย แม้ว่างานวิจัยนี้จะใช้กรอบการวิเคราะห์แบบจำลอง GEV แบบคงที่ (Stationary GEV) ซึ่งเหมาะสมกับการประเมินความเสี่ยงเชิงสถิติในระยะยาว แต่การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันอาจส่งผลให้คุณลักษณะของฝนสุดขีดเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา งานวิจัยในอนาคตจึงควรพัฒนาไปสู่การใช้แบบจำลอง GEV แบบไม่คงที่ (Nonstationary GEV) โดยเชื่อมโยงพารามิเตอร์ของการแจกแจงเข้ากับตัวแปรภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิเฉลี่ย แนวโน้มปริมาณฝน หรือดัชนีสภาพอากาศขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์เหตุการณ์สุดขีดในระยะยาว

ดังนั้นแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายพฤติกรรมของฝนสุดขีดรายเดือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ข้อมูลเชิงปริมาณที่มีคุณค่าสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านอุทกภัย การวางแผนการเกษตร และการจัดการทรัพยากรน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ภายใต้บริบทของความแปรปรวนและความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปมีศักยภาพสูงในการประเมินความรุนแรงของปริมาณน้ำฝนสุดขีดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยหน่วยงานด้านการจัดการทรัพยากรน้ำควรนำค่าระดับการเกิดซ้ำจากแบบจำลองไปใช้ประกอบการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและมาตรการป้องกันอุทกภัย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น จังหวัดนครพนม ในภาคการเกษตร ข้อมูลฝนสุดขีดสามารถสนับสนุนการวางแผนเพาะปลูกและการจัดการระบบชลประทานเพื่อลดความเสียหายจากเหตุการณ์รุนแรง สำหรับการศึกษาต่อยอดในอนาคตควรพัฒนาแบบจำลองค่าสุดขีดวางนัยทั่วไปแบบไม่คงที่โดยเชื่อมโยงกับตัวแปรภูมิอากาศเพื่อสะท้อนอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเหมาะสม รวมทั้งขยายขอบเขตเชิงพื้นที่และบูรณาการผลลัพธ์กับแบบจำลองอุทกวิทยาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยงระยะยาวและสนับสนุนการวางแผนการปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศอย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and sustainable agriculture; Climate Change, Innovation and extreme Risk Assessment (DSSA)) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้มอบความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับทฤษฎีค่าสุดขีดพร้อมทั้งข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองในครั้งนี้

จริยธรรมการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาที่ใช้ข้อมูลทุติยภูมิด้านปริมาณน้ำฝนซึ่งได้มาจากหน่วยงานราชการ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อเกษตรกรรมยั่งยืน (Data Science and Sustainable Agriculture; DSSA) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลเชิงสภาพอากาศที่เปิดเผยเพื่อการศึกษาและการวิจัย ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลส่วนบุคคลของมนุษย์ ไม่กระทบต่อสิทธิ ความเป็นส่วนตัว หรือสวัสดิภาพของบุคคลใด และไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองในสัตว์หรือสิ่งมีชีวิต โดยคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้หลักจริยธรรมทางวิชาการอย่างเคร่งครัด โดยคำนึงถึงความถูกต้อง ความโปร่งใส และความซื่อสัตย์ทางวิชาการในการประมวลผล วิเคราะห์ และนำเสนอผลการวิจัย ทั้งนี้ได้มีการอ้างอิงแหล่งที่มาของข้อมูลและเอกสารทางวิชาการอย่างถูกต้องตามหลักสากล เพื่อป้องกันการละเมิดลิขสิทธิ์และการคัดลอกผลงานทางวิชาการโดยมิชอบ และเนื่องจากการศึกษานี้ไม่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลจากมนุษย์หรือสัตว์ทดลอง จึงไม่จำเป็นต้องขอรับการรับรองจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ อย่างไรก็ตาม คณะผู้วิจัยได้ยึดถือหลักการพื้นฐานของจริยธรรมการวิจัย ได้แก่ หลักความซื่อสัตย์ทางวิชาการ (Research Integrity) หลักความรับผิดชอบต่อสังคม (Social Responsibility) และหลักการใช้ข้อมูลอย่างมีจริยธรรม เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการวางแผนการเกษตรและการจัดการความเสี่ยงด้านอุทกภัยได้อย่างเหมาะสมและยั่งยืน

References

Busababodhin, P. and Papukdee, N. (2018). Modeling extreme precipitation in Thailand (in Thai). **KKU Science Journal**, 46(1), 173–185.

Coles, S. (2001). **An introduction to statistical modeling of extreme values**. London: Springer.

Hosking, J. R. M., Wallis, J. R. and Wood, E. F. (1985). Estimation of the generalized extreme-value distribution by the method of probability-weighted moments. **Technometrics**, 27(3), 251–261.

Katz, R. W. (1999). Extreme value theory for precipitation: sensitivity analysis for climate change. **Advances in Water Resources**, 23(2), 133–139.

Kaewmun, K., Busababodhin, P. and Budchamruei, P. (2015). Modeling monthly precipitation in central northeast of Thailand (in Thai). **KKU Science Journal**, 43(1), 137–147.

Kim, H., Kim, T., Shin, J. Y. and Heo, J. H. (2022). Improvement of extreme value modeling for extreme rainfall using large-scale climate modes and considering model uncertainty. **Water**, 14(3), 478.

Koutsoyiannis, D. and Baloutsos, G. (2000). Analysis of a long record of annual maximum rainfall in Athens, Greece, and design rainfall inferences. **Natural Hazards**, 22, 29–48.

Copyright by Faculty of Science, Ubon Ratchathani University

Malik, I. H. and Ford, J. D. (2025). Monitoring climate change vulnerability in the Himalayas. **Ambio**, 54(1), 1–19.

Mongkoltharn, S. (2025). Thailand's critical climate change years (2025–2026): Be aware, adapt, and cope (in Thai). **IPST Magazine**, 54(257), 48–54.

Nadarajah, S. and Choi, D. (2007). Maximum daily rainfall in South Korea. **Journal of Earth System Science**, 116(4), 311–320.

Nguyen, V. T. V., Nguyen, T. D. and Ashkar, F. (2002). Regional frequency analysis of extreme rainfalls. **Water Science and Technology**, 45(2), 75–81.

Ofremu, G. O., Raimi, B. Y., Yusuf, S. O., Dziwornu, B. A., Nnabuife, S. G., Eze, A. M. and Nnajiofor, C. A. (2025). Exploring the relationship between climate change, air pollutants and human health: Impacts, adaptation, and mitigation strategies. **Green Energy and Resources**, 3(2), 100074.

Renteria, R., Aquino, R. and Polanco, M. (2026). Modeling extreme rainfall using the generalized extreme value distribution and exceedance analysis in Colima, Mexico. **Sensors**, 26(2), 532.

Saleem, A., Anwar, S., Nawaz, T., Fahad, S., Saud, S., Rahman, U. T., Khan, M. N. R. and Nawaz, T. (2025). Securing a sustainable future: the climate change threat to agriculture, food security, and sustainable development goals. **Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences**, 11(3), 595–611.

SCI UBU ATOMIC

Journal of Science and Science Education (JSSE)

วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา

งานส่งเสริมการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
85 ถนนสถลมาร์ค ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190
โทรศัพท์ 045-353401 ต่อ 4425 โทรสาร 045-353422
Email: jsse.sci.ubu@gmail.com หรือ saksi.s@ubu.ac.th



พิมพ์วันที่ 17 มิถุนายน 2569