

การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับ
งานทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ALTERNATIVE INSTRUCTIONAL STRATEGIES: FLIPPED CLASSROOM AND
MATHEMATICAL TASK PRACTICES

นัฐสุดา เฟื่องสร้อย* และอาทร นกแก้ว

Natsuda Phengsoy* and Artorn Nokkaew

E-mail: natsudap63@nu.ac.th and artornn@nu.ac.th

Received: June 1, 2022

Revised: June 28, 2022

Accepted: July 19, 2022

ABSTRACT

Alternative learning methods are essential to the advancement of academic development. This study investigated instructional guidelines regarding Flipped Classroom and Mathematical Tasks Practices while studying the statistical literacy of grade 8 students after receiving academic training. The sample group consisted of 32 students of a large secondary school in Uthai Thani province using purposive sampling. Research tools used in this study included three lesson plans, an instructional reflection form, worksheets, and a statistical literacy evaluation, a pre-test, and a post-test. The data collected via three cycles of the action research, within 12-hour period, was analyzed utilizing Content analysis, Resource triangulation, and Methodological triangulation. The results were summarized, and they showed that the instructional guidelines using Flipped Classroom and Mathematical Tasks were categorized as follows: (1) The guideline for learning activities beyond the classroom; (2) The guideline for examining knowledge beyond the classroom; (3) The role of teachers in Flipped Classroom; (4) The guideline for using Mathematical tasks to enhance statistics literacy; and (5) The guideline for student assessment. Equally important, the results from pre-test and post-test demonstrated that the development of students' statistical literacy had developed after instruction. The majority of the students had a higher level of interpretation in a given context. The student's statistical literacy was at Level 3 (Inconsistent), which was the statistical summation that was not unreasonable; however, it was inconsistent. Therefore, the average concept can be used to assess the data, even though, the data was summarized for inconsistent reasons. Conversely, the statistical literacy as Level 4 (Consistent-non critical) was consistent yet non-critical, which demonstrated a use of mathematical and critical skills in straightforward setting, while being able to find the mean without recognition of outlier.

Keywords: Statistics literacy; Flipped classroom; Mathematical task

*Corresponding Author E-mail: natsudap63@nu.ac.th

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ.พิษณุโลก

Department of Education, Faculty of Education, Naresuan University,

Phitsanulok Province, 65000 Thailand

บทคัดย่อ

วิธีการจัดการเรียนรู้มีความสำคัญต่อการพัฒนาทางวิชาการ การศึกษานี้ได้ค้นพบแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติของนักเรียนหลังจากการเรียนรู้ โดยมีผู้เข้าร่วมการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ประจำอำเภอแห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี จำนวน 32 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรม แบบวัดการรู้ทางสถิติก่อนเรียน และแบบวัดการรู้ทางสถิติหลังเรียน ส่วนการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการในระยะเวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation) การตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation) การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ ได้ 5 แนวทาง ประกอบด้วย (1) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน (2) แนวทางการตรวจสอบความรู้จากนอกห้องเรียน (3) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน (4) แนวทางการใช้งานทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติในชั้นเรียน และ (5) แนวทางการประเมินผลสิ่งที่ได้เรียนรู้ นอกจากนี้ผลการเปรียบเทียบระดับการรู้ทางสถิติของนักเรียนจากแบบวัดการรู้ทางสถิติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และพบว่า นักเรียนสรุปข้อมูลอยู่ในระดับ 3 การสรุปข้อมูลทางสถิติแต่ไม่สมเหตุสมผล (Inconsistent) ซึ่งสามารถใช้แนวคิดค่ากลางตัดสินข้อมูลได้แต่ยังสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลที่ไม่สมเหตุสมผล และระดับ 4 การสรุปข้อมูลทางสถิติอย่างง่าย (Consistent-non critical) ที่สามารถใช้คณิตศาสตร์ร่วมสรุปข้อมูลในสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อนอย่างมีวิจารณ์ญาณและหาค่ากลางของข้อมูลได้แต่ไม่ตระหนักถึงค่าที่ผิดปกติ

คำสำคัญ: การรู้ทางสถิติ; การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน; งานทางคณิตศาสตร์

1. บทนำ

ในสังคมที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูลซึ่งหน่วยงานหรือองค์กรต่างรายงานข้อมูลทางสถิติในรูปแบบข้อความ วาจา ตัวเลข สัญลักษณ์ตารางและอินโฟกราฟิกผ่านการโฆษณา หนังสือพิมพ์ เว็บไซต์ รวมถึงการสนทนาและปราศรัยในชุมชน ดังนั้น การรู้ทางสถิติ (Statistical literacy) จึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจ ตีความและประเมินผลเพื่อตัดสินข้อมูลเหล่านั้นอย่างมีวิจารณ์ญาณ การพัฒนาการรู้ทางสถิติจึงจำเป็นสำหรับทุกช่วงชั้นของการศึกษา โดยสร้างขึ้นจากความคิดรวบยอดและความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและกระบวนการทางสถิติ รวมถึงการนำเครื่องมือทางสถิติ ความรู้ และทักษะเหล่านี้มาบูรณาการเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากกรณีศึกษาที่เป็นรูปธรรมโดยเน้นการใช้ข้อมูลจริงที่สอดคล้องกับบริบทเพื่อให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมและเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ (Murray & Gal, 2004, pp. 1-2; Watson, 2003, p. 1) แต่จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ย้อนหลังนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีผลการทดสอบคณิตศาสตร์ที่มีคะแนนโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงที่ไม่ผ่านครึ่งของคะแนนเต็ม โดยในปีการศึกษา 2563 สาระที่ 3 สถิติและความน่าจะเป็น มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 23.85 คะแนน (National Institute of Educational Testing Service [NIETS], 2021 p. 7) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากความเข้าใจว่าสถิติเป็นเนื้อหาที่มีแนวคิด กฎ และความซับซ้อนมาก เมื่อนำมาจัดการเรียนรู้จึงเน้นการจำแนวคิดเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนที่มีปัญหาด้านพื้นฐานทางคณิตศาสตร์คิดว่าสถิติมีความยุ่งยากและไม่เห็นความสอดคล้องกับบริบทในชีวิตจริง (Ben-Zvi & Garfield, 2014, p. 4)

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST, 2017, pp. 89-90) ได้เสนอว่า การจัดการเรียนรู้สถิติควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริงตามขั้นตอนและระเบียบวิธีการทางสถิติในเรื่องที่นักเรียนสนใจศึกษา โดยนำความรู้และความสามารถทางสถิติไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือวิเคราะห์สถานการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน รวมถึงส่งเสริมการอภิปรายและแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ในชั้นเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนแนวคิดและเรียนรู้ร่วมกันในชั้นเรียน ทำให้เกิดความเข้าใจและส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จากผลการวิจัยในชั้นเรียนของ Hongngern and Nopparit (2020, pp. 1844-1845) และ Enoch and Nopparit (2018, p. 1893) พบว่า ในการพัฒนาการรู้ทางสถิตินั้นครูควรออกแบบกิจกรรมในชั้นเรียนที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงด้วยข้อมูลจากโลกจริง เพื่อให้นักเรียนเห็นภาพชัดเจนและเห็นความสอดคล้องของสถิติต่อชีวิตจริงและควรส่งเสริมการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนประเมินความเหมาะสมและถูกต้องของข้อมูลแล้วนำแนวคิดทางสถิติไปใช้ในการตัดสินข้อมูล ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานทางสถิติที่เพียงพอโดย Kuankeaw and Nopparit (2015, pp. 22-26)

ได้ใช้แนวคิดห้องเรียนกลับด้านในรูปแบบกรณีศึกษาเพื่อช่วยให้นักเรียนทำความเข้าใจเนื้อหาและขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเองตามศักยภาพการเรียนรู้ ส่วนในชั้นเรียน ครูตั้งประเด็นเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้แล้วให้ลงมือปฏิบัติด้วยกิจกรรมในห้องเรียนที่เน้นการลงมือปฏิบัติ การโต้แย้งและการอภิปรายที่ต่อยอดจากเนื้อหาที่ได้ศึกษามา

สำหรับการศึกษารูปร่างทางสถิติของนักเรียน ผู้วิจัยศึกษารอบการประเมินการรู้ทางสถิติของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) ที่ศึกษาการรู้ทางสถิติของนักเรียนในเกรด 3 ถึง 9 เพื่อสนับสนุนโครงสร้างแบบเป็นลำดับขั้นและลักษณะของการรู้ทางสถิติในแต่ละระดับ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 6 ระดับ ซึ่งต่อมา Çatman Aksoy and İşıksal Bostan (2021, p. 397) ได้นำกรอบการประเมินการรู้ทางสถิติดังกล่าวมาศึกษาการรู้ทางสถิติของนักเรียนเกรด 7 ในประเทศตุรกี โดยอธิบายลักษณะที่สอดคล้องกับการรู้ทางสถิติแต่ละระดับ แบ่งเป็น ลักษณะการรู้ทางสถิติทั่วไป ลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับค่ากลางของข้อมูล และลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับความแตกต่างของข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ของชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง สถิติ (2) ที่ประกอบด้วยการนำเสนอข้อมูลด้วยแผนภาพจุด แผนภาพต้น-ใบ และฮิสโทแกรม รวมถึงค่ากลางของข้อมูล (Ministry of Education, 2017, p. 29) และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการรู้ทางสถิติตามกรอบการรู้ทางสถิติของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) ที่เหมาะสมกับบริบทห้องเรียนของประเทศไทย ผู้วิจัยจึงใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) ที่ดำเนินการวิจัยต่อเนื่องกัน ทำให้ในการจัดกิจกรรมแต่ละวงจรสามารถแก้ไขและปรับเปลี่ยนกิจกรรมที่เหมาะสมกับบริบท เพื่อส่งเสริมและพัฒนาการคิดระดับที่สูงขึ้นในวงจรถัดไป

จากความสำเร็จของการรู้ทางสถิติและปัญหาของการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นวัตถุประสงค์สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้ทางสถิติโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ และศึกษาการรู้ทางสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีดังกล่าว เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำแนวทางการจัดการเรียนรู้ไปใช้และการพัฒนาการรู้ทางสถิติของนักเรียนต่อไป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาลงมือส่งเสริมการรู้ทางสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การรู้ทางสถิติ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน งานทางคณิตศาสตร์ และศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาการรู้ทางสถิติของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) ที่จัดระดับการรู้ทางสถิติด้วยกรอบการประเมินการรู้ทางสถิติจากการศึกษาการรู้ทางสถิติของนักเรียนในเกรด 3 ถึง 9 จากนักเรียน มากกว่า 3,000 คน เพื่อเป็นหลักฐานในการสนับสนุนแนวคิดระดับขั้นของการรู้ทางสถิติและบันทึกลักษณะการรู้ทางสถิติแต่ละระดับขึ้น ซึ่งกรอบการประเมินการรู้ทางสถิติแบ่งออกเป็น 6 ระดับ คือ ระดับที่ 1 การใช้สัญชาตญาณ (Idiosyncratic) ระดับที่ 2 การคำนวณอย่างง่ายโดยใช้ความเชื่อตามสัญชาตญาณ (Informal) ระดับที่ 3 การสรุปข้อมูลทางสถิติแต่ไม่สมเหตุสมผล (Inconsistent) ระดับที่ 4 การสรุปข้อมูลทางสถิติอย่างง่าย (Consistent-non critical) ระดับที่ 5 การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณ (Critical) และระดับที่ 6 การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical) และต่อมา Çatman Aksoy and İşıksal Bostan (2021, pp. 397-416) ได้ศึกษาการรู้ทางสถิติด้วยแบบวัดการรู้ทางสถิติตามทั้ง 6 ระดับของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) ของนักเรียนเกรด 7 จำนวน 164 คน ในประเทศตุรกีเกี่ยวกับแนวคิดค่ากลางของข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจากแผนภูมิแท่งและกราฟเส้นที่นำเสนอทางเลือกด้วยความรู้ดังกล่าวจากบริบทในชีวิตจริงแล้วนำมาระบุเป็นลักษณะการรู้ทางสถิติตามกรอบการประเมินการรู้ทางสถิติ โดยแบ่งเป็น ลักษณะการรู้ทางสถิติทั่วไป ลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับค่ากลางของข้อมูล และลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับความแตกต่างของข้อมูล ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีระดับการรู้ทางสถิติอยู่ในระดับ 3 และระดับ 4 ในลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับค่ากลางของข้อมูล โดยนักเรียนสามารถตีความค่ากลางของข้อมูลในบริบทที่กำหนดให้ได้ ส่วนลักษณะการรู้ทางสถิติเกี่ยวกับความแตกต่างของข้อมูลมีระดับการรู้ทางสถิติอยู่ในระดับ 1 และระดับที่ 2 ส่วนแนวคิดห้องเรียนกลับด้าน Bergmann and Sams (2012, pp. 1-20) ได้พัฒนาจากประสบการณ์การสอนที่นำเทคโนโลยีมาใช้กับนักเรียนเพื่อให้สามารถเรียนนอกเวลาได้ ทำให้นักเรียนสามารถทบทวนเนื้อหาได้ตลอดเวลา และเพิ่มการทำกิจกรรมในชั้นเรียนให้มากขึ้น โดยฝึกการคิดในระดับสูงและช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหานั้นได้ดีขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยของ Sukharee (2020, pp. 68-84) ที่พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับการเรียนรู้เชิงรุก โดยสร้างบทเรียนออนไลน์ เรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์และภาคตัดกรวย เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ที่บ้านแล้วนำความรู้มาใช้

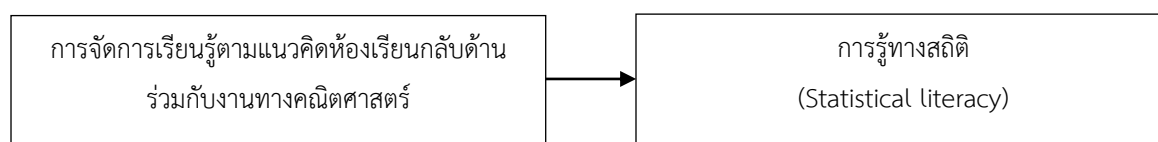
ในการจัดกิจกรรมเชิงรุกในชั้นเรียน และ Duangtod and Jermtaison (2019, pp. 341-353) ที่ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แนวคิดห้องเรียนกลับด้าน เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น โดยครูพัฒนาสื่อการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนศึกษาความรู้ด้วยตนเองที่บ้าน แล้วจัดการเรียนรู้เป็นขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุปในชั้นเรียนด้วยรูปแบบของกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่อการเรียนและจัดกิจกรรมโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่วนกิจกรรมในชั้นเรียนที่ใช้งานทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Henningsen and Stein (1997, pp. 268-275) ที่ได้แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ (1) ระดับความรู้ความจำ (Memorization) (2) ระดับการใช้ขั้นตอนวิธีดำเนินการแต่ไม่มีการเชื่อมโยง (Procedures without connections) (3) ระดับการใช้ขั้นตอนวิธีการและมีการเชื่อมโยง (Procedure with connections) และ (4) ระดับการทำคณิตศาสตร์ (Doing mathematics) และใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เนื่องจากได้ศึกษางานวิจัยของ Palee and Kamol (2020, p. 115) ที่เป็นการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงสถิติ โดยใช้งานทางคณิตศาสตร์ที่ทำหยาบเพื่อกระตุ้นการคิดและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการฝึกคิดแก้ปัญหาและลงมือปฏิบัติ ส่วนการใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนดำเนินการเป็น 3 วงจรต่อเนื่องกัน ทำให้สามารถแก้ไขและปรับเปลี่ยนกิจกรรมในแต่ละวงจรให้เหมาะสมกับบริบทเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการคิดเชิงสถิติในระดับที่สูงขึ้นในวงจรถัดไป

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แนวคิดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ให้ครูคณิตศาสตร์นำวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้ทางสถิติ และใช้กรอบการประเมินการรู้ทางสถิติ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) เพื่อการจัดระดับและเป็นแนวทางการพัฒนาการรู้ทางสถิติของนักเรียน

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิดห้องเรียนกลับด้านของ Bergmann and Sams (2012, pp. 13-17) และงานทางคณิตศาสตร์ตามแนวคิดของ Henningsen and Stein (1997, pp. 268-275) แล้วนำมาออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการรู้ทางสถิติ โดยใช้กรอบการประเมินการรู้ทางสถิติของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) สำหรับเป็นแนวทางในการพัฒนาการรู้ทางสถิติและการจัดระดับของนักเรียน ดังนั้นผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.2 ขอบเขตการวิจัย

3.2.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดอุทัยธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 32 คน ที่ได้รับการคัดเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) และยินยอมเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยเป็นนักเรียนที่คล่องความสามารถโดยใช้คะแนนรายวิชาคณิตศาสตร์ของภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 เป็นเกณฑ์ และมีพื้นฐานในการใช้แพลตฟอร์มบนโซเชียลมีเดียทั้ง YouTube Google Form และมีกลุ่ม Line ที่มีนักเรียนอยู่ครบทุกคนร่วมกับผู้วิจัย

3.2.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สถิติ (2) ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาย่อย ได้แก่ แผนภาพจุด แผนภาพต้นไม้ ฮิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล โดยใช้ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระคณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3.2.3 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์

ตัวแปรตาม คือ การรู้ทางสถิติ (Statistical literacy)

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษา ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา สาขาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอน คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไม่ต่ำกว่า 12 ปี โดยมีรายละเอียดเครื่องมือ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติ เรื่อง สถิติ (2) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 3 แผน สำหรับ 3 วงจรปฏิบัติการ ใช้เวลาทั้งหมด 12 ชั่วโมง ประกอบด้วย การนำเสนอ และวิเคราะห์ข้อมูล ค่ากลางของข้อมูล และการใช้สถิติในชีวิตจริง โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating scale) ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert) พบว่า มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.79 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยรวมเท่ากับ 0.16 ซึ่งถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้ และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ คือ เพิ่มการอธิบายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนแต่ละขั้นตอน ให้ละเอียด และปรับเกณฑ์การประเมินให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับการเรียนรู้ทางสถิติ

2. แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลผลการจัดการเรียนรู้แต่ละวงจรปฏิบัติการที่เกิดขึ้นหลังจบ การเรียนรู้ของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้หรือวงจรปฏิบัติการโดยผู้วิจัยและครูประจำการเป็นผู้บันทึกข้อมูล โดยผู้เชี่ยวชาญ ลงความเห็นในแบบประเมิน พบว่า สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้และข้อคำถามสอดคล้องกับบทเรียน ซึ่งถือว่า มีความเหมาะสมและสามารถนำไปใช้ได้

3. ใบกิจกรรม เป็นส่วนหนึ่งของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยออกแบบใบกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นเอกสารประกอบการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย แบบสรุปความรู้จากการจัดการเรียนรู้นอกห้องเรียน แบบบันทึกกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ และสถานการณ์ปัญหา ซึ่งออกแบบตามลักษณะของงานทางคณิตศาสตร์ทั้ง 4 ระดับ โดยผู้วิจัยนำใบกิจกรรมให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความเหมาะสมพร้อมกับแผนการจัดการเรียนรู้และปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ การปรับข้อคำถาม ให้ชัดเจนเพื่อให้สามารถนำคำตอบของนักเรียนมาจัดระดับการเรียนรู้ทางสถิติได้

ตารางที่ 1 รายละเอียดของกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	กิจกรรมนอกห้องเรียน	ระดับงานทางคณิตศาสตร์	ลักษณะการเรียนรู้ทางสถิติ
1. การนำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูล (4 ชั่วโมง)	แผนภาพจุด	- YouTube - Google Form	1, 2	ความแตกต่างของข้อมูล
	แผนภาพต้นไม้		1, 2, 3	
	ฮิสโทแกรม		1, 3	
	ฮิสโทแกรมที่มีการแบ่งช่วงของข้อมูล		1, 2, 4	
2. ค่ากลางของข้อมูล (4 ชั่วโมง)	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	- YouTube - Google Form	1, 2, 3	ค่ากลางของข้อมูล
	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลที่อยู่ในตารางแจกแจงความถี่		2, 3, 4	
	มัธยฐานและฐานนิยม		2, 3	
	มัธยฐานและฐานนิยมของข้อมูลที่อยู่ในตารางแจกแจงความถี่		1, 3	
3. การใช้สถิติในชีวิตจริง (4 ชั่วโมง)	คู่ยั่ว...เล่าสถิติ	- YouTube - Google Form	4	ความแตกต่างและค่ากลางของข้อมูล
	Classroom Polling สำรวจเพื่อน สำรวจโพล		4	

4. แบบวัดการเรียนรู้ทางสถิติก่อนและหลังเรียน เป็นรูปแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อวัดระดับความสามารถในการใช้ความรู้ทางสถิติที่มีในการตอบสนองกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ดังนั้น แบบวัดการเรียนรู้ทางสถิติก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้จึงออกแบบโดยใช้บริบทและขอบเขตของเนื้อหาที่แตกต่างกัน โดยคำนึงถึงการเรียนรู้ทางสถิติที่นักเรียนมีในช่วงเวลานั้น โดยแบบวัดการเรียนรู้ทางสถิติก่อนเรียน กำหนดขอบเขตของเนื้อหาประกอบด้วย การอ่าน วิเคราะห์ แปลความหมายและการนำเสนอข้อมูลจากแผนภูมิรูปวงกลม แผนภูมิแท่ง และกราฟเส้น รวมถึงการนำสถิติไปใช้ในชีวิตรจริง ขณะที่ขอบเขตเนื้อหาของแบบวัดการเรียนรู้ทางสถิติหลังเรียน ประกอบด้วย การอ่าน วิเคราะห์ แปลความหมายและการนำเสนอข้อมูลจากแผนภาพจุด แผนภาพต้นไม้ ฮิสโทแกรม และค่ากลางของข้อมูล และให้นักเรียนเขียนตอบด้วยการใช้กระบวนการทางสถิติและคณิตศาสตร์

ในการตัดสินใจและสรุปข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยนำแบบวัดความรู้ทางสถิติให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา แล้วนำไปคำนวณหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งมีค่าเป็น 1.0 ในทุกข้อซึ่งหมายถึงสอดคล้องกับจุดประสงค์ และได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ได้แก่ ปรับข้อคำถามให้ชัดเจนเพื่อให้ นักเรียนสามารถเขียนตอบคำถามได้ตรงประเด็นและปรับการอธิบายเกณฑ์การประเมินระดับความรู้ทางสถิติในแต่ละข้อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอน ดังนี้

1. เตรียมสื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับการจัดการเรียนรู้นอกห้องเรียน ได้แก่ ศึกษาช่องทางการเข้าถึงข้อมูลบนแพลตฟอร์มในอินเทอร์เน็ตที่นักเรียนสามารถเข้าถึงได้สะดวก ศึกษาการจัดทำและตัดต่อแล้วอัปโหลดวิดีโอลงบน YouTube และการทำแบบทดสอบออนไลน์เพื่อตรวจสอบความเข้าใจและให้นักเรียนระบุข้อสงสัยจากการดูวิดีโอลงบน Google Form

2. ปฐมนิเทศชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ซึ่งดำเนินการตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านแล้วดำเนินการสอบวัดความรู้ทางสถิติด้วยแบบวัดความรู้ทางสถิติก่อนเรียนเพื่อวิเคราะห์ระดับความรู้ทางสถิติของนักเรียนเป็นรายบุคคล

3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ด้วย 3 แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) ศึกษาปัญหาในชั้นเรียนแล้วพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Act) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดห้องเรียนกลับด้านโดยให้นักเรียนเข้าชมวิดีโอบน YouTube และตรวจสอบความเข้าใจจากการทำแบบทดสอบออนไลน์ทาง Google Form แล้วบันทึกสรุปความรู้เพื่อนำมาทำกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนในรูปแบบงานทางคณิตศาสตร์

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์สังเกตการทำกิจกรรมและงานทางคณิตศาสตร์จากใบกิจกรรมในชั้นเรียนของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อน (Reflect) ผู้วิจัยและผู้ร่วมสังเกตการณ์สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหาและแนวทางแก้ไขลงในแบบสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติการต่อไป ซึ่งดำเนินการลักษณะเดียวกันทั้ง 3 วงจร

4. หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 วงจรปฏิบัติการ ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความรู้ทางสถิติหลังเรียนเพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบพัฒนาการตามระดับความรู้ทางสถิติของนักเรียนเป็นรายบุคคล

3.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามการวิจัยซึ่งแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ส่วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเน้นข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านแหล่งข้อมูล (Resource triangulation) จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัยและครูประจำการที่มีประสบการณ์การสอนมากกว่า 12 ปี และใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล (Methodological triangulation) จากใบกิจกรรมและการบันทึกวิดีโอ โดยวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลเพื่อกำหนดหมวดหมู่ว่าเป็นข้อดี ข้อบกพร่อง ข้อเสนอแนะและแนวทางการแก้ไขสำหรับการจัดการเรียนรู้ แล้วเรียบเรียงเพื่อสรุปเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้

2. ผลการศึกษารูปร่างสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความรู้ทางสถิติก่อนและหลังเรียน ซึ่งใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพจากการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) ด้วยแบบวัดความรู้ทางสถิติจำนวน 4 ข้อที่มีการสร้างเกณฑ์การวัดระดับความรู้ทางสถิติโดยอ้างอิงจากลักษณะการเรียนรู้ทางสถิติ ดังตาราง 2 เพื่อนำไปหาความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับของการเรียนรู้ทางสถิติ แล้วเปรียบเทียบระดับความรู้ทางสถิติของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ตารางที่ 2 เกณฑ์การจัดระดับการรู้ทางสถิติโดยอ้างอิงจากระดับการรู้ทางสถิติตามแนวคิดของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19)

ระดับ	ลักษณะของการรู้ทางสถิติ		
	ทั่วไป	ค่ากลางของข้อมูล	ความแตกต่างของข้อมูล
1. การใช้สัญชาตญาณ (Idiosyncratic)	- ใช้ความเชื่อและประสบการณ์ส่วนตัวเป็นเหตุผล	- อธิบายแนวคิดการหาค่ากลางด้วยเหตุผลส่วนตัวไม่มีคำศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับการหาค่ากลางของข้อมูล	- ทำนายการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มของข้อมูลแต่ไม่มีเหตุผล
2. การคำนวณอย่างง่ายโดยใช้ความเชื่อตามสัญชาตญาณ (Informal)	- แก้ปัญหาด้วยการคำนวณซึ่งไม่เชื่อมโยงทางแนวคิดทางสถิติ	- อธิบายการหาค่ากลางด้วยภาษาพูดหรือแนวคิดที่ไม่เชื่อมโยงแนวคิดสถิติ - แสดงการดำเนินการการหาค่ากลางของข้อมูลแต่ไม่สมบูรณ์และไม่สามารถหาคำตอบได้	- นำเสนอข้อมูลแต่ไม่สอดคล้องกับปัญหาสถานการณ์ - อธิบายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ข้อมูลเพียงค่าเดียวโดยระบุค่าเพียงคำว่า “มากกว่า” หรือ “น้อยกว่า”
3. การสรุปข้อมูลทางสถิติแต่ไม่สมเหตุสมผล (Inconsistent)	- ใช้แนวคิดสถิติเชิงคุณภาพมากกว่าสถิติเชิงปริมาณ - สรุปข้อมูลได้แต่ยังไม่ถูกต้องและสมเหตุสมผล	- ใช้แนวคิดการหาค่ากลางของข้อมูลเป็นแนวคิดการหาตัวแทนของข้อมูล - เลือกใช้ค่ากลางของข้อมูลได้แต่ไม่มีเหตุผลประกอบ	- นำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สอดคล้องกับปัญหาสถานการณ์แต่ยังไม่สมบูรณ์ - อธิบายการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลโดยใช้ข้อมูลมากกว่า 1 ค่า
4. การสรุปข้อมูลทางสถิติอย่างง่าย (Consistent-non critical)	- แก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางสถิติในโจทย์ปัญหาที่ไม่ซับซ้อน	- หาค่ากลางของข้อมูลที่กำหนดให้ได้แต่ยังไม่ตระหนักถึงค่าที่ผิดปกติ	- นำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สอดคล้องกับปัญหาสถานการณ์แต่ยังไม่สมบูรณ์ - เปรียบเทียบข้อมูลโดยสถิติเชิงปริมาณ
5. การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณ (Critical)	- ใช้ทักษะกระบวนการทางสถิติสรุปข้อมูลด้วยคำศัพท์ ภาษาทางสถิติอย่างมีวิจารณ์ญาณ	- หาค่ากลางของข้อมูลที่กำหนดให้ได้แต่ยังไม่ตระหนักถึงค่าที่ผิดปกติ	- นำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่สอดคล้องกับปัญหาสถานการณ์และเหมาะสม - ทำนายและอธิบายการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการนำเสนอข้อมูลทางสถิติที่สร้างขึ้น
6. การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical)	- ใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางสถิติสรุปข้อมูลด้วยคำศัพท์ ภาษาทางสถิติและให้เหตุผลในรูปตัวเลขเพื่อบอกปริมาณอย่างเหมาะสม	- เลือกใช้ค่ากลางในการคำนวณโดยพิจารณาความเหมาะสมและตระหนักถึงความผิดปกติมีผลการเป็นตัวแทนของข้อมูล	- บูรณาการการนำเสนอข้อมูลกับสถานการณ์ที่สนใจอย่างเหมาะสม - ทำนายการเปลี่ยนแปลงข้อมูลด้วยกระบวนการคณิตศาสตร์และแนวคิดสถิติอย่างมีวิจารณ์ญาณ

4. สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยสรุปผลการวิจัยเพื่อตอบคำถามการวิจัยตามวัตถุประสงค์ 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการรู้ทางสถิติโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปผลการวิจัยเมื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้เป็น 2 ขั้นตอน คือ

กิจกรรมการเรียนรู้นอกชั้นเรียน

1. แนวทางการจัดเตรียมและบรรยายวิดีโอก่อนเรียน ควรนำเสนอวิดีโอบน YouTube เนื่องจากมีความคุ้นเคยในการใช้และสามารถหยุด กดเร่ง หรือลดความเร็วของการบรรยายเพื่อทำความเข้าใจเนื้อหาได้ตามศักยภาพของตนเอง และควรเลือกรูปแบบการบรรยายความรู้นอกห้องเรียนด้วยตนเอง เพื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนและเชื่อมโยงความรู้ให้สัมพันธ์กับการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน โดยจัดทำในรูปแบบ 2 จอแสดงผล คือ หน้าจอที่แสดงการเขียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา และหน้าจอที่แสดงการบรรยายของครูด้วยวงจรรายการและอวัจนภาษา

2. แนวทางการติดตามการทดสอบออนไลน์ ผู้วิจัยใช้ Google Form เนื่องจากนักเรียนมีความคุ้นเคยและสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยสร้างคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้และมีข้อคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ระบุข้อสงสัยในเนื้อหาที่ได้ศึกษาแล้วนำมาตอบข้อสงสัยในชั้นเรียน รวมถึงมอบหมายให้นักเรียนบันทึกสรุปความรู้เพื่อนำมาใช้ในชั้นเรียน

กิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน

1. แนวทางการนำเข้าสู่บทเรียน ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ในชั้นเรียนโดยใช้คำถามและเกมเพื่อกระตุ้นการแลกเปลี่ยนความรู้และทดสอบความรู้จากการดูวิดีโอนอกชั้นเรียน รวมถึงนำข้อสงสัยจากการตั้งคำถามและสะท้อนการเรียนรู้จากนอกชั้นเรียนมาตอบในชั้นเรียนในรูปแบบของการอธิบายหรือร่วมกันอภิปรายในชั้นเรียน เพื่อตอบข้อสงสัยและจัดมนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนที่ส่งเสริมการรู้ทางสถิติ ครูควรใช้กิจกรรมในรูปแบบหลากหลาย ได้แก่ กิจกรรมที่ร่วมกันทำงานทางคณิตศาสตร์ทั้งชั้นเรียน กิจกรรมกลุ่มที่แบ่งกลุ่มหลายรูปแบบ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติและแลกเปลี่ยนแนวคิดทางสถิติเพื่อสรุปข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ และกิจกรรมเดี่ยวที่สามารถตรวจสอบระดับการรู้ทางสถิติเป็นรายบุคคลได้ รวมถึงเลือกงานทางคณิตศาสตร์ที่ส่งเสริมการนำความรู้จากนอกห้องเรียนมาใช้แก้ปัญหาโดยออกแบบให้สอดคล้องกับบริบทและสถานการณ์ในชีวิตจริง และเรียงลำดับความซับซ้อนของงานทางคณิตศาสตร์จากน้อยไปหามาก ทำให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาอย่างท้าทายและมีแรงจูงใจในการทำงาน ซึ่งการใช้กิจกรรมที่มาจากการสำรวจจริงจะได้รับความสนใจจากนักเรียนทั้งการนำกระบวนการทางสถิติไปใช้และสรุปข้อมูลอย่างมีวิจารณญาณ โดยครูควรวางบทบาทตนเองเป็นผู้อำนวยความสะดวก ติดตาม และตรวจสอบการทำการกิจกรรมหรืองานทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน และส่งเสริมการเขียนนำเสนอการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอนตามหลักคณิตศาสตร์และการสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลของสถิติเชิงปริมาณ เพื่อส่งเสริมการรู้ทางสถิติให้ถึงระดับ 6 การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical) รวมถึงเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้และจัดบรรยากาศชั้นเรียนให้ยืดหยุ่นเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนและครู

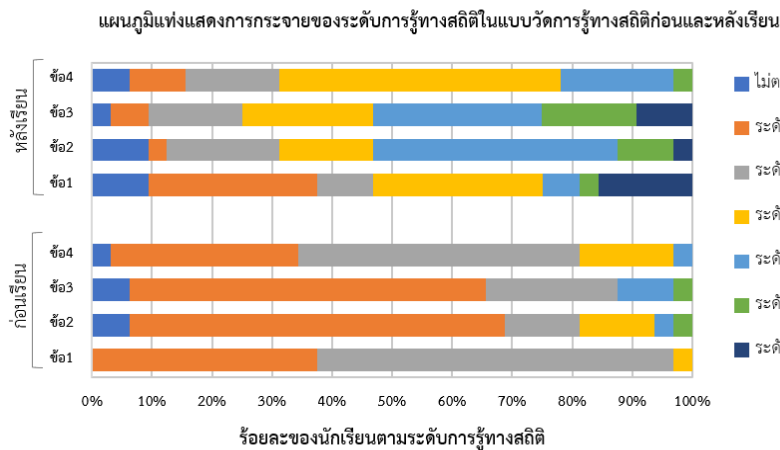
3. แนวทางการสรุปความรู้และตรวจสอบความเข้าใจ ครูควรให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือการตรวจสอบความเข้าใจโดยอาจเป็นรูปแบบ Exit card ที่มี 2 รูปแบบ คือ คำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสรุปความรู้ทั้งหมดลงไป และคำถามที่สามารถสร้างคำตอบได้หลากหลายเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้และนำมาใช้หาคำตอบของตนเองมากกว่าการลอกคำตอบเพื่อนมาส่ง รวมถึงแจ้งจุดประสงค์ของการมอบหมายกิจกรรมการเรียนรู้ในคาบถัดไปให้ชัดเจน ทำให้นักเรียนทราบเป้าหมายและมีแรงจูงใจต่อการดูวิดีโอ



รูปที่ 2 ตัวอย่างการทำการกิจกรรมและ Exit card

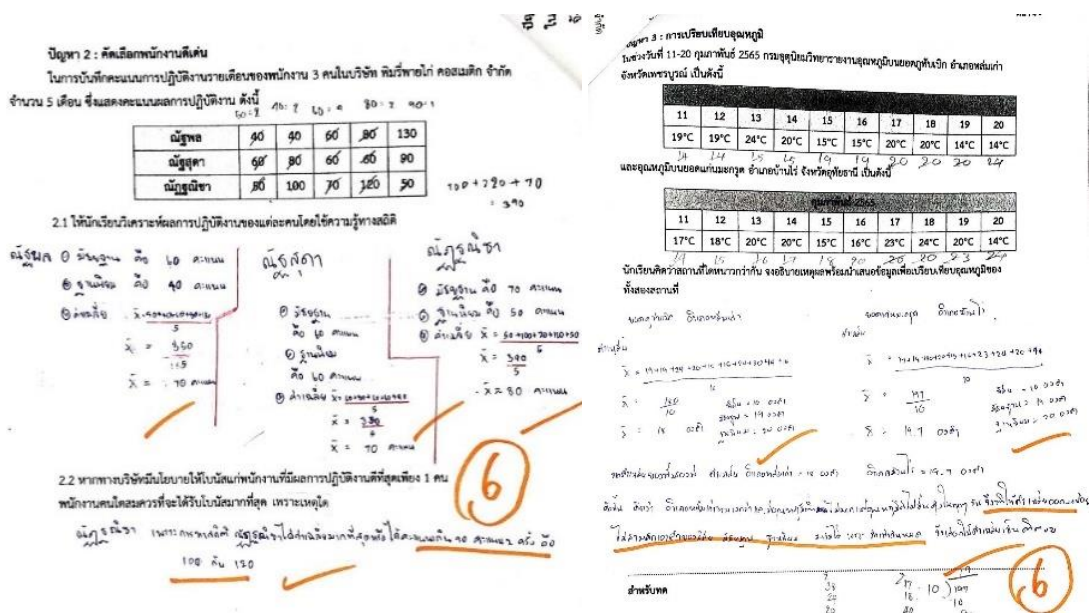
4.2 ผลการศึกษาการรู้ทางสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดการรู้ทางสถิติก่อนเรียนและแบบวัดการรู้ทางสถิติหลังเรียน ซึ่งได้นำคำตอบของนักเรียนมาจัดระดับการรู้ทางสถิติ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภูมิแท่งแสดงการกระจายของระดับการรู้ทางสถิติในแบบวัดการรู้ทางสถิติก่อนและหลังเรียน

จากรูป พบว่า นักเรียนมีระดับการรู้ทางสถิติเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ เมื่อเทียบการสรุปข้อมูลจากการทำแบบวัดการรู้ทางสถิติ ก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 4 ข้อ พบว่า จากแบบวัดการรู้ทางสถิติก่อนเรียนมีนักเรียนคิดเป็นร้อยละ 14.06 ที่สรุปข้อมูลอยู่ใน ระดับตั้งแต่ 3 ขึ้นไป ส่วนแบบวัดการรู้ทางสถิติหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 66.41 โดยส่วนใหญ่สรุปข้อมูลอยู่ในระดับ 3 การสรุป ข้อมูลทางสถิติแต่ไม่สมเหตุสมผล (Inconsistent) คิดเป็นร้อยละ 28.13 และระดับ 4 การสรุปข้อมูลทางสถิติอย่างง่าย (Consistent-non critical) คิดเป็นร้อยละ 23.44 ตามลำดับ และพบการสรุปข้อมูลด้วยการรู้ทางสถิติระดับ 6 การสรุปข้อมูลด้วย เหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical) คิดเป็นร้อยละ 7.03 ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการสรุปข้อมูลด้วยระดับ 6 การสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical)

จากรูป แสดงคำตอบของผู้เข้าร่วมวิจัยโดยวิเคราะห์ข้อมูลจากแนวคิดค่ากลางของข้อมูลทั้งค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณตามกระบวนการทางคณิตศาสตร์อย่างถูกต้องและสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมีวิจารณ์ญาณทางสถิติ โดยในรูปซ้ายมือนักเรียนสรุปการเลือกผู้ปฏิบัติงานที่ดีที่สุดและให้เหตุผลว่า “เลือกณัฐสุตา เพราะ การทำสถิติณัฐสุตาได้ค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้คะแนนเกิน 90 คะแนน 2 ครั้ง คือ 100 กับ 120” และในรูปขวามือนักเรียนสรุปข้อมูลว่า “อำเภอหล่มเก่า และมืองหมูมีไม่มาก อุณหภูมิไม่ขึ้นสูงในทุก ๆ วัน จึงทำให้ค่าเฉลี่ยออกมาน้อยไม่สามารถเอาค่าของฟิสิกส์ มัธยฐาน ฐานนิยมมาวัดได้เพราะเท่ากันหมด จึงเลือกใช้ค่าเฉลี่ยเป็นคำตอบ” ซึ่งนักเรียนอ้างจากการพิจารณาค่ากลางของข้อมูลด้วยคำตอบที่เป็นสถิติเชิงปริมาณอย่างชัดเจนและคำนึงถึงความผิดปกติของข้อมูล

5. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ สามารถนำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ได้ 5 แนวทาง คือ (1) แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ควรนำเสนอด้วยวิดีโอบน YouTube โดยการบรรยายวิดีโอด้วยตนเอง เพราะทำให้สอดคล้องกับกิจกรรมในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Khan and Watson (2018, p. 4) ที่ระบุว่า การบันทึกวิดีโอครั้งละแนวคิด ทำให้นักเรียนสนใจรับชมและการใช้ห้องเรียนกลับด้านประสบความสำเร็จมากกว่าการให้นักเรียนอ่านและทำแบบทดสอบ และเพื่อความสอดคล้องกัน (Homogeneous mode) การบรรยายในวิดีโอและการทำกิจกรรมในชั้นเรียนควรจัดทำโดยครูผู้สอน (2) แนวทางการตรวจสอบความรู้จากนอกห้องเรียน ควรออกแบบการติดตามการทดสอบออนไลน์ที่มีข้อคำถามเพื่อตรวจสอบความรู้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น รวมถึงซักถามข้อสงสัยจากการดูวิดีโอ เพราะทำให้ครูสามารถติดตาม ตรวจสอบและแก้ไขข้อผิดพลาดของนักเรียนได้ต่อเนื่องในชั้นเรียน รวมถึงควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนและเติมเต็มการเรียนรู้จากที่จัดบันทึกมาจากนอกชั้นเรียน สอดคล้องกับ Duangtod and Jermtaison (2019, p. 351) ที่จัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้านโดยมอบหมายให้ศึกษาสื่อการเรียนรู้ก่อนเข้าเรียนโดยจดบันทึกและตั้งคำถามก่อนล่วงหน้า แล้วในชั้นเรียนครูถามตอบและจัดกิจกรรมเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ (3) บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้าน ควรทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกโดยออกแบบการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติ พร้อมทั้งกำกับ ติดตามและตรวจสอบการทำงานทางคณิตศาสตร์ในชั้นเรียน เพื่อป้องกันการเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และควรจัดบรรยากาศชั้นเรียนให้ยืดหยุ่น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นเรียนและครู ทำให้ได้เรียนรู้และเติมเต็มความรู้ รวมถึงส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติเพื่อการตัดสินใจอย่างมีวิจารณญาณ สอดคล้องกับ Metpattarahiran (2017, p. 21) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านครูควรทำหน้าที่ตอบข้อสงสัยจากเนื้อหาที่นักเรียนไปศึกษา และจัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ร่วมแก้ปัญหาโดยครูคอยแนะนำ และ Boonrid and Sumirattana (2019, pp. 116-117) ได้ระบุว่า ครูควรเน้นการลงมือปฏิบัติจริงด้วยโจทย์ที่ท้าทายโดยการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้กระตุ้นความสนใจและลดข้อสงสัยของนักเรียนเกี่ยวกับการทำแบบฝึกหัด โดยครูเก็บข้อมูลแก้ไขข้อบกพร่องที่พบเพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ (4) แนวทางการใช้งานทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ทางสถิติในชั้นเรียน ควรออกแบบงานทางคณิตศาสตร์ที่ท้าทายความสามารถของนักเรียนอย่างหลายระดับที่ส่งเสริมการแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ โดยเรียงระดับจากง่ายไปสู่เรื่องที่ยากขึ้น เพราะทำให้นักเรียนสามารถเข้าถึงงานได้ง่ายและและท้าทายความสามารถอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับ Moothummachai and Kamol (2017, pp. 144-145) ที่ใช้งานทางคณิตศาสตร์เพื่อส่งเสริมการอภิปรายในชั้นเรียนโดยใช้คำถามสูงสลับต่ำเพื่อกระตุ้นการให้เหตุผลและการอภิปรายหาข้อสรุปและมอบหมายงานทางคณิตศาสตร์ที่เรียงระดับการรู้คิดจากระดับต่ำไปสู่ที่สอดคล้องกับบริบทของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้และประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์และการบูรณาการสถิติกับแก้ปัญหาในชีวิตจริง สอดคล้องกับ Gal (2004, pp. 47-48) ที่ระบุว่า การรู้ทางสถิติเป็นความสามารถของบุคคลในการตีความ ประเมินผล และสรุปข้อมูลที่พบและเกี่ยวข้องกับบริบทอย่างมีวิจารณญาณ โดยการอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อสรุปของข้อมูล และ (5) การประเมินผลสิ่งที่ได้เรียนรู้ควรออกแบบวิธีการสรุปความรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนการเรียนรู้แล้วนำมาเขียนสรุปคำตอบหรือนำแนวคิดมาสรุปเพื่อแก้ปัญหาของตนเอง สอดคล้องกับ Naewdong et al. (2018, pp. 36-37) ที่กล่าวว่า การใช้คำถามกระตุ้นการอธิบายและแสดงความคิดเห็นทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการเป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี ตลอดจนทักษะการคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์และสรุป

จากผลการศึกษารูทางสถิติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านร่วมกับงานทางคณิตศาสตร์ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาระดับการรู้ทางสถิติสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทำแบบวัดการรู้ทางสถิติก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถสรุปข้อมูลด้วยการรู้ทางสถิติตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไปเพิ่มขึ้น โดยพบการสรุปข้อมูลในระดับ 3 ซึ่งสามารถสรุปข้อมูลทางสถิติแต่ไม่สมเหตุสมผล (Inconsistent) และระดับ 4 ที่สามารถการสรุปข้อมูลทางสถิติอย่างง่าย (Consistent-non critical) สอดคล้องกับการศึกษาการรู้ทางสถิติของ Çatman Aksoy and İskıl Bostan (2021, p. 397) ที่ใช้กรอบการประเมินการรู้ทางสถิติของ Watson and Callingham (2003, pp. 14-19) เช่นเดียวกับผู้วิจัย โดยพบว่านักเรียนมีการรู้ทางสถิติส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 3 และ 4 ซึ่งสามารถตีความค่ากลางของข้อมูลในบริบทที่กำหนดให้ได้ โดยการสรุปข้อมูลที่นักเรียนนำแนวคิดทางสถิติมาใช้อย่างแม่นยำนั้น เพราะการดูวิดีโอจากนอกชั้นเรียนทำให้นักเรียนสามารถทบทวนความรู้ได้ยืดหยุ่นและตลอดเวลาสอดคล้องกับ Boonrid and Sumirattana (2019, p. 116) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบห้องเรียนกลับด้านทำให้นักเรียนใช้เวลาจากนอกชั้นเรียนเพื่อศึกษาเนื้อหาและทบทวนผ่านสื่อที่ครูจัดเตรียมไว้อย่างยืดหยุ่น และ Sukharee (2020, p. 83) ที่ระบุว่า การใช้บทเรียนออนไลน์ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหา ทำความเข้าใจเนื้อหา

และขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์มากขึ้นตามศักยภาพของตนเอง อีกทั้งการทำงานทางคณิตศาสตร์โดยมีครูเป็นผู้กำกับ ติดตาม และตรวจสอบ ทำให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างหลากหลายและท้าทายความสามารถในชั้นเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ Palee and Kamol (2020, p. 115) ที่ระบุว่า การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการทำงานทางคณิตศาสตร์ที่ท้าทาย ทำให้นักเรียนได้แสดงแนวคิดที่หลากหลายในชั้นเรียนที่ส่งผลให้นักเรียนได้เห็น การเรียนรู้และพัฒนาการรู้ทางสถิติของตนเอง ส่วนการพบระดับการรู้ทางสถิติในระดับ 6 ซึ่งการสรุปข้อมูลด้วยเหตุผลอย่างมี วิจารณ์ญาณทางคณิตศาสตร์ (Critical mathematical) ในจำนวนไม่มาก เพราะนักเรียนให้ความสำคัญและคุ้นเคยกับการหา คำตอบจากการคำนวณ จึงพบการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการคำนวณโดยไม่พิจารณาด้วยเหตุผลทางสถิติอย่างมี วิจารณ์ญาณ แต่ทั้งนี้การสรุปข้อมูลในระดับ 6 ซึ่งเป็นการรู้ทางสถิติในระดับสูงที่สุดนั้น Watson (2003, pp. 47-48) ถือว่าเป็น เป้าหมายของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการเรียนรู้สิ่งที่เข้าใจผิดหรือพัฒนาความเข้าใจขึ้นระหว่างที่กำลังเรียนอยู่ โดยผลการวิจัยพบว่า มี นักเรียนที่สามารถสรุปข้อมูลในระดับดังกล่าวได้ อาจเกิดจากนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาจากนอกชั้นเรียน และในชั้นเรียนมีเวลามาก พอสำหรับการลงมือปฏิบัติด้วยกิจกรรมที่พัฒนาการรู้ทางสถิติ และครูมีเวลาในชั้นเรียนเพื่อกำกับ ติดตาม สอบถามสิ่งที่สงสัย และแก้ไขสิ่งที่นักเรียนเข้าใจผิด ซึ่งสอดคล้องกับ ประโยชน์ของห้องเรียนกลับด้านที่ Bergmann and Sams (2012, pp. 1-20) และ Panich (2013, p. 28) กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีมาใช้กับนักเรียนเพื่อให้สามารถเรียนและทบทวนนอกเวลา และเพิ่ม การทำกิจกรรมที่ฝึกการคิดในระดับสูงและเพิ่มปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน ซึ่งช่วยส่งเสริมพัฒนาการให้นักเรียนสามารถเรียนได้ตาม ศักยภาพของตนเอง

6. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนรู้จากผลการวิจัยครั้งนี้เป็นประโยชน์สำหรับ คุณครูที่ต้องการส่งเสริมการรู้ทางสถิติ การนำผลการวิจัยไปใช้ควรพิจารณาความแตกต่างและปรับให้เหมาะสมกับบริบทของ ห้องเรียนและนักเรียนที่นำไปใช้ และในการทำวิจัยครั้งถัดไปควรศึกษาเครื่องมือและรูปแบบการวัดการรู้ทางสถิติด้วยวิธีอื่นที่มี ความเหมาะสมเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถสะท้อนการรู้ทางสถิติที่เป็นจริงของนักเรียน เนื่องจากการวัดด้วยแบบทดสอบแบบ เขียนตอบ อาจทำให้ไม่ได้รับข้อมูลที่ครบถ้วนในการนำมาตัดสินระดับการรู้ทางสถิติของนักเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. B. (Eds.). (2004). *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Kluwer Academic.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International society for technology in education.
- Boonrid, P., & Sumirattana S. (2019). A study of mathematics learning achievement and geometric thinking on circular of Mathayomsuksa 3 students learning by using the Geometer's Sketchpad Program (GSP) with concept of flipped classroom activities. *Journal of Industrial Education*, 18(1), 109–118. (in Thai)
- Çatman Aksoy, E., & İşıksal Bostan, M. (2021). Seventh graders' statistical literacy: An investigation on bar and line graphs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(2), 397-418.
- Duangtod, Y. & Jermtaison, R. (2019). The learning management by using flipped classroom for efficiency of studying development applied in mathematics subject for junior high school grade 3 students. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and Arts)*, 12(2), 341-358. (in Thai)
- Emoch, N., & Nopparit, T. (2018). Learning provision through real life information to promote statistical literacy of grade 11 students. In V. Sooksatra (Ed.), *Rangsit Graduate Research Conference: RGRC* (pp. 1893-1901). (in Thai)
- Gal, I. (2004). Statistical literacy. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking* (pp. 47-78). Springer.

- Henningsen, M., & Stein, M. K. (1997). Mathematical tasks and student cognition: Classroom-based factors that support and inhibit high-level mathematical thinking and reasoning. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28(5), 524-549.
- Hongngern, K., & Nopparit, T. (2020). Using realistic mathematics education approach to promote statistical literacy: Knowledge aspect of Grade 11 students. In V. Sooksatra (Ed.), *Rangsit Graduate Research Conference: RGRC* (pp. 1839-1846). RGRC (in Thai)
- Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). (2017). *The manual of mathematics curriculum*. Agriculture Cooperative of Thailand. (in Thai)
- Khan, R. N., & Watson, R. (2018). The flipped classroom with tutor support: an experience in a level one statistics unit. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 15(3), 2-21
- Kuankeaw, P. & Nopparit, T. (2015). Effect of using flip classroom and case-based learning for enhancing statistical thinking of students in higher education. *Journal of Humanities and Social Sciences University of Phayao*, (3)1, 16-30. (in Thai)
- Metpattarahiran, C. (2017). Flipped classroom and mathematics teaching. *IPST Magazine*. 46(209), 20-22. (in Thai)
- Ministry of Education. (2017). *Indicators and learning standards, learning area of mathematics the basic education core curriculum B.E. 2551 (A.D. 2008)*. Agricultural Cooperative Federation of Thailand. (in Thai)
- Murray, S. & Gal, I. (2002). *Preparing for diversity in statistics literacy: Institutional implications*. http://iase-web.org/documents/papers/icots7/6C1_WATS.pdf
- National Institute of Educational Testing Service (NIETS). (2021). *Results of Ordinary National Educational Test (O-NET) of Grade 9 students in semester 2020*. <https://www.niets.or.th/th/content/view/18625> (in Thai)
- Naewdong, T., Nualpang, K., & Treepaiboon, K. (2018). The effects of inductive learning management and think - pair – share technique on mathematical concept and reasoning ability of Mathayomsuksa 2 students. *Journal of Humanities and Social Sciences Surin Rajabhat University*, 20(1), 29-41. (in Thai)
- Moothummachai, N. & Kamol, N. (2017). Promoting mathematical reasoning abilities by using mathematical tasks: Classroom action research. *Journal of Education Naresuan University*, 22(2), 135-146. (in Thai)
- Palee, P., & Kamol N. (2020). Classroom action research for promoting statistical thinking of Grade 7 students by using the five practices. *Journal of Education Research Faculty of Education, Srinakharinwirot University*, 15(2), 105-117. (in Thai)
- Panich, v. (2013). *Teacher teaching flipped classroom for students (2nd ed)*. The Siam Commercial Foundation. (in Thai)
- Sukharee, S. (2021). The development of an instructional model according to flipped classroom concept with active learning to enhance mathematical problem solving and critical thinking abilities of Tenth Grade students. *Journal of Educational Technology and Communications Faculty of Education Mahasarakham University*, 4 (11), 68-85. (in Thai)
- Stein, M. K., & Smith, M. S. (1998). Mathematical tasks as a framework for reflection: From research to practice. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 3(4), 268-275.
- Watson, J., & Callingham, R. (2003). Statistical literacy: A complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal*, 2(2), 3-46.
- Watson, J. M. (2003). Statistical literacy at the school level: What should students know and do. *The Bulletin of The International Statistical Institute, Berlin*, 54, 1-4.