

การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

The 4G (4G Model) Instructional Management for Development of Learning Achievement and Mathematical Reasoning Ability for Matthayomsuksa Six Student

แสงจันทร์ ศรีเสน *

kroosaengchansrisen@gmail.com

บทคัดย่อ

ในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์ คือ (1) เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) (2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) และ (3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 31 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวลา ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบรายงานการปฏิบัติกิจกรรม และแบบสอบถามความพึงพอใจ ใช้แบบแผนการทดลองแบบ One - Group Posttest - Only Design วิเคราะห์ข้อมูล โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทวินาม (Binomial test) ผลการวิจัย พบว่า (1) การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (2) การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 80.26 / 79.92 (3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอบผ่านเกณฑ์ 75 ตั้งแต่ร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (4) นักเรียนมีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% และ (5) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนสอนอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: การเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model), ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

*ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวลา จังหวัดศรีสะเกษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28

Abstract

The objectives of this research were to 1) The Development and verify the efficiency of 4G (4G Model) Instructional Management 2) to develop Mathematics Achievement and Mathematical reasoning ability of Matthayomsuksa Six Student by 4G (4G Model) Instructional Management and 3) to study the satisfaction of Mattayomsuksa Six Students to wards The 4G (4G Model) Instructional Management. The samples of this study were 31 of Matthayomsuksa Six Student who had enrolled in The first semester of academic year 2016 at Khuenchangwittayakarn school They were selected by using the purposive sampling technique. All research instruments comprised The 4G (4G Model) Instructional Management for Matthayomsuksa Six Student, questionnaire for specialists to review the structures of 4G (4G Model) Instructional Management, criterion-referenced achievement test, student performance report and Satisfaction Questionnaire. The design of this study was one - group post - test only design the data were them analyzed by using the mean standarddeviation and Binomail test. The results of the study were as follows : 1) The 4G (4G Model) Instructional Management was efficient according to specialist'opinions 2) Effeccency of the 4G (4G Model) Instructional Management were 81.26 / 79.92 3) Students had achievement by passed the 75th graders from 75% of all students at the 99% confidence 4) Students were capable of mathematical reasoning at the level of 99% confidence and 5) the students were satisfied with the very high level of 4G (4G Model) Instructional Management.

Keyword: 4G (4G Model) Instructional Management, Learning Achievement, Mathematical reasoning ability

บทนำ

การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ต้องอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สอดคล้องกัน ครูต้องศึกษารูปแบบการสอน วิธีการสอน ทักษะการสอน เทคนิคการสอน วิธีการจัดการเรียนรู้ การเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสมและโดยเฉพาะตัวนักเรียนเอง เพราะปัจจัยด้านผู้เรียนเป็นปัจจัยที่มีความต้องการจำเป็นสูงสุดในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน (พินดา วราสุนันท์ อัจศรา ประเสริฐสิน และสร้อยญา จันทร์ชูสกุล, 2558, บทคัดย่อ) รวมถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพ เน้นทักษะกระบวนการจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ และการสำรวจความคิดทางคณิตศาสตร์ ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

รวมทั้งการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ จะทำให้นักเรียนได้ค้นพบข้อเท็จจริงและความรู้ใหม่ ๆ ทางคณิตศาสตร์ และการให้เหตุผลเป็นทักษะสำคัญที่ถูกเน้นให้นำไปใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพราะการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ (National Council of Teachers of Mathematics, 2000, p. 56) และยังทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, หน้า 7) การให้เหตุผลที่ตื้นนั้นมีค่ามากกว่าคำตอบที่ถูกต้อง และการให้เหตุผลเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ เพราะคณิตศาสตร์ คือ การให้เหตุผล (National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 29) การมีเหตุผล

ที่ดีจะเป็นสิ่งยืนยันและสนับสนุนว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ต่าง ๆ ด้วยความเข้าใจเป็นอย่างดี (National Council of Teachers of Mathematics, 2000, p. 56)

ลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ (Infinite Sequence and Infinite Series) เป็นเนื้อหาการเรียนรู้ที่สำคัญในสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2555, หน้า 7) ที่นักเรียนจำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้ เพื่อใช้ในการทำงานและการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาและยังเป็นเนื้อหาที่มีการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ ในการเรียนวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรม (ทักษิณา เครือหงษ์, 2550, หน้า 154) เป็นเนื้อหาพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเรื่องวงรีปกติและการลู่เข้าของการส่งแบบ (Normal Families and convergence of Conformal Mapping) (กมลรัตน์ กำจรกิตติคุณ, 2554, หน้า 23) เป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องภาวะคู่กันของปริภูมิลำดับของเมทริกซ์อนันต์ (Duality of Sequence Space of Infinite Matrices) (สุชาติ เสมประวัตติ, 2554, หน้า 14 - 17) และเป็นพื้นฐานในการศึกษาอนุกรมจำนวนจริง (Series of Real Numbers) ลิมิตซูพีเรียร์ (limit superior) ลิมิตอินฟีเรียร์ (limit inferior) ลำดับโคซี (Cauchy Sequence) (อังคณา ศรีเตชานพวงษ์, 2551) อีกทั้งลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ (Infinite Sequence and Infinite Series) เป็นเนื้อหาหนึ่งที่มีบทบาทช่วยให้นักเรียนเห็นส่วนเกี่ยวข้องระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการทดลอง สังเกต สร้างข้อคาดการณ์ และการตรวจสอบ พิสูจน์ข้อคาดการณ์ ซึ่งจะทำให้ นักเรียนได้ค้นพบข้อเท็จจริงและความรู้ใหม่ ๆ ทางคณิตศาสตร์ มีความรู้และทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ คือ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการให้เหตุผล ทักษะการนำเสนอและสื่อสาร ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555, หน้า 7) และจากการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค32203 เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ที่จัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเพื่อนช้างวิทยาคาร ในปีการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งสอนโดยผู้วิจัยเอง พบว่า มีนักเรียนบางส่วน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การผ่านที่ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, หน้า 20) เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลนักเรียนรายบุคคล พบว่า การที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ มีสาเหตุหลายประการ เช่น ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความใฝ่รู้ใฝ่เรียน ความรับผิดชอบ การฝึกฝนในการทำแบบฝึกหัด เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ รวมถึงวิธีการจัดการเรียนการสอน เป็นต้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ผู้วิจัยจึงคิดค้นวิธีการในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 4 ขั้นตอน คือ ขั้นแนะนำบทเรียน ขั้นศึกษาบทเรียน ขั้นสรุปบทเรียน และขั้นฝึกฝนบทเรียน โดยใช้หลักแนวความคิดแบบเติบโต (Growth Mindset) บนพื้นฐานความเชื่อว่าเขาวนปัญญา ทักษะ ความรู้ ความสามารถ และบุคลิกภาพเปลี่ยนแปลงและพัฒนาได้ ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงหรือการพัฒนาสามารถเกิดขึ้นได้ โดยอาศัยความพยายาม การเรียนรู้ รวมถึงการฝึกฝนบุคคลที่มีกรอบความคิดแบบเติบโตมักจะให้ความสำคัญต่อการแสวงหาแนวคิดใหม่ รวมทั้งมีความพยายามและฝึกฝนตนเอง เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ (Chan, 2012) พร้อมด้วยอาศัยกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ (group process and Cooperation) ในการเรียนและการทำงานของ

ผู้เรียนเพราะการทำงานไม่สามารถที่จะทำคนเดียวได้ จะต้องมามีทีมงานและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น จึงจะทำให้ทำงานเกิดความสำเร็จ เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และประสบการณ์ การสื่อสารปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น และการเรียนรู้แบบกระบวนการกลุ่มทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้ (สมเกียรติ ศรีรุ่งเรือง, 2555, หน้า 69 - 70) พร้อมทั้งทำการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ในเนื้อหาด้วยการให้นักเรียนรู้จักหาเหตุผล ค้นคว้า และวิเคราะห์หาคำตอบด้วยตนเอง โดยการชี้แนะแนวทางในการเรียนรู้จากครูผู้สอน (Guide Discovery) ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบค้นพบและในการจัดการเรียนรู้ ในการสรุปและทบทวนสาระการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนใช้ผังกราฟิก (Graphic Organizer) ซึ่งผังกราฟิกจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่เรียนและจดจำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีและยังจดจำได้นาน (Bromlay, Devitis & Modlo, 1995: 7 - 8 อ้างใน ทิศนา ขัมมณี, 2555, หน้า 388) และหลักสูตรหรือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่มีคุณภาพทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (Riordan & Noyce, 2001, pp. 368 - A) ซึ่งจะเป็นนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์ และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถ ด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model)

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model)

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 ห้องเรียน โรงเรียนเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวบาน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้องที่ 2 จำนวน 31 คน ที่เรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ของโรงเรียนเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวบาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 ตำบลเขิน อำเภอป่ากิ้ง จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) และนักเรียนผ่านการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานตามที่กำหนดมาก่อน

2. ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งประกอบด้วย เอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู

ตัวแปรตาม ได้แก่ (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ (3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ซึ่งเป็นรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม รหัสวิชา ค33203 ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนเขื่อนขันธ์กาบแก้วบัวบาน พุทธศักราช 2553

4. ระยะเวลาในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เวลาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 ชั่วโมง ทั้งนี้ไม่รวมเวลาในการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ

1. เครื่องมือวัดประสิทธิภาพและประสิทธิผลการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย

1.1 เครื่องมือวัด ประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย เครื่องมือวัดประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ แบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องและความเหมาะสม ของโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ เครื่องมือวัด ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80 ได้แก่ เอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียน ที่ประกอบด้วยแบบฝึกหัด และกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 1 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	Treatment	Post-test
ทดลอง	X	T

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

X แทน การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

T แทน การทดสอบหลังเรียน

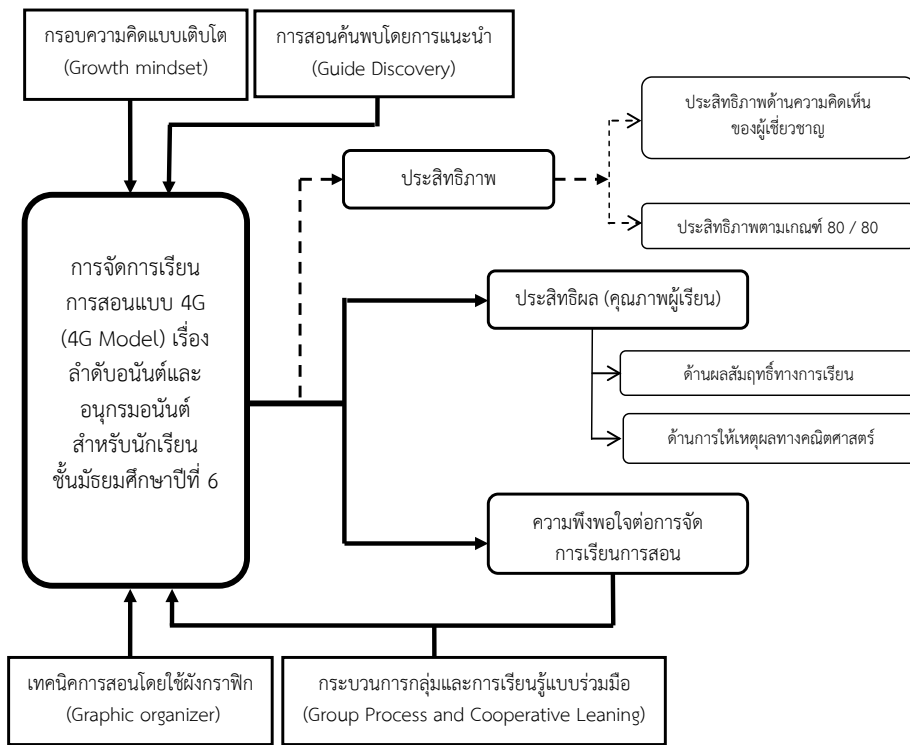
1.2 เครื่องมือวัดประสิทธิผล ซึ่งประกอบด้วย
1) เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
2) เครื่องมือวัดความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ แบบรายงานการปฏิบัติกิจกรรม

2. แบบสอบถาม ความพึงใจที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน เพื่อใช้สอบถามนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังสิ้นสุดการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model)

รูปแบบวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดลองและพัฒนา (Experiment and Development) ซึ่งเป็นการทดลองและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ซึ่งผู้วิจัยดำเนินการศึกษา โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ One Group Post - test Only Design (มาเรียม นิลพันธุ์, 2555, หน้า 144)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) หมายถึง กระบวนการเรียนการสอนที่ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้ **ขั้นแนะนำบทเรียน** ขั้นตอนนี้เป็นการแจ้งจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ วิธีการเรียนการสอน การปรับทัศนคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ รวมถึงการกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเอง แสดงให้เห็นว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาได้ (Growth mindset) เป็นการดึงความรู้เดิมของนักเรียนในเรื่องที่จะเรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมในการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม **ขั้นศึกษาบทเรียน** ขั้นตอนนี้นับเป็นการจัดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการชี้แนะ (Guide Instruction) เป็นการพัฒนากระบวนการคิด โดยใช้หลักการโต้ตอบ ชักถาม

และการแนะแนวทางของครูจนนักเรียนสรุปกฎเกณฑ์หรือการพบกับคำตอบที่ต้องการ ด้วยกระบวนการอุปนัยและนิรนัย และการใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกคิดเพื่อหาคำตอบ ด้วยการแนะแนวทางของครูจนนักเรียนสามารถสรุปกฎเกณฑ์ หรือการพบกับคำตอบที่ต้องการ (Guide Discovery) **ขั้นสรุปบทเรียน** ขั้นตอนนี้เป็นขั้นของการสรุปความรู้ และจัดสิ่งที่เรียนให้เป็นระบบระเบียบ ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายถึงคำตอบ และวิธีการสรุปประเด็นสำคัญประกอบด้วย มโนทัศน์หลักและมโนทัศน์ย่อยของความรู้ทั้งหมด เพื่อให้จดจำข้อมูลได้ง่าย โดยใช้แผนผังทางความคิด (Graphic organizer) ที่ประกอบไปด้วยความคิดหรือข้อมูลสำคัญที่เชื่อมโยงกันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนเห็นโครงสร้างของความรู้หรือเนื้อหาสาระนั้น ๆ ทำให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาสาระนั้นได้ง่าย และจดจำได้นาน และ **ขั้นฝึกฝนบทเรียน** เป็นขั้นตอนนี้ที่นักเรียนได้เรียนรู้โดยอาศัย

กระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Group Process and Cooperative Learning) เป็นการประยุกต์ใช้ความรู้ (Applying) รวมทั้งขยายความรู้ความเข้าใจของตนให้กว้างขึ้น ในรูปแบบของแบบฝึกหัดและกิจกรรมและรวมไปถึงการทดสอบ นักเรียนได้ฝึกการคิดเป็นรายบุคคล ฝึกการคิดเป็นกลุ่มย่อย (Presentation and Discussion) นักเรียนได้เพิ่มความชำนาญ ความเข้าใจความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการเหตุผลทางคณิตศาสตร์

2. เอกสารคู่มือประกอบการจัดการเรียนการสอน หมายถึง เอกสารการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ประกอบด้วยเอกสาร 3 เล่ม คือ (1) เอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียนจำนวน 5 หน่วยการเรียนรู้ (2) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ จำนวน 5 แผน ใช้เวลาเรียนรวม 15 ชั่วโมง และ (3) เอกสารคู่มือครู ประกอบด้วย เป้าหมายของหลักสูตร กำหนดเวลาสอน และกรอบแนวทางการจัดการเรียนการสอน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้และความคิดด้านเนื้อหา คณิตศาสตร์ เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ซึ่งเป็นคะแนนที่วัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและกิจกรรมท้ายหน่วยการเรียนรู้

4. ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิด ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การหาข้อสรุปหรือข้อคาดการณ์ และการยืนยันข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยวัดด้วยแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งเป็นแบบรายงานที่นักเรียนเขียนแสดงผลการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม ในพฤติกรรมกรให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

5. รายวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานที่กำหนด หมายถึง รายวิชาคณิตศาสตร์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องเซต และการดำเนินการ การให้เหตุผล ระบบจำนวนจริง เลขยกกำลัง ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน ลำดับ และอนุกรม และอัตราส่วนตรีโกณมิติ

6. ประสิทธิภาพ หมายถึง ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีองค์ประกอบ 2 ประการ คือ

6.1 ประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ เป็นประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้วยแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยพิจารณาจาก 2 ด้าน คือ

1) ด้านความเหมาะสม โดยการวัดความเหมาะสม 6 ด้าน ได้แก่ จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ เนื้อหาการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนรู้ การวัดผลและประเมินผล และแผนการจัดการเรียนรู้ มีสเกลวัดวัดแบบอันดับ 5 อันดับ ดังนี้ 5: เหมาะสมมากที่สุด 4: เหมาะสมมาก 3: เหมาะสมปานกลาง 2: เหมาะสมน้อย และ 1: เหมาะสมน้อยที่สุด โดยถ้ามีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1 แสดงว่า โครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนมีความเหมาะสม และ

2) ด้านความสอดคล้อง มีสเกลวัดแยกประเภท 3 ประเภท ดังนี้ 1: ไม่แน่ใจ 0: สอดคล้อง -1: ไม่สอดคล้อง โดยถ้ามีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป แสดงว่า โครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนมีความสอดคล้อง

เกณฑ์การตัดสิน คือ ถ้าโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนมีความเหมาะสม และมีความสอดคล้องแสดงว่า การเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

6.2 ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ หมายถึง คะแนนเฉลี่ยที่นักเรียนสามารถทำได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คะแนนจากการทำแบบฝึกหัดและกิจกรรมระหว่างเรียน แล้ววิเคราะห์หาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80 ดังนี้

ตัวเลข 80 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของทุกคนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนและการทำกิจกรรมท้ายบทเรียนจำนวน 5 ชุด ซึ่งกำหนดให้เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และ ตัวเลข 80 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละ 80 ของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 2 ฉบับ ซึ่งกำหนดให้เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E2)

7. ประสิทธิภาพ หมายถึง ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เป็นประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินความสามารถที่เกิดจากการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) โดยพิจารณาจาก 2 ด้าน คือ

7.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรอบรู้ในเนื้อหาคณิตศาสตร์เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยแบบทดสอบ 2 ฉบับ โดยฉบับที่ 1 เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ถึงหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน และฉบับที่ 2 เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ถึงหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 20 คะแนน รวมสองฉบับคะแนนเต็ม 40 คะแนน

เกณฑ์การตัดสิน คือ เกณฑ์ 75 / 75 ดังนี้

กล่าวคือ 75 ตัวแรก หมายถึง ถ้านักเรียนได้คะแนนทั้งสองส่วน ตั้งแต่ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มขึ้นไป จะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 75 ตัวหลัง หมายถึง ถ้านักเรียนผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตั้งแต่ร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงว่า นักเรียนที่เรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์

7.2 ด้านความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวัดด้วยแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ที่นักเรียนเขียนแสดงผลการปฏิบัติกิจกรรมการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ใน 3 ด้าน คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ การหาข้อสรุปหรือข้อคาดการณ์ และการยืนยันข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล มีเกณฑ์ให้คะแนนแบบรูปรี 4 ระดับ ดังนี้ 0: ต้องแก้ไข 1: พอใช้ 2: ดี และ 3: ดีมาก

เกณฑ์การตัดสิน คือ เกณฑ์ 1.5/ 75 กล่าวคือ 1.5 ตัวแรก หมายถึง นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.5 ขึ้นไป จะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ และ 75 ตัวหลัง หมายถึง ถ้านักเรียนผ่านเกณฑ์ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ตั้งแต่ร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด แสดงว่า นักเรียนที่เรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

8. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน หมายถึง ความคิดเห็น หรือความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอน แบบ 4G (4G Model) ที่สอนโดย

ผู้วิจัยเอง ซึ่งประเมินด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจ แบบสเกลวัดแบบอันดับ 5 อันดับ จำนวน 10 ข้อ

สมมติฐานของการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 / 80

2. นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอบผ่านเกณฑ์ 75 มากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมด

3. นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยได้คะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ 1.5 มากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมด

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับและอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และการสร้างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยเอกสาร 3 เล่ม คือ เอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียน แผนการจัดการเรียนรู้ และเอกสารคู่มือครู

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยเครื่องมือวัดประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับและอนุกรมอนันต์ สำหรับ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย ประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80 และเครื่องมือวัดประสิทธิผล ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบรายงานการปฏิบัติการกิจกรรมสำหรับวัดความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน และแบบประเมินเครื่องมือในการวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

นำหลักการจัดการเรียนการสอน และเครื่องมือที่พัฒนาแล้ว ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างและเก็บข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

นำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 ไปวิเคราะห์ผลตามสมมติฐานของการวิจัย และวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน แบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้วยการหาค่าเฉลี่ย

2. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 การจัดการเรียนการสอน แบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80 ด้วยการใช้สูตร E_1 / E_2

3. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอบผ่านเกณฑ์ 75 มากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมด โดยการทดสอบทวินาม (Binomial test)

4. ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยได้คะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ 1.5 มากกว่าร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมด โดยการทดสอบทวินาม (Binomial test)

5. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 2 ผลประเมินความเหมาะสมของโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ประเด็นการประเมิน	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	แปลผล
จุดมุ่งหมายการเรียนรู้	4.00	0.00	เหมาะสม
เนื้อหาการเรียนรู้	4.60	0.49	เหมาะสม
กิจกรรมการเรียนรู้	3.60	0.80	เหมาะสม
สื่อการเรียนรู้	4.00	0.63	เหมาะสม
การวัดผลและประเมินผล	4.60	0.49	เหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้	3.80	0.75	เหมาะสม
ภาพรวม	4.10	0.53	เหมาะสม

เกณฑ์: คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าไม่เกิน 1 แสดงว่าโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอน มีความเหมาะสม

ผลการการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประสิทธิภาพด้านผู้เชี่ยวชาญ

1.1 ประสิทธิภาพด้านผู้ผู้เชี่ยวชาญ เป็นประสิทธิภาพที่ได้จากการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ด้วยแบบประเมินโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) โดยพิจารณาจาก 2 ด้าน คือ ด้านความเหมาะสม และด้านความสอดคล้อง ได้ผลดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

จากตารางที่ 2 พบว่า ภาพรวมผู้ผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นว่าโครงร่างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความเหมาะสม ($\bar{X} = 4.10, SD = 0.53$)

ตารางที่ 3 ผลประเมินความสอดคล้องของโครงสร้างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับขั้นและ
อนุกรมอนันต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

หน่วยการเรียนรู้	เวลา IOC แปลผล	กิจกรรมการเรียนรู้ IOC แปลผล	สื่อการเรียนรู้ IOC แปลผล	การวัดผลและ ประเมินผล IOC แปลผล
1. ลำดับอนันต์	1.00 สอดคล้อง	0.60 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง
2. การทดสอบการลู่เข้า ของลำดับอนันต์	1.00 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง
3. อนุกรมอนันต์	1.00 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง
4. การทดสอบการลู่เข้าของอนุกรมอนันต์	1.00 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง	1.00 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง
5. การนำไปใช้	0.80 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง	0.80 สอดคล้อง	0.60 สอดคล้อง
รวมทุกหน่วย	0.96 สอดคล้อง	0.88 สอดคล้อง	0.88 สอดคล้อง	0.84 สอดคล้อง

เกณฑ์: ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป แสดงว่ามีความสอดคล้อง

จากตารางที่ 3 พบว่า ภาพรวมผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นว่า โครงสร้างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอน เรื่องลำดับขั้นและอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีเนื้อหาครบทุกหน่วยสอดคล้องกับเวลา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดผลและประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญ มีความเห็นว่าสอดคล้องกันแต่ไม่เหมือนกันทั้งหมด (IOC ไม่เท่ากับ 1.00)

จากตารางที่ 2 - 3 แสดงว่า โครงสร้างเอกสารคู่มือการจัดการเรียนการสอนเรื่องลำดับขั้นและอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ตารางที่ 4 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละของคะแนนเฉลี่ยการจัดการเรียนการสอน
ระหว่างเรียน

หน่วยที่	แบบฝึกหัด			กิจกรรม			รวม		
	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD
1	10	8.18	1.12	10	8.23	1.42	20	16.41	1.27
2	10	8.26	1.89	10	7.79	1.14	20	16.05	1.52
3	10	7.87	1.81	10	7.88	0.89	20	15.75	1.35
4	10	7.79	1.05	10	7.91	1.23	20	15.70	1.14
5	10	8.14	1.12	10	8.21	1.51	20	16.35	1.32
	50	40.24	1.40	50	40.02	1.24	100	80.26	1.32

ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสอดคล้องและมีความเหมาะสม ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับขั้นและอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1.2 ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/ 80 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับขั้นและอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามเกณฑ์ 80/ 80 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน เป็นเครื่องมือหาประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) ปรากฏผลดังตารางที่ 4 ตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6

จากตารางที่ 4 พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย รวมจากการทำแบบฝึกหัดและกิจกรรมระหว่างเรียน จำนวน 5 ชุด เท่ากับ 80.26 คิดเป็นร้อยละ 80.26 ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model)

เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) เท่ากับ 80.26

ตารางที่ 5 คะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย (\bar{X})	ร้อยละของคะแนนเต็ม	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)
แบบทดสอบชุดที่ 1	20	16.19	80.97	1.56
แบบทดสอบชุดที่ 2	20	15.77	78.87	1.15
รวม	40	31.97	79.92	1.27

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้จากการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์

สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) (\bar{X} = 31.97, SD = 1.27) คิดเป็นร้อยละ 79.92 ดังนั้น ร้อยละของประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) เท่ากับ 79.92

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ตามเกณฑ์ 80 / 80

คะแนน	คะแนนเต็ม	\bar{X}	SD	ร้อยละ
ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1)	100	80.26	1.32	80.26
ประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2)	40	31.97	1.27	79.92

ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ (E_1 / E_2) เท่ากับ 80.26 / 79.92

จากตารางที่ 6 พบว่า ประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ (E_1 / E_2) เท่ากับ 80.26 / 79.92 ซึ่งยอมรับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 1 ที่กำหนดไว้ (มาเรียม นิลพันธ์, 2555, หน้า 224 และ ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2531, หน้า 35 อ้างใน มนต์ชัย พงศกรณฤงษ์, 2552, หน้า 47)

2. ด้านประสิทธิผล

การวิเคราะห์หาประสิทธิผลการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน ปรากฏผลดังตารางที่ 7 และตารางที่ 8

2.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 7 ผลประเมินด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน
กลุ่มตัวอย่าง 31 คน

นักเรียนคนที่	คะแนนจากแบบทดสอบฉบับที่ 1 (20 คะแนน)	คะแนนจากแบบทดสอบฉบับที่ 2 (20 คะแนน)	คะแนนรวม (40 คะแนน)	แปลผล
1	18	17	35	ผ่านเกณฑ์
2	14	14	28	ไม่ผ่านเกณฑ์
3	17	16	33	ผ่านเกณฑ์
4	17	16	33	ผ่านเกณฑ์
5	18	17	35	ผ่านเกณฑ์
6	15	14	29	ไม่ผ่านเกณฑ์
7	17	16	33	ไม่ผ่านเกณฑ์
8	17	18	35	ผ่านเกณฑ์
9	16	16	32	ผ่านเกณฑ์
10	14	14	28	ไม่ผ่านเกณฑ์
11	17	16	33	ผ่านเกณฑ์
12	17	16	33	ผ่านเกณฑ์
13	13	14	27	ไม่ผ่านเกณฑ์
14	17	16	33	ผ่านเกณฑ์
15	14	14	28	ไม่ผ่านเกณฑ์
16	16	17	33	ผ่านเกณฑ์
17	18	17	35	ผ่านเกณฑ์
18	17	17	34	ผ่านเกณฑ์
19	18	16	34	ผ่านเกณฑ์
20	16	17	33	ผ่านเกณฑ์
21	18	17	35	ผ่านเกณฑ์
22	18	16	34	ผ่านเกณฑ์
23	16	16	32	ผ่านเกณฑ์
24	17	17	34	ผ่านเกณฑ์
25	17	17	34	ผ่านเกณฑ์
26	18	15	33	ผ่านเกณฑ์
27	16	15	31	ผ่านเกณฑ์
28	14	14	28	ไม่ผ่านเกณฑ์
29	15	15	30	ผ่านเกณฑ์
30	15	16	31	ผ่านเกณฑ์
31	16	14	30	ผ่านเกณฑ์

เกณฑ์: เกณฑ์ 75 กล่าวคือ ถ้านักเรียน ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มขึ้นไป (30 คะแนนขึ้นไปจากคะแนนเต็ม 40 คะแนน) จะถือว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กำหนด

จากตารางที่ 7 พบว่า นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กำหนด (ได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มขึ้นไป) มีจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 77.42 ของนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนซึ่งสอบผ่านเกณฑ์ 75

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ)	p - Value
นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	31	24 (77.42)	.000**

$p^{**} < .01$

จากตารางที่ 8 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอบผ่านเกณฑ์ 75 มากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวน นักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 2 ที่กำหนดไว้

นั่นคือ ด้วยความเชื่อมั่น 99% นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์

2.2 ด้านความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ วัดด้วยแบบรายงานผลการปฏิบัติกิจกรรม ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 31 คน

นักเรียน คนที่	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (3 คะแนน)	การทำข้อสรุปและ ข้อความคาดการณ์ (3 คะแนน)	ด้านการยืนยันข้อสรุปหรือ ข้อความคาดการณ์ (3 คะแนน)	เฉลี่ย	แปลผล
1	2.00	2.33	2.67	2.33	ผ่านเกณฑ์
2	1.00	1.00	1.00	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
3	1.33	1.00	2.33	1.56	ผ่านเกณฑ์
4	1.67	1.67	2.00	1.78	ผ่านเกณฑ์
5	2.33	2.33	2.33	2.33	ผ่านเกณฑ์
6	1.33	1.00	2.00	1.44	ไม่ผ่านเกณฑ์
7	1.33	1.00	2.00	1.44	ไม่ผ่านเกณฑ์
8	1.33	1.67	2.00	1.67	ผ่านเกณฑ์
9	2.33	2.00	2.33	2.22	ผ่านเกณฑ์
10	2.00	2.00	2.33	2.11	ผ่านเกณฑ์
11	2.00	1.33	1.33	1.56	ผ่านเกณฑ์
12	1.33	1.67	2.00	1.67	ผ่านเกณฑ์
13	1.00	1.00	1.33	1.11	ไม่ผ่านเกณฑ์
14	1.00	1.33	2.00	1.44	ไม่ผ่านเกณฑ์

ตารางที่ 9 ผลการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ วัดด้วยแบบรายงานผลการปฏิบัติ
กิจกรรมของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 31 คน (ต่อ)

นักเรียนคนที่	การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ (3 คะแนน)	การทำข้อสรุปและ ข้อความคาดการณ์ (3 คะแนน)	ด้านการยืนยันข้อสรุปหรือ ข้อความคาดการณ์ (3 คะแนน)	เฉลี่ย	แปลผล
15	1.00	1.00	1.00	1.00	ไม่ผ่านเกณฑ์
16	2.33	2.67	2.33	2.44	ผ่านเกณฑ์
17	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
18	2.67	2.33	2.33	2.44	ผ่านเกณฑ์
19	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
20	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
21	2.67	2.33	2.33	2.44	ผ่านเกณฑ์
22	2.67	2.33	2.33	2.44	ผ่านเกณฑ์
23	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
24	2.67	2.33	2.67	2.56	ผ่านเกณฑ์
25	2.33	3.00	2.33	2.56	ผ่านเกณฑ์
26	2.67	2.33	2.67	2.56	ผ่านเกณฑ์
27	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
28	1.33	1.00	1.33	1.22	ไม่ผ่านเกณฑ์
29	3.00	3.00	2.67	2.89	ผ่านเกณฑ์
30	1.67	1.67	2.00	1.78	ผ่านเกณฑ์
31	1.00	1.33	1.33	1.22	ไม่ผ่านเกณฑ์
	1.98	2.09	1.98	2.02	ผ่านเกณฑ์

เกณฑ์: เกณฑ์ 1.5 กล่าวคือ ถ้านักเรียนได้คะแนนเฉลี่ย 1.5 ขึ้นไป จะถือว่านักเรียนผ่านเกณฑ์ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

จากตารางที่ 9 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอน

แบบ 4G (4G Model) ผ่านเกณฑ์ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.02) และพบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ (ได้คะแนนคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ 1.5 ขึ้นไป) มีจำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 74.20 ของนักเรียนทั้งหมด

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ด้านความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 31 คน
ซึ่งผ่านเกณฑ์ 1.5

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ (ร้อยละ)	p - Value
นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	31	23 (74.20)	.000**

$p^{**} < .01$

จากตารางที่ 10 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์ 1.5 มากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2531, หน้า 35 อ้างในมนต์ชัย พงศกรณฤงษ์, 2552, หน้า 47) นั่นคือ ด้วยความ

เชื่อมั่น 99% นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอน

การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อการจัดการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ปรากฏผลดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 31 คน

ประเด็นคำถามข้อที่	ค่าเฉลี่ย (\bar{X})	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	แปลผล
1	4.09	0.28	พึงพอใจมาก
2	3.58	0.33	พึงพอใจมาก
3	3.64	0.14	พึงพอใจมาก
4	3.88	0.31	พึงพอใจมาก
5	3.86	0.86	พึงพอใจมาก
6	4.14	0.21	พึงพอใจมาก
7	4.00	0.44	พึงพอใจมาก
8	4.00	0.86	พึงพอใจมาก
9	4.04	0.56	พึงพอใจมาก
10	4.14	0.64	พึงพอใจมาก
เฉลี่ยรวม	3.92	0.46	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 11 พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอน แบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ซึ่งในการสร้างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ได้ทำการบูรณาการแนวคิด หลักการ เกี่ยวกับกรอบความคิดแบบเติบโต (Grow Mindset) การสอนค้นพบด้วยการแนะนำ (Guide Discovery) เทคนิคการสอนโดยใช้ผังทางความคิด (Graphic organizer) และกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ

(Group Process and Cooperative Learning) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นแนะนำบทเรียน ขั้นศึกษาบทเรียน ขั้นสรุปบทเรียน และขั้นฝึกฝนบทเรียน ซึ่งประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีองค์ประกอบ 2 ส่วน

1.1 ประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

1.2 ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามเกณฑ์ 80/ 80 พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.26/ 79.92 ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 1 ที่กำหนดไว้

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วย

2.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอบผ่านเกณฑ์ 75 ตั้งแต่ร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 2 ที่กำหนดไว้ นั่นคือ ด้วยความเชื่อมั่น 99% นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัด

การเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเกณฑ์

2.2 ด้านความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ผ่านเกณฑ์ความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ โดยสอบผ่านเกณฑ์ 1.5 มากกว่าร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 3 ที่กำหนดไว้ นั่นคือ ด้วยความเชื่อมั่น 99% นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังสิ้นการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) พบว่า นักเรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้เรื่องลำดับอนันต์ และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.46)

การอภิปรายผล

จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถที่จะอภิปรายผล โดยสรุปตามวัตถุประสงค์การวิจัย ได้ดังนี้

1. การสร้างและหาประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.1 ประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพด้านความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ทำให้สามารถสร้างเอกสารการเรียนการสอน และสามารถออกแบบรูปแบบกิจกรรมที่เหมาะสมกับนักเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับ จงกลทำสวน (2553, หน้า 140) และจินดิษฐ์ ละออปักษิณ (2550, หน้า 97) ที่พบว่า หลักสูตร หรือรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้

1.2 ประสิทธิภาพการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามเกณฑ์ 80/ 80 พบว่า การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.26/ 79.92 ทั้งนี้ กระบวนการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน คือ **ขั้นแนะนำบทเรียน** **ขั้นศึกษาบทเรียน** **ขั้นสรุปบทเรียน** และ **ขั้นฝึกฝนบทเรียน** ที่เป็นการบูรณาการ แนวคิด หลักการ และกรอบความคิดแบบเติบโต (Grow Mindset) การสอนค้นพบด้วยการแนะนำ (Guide Discovery) เทคนิคการสอนโดยใช้ผังทางความคิด (Graphic organizer) และกระบวนการกลุ่ม และการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Group Process and Cooperative Learning) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน และขั้นตอนการเรียนการสอน ออกแบบได้เหมาะสมกับการส่งเสริมการเรียนรู้ให้กับนักเรียน เอกสารประกอบการเรียนรู้สำหรับนักเรียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และกิจกรรมการเรียนรู้ได้ผ่านการพิจารณาและให้แนวคิดและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและด้านการ

จัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ จึงทำให้สามารถสร้างและพัฒนาการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาผลการจัดการเรียนการสอนของ สมจิต พงษ์มา (2558, หน้า 763) ที่ได้จัดการเรียนการสอนด้วยการใช้รูปแบบการเรียนการสอน RASPE Model ซึ่งมีประสิทธิภาพ 85.35/ 83.73 และสอดคล้องกับ นรมน ดีหล้า (2557, หน้าบทคัดย่อ) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ KWDL เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 89.31/ 87.78

2. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

2.1 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสอบผ่านเกณฑ์ 75 มากกว่า ร้อยละ 75 ของนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับตามสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 2 เป็นเพราะว่าเนื้อหาเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ออกแบบการเรียนเป็นรายหน่วย เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้คือหัวใจสำคัญของหลักสูตร (สุขสวัสดิการ, 2551, หน้า 28) และการเรียนการสอนได้รับการพัฒนาจนมีประสิทธิภาพ เนื้อหาที่มีความเหมาะสมและเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่เป็นการบูรณาการ แนวคิด หลักการ และกรอบความคิดแบบเติบโต (Grow Mindset) การสอนค้นพบด้วยการแนะนำ (Guide Discovery) เทคนิคการสอนโดยใช้ผังทางความคิด (Graphic organizer) และกระบวนการกลุ่มและ

การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Group Process and Cooperative Learning) ในการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นไปตามเกณฑ์ (Blackwell, Trzesniewski and Dweck, 2007; Sokolowski and Rackley, 2011, pp. 45 - 53; สมพร กองบุญมา และนวลศรี ชำนาญกิจ, 2558, หน้า 79; มานพ สิงห์วี และบัญญัติ ชำนาญกิจ, 2556, หน้า 124; อาตุลย์ จงรักษ์, 2554, หน้า 71 - 72; สมเกียรติ ศรีรุ่งเรือง, 2555, หน้า 69 - 70) และเป็นเพราะว่า เนื้อหาเรื่องลำดับอนันต์ และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ออกแบบการเรียนเป็นรายหน่วย เนื่องจากหน่วยการเรียนรู้คือหัวใจสำคัญของหลักสูตร (สุขอาสา ยอดกมล, 2551, หน้า 28) และในการเลือกเนื้อหา พิจารณาถึงความสามารถของนักเรียนในกลุ่มที่ความสามารถหลากหลาย โดยเนื้อหาจะเน้นความใกล้เคียงกับความรู้พื้นฐาน หรือใกล้เคียงตัวนักเรียนมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับ เรย์ เซดัม และลิ่งค์ควิชท์ (Ray, Suydam & Lindquist, 1992, p. 44) ที่ได้สรุปไว้ว่า เนื้อหาจะเป็นประสบการณ์ที่มีความหมายต่อการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมจิต พงษ์มา (2558, หน้า 763) ที่ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ด้วยการเรียนการสอน RASPE Model เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิด วิเคราะห์และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ซึ่งพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับ นรมน ดีหล้า (2557, บทคัดย่อ) ได้พัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ ด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ KWDL เรื่องลำดับอนันต์ และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .01

2.2 ด้านความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์โดยสอบผ่านเกณฑ์ 1.5 มากกว่า ร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งยอมรับสมมติฐานการวิจัยข้อที่ 3 ทั้งนี้ในการจัดกิจกรรมเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เน้นกระบวนการคิดและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ใช้กระบวนการวิเคราะห์ ตัดสิน สรุปอ้างอิง มีการสร้างข้อสรุปจากข้อมูล (Leighton, 2004, p. 11) โดยครูเป็นผู้ให้แรงเสริม ช่วยเหลือและชี้แนะอย่างใกล้ชิดในการค้นพบคำตอบ (Guide Discover) สอนโดยให้นักเรียนคิดเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ทำให้นักเรียนเป็นคนช่างคิด และช่างสังเกต รู้จักคิดค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง (วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2551, หน้า 92) และเนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่เป็นการบูรณาการ แนวคิด หลักการ และกรอบความคิดแบบเติบโต (Grow Mindset) การสอนค้นพบด้วยการแนะนำ (Guide Discovery) เทคนิคการสอนโดยใช้ผังทางความคิด (Graphic organizer) และกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Group Process and Cooperative Learning) ในการจัดการเรียนการสอน จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นไปตามเกณฑ์ (Sokolowski and Rackley, 2011; สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2552) ซึ่งสอดคล้องกับ จงกล ทำสวน (2553, หน้า 140) ที่พบว่า หลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนมีความสามารถด้านการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ผ่านเกณฑ์กำหนด

3. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังสิ้นการจัดการเรียนเรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G

(4G Model) ซึ่งพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก สามารถ อภิปรายได้ดังนี้

การเลือกเนื้อหาเรื่องลำดับอนันต์ และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพิจารณาถึงความสามารถของนักเรียนในกลุ่มที่มีความสามารถคละกันโดยเนื้อหาเน้นความใกล้เคียงกับความรู้พื้นฐาน ใกล้ตัวนักเรียน หรือใกล้เคียงกับประสบการณ์นักเรียนสอดคล้องกับทฤษฎี (thiessen. et al, 198, p. 38) ที่กล่าวว่า การที่นักเรียนได้เผชิญสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงชีวิตจริงจะทำให้นักเรียนเห็นประโยชน์และความสำคัญของวิชาคณิตศาสตร์ และความพึงพอใจเป็นแรงจูงใจของมนุษย์ ที่ตั้งอยู่บนความต้องการพื้นฐาน (Basic Need) มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติและสิ่งจูงใจ (Incentive) (McCormick and Daniel, 1980, p. 306) และเป็นเพราะว่า การจัดการเรียนรู้ตอบสนองความแตกต่างของนักเรียน เน้นการใช้ความรู้พื้นฐานและทักษะเดิมที่มีของนักเรียนทำให้นักเรียนเกิดความภาคภูมิใจในพัฒนาการของตนเอง เชื่อว่าตนเองเรียนรู้ได้ (Growth Mindset) ในกระบวนการกลุ่มและการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Group Process and Cooperative Learning) มีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีทั้งกิจกรรมเรียนร่วมกันแบบกลุ่มใหญ่ และแบบกลุ่มย่อย ทำให้นักเรียนได้อภิปรายแลกเปลี่ยนแนวคิด แต่ละคนมีส่วนร่วมตามความสามารถของตนเอง ช่วยเหลือและแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกัน จะทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของตนเองและสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งความรู้สึกเช่นนี้ ก่อให้เกิดความพึงพอใจในการเรียนสูง (ชวณีย์ พงศาพิชญ์ และคนอื่น, 2551, หน้า 67) ซึ่งสอดคล้องกับอดัมส์และแฮมม (Adams & Hamm, 1995, p. 33) ที่กล่าวว่า การใช้กระบวนการกลุ่มและการเรียนแบบร่วมมือในการปฏิบัติกิจกรรมจะทำให้นักเรียนประสบความสำเร็จ ในการเรียนมากขึ้น และสามารถทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ได้ และ

จากการที่นักเรียนมีความพึงใจในระดับมาก ทั้งนี้อาจเพราะเปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติหรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีครูเป็นผู้ให้แรงเสริม ช่วยเหลือและชี้แนะอย่างใกล้ชิด (Guide Discover) โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ซึ่งเจตคติหรือความพึงพอใจของนักเรียนเป็นปัจจัยสำคัญมากในการเรียนรู้ (กุลกาญจน์ สุวรรณรักษ์, 2556, บทคัดย่อ) และเนื่องจากเจตคติเป็นเรื่องของความรู้สึกหรือความพึงพอใจเป็นผลของการแสดงออกของบุคคลอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการได้ (กชกร เป้าสุวรรณ และคณะ, 2550, หน้า 13) การที่นักเรียนมีความพึงพอใจในระดับมาก ย่อมหมายถึงนักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นได้

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. นักเรียนไม่ได้ก้าวสู่ห้องเรียนด้วยกรอบความคิดเดียว บางคนเชื่อว่าความสามารถสร้างได้ด้วย การเรียนรู้ (Growth Mindset) บางคนเชื่อว่าความสำเร็จมาจากความสามารถ โดยไม่เกี่ยวกับความพยายาม (Fixed Mindset) (Dweck, 2006) นั่นคือนักเรียนจะมีมุมมองหรือทัศนคติต่อคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ครูอาจสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อน เพื่อนำไปออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับนักเรียนในกลุ่มต่างๆ เพื่อปรับมุมมองหรือทัศนคติต่อคณิตศาสตร์ ให้เชื่อว่า สามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ (Growth Mindset) และเป็นการสร้างเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์ได้

2. การจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) ให้กับกลุ่มนักเรียนที่มีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์แตกต่างกัน ครูควรปรับความรู้พื้นฐานให้กับนักเรียนก่อน

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

1. ทดลองนำแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ไปปรับปรุงแล้วนำไปพัฒนาให้กับนักเรียนในกลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถให้กับนักเรียนชั้นอื่น

2. ครูอาจนำรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 4G (4G Model) เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียนได้ เพราะมีเนื้อหาที่นักเรียนได้ฝึกทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการเชื่อมโยง และทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการที่สำคัญทางคณิตศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- กชกร เป้าสุวรรณ และคณะ. (2550). รายงานการวิจัยเรื่องความคาดหวังและความพึงพอใจต่อการมาศึกษาต่อที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ศูนย์พิษณุโลก. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.
- กมลรัตน์ กำจกรกิตติคุณ. (2554). วงศ์ปกติและการลู่อู่เข้าของการส่งแบบคงแบบ. นครปฐม: ปรินญาวิทยาสาส์ตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- กุลกาญจน์ สุวรรณรักษ์. (2556). การศึกษาผลสัมฤทธิ์และเจตคติทางการเรียนคณิตศาสตร์เรื่องการจัดและการวางของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแนะให้รู้คิด (CGI) ที่เน้นทักษะการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตประจำวัน. ปรินญานิพนธ์ กศม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. (2555). แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- จงกล ทำสวน. (2553). การพัฒนาหลักสูตรทฤษฎีกราฟ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- จินดิษฐ์ ละออปภิชณ. (2550). การพัฒนาหลักสูตรเรขาคณิตวิฤต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด.(คณิตศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชวณีย์ พงศาพิชณ์ และคนอื่น. (2551). ความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการเรียนการสอนแบบบูรณาการ: กรณีศึกษาวิชามนุษยสัมพันธ์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 18 ฉบับที่ 2 (พ.ค. - ส.ค. 2551): 67.
- ทักษิณา เครือหงส์. (2550). การพัฒนาหลักสูตรบูรณาการเนื้อหารายวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาคำนวณของช่างอุตสาหกรรมระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด.(การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิตนา แชนมณี. (2555). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- นรมน ดีหล้า. (2557). การพัฒนาแบบฝึกทักษะคณิตศาสตร์ด้วยเทคนิคการจัดการเรียนรู้ KWL เรื่องลำดับอนันต์และอนุกรมอนันต์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. เชียงราย: โรงเรียนพานพิทยาคม อำเภอพาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 36.
- พินดา วราสุนันท์ อัจศรา ประเสริฐสิน และสร้อยญา จันทร์ชูสกุล. (2558). การวิจัยเพื่อพัฒนากลยุทธ์การนำผลการทดสอบทางการศึกษาไปใช้ในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน. สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน).
- มนต์ชัย พงศกรณฤกษ์. (2552). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีสร้างองค์ความรู้ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างความรู้ของนักเรียนช่วงอุตสาหกรรม. ปรินญาดุชฎีบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- มานพ สิงห์วี และบัญญัติ ชำนาญกิจ. (2556). ผลการสอนโดยใช้เทคนิคผังกราฟิกประกอบรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการหลักสูตร และการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- มาเรียม นิลพันธุ์. (2555). วิจัยทางการศึกษา. นครปฐม: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2551). พัฒนาการเรียนการสอน. มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ศึกษาศึกษาธิการ, กระทรวง. (2552). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผล การเรียนรู้. สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2555). การวัดผลประเมินผลคณิตศาสตร์ตามหลักสูตรการ ศึกษา. กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, (2550). ทักษะ/ กระบวนการทางคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.
- สมเกียรติ ศรีรุ่งเรือง. (2555). การพัฒนาทักษะกระบวนการกลุ่มและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการสร้างเสริมสุขภาพ สมรรถภาพ และการป้องกันโรค กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษาโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ ชิปปา (CIPPA Model) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 35 ฉบับที่ 3 (กรกฎาคม - กันยายน 2555): 69 - 70.
- สมจิต พงษ์มา. (2558). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. การประชุมวิชาการระดับชาติครุศาสตร์ ครั้งที่ 1 การจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่นสู่ประชาคมอาเซียน: ทิศทางใหม่ในศตวรรษที่ 21 โรงเรียนบัวขาว องค์การบริหารส่วนจังหวัดกาฬสินธุ์.
- สมพร กองบุญมา และนวลศรี ชำนาญกิจ.(2558). ผลการสอนแบบค้นพบร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- สุขวสา ยอดกมล. (2551). วิจัยวิทยาในการพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- สุชาติ เสมประวัตติ. (2554). *ภาวะคู่กันของปริภูมิลำดับของเมทริกซ์อนันต์*. นครปฐม: ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2552). 21 *วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์. อาดุลย์ จงรักษ์. (2554). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจของนักศึกษาที่เรียนรู้แบบร่วมมือด้วยวิธีแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์วิชาสมการเชิงอนุพันธ์สามัญเรื่องสมการเชิงอนุพันธ์*. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- อังคณา ศรีเตชานุกงษ์. (2551). *อนุกรมจำนวนจริง*. นครปฐม: ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- Adams, Dennis M. and Hamm, May E. (1995). *Cooperative Learning: Critical thinking and Collaboration across the Curriculum*. Illinois: Charles C. Thomas. Blackwell, L. A., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Theories of intelligence and achievement across the junior high school transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*. 78(1), 246–263.
- Chan, D. W. (2012). *Life satisfaction, happiness, and the growth mindset of healthy and unhealthy perfectionists among Hong Kong Chinese gifted students*. *Roeper Review*, 34(4), 224 - 233.
- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York: Random House.
- McCormick, E.J and Danie, R.II. (1980). *Industrial Psychology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- Leighton, P. Jacqueline. (2004). *Defining and Describing Reason*. In *the Nature of Reasoning*. Jacqueline D. Leighton: & Robert, J. Stemberg (EDs.). pp. 1-11. New York: Cambridge University Press.
- Riorden, Jurie E.:& Noyce, Pendred E. (2001, July). *The Impacts of Standards-Based Mathematics Curricula on Student Achievement in Massachusetts*. *Journal for Research in Mathematics Education*. 32(4): 368 - A.
- Sokolowski .A and Rackley.R. (2011). *Teaching harmonic motion in trigonometry: Inductive inquiry supported by physics simulations*. *Australian Senior Mathematics Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 45-53.
- Thiessen, D et al. (1989). *Elementary Mathematical Method*. New York: Movmillan.