

บทความวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรม การเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

เจนจิรา คณาจันทร์¹ คติยา แก้วคำสอน¹ ประภาพร หนองหารพิทักษ์² และปวีณา ชันธิ์ศิลา^{2*}¹หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์²สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*Email: lilyksu6139@gmail.com

รับบทความ: 27 มีนาคม 2563 บทความแก้ไข: 8 เมษายน 2563 ยอมรับตีพิมพ์: 11 เมษายน 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ให้มีประสิทธิภาพไปตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนเมืองสมเด็จ จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ และแบบวัดความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.92/77.63 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน (mean = 8.63, S.D. = 2.75) สูงวก่อนเรียน (mean = 15.53, S.D. = 2.18) ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้นี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก (mean = 3.88, S.D. = 0.62)

คำสำคัญ: การประยุกต์ของอนุพันธ์ กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา โปรแกรม GeoGebra

อ้างอิงบทความนี้

เจนจิรา คณาจันทร์ คติยา แก้วคำสอน ประภาพร หนองหารพิทักษ์ และปวีณา ชันธิ์ศิลา. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 3(1), 73-83.

A study of learning achievement in the applications of derivative topic for Grade-12 students taught by incorporating GeoGebra program into mathematics problem-solving based on Polya's method

Janejira Kanachan¹, Katiya Kaewkhamson¹, Prapaporn Nongharnpituk², and Paweena Khansila^{2,*}

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

²*Department of Mathematics, Faculty of Education and Educational Innovation, Kalasin University*

**Email: lilyksu6139@gmail.com*

Received <27 March 2020>; Revised <8 April 2020>; Accepted <11 April 2020>

Abstract

The purposes of this research were 1) to study the efficiency of lesson plans in the applications of derivative topic for grade-12 students by incorporating GeoGebra program into mathematics problem-solving based on Polya's method with efficiency according to criteria of 75/75, 2) to compare learning achievement before and after learning by using the developed lesson plans and 3) to study the satisfactions of grade-12 students toward this learning management. The sample group was 40 grade-12 students studying at Muang Somdet School, in the second semester of the 2019 academic year, received by cluster random sampling. The research instruments included 1) learning management plans, 2) the achievement test, and 3) satisfaction rating scale form. The study results showed that the efficiency of these lesson plans were 79.92/77.63 aligned with the determination criteria 75 /75. The learning achievement score for the post-test (mean = 8.63, S.D. = 2.75) was statistically significantly higher than that of the pre-test (mean = 15.53, S.D. = 2.18) at the 0.05 level. In addition, the satisfactions of students toward instruction approach were at high level (mean = 3.88, S.D. = 0.62).

Keywords: Applications of derivative, Polya's method, GeoGebra program

Cite this article:

Kanachan, J., Kaewkhamson, K., Nongharnpituk, P. and Khansila, P. (2020). A study of learning achievement in the applications of derivative topic for Grade-12 students taught by incorporating GeoGebra program into mathematics problem-solving based on Polya's method (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 3(1), 73-83.

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารอันไร้ขีดจำกัด ทำให้โลกทั้งโลกเชื่อมโยงและสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นโลกไร้พรมแดนเลยก็ได้ ทุกประเทศในประชาคมโลกให้ความสำคัญและเร่งพัฒนาเพื่อให้ก้าวทันกับสถานการณ์โลกที่เปลี่ยนแปลงและสามารถแข่งขันกับประเทศต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องมีการเตรียมความพร้อมหลายด้านโดยเฉพาะการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์อย่างรอบด้านให้สมดุลเพื่อเป็นฐานหลักของการพัฒนาประเทศ ซึ่งการศึกษามีบทบาทสำคัญโดยตรงต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีคุณภาพอย่างมีศักยภาพ มีความรู้ ทักษะ สมรรถนะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เหมาะสม ตรงตามความต้องการกับสายงานนั้น ๆ และยังสามารถแข่งขันกับนานาชาติประเทศ (Office of the Education Council, 2014) ความเจริญก้าวหน้าของสังคมความเป็นอยู่ของมนุษย์ ได้มีการพัฒนาและดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง โดยมีการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น (The ministry of education, 2008) รวมถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษา ในการจัดการเรียนการสอนเป็นการบูรณาการหลายศาสตร์เข้าด้วยกัน

เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์เริ่มมีการนำมาประยุกต์เชื่อมโยง โดยใช้ในการแก้ปัญหาและการใช้ทักษะทางเทคโนโลยี เข้าไปช่วยทำให้การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ง่ายและแม่นยำ อีกทั้งยังสกัดโครงสร้างของข้อมูลรวมถึงการประมวลผลเป็นภาพได้ ช่วยในเรื่องของการวิเคราะห์ข้อมูล ลดความซับซ้อนของข้อมูลในทางวิทยาการคำนวณ (Computing Science) ยังสามารถประยุกต์รวมกับคณิตศาสตร์ อาทิเช่น การประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าฟังก์ชันและการหาความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นของระบบซึ่งเป็นการศึกษาการกระจายตัวของข้อมูลหรือที่เรียกว่า Data Visualization (Nongharnpituk and Arnonkijpanich, 2014) เป็นการสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการอธิบายเนื้อหาบางเนื้อหาจากนามธรรมให้ออกมาเป็นรูปธรรมให้เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขณะเดียวกันการสร้างหรือเขียนโปรแกรมจำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการทางคณิตศาสตร์พื้นฐานและเชิงซ้อน ความรู้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอีกทั้งพร้อมสามารถอธิบายข้อมูลหรือฟังก์ชันให้ออกมาในรูปแบบ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำนวนมากที่ผลิตขึ้นมาสำหรับเป็นเครื่องมือสนับสนุนการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์และสามารถช่วยแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์รวมถึงช่วยในการจัดการเรียนรู้ในการอธิบายเนื้อหาจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น (Jansuk, 2015) ปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปด้านคณิตศาสตร์ (Programming package for Mathematics) มีหลากหลายโปรแกรม อาทิเช่น Mathematica Matlab Maple Scilab และ GeoGebra ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงในปัจจุบัน และเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการงานหรือแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์โดยเฉพาะ

การจัดการเรียนการสอนในสมัยก่อน ครูส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย โดยไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ทำให้นักเรียนที่เรียนรู้ได้เร็วสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ส่วนผู้เรียนที่เรียนรู้ช้าหรือฟังบรรยายไม่ทันหรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่บรรยายก็จะเกิดความเบื่อหน่าย ไม่อยากเรียน ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว ทั้งสื่อเทคโนโลยีและการจัดการเรียนการสอน โดยมีการนำคอมพิวเตอร์ไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยครู ในการจัดการเรียนการสอน โดยนำเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ในโปรแกรมเพื่อเป็นสไลด์และสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน เสริมทักษะกระบวนการคิด และเป็นการทบทวนความรู้ โดยจัดให้เหมาะสมกับช่วงวัยของผู้เรียน ให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็ว ลดความผิดพลาดในการคิดหรือคำนวณด้วยมือ ซึ่งการคำนวณด้วยมืออาจส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย โดยเฉพาะในรายวิชาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นวิชาคำนวณที่มีความซับซ้อน มีความเป็นนามธรรมสูง ทำให้นักเรียนศึกษาและทำความเข้าใจด้วยตนเองได้ยาก (Asavapibhop, 2009) ทั้งนี้ จะเห็นว่าการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนทำให้เกิดผลดีทั้งต่อคุณครูและนักเรียนด้วย

แต่เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนรายวิชาคณิตศาสตร์โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา คุณครูจะใช้วิธีการบรรยาย และยกตัวอย่าง และใช้สื่อการเรียนการสอนที่ประดิษฐ์ขึ้นมาช่วยในการอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้นักเรียนเข้าใจ ซึ่งมีหลายเรื่องที่ต้องเทียบเคียงกับสิ่งที่ป็นรูปธรรมจึงจะเข้าใจ แล้วเนื้อหาบางส่วนยังมีการประยุกต์เพิ่มเข้ามาทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ยากและแก้โจทย์ปัญหาไม่ได้ เพราะขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องเดิมที่เป็นพื้นฐาน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำลง และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์ในที่สุดจากรายงานผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา ซึ่งเป็นเนื้อหาที่อยู่ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม ม.4 - 6 เล่ม 6 พบว่าปีการศึกษา 2561 มีคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 38.00 ของคะแนนเต็ม เห็นได้ชัดว่า ค่าเฉลี่ยจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น ของนักเรียนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ตามที่โรงเรียนกำหนด และค่าเฉลี่ยน้อยสุดอยู่ในเรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ (Huaiphungpittaya School, 2019) ทั้งนี้เนื่องมาจากเนื้อหาเรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้น เป็นเนื้อหาที่องค์ความรู้ของทุกเรื่องในรายวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อประยุกต์ในการแก้โจทย์ปัญหา อีกทั้งยังเป็นพื้นฐานของแต่ละคณะในมหาวิทยาลัย รวมถึงกระบวนการในการแก้ปัญหานั้น เป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ โดยเป้าหมายในการจัดการเรียน

การสอนเบื้องต้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนและหลากหลาย ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความคิด ทักษะการคิดคำนวณ หลักการ กฎ หรือสูตรต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา โดยการแก้ปัญหานั้นต้องไม่มุ่งเน้นไปที่คำตอบ แต่ต้องให้ความสำคัญกับกระบวนการวิธีการที่ได้มาซึ่งคำตอบ กระบวนการแก้ปัญหของโพลยา เป็นแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับและนำไปใช้อย่างแพร่หลาย มีรูปแบบการสอนการแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นระบบระเบียบมีขั้นตอน 4 ขั้นตอนคือ 1) ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา 2) ขั้นวางแผนแก้ปัญหา 3) ขั้นดำเนินการแก้ปัญหตามแผน และ 4) ขั้นมองย้อนกลับและตรวจสอบ หากผู้เรียนได้รับการฝึกฝนตามรูปแบบกระบวนการแก้ปัญหของโพลยาจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาย่อยมีระบบและเป็นลำดับขั้นตอน เรียนรู้วิธีการการทำงานอย่างเป็นระบบและสามารถตรวจสอบผลได้มองเห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับคำตอบที่ได้ (Naoyenphon, 1994)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในทุกหน่วยงานและวงการเพื่ออำนวยความสะดวกให้ในแต่ละกิจกรรมรวมถึงระบบการศึกษาและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ก่อให้เกิดผลดีต่อการดำเนินการของหน่วยงานและระบบการศึกษา ทั้งความสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ ส่งผลให้การพัฒนางานและระบบการศึกษามีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงขึ้น อาทิ เช่น ในการจัดการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์มีการนำโปรแกรม GeoGebra เข้ามาช่วยในการอธิบาย ซึ่งโปรแกรมสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพีชคณิต เรขาคณิต และอีกมากมายรวมทั้งการหาค่าต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ (Wuttisan, 2013) ในส่วนเรื่อง แคลคูลัส ช่วยในการจัดการเรียนรู้ในการอธิบายเนื้อหาจากนามธรรมให้เป็นรูปธรรม เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาได้รวดเร็ว และช่วยสร้างจินตนาการให้ผู้เรียนเกิดภาพมากขึ้น อีกทั้งช่วยในการตรวจคำตอบ ณ เวลานั้น ๆ เป็นการช่วยให้ผู้เรียนเกิดความมั่นใจ รวมถึงความกระตือรือร้นในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา

จากปัญหาและเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา มาใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ในการเรียนคณิตศาสตร์ ในทักษะทางด้านกระบวนการในการเรียนรู้ โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในเนื้อหาแคลคูลัส รวมถึงการนำเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการแสดงลักษณะของกราฟในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งเป็นจุดเด่นของโปรแกรม GeoGebra ที่นำมาช่วยในการอธิบายให้เข้าถึง เข้าใจในเนื้อหาเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา ให้มีประสิทธิภาพไปตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์

วิธีดำเนินการวิจัย

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้รูปแบบของการทดลองที่มี 1 กลุ่มและมีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One group pre-test/post-test design) (Saiyod and Saiyod, 1995) แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงแบบแผนวิจัย

ทดสอบก่อนเรียน	นวัตกรรมที่ใช้	ทดสอบหลังเรียน
T ₁	X	T ₂

เมื่อ T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test)
 T_2 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง (Post-test)
 x หมายถึง การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 120 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนห้วยผึ้งพิทยา ตำบลนิคมห้วยผึ้ง อำเภอห้วยผึ้ง จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 40 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ได้แก่

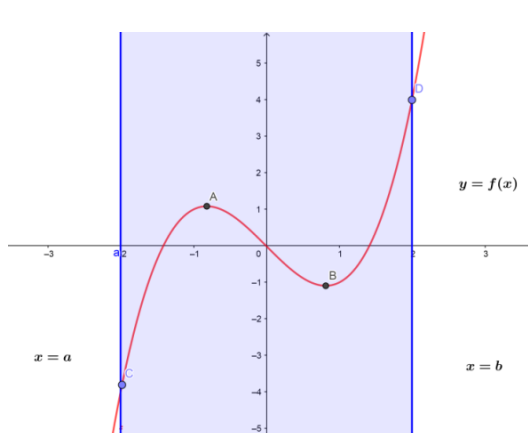
1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมาทั้งหมด 6 แผนจำนวน 6 ชั่วโมง ได้แก่ สำหรับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้จะมีลักษณะเดียวกันทุกแผน ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างแผน เรื่อง ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ ซึ่งมีขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้ดังนี้

1.1 ขั้นทบทวนความรู้เดิม (10 นาที) ครูทบทวนความรู้เดิมเรื่อง ค่าสูงสุดสัมพัทธ์และค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ พร้อมยกตัวอย่างการหาค่าตอบจากทฤษฎีบทกับนักเรียน พร้อมทำแบบทดสอบย่อยก่อนเรียน เรื่อง ค่าสูงสุดสัมบูรณ์หรือค่าต่ำสุดสัมบูรณ์

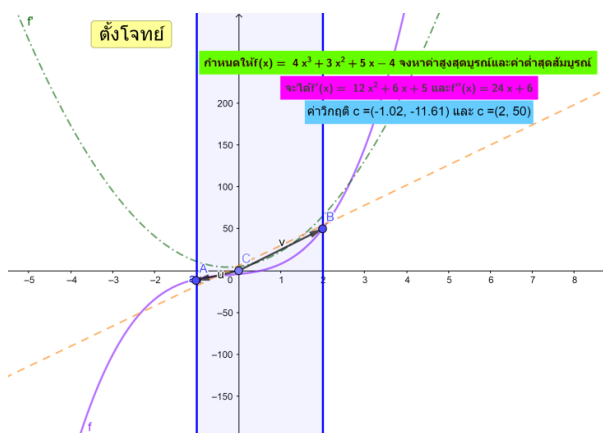
1.2 ขั้นสอนความรู้ใหม่ (45 นาที) ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นทำความเข้าใจปัญหา โดยมีการเริ่มต้นการสอนจากการตั้งคำถามของครูนำ เช่น ค่าสูงสุดสัมบูรณ์และค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ คืออะไร ทำความเข้าใจข้อแตกต่างระหว่างสัมพัทธ์กับสัมบูรณ์ พิจารณากราฟของฟังก์ชัน $y=f(x)$ ข้างบน A จุดเป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์ ส่วนจุด B เป็นจุดต่ำสุดสัมพัทธ์ ค่าสูงสุด/ต่ำสุดสัมพัทธ์จะมีค่าก็ได้ แต่ค่าสูงสุด/ต่ำสุดสัมบูรณ์ ในช่วงใดช่วงหนึ่งจะมีได้เพียงอย่างละ 1 ค่า หรืออาจไม่มีเลย เมื่อพิจารณาในช่วง $x=a$ ถึง $x=b$ แล้ว

- จุด C จะเป็นจุดต่ำสุดสัมบูรณ์เนื่องจากเป็นจุดที่มีค่าต่ำที่สุดในช่วงดังกล่าว
- จุด D จะเป็นจุดสูงสุดสัมบูรณ์เนื่องจากเป็นจุดที่มีค่าสูงที่สุดในช่วงดังกล่าว ดังภาพที่ 1ก



(ก) สร้างฟังก์ชัน บนช่วง $x=a$ ถึง $x=b$



(ข) กราฟของฟังก์ชัน $4x^3+3x^2+5x-4$ เมื่อ $-1 \leq x \leq 2$

ภาพที่ 1 ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา

ขั้นที่ 2 ขั้นวางแผนการแก้ปัญหาและเขียนเป็นประโยคสัญลักษณ์ โดยมีการเริ่มต้นการสอนจากการคำถามของครูนำ เช่น นักเรียนจะแก้สมการหาค่าสูงสุดสัมบูรณ์และค่าต่ำสุดสัมบูรณ์อย่างไร จากนั้นสร้างสมการขึ้นมา 2 สมการเพื่อให้ นักเรียนหาวิธีแก้สมการหาคำตอบ

ขั้นที่ 3 ขั้นดำเนินการตามแผน โดยมีการเริ่มต้นการสอนจากการตั้งคำถามของครูนำ เช่น ครูถามนักเรียนว่า “นักเรียนจะแก้สมการหาคำตอบค่าสูงสุดสัมบูรณ์และค่าต่ำสุดสัมบูรณ์ของ $4x^3+3x^2+5x-4$ เมื่อ $-1 \leq x \leq 2$ อย่างไร” (ให้นักเรียนออกมาเขียนขั้นตอนการหาคำตอบบนกระดาน พร้อมอธิบาย) เช่น

- 1) จุดวิกฤตของฟังก์ชันคือ
- 2) จุดสูงสุดสัมบูรณ์ของฟังก์ชันคือ
- 3) จุดต่ำสุดสัมบูรณ์ของฟังก์ชันคือ

จากนั้นครูสร้างกราฟตามที่นักเรียนอธิบายในโปรแกรม GeoGebra ดังภาพที่ 1ข

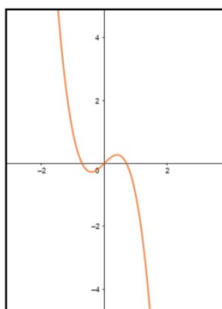
ขั้นที่ 4 ขั้นมองย้อนกลับและตรวจสอบ โดยมีการเริ่มต้นการสอนจากการตั้งคำถามของครูนำ เช่น นักเรียนรู้ได้อย่างไรที่ทำมานั้นเป็นคำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนช่วยกันคิดตาม และนั่งคำนวณช่วยกัน

1.3 ขั้นสรุป (5 นาที) มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) นักเรียนร่วมกันสรุปทฤษฎีบทของค่าสูงสุดสัมบูรณ์หรือค่าต่ำสุดสัมบูรณ์
- 2) นักเรียนร่วมกันสรุปขั้นตอนการแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา
- 3) ทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียน เรื่อง ค่าสูงสุดสัมบูรณ์หรือค่าต่ำสุดสัมบูรณ์

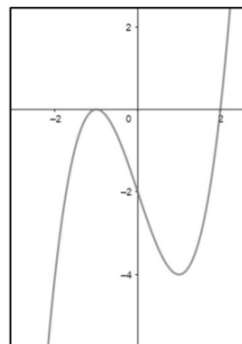
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยข้อสอบมีค่าความยากง่าย อยู่ระหว่าง 0.20 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.62 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้มีค่าความเชื่อมั่นประมาณ 0.70 สำหรับตัวอย่างแบบทดสอบแสดงในภาพที่ 2

19. จากภาพจงหาจุดสูงสุดสัมพัทธ์



- ก. จุดสูงสุดสัมพัทธ์ คือ $\frac{2}{3\sqrt{6}}$
- ข. จุดสูงสุดสัมพัทธ์ คือ $\frac{2}{3}$
- ค. จุดสูงสุดสัมพัทธ์ คือ 1
- ง. จุดสูงสุดสัมพัทธ์ คือ 0

22. จากภาพจงหาจุดต่ำสุดสัมพัทธ์



- ก. จุดต่ำสุดสัมพัทธ์ คือ (0, -4)
- ข. จุดต่ำสุดสัมพัทธ์ คือ (2, -2)
- ค. จุดต่ำสุดสัมพัทธ์ คือ (1, -4)
- ง. จุดต่ำสุดสัมพัทธ์ คือ (1, -2)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์

3. แบบวัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา จำนวน 20 ข้อ หลังจากให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความสอดคล้องแล้วพบว่า มีค่าเฉลี่ยของความสอดคล้องอยู่ที่ 0.93 แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของ α -Cronbach ได้ค่าเท่ากับ 0.77

ขั้นตอนการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

มีขั้นตอนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ผู้วิจัยติดต่อประสานงานกับโรงเรียนห้วยผึ้งพิทยาเพื่อขออนุญาตและขอความร่วมมือในการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

2) ผู้วิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทดสอบก่อนเรียน (Pre - test) ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 20 ข้อ

3) ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่ผู้วิจัยวางแผนไว้ จำนวน 6 แผน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 คาบ คาบละ 1 ชั่วโมง โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา หลังการจัดกิจกรรม ให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบโดยใช้ข้อสอบชุดเดียวกันกับข้อสอบที่ใช้ทดสอบก่อนการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ทำการทดสอบวัดความรู้ด้วยตนเอง

4) นำผลคะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความพึงพอใจมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1) หาประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยตัวทดสอบประสิทธิภาพ E_1/E_2

2) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ด้วยสถิติ t-test for dependent samples

3) วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

จากการพัฒนาแผนจัดการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ และนำไปจัดการเรียนรู้สำหรับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์อนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนระหว่างเรียนเท่ากับ 47.95 คิดเป็นร้อยละ 79.92 และค่าเฉลี่ยหลังจัดการเรียนรู้เท่ากับ 15.53 คิดเป็นร้อยละ 77.63 ดังนั้นจึงได้ว่าประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้ (E_1/E_2) เท่ากับ $79.92/77.63$ จำแนกเป็นคะแนนแบบทดสอบย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้ (E_1) เท่ากับร้อยละ 79.92 และคะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (E_2) เท่ากับ 77.63 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 ผลการศึกษาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์นี้ มีค่าเท่ากับ $79.92/77.63$

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

คะแนนการทดสอบ	จำนวน(คน)	คะแนนเต็ม	mean	S.D.	ร้อยละ
แบบทดสอบย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้	40	60	47.95	2.75	79.92
แบบทดสอบหลังเรียน	40	20	15.53	2.18	77.63
$E_1/E_2 = 79.92/77.63$					

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าคะแนนแบบทดสอบย่อยระหว่างการจัดการเรียนรู้มากกว่าคะแนนทดสอบหลังเรียนอาจเป็นเพราะว่า นักเรียนลืมนเนื้อหาที่เรียนในช่วงแรก ๆ จึงทำให้ได้คะแนนน้อยกว่าระหว่างเรียน ซึ่งเหตุผลที่ทำให้แผนจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้นั้นเพราะว่าในกระบวนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามกระบวนการสร้างอย่างเป็นระบบมีแบบแผนและเป็นขั้นตอน ซึ่งทุกขั้นตอนได้ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญและได้มีการปรับปรุงแก้ไขจนได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สมบูรณ์และมีคุณภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Worasan and Thunapan (2018) ได้สร้างผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนาม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่อง การแยกตัวประกอบของพหุนาม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เท่ากับ $80.80/78.14$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 75/75 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Worasarn, Nongharnpituk and Khansila (2019) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ที่เน้นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra เรื่องระบบสมการเชิงเส้นสองตัวแปร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งผลวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคณิตศาสตร์ร่วมกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ $80.32/80.81$ ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยก่อนเรียนอยู่ที่ 8.63 และค่าเฉลี่ยหลังเรียนมีค่า 15.53 สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ทำให้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยค่าเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอยู่ที่ 6.9 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก่อนเรียนเท่ากับ 2.75 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหลังเรียนเท่ากับ 2.18 มีค่า t เท่ากับ 17.39 และค่า t วิกฤตมีค่าเท่ากับ 1.68 (17.39 มากกว่า 1.68) ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานกันระหว่างกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยากับการใช้สื่อคอมพิวเตอร์ โปรแกรม GeoGebra ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น ตื่นเต้นและสนุกสนานกับการแก้ปัญหา อีกทั้งผู้เรียนสามารถเขียนภาพปรับเปลี่ยนค่าและรูปร่างได้ตามจินตนาการ รวมถึงการวางแผน และการแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรม GeoGebra ตามขั้นตอนกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เกิดความแม่นยำในเนื้อหาและขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา

ตารางที่ 3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์

การทดสอบ	จำนวน (คน)	คะแนนเต็ม	mean	S.D.	t - test
ก่อนเรียน	40	20	8.63	2.75	17.39*
หลังเรียน	40	20	15.53	2.18	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vongsanon and Sakpakornkan (2014) ที่ได้ศึกษาการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง เรขาคณิตสามมิติและปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ผลการศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Siriphat, Nongharnpituk and Khansila (2019) ได้ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้รูปแบบการแก้โจทย์ปัญหาตามแนวคิดของโพลยา ผลการวิจัยพบว่า การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.23 และ 22.77 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนเท่ากับ 7.54 และเมื่อเปรียบเทียบคะแนนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า คะแนนสอบหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

3) ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียน ต่อการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งจะพบว่า คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ เรื่องการประยุกต์อนุพันธ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (mean = 3.88, S.D. = 0.62) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า อยู่ในระดับมาก 20 ข้อ โดยเรียงค่าที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การใช้โปรแกรม GeoGebra แก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาทำให้ข้าพเจ้าสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น (mean = 4.10, S.D. = 0.44) รองลงมาคือการสอนที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม GeoGebra ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถทำแบบทดสอบด้วยตนเองได้และยังมีความเหมาะสมกับเนื้อหาการประยุกต์ของอนุพันธ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (mean = 4.03, S.D. = 0.62) และลำดับที่ 3 คือพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมและบรรยากาศของการเรียนการสอนจากการใช้โปรแกรม GeoGebra แก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (mean = 4.03, S.D. = 0.58)

ผลที่เกิดขึ้นครั้งนี้เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ไม่ได้เน้นที่การหาคำตอบ ทั้งนี้เพราะว่านักเรียนสามารถรู้คำตอบได้ทันทีโดยใช้โปรแกรม GeoGebra แต่เน้นที่กระบวนการเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบตามรูปแบบการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งมีขั้นตอนที่ชัดเจนแต่สามารถยืดหยุ่นได้ แต่ละขั้นตอนสามารถเขียนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้ด้วยโปรแกรม GeoGebra ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอย่างสนุกสนาน กล้าแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่น คิดวิเคราะห์ หาเหตุผลและตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้ โดยครูเป็นเพียงผู้แนะนำและให้ความช่วยเหลือเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาในแต่ละขั้นตอน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความพึงพอใจและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Srichana (2013) ได้พัฒนาชุดการเรียนการสอนเรื่องกำหนดการเชิงเส้นโดยใช้โปรแกรม GeoGebra สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมาก และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Vongsanon and Sakpakornkan (2014) ที่ศึกษาการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการเรียนรู้ในการแก้โจทย์ปัญหาเรื่องเรขาคณิตสามมิติและปริมาตรของทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Puangsriken (2009) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เรื่องกำหนดการเชิงเส้น

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียน เรื่องกำหนดการเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม The Geometer's Sketchpad โดยรวมอยู่ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 4.40

ตารางที่ 4 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์

ข้อความ	mean	S.D.	แปลผล
กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา...			
1. ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหา	3.55	0.81	มาก
2. ช่วยให้ข้าพเจ้าคิดวิเคราะห์แยกแยะข้อมูลได้ดีขึ้น	3.80	0.65	มาก
3. ช่วยให้ข้าพเจ้ามีความเชื่อมั่นในการแก้ปัญหา	3.80	0.79	มาก
4. ช่วยให้ข้าพเจ้ามีความกระตือรือร้นและตั้งใจเรียน	3.80	0.85	มาก
5. มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์	3.75	0.74	มาก
โปรแกรม GeoGebra...			
6. ง่ายและสะดวกในการใช้	3.83	0.64	มาก
7. ช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์สิ่งที่โจทย์กำหนดให้กับสิ่งที่โจทย์ถามทำให้สามารถวางแผนการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น	3.93	0.66	มาก
8. ช่วยให้ข้าพเจ้ามีความเชื่อมั่นในการแก้ปัญหามากขึ้น	3.83	0.78	มาก
9. ทำให้ข้าพเจ้ามีความมั่นใจและสามารถทำแบบฝึกทักษะได้ด้วยตนเองและเข้าใจบทเรียนยิ่งขึ้น	3.92	0.77	มาก
10. ช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถทำแบบฝึกหัดท้ายบทตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาได้ง่ายขึ้น	3.80	0.72	มาก
11. กระตุ้นให้ผู้เรียนกล้าแสดงออกและมีความกระตือรือร้นที่จะให้ความช่วยเหลือหรืออธิบายเพื่อน ๆ มากขึ้นทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจบทเรียนยิ่งขึ้น	3.88	0.65	มาก
การสอนที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรม GeoGebra ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา...			
12. มีขั้นตอนในการนำเสนอที่ชัดเจนเข้าใจง่าย	3.93	0.62	มาก
13. มีการใช้ภาษาในขั้นตอนในการนำเสนอที่ชัดเจนเข้าใจง่าย	3.95	0.75	มาก
14. ช่วยให้ข้าพเจ้าเข้าใจขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา	3.93	0.57	มาก
15. ช่วยให้ข้าพเจ้าสามารถทำแบบทดสอบด้วยตนเองได้	4.03	0.62	มาก
16. ทำให้เกิดความร่วมมือและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน	3.90	0.55	มาก
17. ข้าพเจ้าพึงพอใจกับสภาพแวดล้อม และบรรยากาศของการเรียนการสอนในลักษณะนี้	4.03	0.58	มาก
18. ทำให้ข้าพเจ้าสนุกกับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์มากขึ้น	4.10	0.44	มาก
19. มีความเหมาะสมกับเนื้อหาการประยุกต์ของอนุพันธ์	4.03	0.62	มาก
20. ทำให้ข้าพเจ้าชอบและพอใจกับกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนในลักษณะนี้	3.93	0.53	มาก
โดยภาพรวม	3.88	0.62	มาก

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะจากการวิจัย

สรุปผลการวิจัย จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า

1) ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้การใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เท่ากับ 79.92/77.63 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ ของนักเรียนหลังเรียน (mean = 15.53, S.D.= 2.18) ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นสูงกว่าก่อนเรียน (mean = 8.63, S.D.= 2.75) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งค่าเฉลี่ยหลังเรียนเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอยู่ที่ 6.9 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 34.5

3) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้หลังใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก (mean = 3.88, S.D.= 0.62) และค่าเฉลี่ยของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนที่สร้างขึ้นในแต่ละข้ออยู่ในระดับมากซึ่งค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.55-4.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.44-0.85

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

1) ควรมีการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการใช้โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ร่วมกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับบริบทของครู นักเรียน และโรงเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการเสริมแรงสร้างกำลังใจให้กับผู้เรียนในการพัฒนาความสามารถทางคณิตศาสตร์ตามศักยภาพของตนเอง และมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

2) การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ครูเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการเสริมกำลังใจและสร้างแรงจูงใจให้กับผู้เรียน ดังนั้นผู้วิจัยควรจัดเตรียมขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ เตรียมตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นและเสริมแรงจูงใจไว้ล่วงหน้า ใช้คำถามและให้การช่วยเหลือผู้เรียนในช่วงเวลาที่เหมาะสมพอดี เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถคิด วิเคราะห์และหาแนวทางในการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

3) ควรมีการนำวิจัยของรูปแบบการวิจัยเกี่ยวกับการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมทักษะและความเข้าใจของผู้เรียน

4) ควรมีการศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเรียนของผู้เรียนหลังการใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เช่น ความวิตกกังวล ความสนใจและความคงทนในการเรียน

เอกสารอ้างอิง

- Asavapibhop, B. (2009). **Understanding Mathematics** (in Thai). Bangkok: Nanmeebook.
- Huaiphungpittaya School. (2019). **Huaiphungpittaya School Curriculum** (in Thai). Kalasin: Huaiphungpittaya School.
- Jansuk, W. (2015). Design and technology (in Thai). Retrieved 26 March 2020, from **Basic Programming**: <http://www.krurock.com>
- Naoyenphon, P. (1994). **"Mathematical problem solving", The subject matter, Set of foundations and methodologies in mathematics, Unit 12-15** (in Thai). Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University.
- Nongharnpituk, P. and Arnonkijpanich, B. (2014). Online data visualization and time series prediction using the Neural Gas network (in Thai). In **Proceedings of 11th National Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus Conference** (pp. 399-407). Nakhon Pathom: Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus.
- Office of the Education Council. (2014). The national scheme of education to develop throughout the life (in Thai). **Journal of Education Research**, 2(2), 1-11.
- Puangsricken, K. (2009). The effects of mathematics learning activities on the topic of linear programming by using the Geometer's Sketchpad program for Mathayom suksa V students (in Thai). **Master's Thesis**. Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University.
- Saiyod, L. and Saiyod, A. (1995). **Techniques in educational research** (in Thai). Bangkok: Suweeriyasarn.
- Siriphat, P., Nongharnpituk, P. and Khansila, P. (2019). The development of mathematics problem solving abilities on the application of linear equations with one variable of Grade-8 students using emphasized on Polya's problem solving methods (in Thai), **Journal of Science and Science Education**, 2(1), 23-33.
- Srichana, P. (2013). The use a set of teaching linear programming using GeoGebra schools grade 12 (in Thai). **Master of Science Program in Mathematics Education**. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University.

- The ministry of education. (2008). **The Basic Education Core Curriculum B.E. 2551** (in Thai). Bangkok: Printing Press of the Agricultural Co-operative Federation of Thailand.
- Vongsanon, V. and Sakpakornkan, N. (2014). Using the GeoGebra program as a learning tool for solving word problems on the three-dimensional geometric figures and volume of rectangular shape for Prathomsuksa 6 students with Polya's solving steps (in Thai). **The Golden Teak : Humanity and Social Science Journal**, 20(2), 75-84.
- Worasan, P., and Thunapan, M. (2018). Development of mathematics learning activities by using GeoGebra program on polynomial factorization for Mathayomsuksa three students (in Thai). **Journal of Education**, 29(1), 60-71.
- Worasarn, J., Nongharnpituk, P. and Khansila, P. (2019). Development of learning activities emphasizing mathematical processes using GeoGebra program on system of linear equations with two variables topic for grade-9 students (in Thai). **Journal of Science and Science Education**, 2(1), 34-42.
- Wuttisan, P. (2013). GeoGebra: Interesting another option of mathematics teachers(in Thai). **IPST Magazine**, 41(181), 13-16.