การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ โดยใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภายใต้การเรียนรู้บนฐานชีวิตวิถีใหม่ (New Normal)

Developing Mathematics Achievement in Integration and Applications using GeoGebra through Microsoft Sway of Grade 12 Students under the New Normal Learning

ศิริลักษณ์ วงค์ธรรม[1], วรพจน์ แซ่หลี[2], **ลิลลา อดุลยศาสน์**[1]*
Sirilak Wongtham[1], Vorrapot Saelee[2], **Lilla Adulyasas**[1]*
[1] สาขาวิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[2] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[1*] สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
* Email address: lilla.a@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway จากนั้นเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับเกณฑ์ร้อยละ 75 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่เรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 32 คน โดยห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งผู้เรียนมีระดับความสามารถในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ใกล้เคียงกัน โดยได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์โดยใช้ GeoGebra บน Microsoft Sway จำนวน 7 ชั่วโมง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Paired และการทดสอบที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway สูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway หลังเรียนในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

คำสำคัญ: ปริพันธ์และการประยุกต์, เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์, GeoGebra, Microsoft Sway, ชีวิตวิถีใหม่

Abstract

This research aimed to compare mathematics achievement in Integration and Application of grade 12 Students before and after learning using GeoGebra through Microsoft Sway. Then comparing the student's achievement after learning with 75% criteria and compare the students achievement after learning using GeoGebra through Microsoft Sway with tradition method. Moreover, the student's satisfaction towards

learning were studied. Samples were 2 groups of grade 12 students of Srinagarindra The princess mother School, Muang District, Yala Province. who studied in the first semester of 2021 academic year. 32 students were the experimental group while another 32 students were control group selected by purposive technique. The instruments used in this study were 7 lesson plans in Integration and Application through Microsoft Sway, Pretest and posttest for assessing student' mathematics achievement with 4 multiples choices of 20 items and the question are were useds for assessing student's satisfaction towards learning. Mean Standard deviation and t-test were used for analysing data. The resalts reveal that the posttest score of grade 12 students who learnt with GeoGebra through Microsoft Sway higher than the pretest and also higher than 75% criteria at .05 level of significant. Moreover, the posttest score of the experimental group was significantly higher than the control group and their satisfaction after learning using GeoGebra through Microsoft Sway was in highest level.

Keywords: Integral and Application, Mathematical Dynamics Tools, GeoGebra, Microsoft Sway, New Normal

1. บทนำ

ในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคของสังคมแห่งข้อมูลข่าวสาร และความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ มีความพยายามในการแข่งขันกันเพื่อการพัฒนา สร้างสรรค์และคิดค้นความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เจริญก้าวไกล คณิตศาสตร์จึงกลายเป็นศาสตร์หนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2555) อีกทั้งยังมีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผลเป็นระบบระเบียบ มีแบบแผนสามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างถูกต้องเหมาะสม ช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญาและอารมณ์ สามารถคิดเป็นทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และอยู่ร่วมกับคนอื่นได้อย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

แม้ว่าคณิตศาสตร์มีความสำคัญเพียงใดก็ตาม ยังพบว่าเด็กไทยมีคะแนนตกต่ำ ซึ่งดูได้จากรายงานผลการทดสอบโครงการประเมินผลผู้เรียนนานาชาติ (Program for International Student Assessment) PISA ปี 2018 คะแนนคณิตศาสตร์ของเด็กไทยตกต่ำอยู่ที่ 419 คะแนน เมื่อเทียบกับคะแนน PISA ปี 2015 คะแนนคณิตศาสตร์ของเด็กไทยลดลงอีก 4 คะแนน และเมื่อย้อนไปดูคะแนน PISA ปี 2012 มีคะแนน 427 คะแนน ซึ่งมากกว่า ปี 2015 เพียง 12 คะแนน (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564) จากคะแนนข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าเด็กไทยยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์ที่ถดถอยและไม่มีการพัฒนา

จากคะแนนเฉลี่ยและผลสัมฤทธิ์ที่ตกต่ำของรายวิชาคณิตศาสตร์ที่เป็นปัญหาประการหนึ่งและยังพบปัญหาอีกประการหนึ่งในเรื่องสถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาที่ต้องปรับวิธีการเรียนการสอนมาเป็นแบบออนไลน์มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องจากที่วิทยา วาโย และคณะ (2563) กล่าวว่า การเรียนการสอนแบบออนไลน์ เป็นวิธีการถ่ายทอดเนื้อหา รูปภาพ วิดีโอ การใช้สื่อหลาย ๆประเภท (Multimedia) ร่วมกับการสนทนาแลกเปลี่ยนความคิดเห็นผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่มีความหลากหลายทันสมัย สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ตามความต้องการ ซึ่งการเรียนการสอนแบบออนไลน์มีความจำเป็นมากในปัจจุบัน เนื่องจากการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจำเป็นต้องมีทักษะทางด้านการสื่อสาร การใช้คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ การรู้เท่าทันสื่อ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต" รวมทั้งในสถานการณ์ปัจจุบันมีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019-COVID- 19) โดยองค์การอนามัยโลกได้ประกาศเป็นภาวะฉุกเฉินทางด้านสาธารณสุข ทำให้สถาบันการศึกษาไม่สามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามปกติ ซึ่งการจัดการเรียนสอนได้นำแนวคิดของ SAMR Model เกี่ยวกับการบูรณาการ เทคโนโลยีเข้าไปในกระบวนการจัดการเรียนการสอนพัฒนาขึ้น โดย Dr. Ruben Puentedura แบบจำลองดังกล่าวเป็นกรอบที่ใช้เพื่อสะท้อนให้เราเห็นว่า รูปแบบในการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนของเรานั้นมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการหรือรูปแบบในการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับใด ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ 1) Substitution คือ การนำเทคโนโลยีมาใช้แทนที่สิ่งที่มีอยู่เดิมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการและรูปแบบในการเรียนรู้ของผู้เรียน 2) Augmentation คือ การนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อแทนที่สิ่งที่มีอยู่เดิมแต่มีการประยุกต์เอาคุณสมบัติของเครื่องไม้เครื่องมือต่าง ๆ มาใช้เพื่อต่อยอดหรือส่งเสริมให้ผู้เรียน

สามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้ดีและสะดวกขึ้น 3) Modification คือ การนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อปรับเปลี่ยนหรือดัดแปลงกระบวนการหรือวิธีในการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนรู้ที่ดี 4) Redefinition คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อออกแบบหรือสร้างสรรค์กิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบใหม่ขึ้นมา ซึ่งอาจจะไม่สามารถทำได้เลยหากปราศจากการใช้เทคโนโลยี สถานพัฒนาคณาจารย์ (2559) อีกทั้งนำแนวคิดของ TPACK Model ซึ่งเป็นแนวคิดของ Mishra & Koehler (2006) ซึ่งเป็นอาจารย์ทางด้านเทคโนโลยีการศึกษา ได้พัฒนากรอบความรู้ใหม่ที่พัฒนามาจากกรอบความรู้ของ Shulman (Pedagogical Content Knowledge : PCK) โดยให้ความสำคัญของการนำเทคโนโลยีมาบูรณาการกับความรู้ด้านวิธีสอนและเนื้อหาที่สอน และเรียกกรอบแนวคิดนี้ว่า TPCK เพื่อให้เรียกได้ง่ายขึ้น Koehler & Mishra (2009) จึงได้ปรับเปลี่ยนอักษรย่อจาก TPCK เป็น TPACK เรียกว่ากรอบความรู้ทีแพค (Technological Pedagogical Content Knowledge : TPACK) เป็นการรวมสาระของครูทั้งสามด้านเกี่ยวกับความรู้ด้านเนื้อหาที่สอน (Content Knowledge : CK) ความรู้ด้านวิธีสอน (Pedagogical Knowledge : PK) และความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Knowledge : TK) โดยจะเน้นความสำคัญทางด้านเทคโนโลยีเป็นหลัก ซึ่งการบูรณาการความรู้ทั้งสามด้านเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนแก่นักเรียนนั้น เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของครูมืออาชีพในยุคปัจจุบัน ผู้เป็นครูต้องเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับเนื้อหาที่สอน เลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับวิธีสอน และเลือกเทคโนโลยีให้เหมาะสมกับการบูรณาการวิธีสอนและเนื้อหาที่สอนด้วย Mishra & Koehler (2006) ได้ระบุว่าการบูรณาการเทคโนโลยีของครูจะสามารถพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ และทักษะการแก้ปัญหาของผู้เรียนมากกว่าการจัดการเรียนการสอนที่ไม่ใช้เทคโนโลยี

ถึงแม้ว่าคณิตศาสตร์จะเป็นนามธรรมที่เข้าใจยาก แต่ถ้าสอดแทรกกับตัวอย่างที่เห็นภาพและเป็นจริงก็สามารถทำให้เป็นเรื่องที่ง่ายและน่าสนใจได้ เมขลิน อมรรัตน์ (2563) ซึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ เนื้อหาในส่วนของแคลคูลัสเบื้องต้น เป็นเรื่องสำคัญมากเรื่องหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ เพราะเป็นพื้นฐานของการแสดงขั้นตอนการคำนวณของเรื่องที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ การหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันและเกี่ยวข้องกับการใช้ทฤษฎีปริพันธ์เป็นหลัก ในการคำนวณพื้นที่และปริมาตรของรูปทรงทางเรขาคณิต อีกทั้งเนื้อหาแคลคูลัสเบื้องต้นเป็นเนื้อหาพื้นฐานของระดับอุดมศึกษา ไม่ว่าจะเป็นวิชาแคลคูลัส 1 แคลคูลัส 2 ฯลฯ ดังนั้นการทำความเข้าใจในเรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นจึงเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นมาก

แคลคูลัสเบื้องต้นในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ประกอบด้วยหัวข้อ ลิมิตของฟังก์ชัน ความต่อเนื่องของฟังก์ชัน อนุพันธ์ของฟังก์ชัน เส้นสัมผัสเส้นโค้ง การประยุกต์อนุพันธ์ และปริพันธ์และการประยุกต์ จากการที่ผู้วิจัยได้ฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ต่ำและจากผลทดสอบของการศึกษาก่อนหน้าอยู่ในระดับต่ำ ผู้วิจัยจึงสอบถามปัญหาจากคุณครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจในเนื้อหา มองภาพไม่ออก ขยายความทฤษฎีบททางคณิตศาสตร์ไม่ได้ ซึ่งเรื่องแคลคูลัสเบื้องต้นมีเนื้อหาค่อนข้างเป็นนามธรรม อีกทั้งวิธีจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ยังไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่สามารถดึงดูดความสนใจ ไม่มีสื่อที่ช่วยขยายความรู้ความเข้าใจ

เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019-COVID- 19) โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ต้องจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์และด้วยผลจากการจัดการเรียนการสอนแบบออนไลน์ ทำให้ประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ลดลง ไม่สามารถดึงดูดความสนใจ ความอยากรู้ อยากเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า Microsoft Sway เป็นแพลตฟอร์มที่ง่ายต่อการเรียนรู้ เหมาะแก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หรือช่วงวัยที่ศึกษาข้อมูลด้วยตัวเองได้ และด้วย Microsoft Sway สามารถแทรกลิงค์การสอนจาก YouTube Google form และ แทรกแพลตฟอร์ม GeoGebra ซึ่งโปรแกรมจีโอจีบรา (GeoGebra) เป็นซอฟท์แวร์สำหรับสร้างสื่อการเรียนการสอนในเนื้อหาระดับมัธยมศึกษาขึ้นไป มีศักยภาพที่จะส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมการทดลองทางคณิตศาสตร์ การสำรวจ การเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นซอฟท์แวร์ที่เชื่อมโยงเรขาคณิต พีชคณิต และสเปรดชีต (spread sheet) เข้าด้วยกัน และเป็นพลวัตเต็มรูปแบบ (Hohenwarter & et al, 2018) ทำให้การเรียนด้วย Microsoft Sway เหมาะแก่เรียนการศึกษาในยุคนี้ เพราะสามารถแก้ปัญหาการเรียนของนักเรียนเป็นอย่างมาก โดยนักเรียนไม่ต้องเจอหน้าครูผู้สอนก็สามารถทำการเรียนรู้ด้วยตนเองได้เพียงแค่นักเรียนมีลิงค์ที่ครูผู้สอนได้จัดเตรียมไว้ และไม่ว่าจะอยู่ที่ไหนก็สามารถเรียนรู้ผ่าน Microsoft Sway ได้ ดังนั้นจึงเหมาะที่จะช่วยแก้ปัญหาการเรียนการสอนในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Coronavirus Disease 2019-COVID- 19) ได้นั่นเอง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์โดยใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 6 ภายใต้การเรียนรู้บนฐานชีวิตวิถีใหม่ (New Normal) ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway จากนั้นเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับเกณฑ์ร้อยละ 75 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway ซึ่งทั้งหมดนี้เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 5 ห้อง รวม 130 คน

กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 32 คน โดยห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองและอีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม ซึ่งได้มาจากเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นนักเรียนที่เรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ และเป็นนักเรียนที่เรียนกับผู้วิจัย

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนการสอนโดยใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway

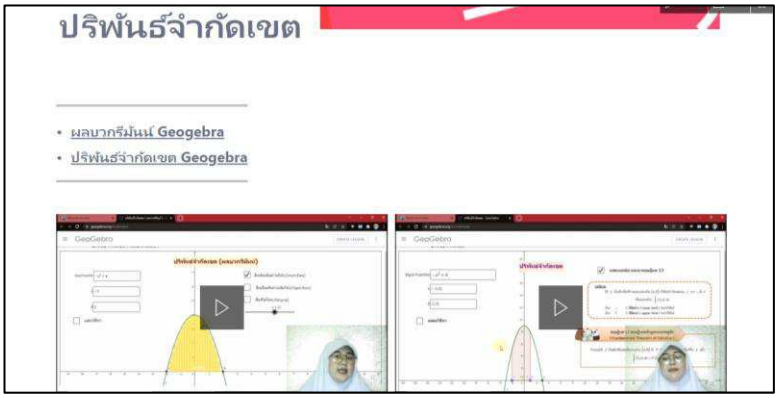
ตัวแปรตาม มี 2 ตัวแปร ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ และความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

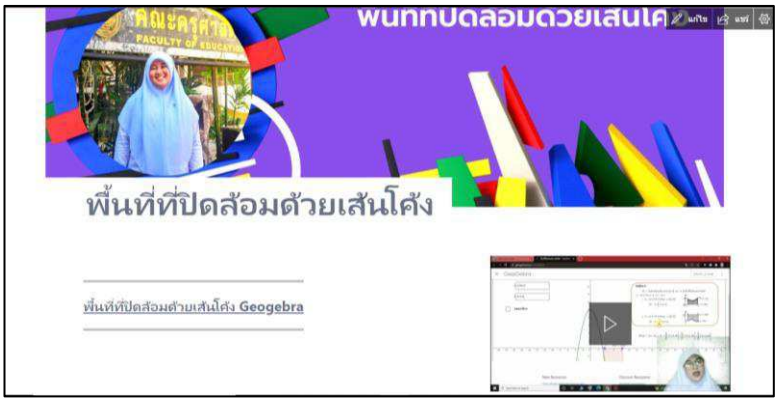
3.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ จำนวน 7 ชั่วโมง ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ GeoGebra บน Microsoft Sway

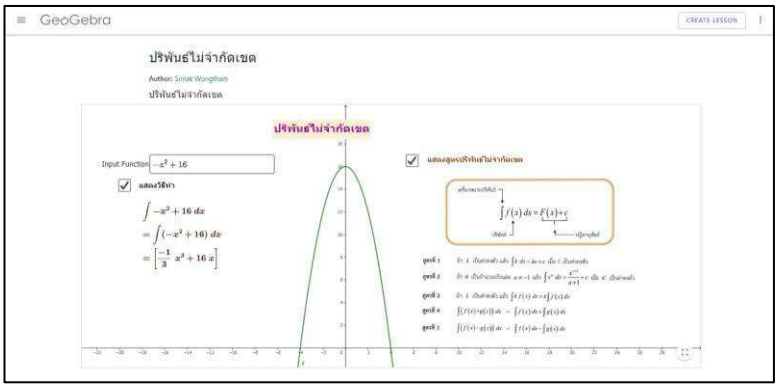
ภาพที่ 2 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์ไม่จำกัดเขต เรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway



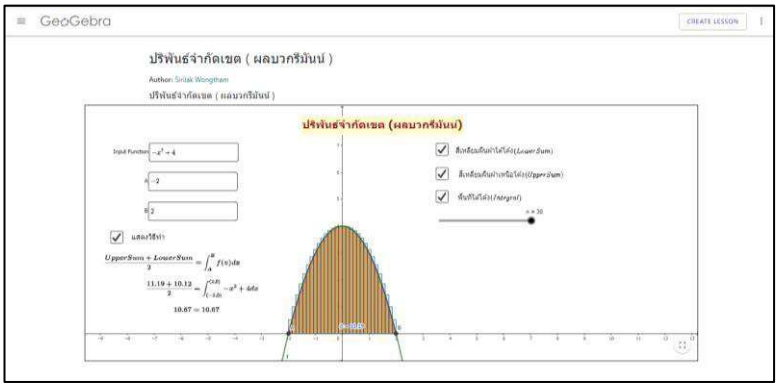
ภาพที่ 3 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์จำกัดเขต เรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway



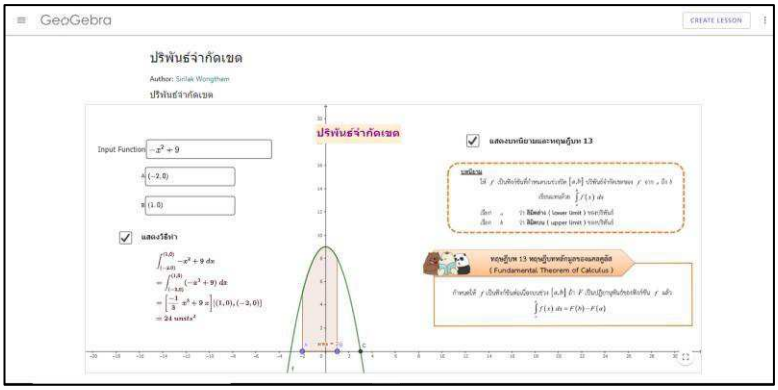
ภาพที่ 4 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยเส้นโค้ง เรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway



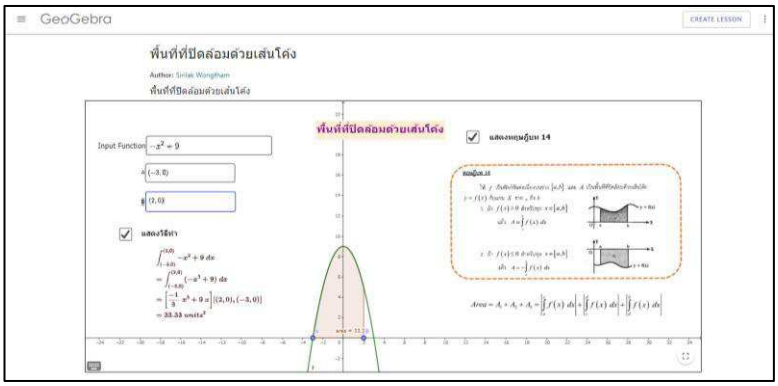
ภาพที่ 5 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์ไม่จำกัดเขต เรียนรู้ด้วยเรียนรู้ด้วย GeoGebra



ภาพที่ 6 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์จำกัดเขต เรียนรู้ด้วยเรียนรู้ด้วย GeoGebra



ภาพที่ 7 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องปริพันธ์จำกัดเขต เรียนรู้ด้วยเรียนรู้ด้วย GeoGebra



ภาพที่ 8 ตัวอย่างกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เรื่องพื้นที่ที่ปิดล้อมด้วยเส้นโค้ง เรียนรู้ด้วย GeoGebra

3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยมีค่า IOC ของข้อสอบแต่ละข้อเท่ากับ 1.00 รวมทั้งมีค่าความยากง่ายของแบบทดสอบแต่ละข้ออยู่ในช่วง 0.23-0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.34-0.75 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

3.3 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway ซึ่งผ่านการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ และทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80

4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

4.1 ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ก่อนเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่สอนด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

4.2 ดำเนินการสอน โดยผู้วิจัยทดลองสอนนักเรียน 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 สอนโดยใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway และกลุ่มที่ 2 ทำการสอนแบบปกติ ใช้เวลากลุ่มละ 7 ชั่วโมง

4.3 เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนของกลุ่มตัวอย่าง จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์หลังเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง

4.4 นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

4.5 หลังจบการเรียนให้นักเรียนทำแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อหาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังนี้

5.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway โดยใช้ Paired Samples t-test

5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้ One Sample t-test

5.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ โดยใช้ Independent Samples t-test

5.4 วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway โดยใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้มาตราวัดลิเคิร์ท (Likert scale) ซึ่งวัดแบบอัตราส่วนการประเมิน (rating scale) 5 ระดับ และใช้เกณฑ์ในการอภิปรายผลแบบอันตรภาคชั้น (Interval scale) ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ (2549)

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	4.21 – 5.00	หมายถึง	มีความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	3.41 – 4.20	หมายถึง	มีความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	2.61 – 3.40	หมายถึง	มีความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	1.81 – 2.60	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ยตั้งแต่	1.00 – 1.80	หมายถึง	มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	n	$\bar{X}$	$S.D.$	t	p
ก่อนเรียน	20	32	11.84	2.529	13.686	0.000*
หลังเรียน	20	32	16.03	2.348		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับเกณฑ์ร้อยละ 75

การทดสอบ	n	เกณฑ์ (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)	$\bar{X}$	$S.D.$	df	t	p (1-tailed)
หลังเรียน	32	15	16.03	2.348	31	2.484	0.01*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับเกณฑ์ร้อยละ 75 พบว่านักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	n	$\bar{X}$	$S.D.$	t	p
นักเรียนที่เรียนด้วย (GeoGebra) บน Microsoft Sway	20	32	16.03	2.348	5.389	0.000*
นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ	20	32	12.81	2.429		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway

รายการประเมิน	$n = 32$		ระดับความพึงพอใจ
	$\bar{X}$	$S.D.$	
1. ด้านเนื้อหา			
1.1 นักเรียนเกิดความเข้าใจทฤษฎีบทและบทนิยามของ เรื่อง ปริพันธ์และการประยุกต์มากยิ่งขึ้น	4.41	0.84	มากที่สุด
1.2 นักเรียนเข้าใจลำดับขั้นตอนการหาปริพันธ์และการประยุกต์ได้ดีขึ้น	4.38	0.79	มากที่สุด
1.3 เนื้อหาที่เรียนมีความเข้าใจง่าย	4.44	0.76	มากที่สุด
2. ด้านโปรแกรม GeoGebra			
2.1 ง่ายและสะดวกในการใช้	4.09	0.59	มาก
2.2 ช่วยให้ขยายโจทย์ให้ชัดเจน ทำให้สามารถนำสิ่งที่ได้ไปแก้ปัญหาได้	4.09	0.59	มาก
2.3 ช่วยให้สามารถแก้โจทย์ปริพันธ์และการประยุกต์ได้ดีขึ้น	4.16	0.63	มาก
2.4 ช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียนมากยิ่งขึ้น	4.19	0.64	มาก
3. ด้าน Microsoft Sway			
3.1 ระบบของ Microsoft Sway ใช้งานง่าย	4.34	0.65	มากที่สุด
3.2 สื่อประกอบการเรียนมีความชัดเจน เข้าใจง่าย และครอบคลุม	4.31	0.64	มากที่สุด
3.3 Microsoft Sway สะดวกในการใช้งานบนทุกอุปกรณ์	4.31	0.64	มากที่สุด
3.4 Microsoft Sway มีความน่าสนใจ	4.25	0.72	มากที่สุด
4. ด้านการจัดการเรียนรู้			
4.1 ภาษาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนชัดเจน และเข้าใจง่าย	4.41	0.56	มากที่สุด
4.2 นักเรียนสามารถทำแบบทดสอบด้วยตนเองได้	4.38	0.61	มากที่สุด
4.3 นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway	4.34	0.70	มากที่สุด
4.4 นักเรียนมีทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น	4.34	0.87	มากที่สุด
ภาพรวมความพึงพอใจ	**4.30**	**0.61**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.30, $S.D.$ = 0.61) โดยประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดเป็นลำดับ 1 คือ เนื้อหาที่เรียนมีความเข้าใจง่าย ($\bar{X}$ = 4.44, $S.D.$ = 0.76) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ นักเรียนเกิดความเข้าใจทฤษฎีบทและบทนิยามของเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ มากยิ่งขึ้น ($\bar{X}$ = 4.41, $S.D.$ = 0.84) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนสามารถทำแบบทดสอบด้วยตนเองได้ ($\bar{X}$ = 4.38, $S.D.$ = 0.61) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกัน

4. อภิปรายผล

ผู้วิจัยอภิปรายผลดังนี้

1. จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นอาจเนื่องมาจากการใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ในการจัดการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ การคิดแก้ปัญหา ส่งเสริมพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนและช่วยพัฒนาความฉลาดทางอารณ์ของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับที่ อภิวัฒน์ คำภีระ

(2562) ได้ทำวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผลเรื่องอนุพันธ์ด้วยโปรแกรม GEOGEBRA ซึ่งพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม Geogebra มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั้นอาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway เรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ มีความเหมาะสมกับการเรียนออนไลน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา(Covid-19) ทำให้นักเรียนเกิดความสะดวกในการเรียน เนื่องจากเรียนแบบออนไลน์และเนื้อหาในบทเรียนมีความครบถ้วน กระชับและน่าสนใจ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์นั้นสอดคล้องกับที่พนิดา คำแปล, เอกราวี คำแปล, โกสุมภ์ จันทร์แสงกระจ่าง, จุรี สุวรรณศรี, และเกศสุดา ปราสาทภิญโญ (2563) ได้ทำวิจัยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเรื่องการประยุกต์ปริพันธ์ ซึ่งพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการประยุกต์ปริพันธ์โดยใช้โปรแกรม Gegebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาโพลยา มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ นั้นอาจเนื่องมาจากการใช้เครื่องมือพลวัตทางคณิตศาสตร์ (GeoGebra) บน Microsoft Sway เรื่อง ปริพันธ์และการประยุกต์ เป็นสื่อที่ช่วยดึงดูงความสนใจได้มากกว่าการเรียนรู้แบบปกติและสะดวกในการเรียนรู้ของนักเรียนในสถานการณ์การเรียนออนไลน์ในยุคปัจจุบัน สอดคล้องกับที่ ฉลาด สายสินธุ์, มะลิวัลย์ ถุนาพรรณ์, และนิภาพร ชุติมันต์ (2562) ได้ทำวิจัยการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบราเรื่องลำดับและอนุกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งพบว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรมโอจีบรามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่เรียนด้วย GeoGebra บน Microsoft Sway ในภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.30, $S.D.$ = 0.61) โดยประเด็นที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุดเป็นลำดับ 1 คือ เนื้อหาที่เรียนมีความเข้าใจง่าย ($\bar{X}$ = 4.44, $S.D.$ = 0.76) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ นักเรียนเกิดความเข้าใจทฤษฎีบทและบทนิยามของเรื่องปริพันธ์และการประยุกต์ มากยิ่งขึ้น ($\bar{X}$ = 4.41, $S.D.$ = 0.84) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด และนักเรียนสามารถทำแบบทดสอบด้วยตนเองได้ ($\bar{X}$ = 4.38, $S.D.$ = 0.61) ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นกันสอดคล้องกับที่เจนจิรา คณาจันทร์, คติยา แก้วคำสอน, ประภาพร หนองหารพิทักษ์, และปวีณา ขันธ์ศิลา (2563) ได้ทำวิจัยการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา ซึ่งพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โปรแกรม GeoGebra มีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้อยู่ในระดับมาก (mean = 3.88, S.D. = 0.62)

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ ยะลา ที่อนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างให้ดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่เป็นหน่วยงานร่วมดำเนินการ

6. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

เจนจิรา คณาจันทร์, คติยา แก้วคำสอน, ประภาพร หนองหารพิทักษ์, และปวีณา ขันธ์ศิลา. (2563). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การประยุกต์ของอนุพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้โปรแกรม GeoGebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา (JSSE), 3*(1), 73-83. สืบค้นจาก https://so04. tcithaijo.org/index.php/JSSE/article/view/240695.

ฉลาด สายสินธุ์, มะลิวัลย์ ถุนาพรรณ์, และนิภาพร ชุติมันต์. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมจีโอจีบรา เรื่อง ลำดับและอนุกรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 25*(2), 82-95. สืบค้นจาก https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jemmsu/article/view/232193/158535.

พนิดา คำแปล, เอกราวี คำแปล, โกสุมภ์ จันทร์แสงกระจ่าง, จุรี สุวรรณศรี, และเกศสุดา ปราสาทภิญโญ. (2563). ได้ทำวิจัยการประยุกต์ใช้โปรแกรม Geogebra ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาตามกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาเรื่องการประยุกต์ปริพันธ์. *วารสารวิทยาการเทคโนโลยีการจัดการ, 1*(1), 80-89.

เมขลิน อมรรัตน์. (2563). *สอนคณิตศาสตร์อย่างไรให้สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม*. สืบค้น 13 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://www.scimath.org /article-mathematics/item/11356-2020-03-12-02-23-06.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2549). *การวิจัยการตลาด ฉบับปรับปรุง*. กรุงเทพฯ: บริษัทธรรมสารจำกัด.

ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *ผลการประเมิน PISA 2018 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.).

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: 3-คิว มีเดีย.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตร ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. สืบค้น 2 กันยายน 2564, จาก https://www.scimath.org/ebook-mathematics/item/8379-2560-2551-8379

สถานพัฒนาคณาจารย์.(2559). *เทคโนโลยีกับการเรียนการสอน*. สืบค้น 4 กันยายน 2564, จาก http://www.kafaak.com /2015/ 03/21 /theimpact-of-technology-on-teaching-and-learning/

วิทยา วาโย, อภิรดี เจริญนุกูล, ฉัตรสุดา กานกายันต์, จรรยา คนใหญ่. (2563). การเรียนการสอนแบบออนไลน์ภายใต้สถานการณ์แพร่ระบาดของไวรัส COVID-19 : แนวคิดและการประยุกต์ใช้จัดการเรียนการสอน. วารสารศูนย์อนามัยที่ 9 : *วารสารส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม, 14*(34), 285-298. https:// doi.org/10.14456/rhpc9j.2020.18.

อภิวัฒน์ คำภีระ. (2562). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผลเรื่องอนุพันธ์ด้วยโปรแกรม GEOGEBRA*(รายงานผลการวิจัย). เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

Hohenwarter, M., & et al. (2018). *การนำซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์เชิงพลวัตชั้นนำของโลกและสื่อการเรียนรู้มามอบให้กับนักเรียนและครูทุกที่ทั่วโลก*. จาก https://www.geogebra.org/ about?ggbLang=th.

Likert, Rensis A. (1961). *New Patterns of Management*. New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record 108*(6), 1017-1054.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9*(1), 60-70.