การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra
The Study of Reasoning for Mathematics Learning Achievement on Derivative with GeoGebra Programs

อภิวัฒน์ คำภีระ
หลักสูตรสาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
Apiwat.khu@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล และประสิทธิภาพของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน-หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra และ 3) เพื่อศึกษาความสำเร็จของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างแบบง่าย จากนั้นได้ใช้คู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ออกแบบไว้สำหรับการวิจัยเป็นเวลา 9 สัปดาห์ เป็นเครื่องมือสำหรับการวิจัย ผลการทดลองพบว่า ดัชนีประสิทธิผลของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีค่าเท่ากับ 0.77 และมีค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 78.50/77.83 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีค่าสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ: การเรียนรู้เชิงเหตุผล, อนุพันธ์ของฟังก์ชัน, โปรแกรมจีโอจีบรา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Abstract

This research, aim to 1) study the effectiveness index and efficiency of a handbook reasoning mathematics learning on derivatives with GeoGebra programs 2) Study Pre – Post achievement of the experimental group and control group derivatives with GeoGebra program and 3) Study the success of reasoning mathematics on derivatives with the GeoGebra program of 30 experimental groups students in the Faculty of Science and Technology. We conducted a simple random sampling after that then use the Reasoning Mathematics handbook on derivative with the GeoGebra program and achievement test, Designed for 9 weeks research

as a tool for research. The results showed that the effectiveness index of the mathematical reasoning study guide on derivatives with GeoGebra program was 0.77 and this handbook has efficiency E1/E2 as 78.50/77.83. The learning achievement of the experimental group students who received derivative learning with GeoGebra program was higher than the learning achievement of the control group receiving the group that received the learning management on derivatives with the usual teaching methods. With statistical significance at the level of .01 and achievement of students in the experimental group receiving learning management with the GeoGebra program has higher post-study scores than before learning. With statistical significance at the level of .01.

Keywords: Reasoning, Derivative of functions, GeoGebra programs, Achievement learning

บทนำ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นแหล่งองค์ความรู้ทางวิชาการที่ส่งเสริมคุณภาพชีวิตของคนในสังคม โดยมีวิสัยทัศน์ที่ว่า “มุ่งสู่มาตรฐานอุดมศึกษา สานคุณค่าอัตลักษณ์ เพื่อเป็นแหล่งองค์ความรู้ของชุมชนอย่างยั่งยืน” ดังนั้น การสร้างองค์ความรู้จากความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์โดยสร้างเอกสารวิชาการเพื่อบริการวิชาการ และการวิจัย จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องพัฒนาขีดสมรรถนะของบุคลากรให้สอดคล้องตามวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัย เพื่อให้บรรลุตาม ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยข้อที่ 2 : สร้างและพัฒนาองค์ความรู้โดยบูรณาการศาสตร์สากลกับภูมิปัญญาท้องถิ่น (กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, 2559, หน้า 32-33) และยุทธศาสตร์คณะข้อที่ 2 : บริการวิชาการแก่ชุมชน สังคม ทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม โดยการสร้างเครือข่ายและการมีส่วนร่วม รวมทั้งสืบสานและเผยแพร่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยต้องการให้เกิดผลลัพธ์บรรลุตาม กลยุทธ์ของคณะข้อที่ 5 : บริการวิชาการและวิชาชีพแก่ชุมชนและสังคมโดยเชื่อมโยงและบูรณาการบริการวิชาการแก่สังคม เข้ากับการเรียนการสอน การวิจัย หรือการทำนุบำรุงศิลปวัฒนธรรม (งานวางแผนและประกันคุณภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, หน้า 32-33) ซึ่งจะส่งเสริมให้ทรัพยากรบุคคลของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการพัฒนาองค์ความรู้อย่างยั่งยืน มีการใช้และพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ส่งเสริมการเรียนการสอนมากขึ้น

การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่นักคณิตศาสตร์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน โดยเฉพาะโปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีผลการวิจัยมาแล้วพบว่าเป็นเครื่องมือที่หลากหลายมากสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ รวมถึงการสอนคณิตศาสตร์ เช่น การแสดงผลงานที่มีความเป็นพลวัตของนักเรียน โดยเขาสามารถค้นพบฟังก์ชันของความชันของพาราโบลาได้ด้วยตัวเอง อีกทั้งยังสามารถหาสมการของฟังก์ชันความชันโดยใช้พิกัดกริด โดยการพล็อตสมการนี้ด้วย โปรแกรม GeoGebra ได้อีกด้วย (Markus Hohenwarter and Karl Fuchs, 2004, p. 1) และหลังจากนั้นก็มีผลงานวิจัย เรื่อง Teaching and calculus with free dynamic mathematics software GeoGebra ซึ่งมีผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าโปรแกรม GeoGebra

เป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์มากมายในการศึกษาคณิตศาสตร์ อีกทั้งยังเป็นซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์สสำหรับการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่มีคุณสมบัติเรขาคณิต พีชคณิต ที่สามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างสมบูรณ์ และใช้งานง่าย นักเรียนและครูหลายพันคนทั่วโลกสามารถใช้งานได้ฟรีทั้งในห้องเรียนและที่บ้าน (Markus Hohenwarter, et al., 2008, p. 8) รวมถึงกรณีศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีการศึกษาการเปรียบเทียบความสำเร็จของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเกี่ยวกับความรู้ด้านแนวคิดและกระบวนการหาค่าอนุพันธ์ ผลการศึกษาครั้งนี้เผยให้เห็นผลลัพธ์ที่ชัดเจนว่าการสอนการประยุกต์ใช้โปรแกรม GeoGebra มีนัยสำคัญต่อความสำเร็จของนักเรียนเกี่ยวกับความรู้ และแนวคิด ที่เกิดจากการตรวจสอบเนื้อหาเรื่อง อนุพันธ์ รวมถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ด้วย โปรแกรม GeoGebra (Mehmet Fatih Ocal, 2017, pp. 67-78)

วิชาแคลคูลัส 1 เป็นวิชาที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง โดยการศึกษาเรื่อง อนุพันธ์ เป็นการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงชั่วขณะซึ่งเป็นผลมาจากการพยายามหาความชันของเส้นสัมผัสกราฟ ผู้เรียนจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ เรขาคณิต ฟังก์ชันพีชคณิต รวมถึงฟังก์ชันอดิศัย เป็นอย่างดี จึงจะเข้าใจเรื่องนี้ ด้วยความเป็นนามธรรมทั้งความรู้พื้นฐานและเนื้อหาของรายวิชานี้จึงเป็นการยากที่จะทำให้ผู้เรียนทุกคนสามารถศึกษาและเข้าในรายละเอียดของเนื้อหาได้อย่างถ่องแท้ทุกคนเป็นเหตุให้ผลการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชานี้ต่ำไปด้วย และผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญของการยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra เพื่อการพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่จะสร้างคุณค่าในการจัดการเรียนการสอนอย่างมีคุณภาพเพื่อให้เกิดการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์อย่างยั่งยืน ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาดัชนีประสิทธิผล และประสิทธิภาพของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra
2. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน-หลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra
3. เพื่อศึกษาความสำเร็จของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล ของกลุ่มทดอลงและกลุ่มควบคุม เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรเป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัส 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ตัวแปรที่ศึกษาเป็นนักศึกษาที่ผู้วิจัยเลือกแบบสุ่มโดยวิธีจับสลากจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัส 1 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีเป้าหมายหลักเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่เรียนวิชาแคลคูลัส 1 เรื่องอนุพันธ์ ด้วนโปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีลักษณะทดลอง ดังนี้

ระยะที่ 1 สร้างคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra จากนั้นศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการเรียนของนักศึกษาที่เรียนรายวิชาโปรแกรมสำเร็จรูปด้านคณิตศาสตร์โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีประสิทธิผล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงเอกสารให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยพิจารณาจากประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

1. เนื้อหาหรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จะต้องมีความสอดคล้องกัน
2. พิจารณาพฤติกรรมเบื้องต้นของผู้เรียน กล่าวคือ ต้องทราบพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน
3. ขั้นการสอน วิธีการสอน และปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ได้
4. การประเมินผล เพื่อตรวจสอบการดำเนินการเรียนการสอน
5. วิเคราะห์ผลและปรับปรุงข้อบกพร่องของระบบการเรียนการสอน

ระยะที่ 2 เมื่อปรับปรุงคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra จนได้เล่มสมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยจะดำเนินโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra โดยการวิเคราะห์ด้วย E_1/E_2 และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย

ระยะที่ 3 ศึกษาผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน-หลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ซึ่งผู้วิจัยได้สุ่มตัวอย่างแบบง่ายจากนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาแคลคูลัส 1 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โดยการเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับ (กลุ่มทดลอง) และไม่ได้รับ (กลุ่มควบคุม) การอบรมเชิงปฏิบัติการการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra จากนั้นศึกษาความสำเร็จของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ โดยพิจารณาจากจำนวนนักศึกษาที่มีแนวคิดเปลี่ยนไปจากเดิมที่มองเห็นความเป็นนามธรรมของการศึกษาการหาอนุพันธ์เป็นรูปธรรมมากขึ้น

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลคะแนนทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม จากนั้นดำเนินการสอบวัดผลก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง โดยผลการทดสอบความรู้พื้นฐานของกลุ่มที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.87 และกลุ่มที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.82 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่แตกต่างกัน ผู้วิจัยจึงทำการสุ่มอย่างง่ายโดยการจับสลาก เพื่อจัดให้กลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มทดลอง อีกกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุม ดำเนินการจัดให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียนรายวิชาแคลคูลัส 1 เรื่อง อนุพันธ์ จำนวน 9 ชั่วโมง ตามเครื่องมือวิจัยที่ออกแบบไว้ และนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยสถิติ t-test เพื่อเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ข้อมูลดัชนีประสิทธิผลของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra ด้วย ดัชนีประสิทธิผล (E.I.) โดยกำหนดว่าดัชนีประสิทธิผลต้องมีค่ามากกว่า 0.50

1.2 วิเคราะห์ประสิทธิภาพของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra ด้วย E_1/E_2 โดยกำหนดเกณฑ์ไว้ที่ 75/75

2. วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ดังนี้

2.1 วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติ t-test

2.2 วิเคราะห์ความสำเร็จของการจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัย

การศึกษาดัชนีประสิทธิผลของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองกับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะทดลองเพื่อหาค่าดัชนีประสิทธิผลทางการเรียน เรื่องอนุพันธ์โปรแกรม GeoGebra ไว้สำหรับการปรับปรุงคู่มือนี้ให้มีประสิทธิภาพ โดยแสดงผลการศึกษา ดังนี้

1. ผลการศึกษาดัชนีประสิทธิผลของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักศึกษาที่ใช้คู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน มีผลดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักศึกษาที่ใช้คู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน

นักศึกษาคนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนสอบหลังเรียน (20 คะแนน)
1	5	19
2	8	16
3	9	18
4	7	15

นักศึกษาคนที่	คะแนนสอบก่อนเรียน (20 คะแนน)	คะแนนสอบหลังเรียน (20 คะแนน)
5	8	14
6	11	19
7	6	17
8	5	18
9	9	19
10	8	20
11	10	17
12	11	16
13	9	19
14	7	19
15	9	18
16	13	19
17	8	15
18	5	13
19	7	18
20	3	18
21	5	20
22	7	17
23	9	17
24	4	19
25	8	18
26	9	15
27	11	17
28	6	16
29	7	14
30	12	18
รวม	**236**	**518**
ร้อยละ	**39.33**	**86.33**
E.I.	**0.77**	

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าดัชนีประสิทธิผลของความก้าวหน้าในการเรียนรู้ หลังการใช้คู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra อยู่ในระดับ 0.77 มีค่ามากกว่า 0.50 ซึ่งจัดได้ว่าสูงเมื่อเทียบกับค่าสูงสุดที่ 1.0

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยได้ดำเนินโครงการ อบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อความรอบรู้เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยใช้คู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ประกอบการอบรม และได้เก็บข้อมูลคะแนนจากการทำแบบฝึกทักษะระหว่างดำเนินกิจกรรม และคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังดำเนินกิจกรรม โดยจะแสดงผลการศึกษา ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนแบบฝึกทักษะระหว่างอบรม และคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ของนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการ อบรมเชิงปฏิบัติการพัฒนาการเรียนรู้คณิตศาสตร์เพื่อความรอบรู้เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน

นักศึกษาคนที่	คะแนนแบบฝึกทักษะระหว่างอบรม (x_1) (20 คะแนน)	คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (x_2) (20 คะแนน)
1	15	12
2	18	16
3	15	14
4	17	18
5	13	15
6	17	16
7	16	17
8	15	17
9	19	18
10	18	14
11	17	18
12	19	16
13	18	18
14	17	19
15	19	19
16	16	18
17	18	18

นักศึกษาคนที่	คะแนนแบบฝึกทักษะระหว่างอบรม (x_1) (20 คะแนน)	คะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (x_2) (20 คะแนน)
18	15	13
19	17	16
20	13	10
21	15	15
22	17	13
23	14	19
24	14	10
25	11	18
26	17	17
27	13	12
28	10	11
29	14	15
30	14	15
รวม	**253**	**247**

จากตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีค่าเป็นดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum x_1(100)}{N(y_1)} = \frac{(471)(100)}{30(20)} = 78.50$$

และ

$$E_2 = \frac{\sum x_2(100)}{N(y_2)} = \frac{(467)(100)}{30(20)} = 77.83$$

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ของฟังก์ชัน ด้วยโปรแกรม GeoGebra ด้วย E_1 / E_2 พบว่ามีค่า 78.50 / 77.83 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 75/75

3. ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra และกลุ่มได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน และกลุ่มได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ จำนวน 30 คน มีผลเป็นดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน รายวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra และกลุ่มได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ จำนวน 30 คน

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$ (20 คะแนน)	S.D.	t	Sig. (2-tailed)
กลุ่มทดลอง	30	18.37	1.03	5.87	.000
กลุ่มควบคุม		15.67	2.92		

จากตารางที่ 3 พบว่าคะแนนผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra และกลุ่มควบคุมที่ได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ จำนวน 30 คน คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษากลุ่มควบคุม เท่ากับ 2.70 คะแนน ผลจากการทดสอบสถิติ t-test พบว่าค่า t = 5.866 ซึ่งมากกว่าค่า $t_{(0.01)(29)}$ = 2.462 และค่า p-value=$p(t_{0.01}>5.866)=0.000$ แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีค่าสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุมที่ได้รับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยวิธีการสอนตามปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลการศึกษาความสำเร็จของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra การศึกษาความสำเร็จของการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน มีผลเป็นดังตารางที่ 4 ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงคะแนนสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน รายวิชาแคลคูลัส 1 ของนักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra จำนวน 30 คน

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{x}$ (20 คะแนน)	S.D.	t	Sig. (2-tailed)
ก่อนเรียน	30	11.97	2.92	10.487	.000
หลังเรียน		15.67	2.16		

จากตารางที่ 4 พบว่าคะแนนผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ก่อนเรียน และหลังเรียน จำนวน 30 คน คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาก่อเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 3.70 คะแนน ผลจากการทดสอบสถิติ t-test พบว่าค่า t = 10.487 มีค่ามากกว่าค่า $t_{(0.01)(29)}$ = 2.462 และค่า p-value = $p(t_{0.01} > 10.487)$ = 0.000 แสดงว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra ผู้วิจัยมีแนวคิดสอดคล้องกับการออกแบบการวิจัยพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2538, หน้า 1-83) โดยเริ่มดำเนินการศึกษาดัชนีประสิทธิผลของคู่มือการเรียนคณิตศาสตร์เชิงเหตุผล เรื่อง อนุพันธ์ ด้วยโปรแกรม GeoGebra พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.77 ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพ จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการเรียนของนักศึกษาที่ผ่านการอบรมฯ มีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 78.50/77.83 พบว่ามีค่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 75/75 โดยการดำเนินการนี้สอดคล้องกับแนวคิดการส่งเสริมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากที่สุด (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และคณะ, 2545, หน้า 29) และสอดคล้องกับหลักวิธีระดับอุดมศึกษา (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2524, หน้า 2) รวมถึงกิจกรรมการอบรมเชิงปฏิบัติการฯ ยังเน้นให้นักศึกษามีการเรียนรู้แบบร่วมมือ (พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์, 2542, หน้า 1-16) จึงมีผลทำให้ผลสัมฤทธิ์การเรียนของนักศึกษาหลังเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ได้รับการเรียนรู้ด้วยโปรแกรม GeoGebra มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ยิ่งไปกว่านั้น โปรแกรม GeoGebra ซึ่งมีความเป็นพลวัตยังส่งผลให้ผู้เรียนเข้าใจอัตราการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงชั่วขณะ ซึ่งเป็นแนวคิดหนึ่งที่สำคัญในการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชันอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ด้านการจัดการเรียนการสอน ผู้สอนควรเตรียมเอกสาร คู่มือ โดยกำหนดแนวทางการศึกษา แผนการศึกษาที่ส่งเสริมให้นักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองอันจะเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ตบอดชีวิต

1.2 ด้านการวัดและประเมินผล ผู้สอนควรมีการเก็บข้อมูลการประเมินผล และนำเสนอให้นักศึกษาเป็นระยะ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักศึกษาพัฒนาตนเอง

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อการเรียน ด้วยโปรแกรม GeoGebra ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.2 ควรศึกษาการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับรายวิชา แคลคูลัส เรื่องอื่น ๆ ได้แก่ ลิมิตและความต่อเนื่อง อนุพันธ์และการประยุกต์ ปริพันธ์ และการประยุกต์ปริพันธ์

เอกสารอ้างอิง

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และคณะ. (2545). *ปฏิรูปการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง : หลักการสู่ปฏิบัติ.* ขอนแก่น. คลังนานาวิท.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2538). *วิธีการวิจัยพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2542). “การเรียนแบบร่วมมือกัน”. ใน *ประมวลบทความการเรียนการ สอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา* (หน้า 1-16). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2524). *หลักและวิธีการสอนระดับอุดมศึกษา.* กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

Fatih Ocal, M. (2017). The Effect of Geogebra on Students’ Conceptual and Procedural Knowledge : The Case of Applications of Derivative. *Higher Education Studies, 7*(2), 67 – 78.

Hohenwarter, M. & Fuchs, K. (2004). *Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra.*

Hohenwarter, M. Hohenwarter, J. Kreis, Y. Lavicza. Z. (2008). *Teaching and Learning Calculus with Free Dynamic MathematicsSoftware GeoGebra*. TSG 16: Research and development in the teaching and learning of calculus ICME 11, Monterrey, Mexico. 1- 9.