

การวินิจฉัยปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ
ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Diagnosing of Undergraduate Students' Mathematical Learning Difficulties
on Introduction to Graph Theory in Faculty of Education, Khon Kaen University.

จารวี ธาดา*
ดร.ชาณุณรงค์ เอียงราช**
กิตติกร นาคประสิทธิ์***

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวินิจฉัยปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เรื่อง ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ รูปแบบของการวิจัยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ที่ศึกษาเป็นกรณีศึกษา (Case Study) โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา ชั้นปีที่ 4 ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชา ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ ภาคปลาย ปีการศึกษา 2551 จำนวน 35 คน โดยเลือกนักศึกษาที่เป็นกรณีศึกษาจากผลการทดสอบวินิจฉัยวิชาทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ จากคะแนนในระดับต่ำ ปานกลางและสูง กลุ่มละ 2 คน รวมทั้งหมด 6 คน โดยสุ่มแบบเจาะจงและตามความสมัครใจในการเข้าร่วมเป็นนักศึกษกรณีศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้แบบทดสอบวินิจฉัยแบบอัตนัยและการสัมภาษณ์หลังการทำแบบทดสอบวินิจฉัย วิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1) วิเคราะห์ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ 3 ระดับ คือ ระดับการจัดกระทำ (Action) ระดับกระบวนการ (Process) และระดับโครงสร้าง (Structural) และ 2) วิเคราะห์ปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามกรอบลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องซึ่งพิจารณาถึงลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง 3 ลักษณะคือ 2.1) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท 2.2) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท การพิสูจน์หรือให้เหตุผลและการคิดคำนวณ และ 2.3) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านการนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ ที่วิเคราะห์โดยการบรรยายเชิงวิเคราะห์จากการทำแบบทดสอบวินิจฉัยและโปรโตคอลสัมภาษณ์นักศึกษาแต่ละคน ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับต่ำมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในระดับการจัดกระทำ

คำสำคัญ : การวินิจฉัย, ปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้, การเรียนรู้คณิตศาสตร์

Keywords: Diagnosing, Learning Difficulties, Mathematical learning

* นักศึกษาลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** อาจารย์ประจำภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(Action Conception Understanding) มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท และลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผล และการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท 2) นักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับปานกลางมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผลมากที่สุด และลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท และมีความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) และมีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านการนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ และ 3) นักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับสูงมีความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ในระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผลมากที่สุด และเข้าใจกราฟเชื่อมโยง แต่ไม่สามารถพิสูจน์เมื่อให้กราฟ ไม่ใช่กราฟเชื่อมโยงแล้ว จะเป็นกราฟเชื่อมโยง รองลงมา นักศึกษามีความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผลในบางข้อ ส่วนความเข้าใจระดับโครงสร้าง (Structural Conception Understanding) ไม่พบความเข้าใจระดับนี้

Abstract

The purpose of this research was to diagnose learning difficulties in mathematics of undergraduate senior Mathematics Education students, Faculty of Education, Khon Kaen University about Introduction to Graph Theory. This research was the qualitative research using case study. The target group was 35 undergraduate senior Mathematics Education students who enrolled in Introduction to Graph Theory course in the academic year of 2008. Students in this study were classified into 3 groups (low scores, moderate scores and high scores group) using the result from diagnosis test in Introduction to Graph Theory. Each group consisted of 2 students, totally 6 students. These students were asked for volunteer to be the students in case study. The students were interviewed of how and why they did about the test. Analysis of data consisted of 2 parts to identify; 1) students mathematical understanding using in the APS framework, namely Action, Process and Structural conceptual understanding, and 2) students mathematical learning deficiencies, that classified deficiencies into 3 types comprising deficiencies in definitions or theorems, deficiencies in procedure about using definitions or theorems, and deficiencies in applying the basic knowledge of graph theory. The findings indicated that: 1) The students in low scores group displayed their conceptual understanding not more than an action conceptual understanding. They were able to write down, explain, or present definitions in graph theory correctly, but the students' deficiencies in definitions or theorems were that they were not able to present the definition or theorems. The next most often found about difficulties were deficiencies in procedure about using definitions or theorems, to give the reason to determine graphic order, or to use definitions or theorems. 2) The students in moderate scores group who displayed their understanding as an action conceptual understanding were able to write down, explain, or present definitions in graph theory correctly, but their deficiencies in definitions or theorems. The students who displayed their deficiencies in process about proof or reasoning. Students who displayed their mathematical understandings as process conceptual understanding. The next most often found about

the students' difficulties were that they were able to use the basic knowledge of graph theory to solve problems, such as the problem about a large hall with many rooms and doors by going through each door exactly once without restriction of the starting point. 3) The students in high scores group displayed their mathematical understandings as an action conceptual understanding were able to write down, explain, or present definitions in graph theory correctly. They were able to understand the connected graph but they were not able to prove that "if is disconnected, then is connected, then is connected". Students who displayed their mathematical understanding as process conceptual understanding, but they displayed their deficiencies in process about proof or reasoning, such as giving a reason to determine.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542) ในมาตรา 22 หมวด 4 ว่าด้วยแนวการจัดการศึกษา กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่า ผู้เรียนมีความสามารถที่จะเรียนรู้ และพัฒนาตนเอง และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติ และเต็มศักยภาพ ดังนั้น การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นที่จะจัดการเรียนการสอนแบบยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นผู้ที่มีศักยภาพ ซึ่ง วิจิต สุรัตน์เรืองชัย (2548) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีส่วนใหญ่ใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย สอดคล้องกับสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2540) กล่าวว่า การจัดการเรียนการสอนในปัจจุบันยังไม่เอื้อต่อการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์เท่าใดนัก โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการสอนยังมุ่งเน้นการถ่ายทอดเนื้อหาวิชามากกว่าการเรียนรู้จากสภาพจริง และไม่เน้นกระบวนการให้ผู้เรียนได้พัฒนาในด้านความคิด วิเคราะห์ สังเคราะห์ แสดงความคิดเห็นและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถนำโมเดลหลักการ หรือวิธีการในสถานการณ์การเรียนรู้เดิมที่เคยเรียนมาใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอยู่ในระดับต่ำอีกด้วย ซึ่งการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าผู้เรียนมีปัญหาในเรื่องการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์อย่างมาก ปัญหาอาจเกิดจากตัวผู้เรียนเอง และด้านหนึ่ง

อาจเกิดจากการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งครูควรคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียนแต่ละคน รวมถึงความรู้พื้นฐานด้านความสามารถ ความสนใจ และสภาพแวดล้อมของแต่ละคน จึงทำให้เกิดการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน แต่ถ้าครูศึกษาสภาพของผู้เรียนแต่ละคนและพยายามที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลายให้สอดคล้องต่อการเรียนรู้ของแต่ละคนอาจจะช่วยลดปัญหาในเรื่องการไม่เข้าใจบทเรียนได้ และทำให้เราพบปัญหาที่ยากหรือข้อบกพร่องในการเรียนรู้ของผู้เรียนหลายๆ ด้าน สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ ดังนั้นครูที่จะมีการแก้ปัญหาที่ยากในการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นและแก้ไขตามสิ่งที่พบ และสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทางด้านคณิตศาสตร์ได้ (ทศพร ทักษิมา, 2545)

การศึกษาปัญหาที่ยากในการเรียนรู้หรือความบกพร่องทางการเรียนรู้จะช่วยให้การจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียนได้ดียิ่งขึ้น ดังคำกล่าวของ ทศนีย์ ชื่นยง (2541) ที่กล่าวว่า การจะพัฒนาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นนั้น ผู้สอนควรจะได้ทราบว่ามีนักเรียนที่ตนสอนนั้นมีข้อบกพร่องทางการเรียนในจุดใด และลักษณะของการบกพร่องทางการเรียนเป็นอย่างไร ซึ่งจะทำให้ผู้สอนทราบว่าข้อบกพร่องทางการเรียนของผู้เรียนเกิดจากผู้เรียนไม่มีความรู้หรือมีความรู้ที่คลาดเคลื่อน เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนทั้งในระดับบุคคลและโดยส่วนรวม ซึ่งสอดคล้องกับ กรรณิการ์ จินากุล (2536) ได้กล่าวว่าปัจจุบันนี้ปัญหาเรื่องความผิดพลาดและความ

บกพร่องทางคณิตศาสตร์ กำลังเป็นปัญหาประการหนึ่ง ที่ส่งผลกระทบต่อ การเรียนการสอนทุกระดับ ซึ่งมีผลกระทบถึงการนำความรู้ ทักษะความสามารถทางคณิตศาสตร์ไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน ดังนั้นการแก้ไขความ ผิดพลาดและข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์จำเป็นต้องเริ่ม จากการศึกษาลักษณะและสาเหตุของความผิดพลาด และข้อบกพร่องให้ได้เสียก่อน เพื่อให้ทราบชัดเจนถึง ระดับความเข้มข้นของปัญหา ลักษณะเฉพาะของความ ผิดพลาดและข้อบกพร่องว่าเป็นอย่างไรบ้าง จึงสามารถ กำหนดแนวทางในการแก้ที่เหมาะสมต่อไปนอกจากนั้น สุกัลยา ฉายสุวรรณ (2539) ได้กล่าวว่าเครื่องมือวัด และประเมินผลที่ใช้ในการค้นหาสาเหตุและจุดบกพร่อง ที่ดีที่สุดคือ “แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnostic test)” เพราะแบบทดสอบวินิจฉัยสามารถวิเคราะห์ข้อบกพร่อง ของนักเรียนได้มากกว่าแบบทดสอบอื่นๆ ซึ่งจะช่วยให้ ทราบถึงองค์ประกอบที่สำคัญของความบกพร่อง

จากการสัมภาษณ์อาจารย์ผู้สอนรายวิชาทฤษฎี กราฟขั้นแนะนำพบว่าปัญหาเกี่ยวกับการเรียนการสอนคือ ห้องเรียนมีขนาดใหญ่ การปฏิสัมพันธ์ขณะเรียนระหว่าง ผู้สอนกับผู้เรียนน้อย และเมื่อศึกษาถึงคะแนนสอบ กลางภาคของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขา วิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ ในรายวิชา ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำในภาคปลายปีการศึกษา 2550 พบว่า นักศึกษามีคะแนนสอบไม่ถึง 50% คิดเป็นร้อยละ 64.71 แสดงให้เห็นว่านักศึกษามีปัญหาทางการเรียนรู้ใน รายวิชาทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ ดังนั้นการศึกษาปัญหา ยุ่งยากในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จึงเป็นสิ่งสำคัญ อย่างยิ่ง และทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ระดับใดในรายวิชาทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าการศึกษาปัญหา ยุ่งยากและข้อบกพร่องในการเรียนรู้คณิตศาสตร์ จะช่วย ให้เกิดประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องสองฝ่าย กล่าวคือ สำหรับผู้สอนจะทำให้ทราบถึงข้อบกพร่องของผู้เรียนที่ เกิดจากการเรียนรู้หรือการมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน และทำให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนได้ สอดคล้องเหมาะสมและเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ และ สำหรับผู้เรียนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความรู้เรื่อง ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้ง

สามารถแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองได้ ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษานักศึกษาสาขาวิชานี้ว่ามีปัญหา ยุ่งยากทางการเรียนรู้ในด้านใดบ้าง โดยใช้แบบทดสอบ วินิจฉัยแบบอัตนัย และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กรอบ ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (APS) 3 ระดับคือ 1) ระดับ การจัดกระทำ (Action Conception Understanding) 2) ระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) และ 3) ระดับโครงสร้าง (Structural Conception Understanding) และลักษณะความ ผิดพลาดและข้อบกพร่อง 3 ลักษณะ คือ 1) ลักษณะความ ผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท 2) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท การพิสูจน์หรือ ให้เหตุผลและการคิดคำนวณ และ 3) ลักษณะความ ผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านการนำความรู้เบื้องต้น เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ ในเรื่องทฤษฎีกราฟ ขั้นแนะนำ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวินิจฉัยปัญหายุ่งยากทางการเรียนรู้ คณิตศาสตร์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขา วิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่น เรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **นักศึกษาระดับปริญญาตรี** หมายถึง นักศึกษาที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขา วิชาคณิตศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ขอนแก่นที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ ภาคปลาย ปีการศึกษา 2551

2. **ปัญหายุ่งยากในการเรียนรู้คณิตศาสตร์** หมายถึง ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องที่เกิด จากกระบวนการสร้างและการใช้ความเข้าใจทาง คณิตศาสตร์ของนักศึกษาที่แสดงถึงความผิดพลาดและ ข้อบกพร่องในการเรียนรายวิชาทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ ทั้ง 3 ลักษณะดังนี้

(1) ลักษณะความผิดพลาดและข้อ บกพร่องในด้านบทนิยามหรือทฤษฎี หมายถึง การ

บทพร่องเกี่ยวกับการเขียน การอธิบาย การแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ

(2) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านกระบวนการ

(2.1) กระบวนการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท หมายถึง การบกพร่องในการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบทที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำโดยตรง เช่น การเขียนกราฟไม่ถูกต้อง การลดระดับขั้นหรือใช้ทฤษฎีไม่ถูกต้อง

(2.2) กระบวนการพิสูจน์หรือให้เหตุผล หมายถึง การบกพร่องเกี่ยวกับการพิสูจน์ไม่ถูกต้อง พิสูจน์ไม่สมบูรณ์ ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือแสดงวิธีทำไม่ถูกต้อง

(2.3) การคิดคำนวณ หมายถึง การบกพร่องในการ บวก ลบ คูณ หาร จำนวนไม่ถูกต้อง

(3) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ในด้านการนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ หมายถึง การบกพร่องเกี่ยวกับการนำทฤษฎี หลากๆ ทฤษฎีมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน

3. การเรียนรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟของนักศึกษา ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละบุคคล แต่ละคนจะเข้าใจแนวคิด มโนคติ หรือกระบวนการที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟก็ต่อเมื่อแนวคิดนั้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่เกิดจากการเชื่อมโยงแนวคิด มโนคติ หรือกระบวนการที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กัน แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งประกอบด้วย

3.1 ความเข้าใจในระดับการกระทำ (Action Conception Understanding) เป็นความเข้าใจที่เกิดจากผู้เรียนใช้ความรู้เดิมมาสร้างความหมายต่อสิ่งเร้าภายนอกได้จากการสังเกต นักเรียนมีความเข้าใจจำกัดในระดับการกระทำมีความสามารถในการปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือขั้นตอนการคิดคำนวณที่กำหนดอย่างเป็นลำดับขั้นตอนที่ต่อเนื่องกัน ขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนจะถูกกระทำให้สำเร็จก่อนที่จะทำในขั้นตอนต่อไป เช่น การเขียน การอธิบาย การแสดงบทนิยามหรือ

ทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ การยกตัวอย่างกราฟหรือเขียนกราฟที่สอดคล้องกับบทนิยามหรือทฤษฎีบทได้

3.2 ความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) ความเข้าใจในระดับนี้เกิดจากการที่นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจากระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อสรุปเป็นกรณีทั่วไป โดยการวิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสังเกต การวัด การคิดคำนวณหรือการจัดกระทำอย่างเป็นขั้นตอนในรูปของมโนภาพ (Concept images) โดยไม่จำเป็นต้องจัดกระทำหรือการคิดคำนวณที่เป็นลำดับขั้นตอน นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถอธิบาย สะท้อน หรือคิดย้อนกลับ กระบวนการจัดกระทำนั้นโดยไม่จำเป็นต้องแสดงการจัดกระทำในแต่ละขั้นตอนออกมา เช่น การนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟ มาใช้ในการหาลำดับกราฟฟิก การพิสูจน์หรือให้เหตุผล การคิดคำนวณ

3.3 ความเข้าใจในระดับโครงสร้าง (Structural Conceptual Understanding) เป็นความเข้าใจที่เกิดจากการที่นักเรียนเชื่อมโยงความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันเพื่อใช้ในการสร้างความเข้าใจในระดับกระบวนการใหม่หรือความเข้าใจใหม่ในแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำเอาความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการมาใช้ในการแก้ปัญหา ผลจากการเชื่อมโยงความเข้าใจในระดับกระบวนการทำให้เกิดโครงสร้างทางปัญญา (Schema) ขึ้น อาจกล่าวได้ว่าความเข้าใจในระดับนี้เป็นการนำเอาความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงอย่างเหมาะสมเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างทางปัญญา เช่น การนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ในการเดินทางรอบประมุขที่มีห้องและประตู ที่สามารถเดินทางประตูทั้งหมดเพียงครั้งเดียวได้หรือไม่ และการพิสูจน์ที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจทฤษฎีบทหลายๆ ทฤษฎีบทมาเชื่อมโยงกันเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่โจทย์ต้องการ

3.4 แบบทดสอบวินิจจัย หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างเพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหาความผิดพลาดและข้อบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัย ที่วัดความรู้ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ 3 ระดับ และวัดลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องใน 3 ลักษณะ

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยโดยให้นักศึกษาเรียนเนื้อหาเรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ จากอาจารย์ประจำวิชาตามการเรียนการสอนปกติ จนเรียนเนื้อหาเสร็จสิ้นทั้ง 4 บท ในหัวข้อ ความรู้พื้นฐาน ต้นไม้ สภาพเชื่อมโยง กราฟออยเลอร์และกราฟแฮมิลตัน จากนั้นผู้วิจัยจึงนำแบบทดสอบวินิจจัยแบบอัตนัย เรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำไปทดสอบกับนักศึกษาในกลุ่มเป้าหมาย และนำผลจากแบบทดสอบไปตรวจเพื่อคัดเลือกนักศึกษากรณีศึกษา จากนักศึกษาที่อยู่ในกลุ่มที่ได้คะแนนในระดับต่ำ (กลุ่ม 25% แรก) เมื่อเรียงคะแนนจากน้อยไปหามาก จำนวน 2 คน กลุ่มที่ได้คะแนนในระดับปานกลาง (กลุ่ม 50% กลาง) จำนวน 2 คน และเลือกจากกลุ่มที่ได้คะแนนในระดับสูง (กลุ่ม 25% หลัง) จำนวน 2 คน รวมทั้งหมด 6 คน โดยสุ่มแบบเจาะจงและตามความสมัครใจในการเข้าร่วมเป็นนักศึกษากรณีศึกษา จากนั้นนัดสัมภาษณ์เชิงลึกนักศึกษาที่เป็นกรณีศึกษาทั้ง 6 คน โดยจะนัดสัมภาษณ์ทีละคน ตามวันเวลาที่นักศึกษว่างนอกเวลาเรียน โดยการสัมภาษณ์ความเข้าใจและความผิดพลาดและข้อบกพร่องจากการทำแบบทดสอบวินิจจัยแบบอัตนัย เรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ และนำผลการสอบและการสัมภาษณ์มาใช้ในการวิเคราะห์ความเข้าใจ และลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบวินิจจัยแบบอัตนัย เรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ
2. กล้องบันทึกวีดิทัศน์ จำนวน 1 ตัว และเครื่องบันทึกเสียง จำนวน 1 เครื่อง เพื่อใช้การสัมภาษณ์นักศึกษกรณีศึกษาหลังการทำแบบทดสอบวินิจจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูล จากผลการสอบแบบทดสอบวินิจจัยและการสัมภาษณ์เชิงลึกของนักศึกษกรณีศึกษาที่มีการถอดโปรโตคอลเรียบร้อยแล้ว มาวิเคราะห์ตามกรอบทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

1. ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ (APS) ซึ่งประกอบด้วย 3 ระดับ คือ

1.1 ความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) เป็นความเข้าใจที่เกิดจากผู้เรียนใช้ความรู้เดิมมาสร้างความหมายต่อสิ่งเร้าภายนอกได้จากการสังเกต เช่น การเขียนการอธิบายการแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ การยกตัวอย่างกราฟหรือเขียนกราฟที่สอดคล้องกับบทนิยามหรือทฤษฎีบทได้

1.2 ความเข้าใจในระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) ความเข้าใจในระดับนี้ เกิดจากการที่นักเรียนได้พัฒนาความเข้าใจจากระดับการจัดกระทำหรือการคิดคำนวณหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งสามารถใช้ความรู้ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องมาสร้างข้อสรุปเป็นกรณีทั่วไป เช่น การนำความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับนิยามหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำมาใช้ในการหาลำดับกราฟิก การพิสูจน์หรือให้เหตุผลการคิดคำนวณ

1.3 ความเข้าใจในระดับโครงสร้าง (Structural Conceptual Understanding) เป็นความเข้าใจที่เกิดจากการที่นักเรียนเชื่อมโยงความเข้าใจในระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อใช้ในการสร้างความเข้าใจในระดับกระบวนการใหม่หรือความเข้าใจใหม่ในมิติทางคณิตศาสตร์ใหม่ในระดับที่สูงขึ้นหรือนำเอาความเข้าใจระดับกระบวนการหลายๆ กระบวนการมาใช้ในการ เช่น การนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ในการเดินทางหรือประชุมที่มีห้องและประตูที่สามารถเดินทางผ่านประตูทั้งหมดเพียงครั้งเดียวได้หรือไม่ ซึ่งการพิสูจน์ที่ต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจทฤษฎีบทหลายๆ ทฤษฎีบทมาเชื่อมโยงกันเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่โจทย์ต้องการ

2. กรอบลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องจากการทำแบบทดสอบวินิจจัยแบบอัตนัย เรื่องทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ โดยพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

2.1 ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านบทนิยามหรือทฤษฎี เป็นข้อบกพร่องเกี่ยวกับการเขียน การอธิบาย การแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำ

2.2 ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านกระบวนการ

2.2.1 กระบวนการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบทเป็นข้อบกพร่องในการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบทที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำโดยตรง เช่น การเขียนกราฟไม่ถูกต้อง การลดระดับขั้นหรือใช้ทฤษฎีไม่ถูกต้อง

2.2.2 กระบวนการพิสูจน์หรือให้เหตุผลเป็นข้อบกพร่องเกี่ยวกับการพิสูจน์ไม่ถูกต้อง พิสูจน์ไม่สมบูรณ์ให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือแสดงวิธีทำไม่ถูกต้อง

2.2.3 การคิดคำนวณ เป็นข้อบกพร่องในการ บวก ลบ คูณ ทหาร จำนวนไม่ถูกต้อง

2.3 ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านการนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ เป็นข้อบกพร่องเกี่ยวกับการนำทฤษฎีหลายๆทฤษฎีมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อน

สรุปผลการวิจัย

การวินิจฉัยปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำของนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1. ปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับต่ำ คือ นักศึกษามีความเข้าใจในระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) กล่าวคือ สามารถเขียน อธิบาย หรือแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีบท ที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำได้ เช่น บทนิยามของระดับขั้น กราฟต้นไม้ ใบและป่า แต่มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท เช่น ไม่สามารถเขียนบทนิยามของระดับขั้นและเขียนความหมายของ \bar{G} (Complement of G) ที่ถูกต้องได้ รองลงมา มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผล เช่น การพิสูจน์ เมื่อให้ G เป็นป่าที่มีจุดยอด n จุด และมีส่วนประกอบ k ส่วน แล้วให้

แสดงว่า G มีเส้นเชื่อม $n-k$ เส้น และการให้เหตุผลในการพิจารณาการเป็น ลำดับกราฟิก และมีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท เช่น การเขียนกราฟต้นไม้ที่มีใบ 5 ใบ เป็นต้น

2. ปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับปานกลาง คือ นักศึกษามีความเข้าใจระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) กล่าวคือ สามารถเขียน อธิบาย หรือแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีบทเกี่ยวกับบทนิยามของระดับขั้น กราฟต้นไม้ ใบ ป่า และกราฟเชื่อมโยงได้ แต่มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท เช่น การบอกบทนิยามของส่วนประกอบ (Component) ทฤษฎีบทเงื่อนไขของออร์ และมีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้เหตุผลมากที่สุด เช่น การพิสูจน์ เมื่อให้กราฟ G ไม่ใช่กราฟเชื่อมโยงแล้ว \bar{G} จะเป็นกราฟเชื่อมโยง และการให้เหตุผลประกอบการหา K' (K_1) และมีความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) กล่าวคือ สามารถพิจารณาลำดับที่เป็นลำดับกราฟิกและเขียนกราฟที่สอดคล้องกับลำดับกราฟิกนั้นได้ แต่มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านการนำความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ เช่น ปัญหาเกี่ยวกับหอประชุมแห่งหนึ่งมีห้องหลายๆห้อง และมีประตูหลายๆบาน ให้แสดงว่าจะสามารถเดินผ่านประตูทั้งหมดโดยผ่านประตูแต่ละบานเพียงหนึ่งครั้งได้หรือไม่ โดยจะเริ่มเดินจากจุดใดจุดหนึ่งไม่ว่าจะภายในหรือภายนอกก็ได้ เป็นต้น

3. ปัญหาที่ยากทางการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มที่ได้คะแนนในระดับสูง คือ นักศึกษามีความเข้าใจระดับการจัดกระทำ (Action Conception Understanding) กล่าวคือ สามารถเขียน อธิบาย หรือแสดงบทนิยามหรือทฤษฎีบท ที่เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟขั้นแนะนำได้ และเข้าใจกราฟเชื่อมโยง แต่ไม่สามารถพิสูจน์ เมื่อให้กราฟ G ไม่ใช่กราฟเชื่อมโยงแล้ว \bar{G} จะเป็นกราฟเชื่อมโยง และมีความเข้าใจระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) กล่าวคือ สามารถพิจารณาลำดับที่เป็นลำดับกราฟิกและเขียนกราฟที่

สอดคล้อง กับลำดับกราฟิกนั้นได้ และแสดงการพิสูจน์ เมื่อให้ G เป็นป่า ที่มีจุดยอด n จุด และมีส่วนประกอบ k ส่วน แล้วให้แสดงว่า G มีเส้นเชื่อม $n-k$ เส้น แต่มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการพิสูจน์หรือให้ เหตุผล เช่น การแสดงวิธีการ ทา K' (K_4) พร้อมให้เหตุผล เป็นต้น

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักศึกษามีความเข้าใจในระดับการกระทำ (Action Conception Understanding) และมีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องในด้านต่างๆ ดังนี้

(1) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท เพราะนักศึกษาไม่สามารถเขียน อธิบาย ยกตัวอย่างหรือเขียนกราฟ ที่เกี่ยวกับบทนิยามหรือทฤษฎีบทนั้นได้ ซึ่งลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบทนี้ส่งผลให้นักศึกษาไม่สามารถทำแบบทดสอบวินิจฉัย ที่เกี่ยวกับการเขียนกราฟ การพิสูจน์หรือให้เหตุผลได้ ซึ่งสอดคล้อง กับ นิภาพร นาอ่อน (2545) ที่กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้ นักศึกษามีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ในด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท เพราะนักศึกษาส่วนใหญ่ ไม่มีความรู้ ความเข้าใจในด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบท

(2) ลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ด้านกระบวนการ ที่เกี่ยวกับการใช้บทนิยามหรือทฤษฎีบท การพิสูจน์หรือการให้เหตุผล กล่าวคือ นักศึกษารู้บทนิยาม หรือทฤษฎีบทในเรื่องทฤษฎีกราฟ ชั้นแนะนำ แต่ไม่สามารถนำความรู้ที่นำมาใช้ในการเขียนกราฟ การพิสูจน์หรือการให้เหตุผลที่ถูกต้องได้ ซึ่งสอดคล้องกับ ขจรศรี วรรณสถิตย์ (2544) ที่กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถพิสูจน์หรือให้เหตุผลได้นั้น เนื่องจากผู้เรียนอาจไม่เข้าใจวิธีการพิสูจน์ไม่เข้าใจรูปแบบ การเขียน สิ่งที่เหมาะสมและผู้เรียนอ่านโจทย์ไม่เข้าใจ ไม่สามารถตีความหมายของโจทย์ได้ และผู้เรียนไม่มีความระมัดระวัง ในการเขียนคำตอบ เขียนคำตอบไม่ครบ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดนั้น

2. นักศึกษามีความเข้าใจได้ถึงระดับกระบวนการ (Process Conception Understanding) มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องด้าน การนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟไปประยุกต์ใช้ จากการวิเคราะห์ พบว่า นักศึกษาไม่สามารถทำแบบทดสอบที่ จะต้องประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกราฟในหลายๆ เรื่องมาประกอบกัน เพื่อหาวิธีในการหาคำตอบ แต่การประยุกต์ความรู้ไม่สมบูรณ์ ทำให้นักศึกษาหาคำตอบ ไม่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับ นิภาพร นาอ่อน (2545) ที่กล่าวว่า สาเหตุที่ทำให้ผู้เรียนมีลักษณะความผิดพลาด และข้อบกพร่องในด้านการประยุกต์นั้น อาจมีสาเหตุมาจากผู้เรียน มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องใน ด้านกระบวนการโดยไม่สามารถแสดงการหาคำตอบ เป็นผลทำให้ไม่สามารถทำโจทย์ประยุกต์ได้ และสาเหตุที่ทำให้ผู้เรียน มีลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่อง ดังกล่าว อาจมีสาเหตุมาจากเนื้อหาดังกล่าวเป็นเนื้อหา ที่เกี่ยวกับการนำความรู้ ความเข้าใจด้านบทนิยามหรือทฤษฎีบทไปใช้ในการแสดงเหตุผลประกอบการพิจารณา ซึ่งผู้เรียน ขาดทักษะในการนำความรู้เกี่ยวกับบทนิยามหรือทฤษฎีบทไปใช้ในการเขียนแสดงเหตุผล

3. นักศึกษามีความเข้าใจไม่ถึงระดับโครงสร้าง (Structural Conceptual Understanding) เพราะไม่สามารถพิสูจน์ข้อที่ต้องใช้ทฤษฎีหลายๆ ทฤษฎีมา ประกอบการพิสูจน์ และไม่พบลักษณะความผิดพลาด และข้อบกพร่องด้านกระบวนการที่เกี่ยวกับการคิด คำนวณ เพราะนักศึกษาสามารถ บวก ลบ คูณ และหาร ได้ถูกต้อง

ข้อเสนอแนะที่ได้จากงานวิจัย

1. สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้สอนในการ วางแผนแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียนรู้ ทั้งในระดับ บุคคลและส่วนรวมโดยการสอนซ่อมเสริม

2. ควรมีการศึกษาปัญหาที่ยากทางการ เรียนรู้หรือลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องทาง การเรียนรู้ของนักเรียน นักศึกษา ในลักษณะเดียวกันนี้ กับเนื้อหาหรือรายวิชาอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการ ปรับปรุงการเรียนการสอน

เอกสารอ้างอิง

- กรรณิการ์ จินาภูล. (2536). การศึกษาลักษณะความผิดพลาดและข้อบกพร่องทางคณิตศาสตร์ของนักศึกษาวิทยาลัยครูสุรินทร์. (รายงานการวิจัย). สุรินทร์: ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูสุรินทร์.
- ขจรศรี วรรณสถิตย์. (2544). ปัญหาในการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์ของนิสิตวิชาเอกคณิตศาสตร์ ระดับปริญญาตรี. ปริญญาโททางการศึกษามหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทศพร ทักซิมา. (2545). การศึกษาและการแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียน เรื่อง ระบบสมการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. ปริญญาโททางการศึกษามหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทัศนีย์ ชื่นยง. (2541). การศึกษาข้อบกพร่องและความมั่นใจในการตอบโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เรื่องอัตราส่วนและร้อยละของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาบัณฑิตสาขาการวัดและประเมินผลการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นิภาพร นาอ่อน. (2545). การศึกษาและการแก้ไขข้อบกพร่องทางการเรียน เรื่องฟังก์ชันของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปริญญาโททางการศึกษามหาบัณฑิต (คณิตศาสตร์). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิจิต สุรัตน์เรืองชัย. (2548). การศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนการสอนของคณาจารย์มหาวิทยาลัยบูรพา. วารสารศึกษาศาสตร์, 17(2), 105-118.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2540). สรุปแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540-2544). กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.
- _____. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542. กรุงเทพฯ : พรึกหวานกราฟฟิค.
- สุกัลยา ฉายสุวรรณ. (2539). การสร้างแบบทดสอบวินิจฉัยความรู้พื้นฐานทางพีชคณิตของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์-การสอน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.