

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM TO GENERATE TEST ITEMS ON CALCULATING ABILITY FOR LOWER SECONDARY LEVEL 1-3 *

Flt. Lt. Phichitphol Thanomngam

ABSTRACT

The goal of the present research was to develop a computer program which could be used to generate different forms of a test, given an initial set of item templates suitable for use at the lower-secondary level, 1-3. Items were designed to measure calculating ability. Visual Basic 6.0 was used to develop the software. The steps followed in the research process included: problem determination; the design of a set of item templates; the development of the computer program and user's guide; and an evaluation of the software's performance. Twenty-four mathematics majors were involved in the evaluation phase, including several teachers.

Results:

1. The program generated sixty-six (66) four-option multiple-choice item templates, each involving a unique set of mathematical operators and constants. The program subsequently created an equal number of 66-item test forms from the templates. All test items were shown to have suitable difficulty and discrimination indices. The reliability and validity of each form were found to be good.

2. The computer program was found to function reliably, producing test forms whose items could be edited and printed. The program's built-in check on the suitability of the generated items worked as designed; it was found that the software-generated items were of the same quality as the primary test items.

3. The 24 evaluators reported that the software was easy to use, worked with precision, had a clear manual, and had good general features.

* Master's thesis of Department of Educational Research and Measurement, Burapha University under the advice of Assist. Prof. Seree Chadcham, Ph.D. and Assoc. Prof. Duan Sinthupanpratoom, M.Ed.

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) *

ร.อ.พิชิตพล ถนอมงาม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3) จากฟอร์มข้อสอบที่สร้างขึ้น โปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เขียนโดยชุดคำสั่งของภาษาวิชวลเบสิก เวอร์ชัน 6.0 ขั้นตอนในการวิจัยได้แก่ การนิยามปัญหา การสร้างข้อสอบ ต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบ การจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ การตรวจแก้ข้อผิดพลาดและประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรแกรมโดยผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 และผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 24 คน

ผลการวิจัย

1. ข้อสอบประเภทหลายตัวเลือกชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 66 ข้อ ที่โปรแกรมสร้างขึ้นจากฟอร์มข้อสอบแต่ละข้อวัดความสามารถด้านการคำนวณ โปรแกรมสามารถสร้างข้อสอบได้จำนวนเท่ากับฟอร์มข้อสอบ ข้อสอบทุกข้อมีความยากและค่านี้อ่านง่ายและอยู่ในเกณฑ์ดี ความตรงและความเที่ยงของแบบทดสอบแต่ละชุดอยู่ในเกณฑ์ดี
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถสร้างข้อสอบได้คงเส้นคงวา สามารถผลิตแบบทดสอบ แก้ไขข้อสอบและพิมพ์แบบทดสอบลงกระดาษ ตรวจสอบความเหมาะสมของข้อสอบที่สร้างขึ้น และข้อสอบที่สร้างจากโปรแกรมมีคุณภาพไม่ต่างจากข้อสอบต้นแบบ
3. การประเมินประสิทธิภาพการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า โปรแกรมมีความสะดวกในการใช้งานดีมาก โปรแกรมมีความถูกต้องในการใช้งานดีมาก คู่มือการใช้โปรแกรมมีความชัดเจนดี และลักษณะทั่วไปของโปรแกรมอยู่ในเกณฑ์ดี

* อาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เสรี ชัดเข้ม อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม รองศาสตราจารย์ เดือน สินธุ์พันธุ์ประทุม
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2546

ความนำ

คณิตศาสตร์มีบทบาทที่สำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ได้อย่างรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ แก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และเป็นเครื่องมือในการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้คณิตศาสตร์ยังช่วยพัฒนามนุษย์ให้สมบูรณ์ คือ สามารถคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข (กรมวิชาการ, 2545 ข, หน้า 1)

เอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรื่องสาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (กรมวิชาการ, 2545 ข, หน้า 28) ได้กล่าวถึงแนวคิดในการวัดและการประเมินทางคณิตศาสตร์ว่า ควรใช้วิธีการอันหลากหลายที่สอดคล้องและเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการวัด เช่น การวัดผลเพื่อปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอนและพัฒนานักเรียน การวัดผลเพื่อวินิจฉัยหาจุดบกพร่องของนักเรียน การวัดผลเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ตลอดจนการวัดผลเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนที่ช่วยพัฒนาให้นักเรียนได้สามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มตามศักยภาพ

จากแนวคิดด้านการวัดและการประเมินของหลักสูตรดังกล่าวจะเห็นได้ว่า แนวคิดที่สำคัญประการหนึ่งของผู้สอนคณิตศาสตร์คือ การสร้างเครื่องมือสำหรับวัดและประเมินผลให้หลากหลายตามวัตถุประสงค์ของการวัด ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้กันมากคือแบบทดสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือก การสร้างข้อสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือกจำนวนมากเป็นปัญหาสำหรับผู้สอน เนื่องจากผู้สอนมีภาระหน้าที่หลายด้าน มีเวลาสร้างข้อสอบน้อย ผู้สอนบางคนจึงใช้ข้อสอบที่มีอยู่แล้วมาทดสอบนักเรียน บางครั้งเมื่อทดสอบแล้วไม่เฉลยคำตอบ เพราะต้องการเก็บข้อสอบไว้ใช้ทดสอบในครั้งต่อไป จึงทำให้นักเรียนไม่ได้รับข้อมูลย้อนกลับมาปรับปรุงการเรียน ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลการเรียนในระดับที่ไม่น่าพอใจ

ส่วนสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ผู้สอนใช้ข้อสอบเดิมมาทดสอบนักเรียน อาจเกิดจากความยุ่งยากในการสร้างข้อสอบ เนื่องจากข้อสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือกเป็นข้อสอบที่สร้างยาก ผู้สร้างข้อสอบต้องเขียนตัวเลือกในแต่ละข้อไม่น้อยกว่า 3 ตัวเลือก ตัวลวงจะต้องมีที่ท้าวาจะถูก ถ้าเขียนตัวลวงไม่ดี จะทำให้ข้อสอบง่ายเกินไป และมีโอกาสเดาถูกได้ง่าย ทำให้ข้อสอบขาดคุณภาพ ผู้สร้างข้อสอบจึงควรมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สร้างข้อสอบเป็นอย่างดี มีความรู้ ความเข้าใจ และความชำนาญในการเขียนข้อสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือก และยังต้องมีทักษะในการใช้ภาษาอีกด้วย จึงจะทำให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ ข้อสอบแบบนี้ต้องใช้เวลาในการสร้างมาก และ

ผู้สร้างต้องมีความชำนาญ เมื่อเทียบกับการสร้างข้อสอบแบบอื่น ๆ ทำให้ไม่เหมาะที่จะสร้างเพื่อใช้วัดผลการเรียนของนักเรียนที่มีจำนวนน้อย (พร้อมพรรณ อุดมสิน, 2538)

ฟอร์มข้อสอบ (item form) เป็นเทคนิคการเขียนข้อสอบที่ใช้สำหรับสร้างต้นแบบข้อสอบ โดยมีการกำหนดกฎเกณฑ์ในการเขียนข้อสอบ เพื่อให้ได้ข้อสอบหลายแบบ โดยที่ข้อสอบเหล่านั้นมุ่งวัดจุดประสงค์การเรียนรู้เดียวกัน ซึ่งการสร้างข้อสอบโดยใช้เทคนิคฟอร์มข้อสอบจะต้องมีการกำหนดฟอร์มข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วยส่วนคงที่และส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ เมื่อใดก็ตามที่มีการเปลี่ยนค่าของส่วนที่เปลี่ยนแปลงได้ในแต่ละครั้ง ก็จะได้ข้อสอบใหม่หนึ่งแบบ ดังนั้น ข้อสอบที่สร้างจากฟอร์มข้อสอบจะมีกี่แบบ จึงขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนที่เปลี่ยนแปลงและจำนวนค่าที่เป็นไปได้ของส่วนที่เปลี่ยนแปลง สำหรับการกำหนดค่าที่เป็นไปได้ในส่วนที่เปลี่ยนแปลง อาจระบุความเป็นคุณสมบัติของข้อมูล หรือระบุเป็นค่าคงที่ก็ได้ (นลินี ศรีสุวรรณ, 2543, หน้า 1 – 4)

ฟอร์มข้อสอบมีที่มาจาก 4 แหล่งใหญ่ ดังนี้ (Roid & Haladyna, 1982, p.122)

1. จากฟอร์มข้อสอบที่มีอยู่เดิม
2. จากฟอร์มข้อสอบที่มีอยู่แล้วนำมาพัฒนาเป็นฟอร์มข้อสอบ
3. วิชาที่มีเนื้อหาเป็นรูปแบบที่ชัดเจน เป็นสัญลักษณ์ หรือการคำนวณ
4. วิชาที่มีการวิเคราะห์ที่ยุ่งยากซับซ้อนหรือมีการศึกษาเป็นลำดับขั้นตอน

การพัฒนาฟอร์มข้อสอบจากข้อสอบที่มีอยู่เดิมเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในการสร้างฟอร์มข้อสอบ โดยเลือกข้อสอบที่มีอยู่เดิมที่สามารถดัดแปลงเป็นฟอร์มข้อสอบได้ ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องใช้ความรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ดังนี้

1. ถ้าในโจทย์มีตัวเลขที่สามารถเปลี่ยนค่าได้ก็นำมาทำเป็นฟอร์มข้อสอบที่ดีได้
2. ถ้าโจทย์ถามถึงความหมายของคำหรือลักษณะของตัวอย่างใด ๆ สามารถนำมาทำเป็นฟอร์มข้อสอบได้

3. ในกรณีที่สร้างฟอร์มข้อสอบประเภทเลือกคำตอบชนิดหลายตัวเลือกสามารถนำคำตอบถูกในข้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกันมาเป็นตัวลงในอีกข้อหนึ่งได้

รอยด์ และ ฮาลาไดนา (Roid & Haladyna, 1982, p.122) ได้กล่าวถึงข้อดีของฟอร์มข้อสอบว่า ช่วยประหยัดเวลาในการสร้างข้อสอบ ช่วยกำหนดขอบเขตเนื้อหาซึ่งเป็นหลักสำคัญในการสร้างข้อสอบอิงเกณฑ์ สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานให้คอมพิวเตอร์จัดสร้างข้อสอบได้อย่างรวดเร็วถูกต้อง รวมทั้งการจัดพิมพ์แบบสอบทั้งฉบับได้อย่างรวดเร็ว

การนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างข้อสอบ โดยการสร้างฟอร์มข้อสอบ ที่มีคุณภาพขึ้นมา แล้วเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบตามฟอร์มข้อสอบเหล่านั้น จึงเป็นอีก

แนวคิดหนึ่งที่จะช่วยลดภาระงานของผู้สอน โดยให้คอมพิวเตอร์ทำหน้าที่สร้างข้อสอบแทนคน ทำให้สร้างข้อสอบได้จำนวนมาก และได้ข้อสอบที่มีความเป็นปรนัยเหมาะกับการสร้างข้อสอบอิงเกณฑ์ เพราะได้ข้อสอบจำนวนมาก (บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์, 2527, หน้า 65) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะสร้างข้อสอบต้นแบบ นำไปทดสอบเพื่อหาคุณภาพ และคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพดีมาพัฒนาเป็นฟอร์มข้อสอบ โดยการวิเคราะห์ส่วนคงที่และส่วนเปลี่ยนแปลงของข้อสอบแล้วเขียนโปรแกรมคำสั่งให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบตามฟอร์มข้อสอบเหล่านั้น

ผู้วิจัยเลือกสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3) เนื่องจากเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการเรียนคณิตศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและคณิตศาสตร์ระดับสูงขึ้นไป และจากการศึกษางานวิจัยด้านการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ปีพุทธศักราช 2521 - 2538 ของ สิริพร ทิพย์คง (2539, หน้า 31) พบว่า เนื้อหาที่เป็นปัญหาในการเรียนและการสอนคณิตศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ได้แก่ โจทย์สมการเกี่ยวกับการนำอัตราส่วนไปใช้อัตราส่วนกับการวัด อัตรา ร้อยละ โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับร้อยละ การเขียนปัญหาโจทย์ให้อยู่ในรูปแบบสมการ การเปรียบเทียบจำนวนลบ การให้เหตุผลในการพิสูจน์ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับการใช้เลขฐานต่าง ๆ โจทย์สมการที่มีสมการเป็นเศษส่วนของโพลิโนเมียล การนำเรื่องการแปรผันไปใช้ โจทย์สมการเชิงเส้นสองตัวแปร และโจทย์เกี่ยวกับสมการ ซึ่งเนื้อหาที่เป็นปัญหาเหล่านี้ ผู้วิจัยเลือกศึกษาเนื้อหาวิชาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการคำนวณ ได้แก่ เรื่องสมการ อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็ม ถ้าผู้สอนสามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างแบบทดสอบกลุ่มงานได้ จะทำให้ผู้สอนมีแบบทดสอบที่มีคุณภาพสำหรับใช้ทดสอบนักเรียน ย่อมส่งผลให้คุณภาพการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างฟอร์มข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3
3. เพื่อประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นในด้านต่อไปนี้
 - 3.1 ความชัดเจนของกลุ่มการใช้โปรแกรม
 - 3.2 ความสะดวกในการใช้โปรแกรม
 - 3.3 ความถูกต้องในการใช้งาน
 - 3.4 ลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ จำแนกกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งผ่านการเรียนเนื้อหาทั้ง 3 สารการเรียนรู้มาแล้ว มีจำนวนดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบต้นแบบครั้งที่ 1 จำนวน 100 คน
2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบต้นแบบครั้งที่ 2 จำนวน 100 คน
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบที่สร้างจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 30 คน ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ข้อสอบต้นแบบครั้งที่ 2

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เป็นผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์มาแล้วตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป และนิติปริญญาโทสาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดทางการศึกษา และสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา ที่มีพื้นฐานการศึกษาระดับปริญญาตรีสาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์จำนวน 24 คน

ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนามุ่งหาแนวทางเพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 กระบวนการวิจัยแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามปัญหา
2. การสร้างข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ
3. การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบ
4. การจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
5. การตรวจแก้ข้อผิดพลาดและประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การนิยามปัญหา

ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาการเรียนการสอนในระดับช่วงชั้นที่ 3 (ม.1 – ม.3) พบว่า ปัญหาหลักประการหนึ่งของนักเรียนคือ ขาดทักษะการคำนวณ ปัญหาดังกล่าวนี้นี้สามารถแก้ไขได้โดยผู้สอนให้การบ้านหรือแบบฝึกหัดแก่นักเรียนบ่อย ๆ และมีการทดสอบย่อยหลังจากการสอนในแต่ละบท เพื่อฝึกทักษะการคำนวณให้นักเรียน แต่ก็มีปัญหาตามมาคือ ผู้สอนไม่มีเวลาตรวจการบ้าน ไม่มีเวลาสร้างแบบฝึกหัด และไม่มีเวลาสร้างข้อสอบ เนื่องจากผู้สอนมีภาระหน้าที่รับผิดชอบหลายประการ การนำ

เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสร้างข้อสอบ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการสร้างแบบทดสอบหรือแบบฝึกหัดฝึกทักษะการคำนวณ จึงเป็นทางเลือกใหม่ในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น อีกวิธีหนึ่ง

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีใช้ในการศึกษา พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการดำเนินการสอบ ตรวจข้อสอบ หรือวิเคราะห์ข้อสอบ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสร้างข้อสอบ หรือแบบฝึกหัด เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้สอนนั้น ยังมีจำนวนน้อย ผู้วิจัยจึงพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3

การสร้างข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ

ผู้วิจัยสร้างข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อสังเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ ช่วงชั้นที่ 3 โดยในช่วงเวลาที่ดำเนินการวิจัย เป็นช่วงรอยต่อของการเปลี่ยนแปลงหลักสูตร จากหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) เป็นหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จึงยังไม่มีเอกสารประกอบการสอน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำเนื้อหาวิชาและจุดประสงค์การเรียนรู้จากคู่มือครู วิชาคณิตศาสตร์ รายวิชา ค 102 คณิตศาสตร์ 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533) โดยเลือกเฉพาะเนื้อหาวิชาและจุดประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ และปรากฏในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 จำนวน 3 สารการเรียนรู้ ได้แก่ สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็ม วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และเพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาวิชา รวมทั้งปรับภาษาให้เหมาะสม ได้จุดประสงค์การเรียนรู้ทั้งสิ้น 22 จุดประสงค์ ประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว 12 จุดประสงค์ จุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนและร้อยละ 6 จุดประสงค์ และจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องจำนวนเต็ม 4 จุดประสงค์

2. คัดเลือกข้อสอบตามสารการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ประกอบด้วย 4 หัวข้อย่อย รวม 12 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 อัตราส่วนและร้อยละ ประกอบด้วย 3 หัวข้อย่อย รวม 6 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.3 จำนวนเต็ม ประกอบด้วย 2 หัวข้อย่อย รวม 4 จุดประสงค์การเรียนรู้

ผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบจากจุดประสงค์การเรียนรู้และพัฒนาเป็นฟอร์มข้อสอบ โดยนำข้อสอบที่คัดเลือกจากงานวิจัย และข้อสอบที่สร้างขึ้นเอง มาพัฒนาเป็นข้อสอบประเภทหลายตัวเลือก ชนิด 5 ตัวเลือก วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ละ 4 ข้อ รวมทั้งสิ้น 88 ข้อ

3. นำข้อสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คนที่สำเร็จการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรีทางการสอนคณิตศาสตร์ และมีประสบการณ์ในการสอนคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3 อย่างน้อย 5 ปี ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของข้อสอบ โดยพิจารณาตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนด พร้อมทั้งหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

4. เมื่อพิจารณานำนักค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ปรากฏว่าข้อสอบทั้ง 88 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าข้อสอบข้อนั้นวัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้

5. นำข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาคุณภาพข้อสอบครั้งที่ 1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบด้านความยาก และอำนาจจำแนกเป็นรายตัวเลือก โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Lertap 5 คัดตัวลองที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกต่ำที่สุดในแต่ละข้อออกไป คงเหลือตัวเลือกข้อละ 4 ตัว

6. นำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้หาคุณภาพข้อสอบครั้งที่ 2 เพื่อวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบรายข้อแบบอิงเกณฑ์ในด้านความยาก และอำนาจจำแนก โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป B-index รุ่น 4.10 หาดัชนีอำนาจจำแนก (B-index) และกำหนดคะแนนตัดสินว่ารอบรู้ (mastery cut-off score) โดยใช้ดุลยพินิจของผู้ประกอบวิชาชีพ คือ สอบได้ตั้งแต่ 75 เปอร์เซนต์ขึ้นไป (50 คะแนน) คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพได้ 66 ข้อ วัดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ เพื่อใช้เป็นข้อสอบต้นแบบ ซึ่งข้อสอบมีดัชนีความยากระหว่าง 0.24 – 0.84 ดัชนีอำนาจจำแนกระหว่าง 0.08 – 0.62 ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.94 ความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 36 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.90 ความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 18 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.87 และความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องจำนวนเต็ม จำนวน 12 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.84

7. พัฒนาข้อสอบทั้ง 66 ข้อ เป็นฟอร์มข้อสอบโดยการวิเคราะห์รูปแบบโจทย์และตัวเลือก เพื่อแยกเป็นส่วนคงที่และส่วนเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งกำหนดค่าที่เป็นไปได้ในส่วนเปลี่ยนแปลง ได้ฟอร์มข้อสอบประเภทหลายตัวเลือกชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 66 ฟอร์ม

ตัวอย่างฟอร์มข้อสอบ

สาระการเรียนรู้ : สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว

หัวข้อย่อย : คำตอบของสมการ

จุดประสงค์การเรียนรู้ : ผู้เรียนสามารถหาคำตอบของสมการอย่างง่ายได้ถูกต้อง

1. ถ้า $aX + b = c$ แล้ว แทนค่า X ด้วยจำนวนใดจึงจะทำให้สมการเป็นจริง

ก. $(c - b) / a$

ข. $c - b$

ค. $c + b$

ง. $ac - b$

ส่วนคงที่ : ส่วนที่เป็นตัวอักษรไทย และเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์

ส่วนเปลี่ยนแปลง : a, b, c, X

การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์สร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบ

ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ออกแบบผังงานโปรแกรม โดยกำหนดให้หน้าจอหลัก (frmMain) เป็นหน้าต่างแรก และแยกการทำงานเป็น 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1.1 สร้างข้อสอบ ประกอบด้วยหน้าต่างรับและแสดงผลข้อมูล ดังนี้

1.1.1 หน้าต่างเลือกเนื้อหาวิชา (frmContent)

1.1.2 หน้าต่างเลือกจุดประสงค์การเรียนรู้ (frmObjective)

1.1.3 หน้าต่างเลือกรูปแบบข้อสอบ (frmItemForm)

1.1.4 หน้าต่างกำหนดข้อมูลการสร้างข้อสอบ (frmData)

1.1.5 หน้าต่างแสดงผลการสร้างข้อสอบ (frmShowItem)

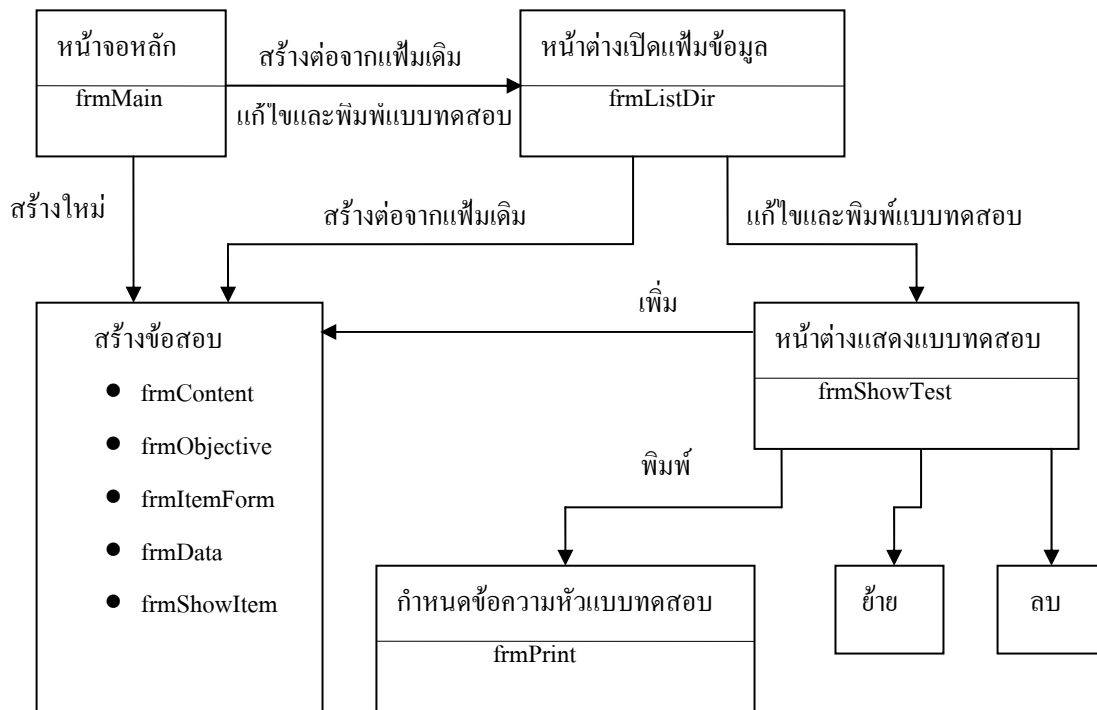
1.2 แก้ไขและพิมพ์แบบทดสอบ ประกอบด้วยหน้าต่างรับและแสดงผลข้อมูล ดังนี้

1.2.1 หน้าต่างเลือกเพิ่มข้อมูล (frmListDir)

1.2.2 หน้าต่างแก้ไขและพิมพ์แบบทดสอบ (frmShowTest)

1.2.3 หน้าต่างกำหนดข้อความบนหัวแบบทดสอบ (frmPrint)

การทำงานของโปรแกรม และความสัมพันธ์ของแต่ละหน้าต่าง แสดงไว้ในแผนภาพ 1



แผนภาพ 1 ฟังก์ชันหลักของโปรแกรม

2. ออกแบบการแสดงผล ผู้วิจัยกำหนดการแสดงผลของโปรแกรมเป็น 2 ส่วนคือ แสดงผลการสร้างข้อสอบรายข้อ และแสดงผลการสร้างแบบทดสอบทั้งฉบับ ดังนี้

2.1 แสดงผลการสร้างข้อสอบรายข้อ ผู้วิจัยกำหนดให้แสดงในหน้าต่างแสดงผลการสร้างข้อสอบ ซึ่งประกอบด้วย การแสดงผลการสร้างโจทย์ ตัวเลือก คำเฉลย ปุ่มควบคุมการทำงานของหน้าต่าง และเมนูการทำงานขั้นตอนอื่น

2.2 แสดงผลการสร้างแบบทดสอบทั้งฉบับ ผู้วิจัยกำหนดให้แสดงผลในหน้าต่างแก้ไขและพิมพ์แบบสอบ ซึ่งประกอบด้วย ตารางแสดงผลการสร้างข้อสอบ ปุ่มควบคุมการทำงานของหน้าต่าง และเมนูการทำงานขั้นตอนอื่น

3. ออกแบบการนำเข้าข้อมูล ผู้วิจัยกำหนดให้มีการนำเข้าข้อมูล 6 ส่วนดังนี้ ส่วนเนื้อหาวิชา ส่วนจุดประสงค์การเรียนรู้ ส่วนฟอร์มข้อสอบ ส่วนกำหนดข้อมูลการสร้างข้อสอบ ส่วนเลือกแฟ้มข้อมูล และส่วนกำหนดรายละเอียดหัวแบบสอบ

4. ออกแบบแฟ้มข้อมูล ผู้วิจัยกำหนดแฟ้มข้อมูลสำหรับโปรแกรมเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

4.1 เพิ่มข้อมูลที่สร้างขึ้นเพื่อรองรับการทำงานของโปรแกรม เป็นเพิ่มข้อมูลที่มีความจำเป็นต่อตัวโปรแกรม หากขาดเพิ่มใดเพิ่มหนึ่งโปรแกรมจะไม่ทำงาน ประกอบด้วย 4 เพิ่ม คือ เพิ่ม Objective.dat เป็นเพิ่มข้อมูลประเภทเรียงลำดับ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลจุดประสงค์การเรียนรู้ มีจำนวนทั้งสิ้น 22 ระเบียบ เพิ่ม ItemForm.dat เป็นเพิ่มข้อมูลประเภทเรียงลำดับ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรูปแบบข้อสอบ มีจำนวนทั้งสิ้น 66 ระเบียบ เพิ่ม ChoicePattern.dat เป็นเพิ่มข้อมูลประเภทเรียงลำดับ ทำหน้าที่เก็บค่าสูงสุดและต่ำสุดของส่วนเปลี่ยนแปลงที่กำหนดให้ฟอร์มข้อสอบ มีจำนวนทั้งสิ้น 66 ระเบียบ เพิ่ม Name.dat เป็นเพิ่มข้อมูลประเภทเรียงลำดับ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลรายชื่อสำหรับเพิ่มความหลากหลายให้โจทย์ มีจำนวนทั้งสิ้น 40 ระเบียบ

4.2 เพิ่มข้อมูลที่โปรแกรมสร้างเอง เป็นเพิ่มข้อมูลประเภทสุ่ม ทำหน้าที่เก็บข้อมูลข้อสอบที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการบันทึก โปรแกรมอนุญาตให้ผู้ใช้ตั้งชื่อเองได้ และบันทึกนามสกุลของเพิ่มให้เป็น .tst

5. ออกแบบการประมวลผล ผู้วิจัยกำหนดการทำงานของโปรแกรมเป็น 2 ส่วนดังนี้

5.1 การสร้างข้อสอบ แบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่

5.1.1 สร้างใหม่ ผู้วิจัยกำหนดการทำงานของโปรแกรมให้โปรแกรม ดังนี้

5.1.1.1 นำเข้าข้อมูลเนื้อหาวิชาจากหน้าต่างเลือกเนื้อหาวิชา

5.1.1.2 เรียกข้อมูลจุดประสงค์การเรียนรู้จากเพิ่มข้อมูล Objective.dat มาแสดงในหน้าต่างเลือกจุดประสงค์การเรียนรู้

5.1.1.3 นำเข้าข้อมูลจุดประสงค์การเรียนรู้จากหน้าต่างเลือกจุดประสงค์การเรียนรู้

5.1.1.4 เรียกข้อมูลฟอร์มข้อสอบจากเพิ่มข้อมูล ItemForm.dat มาแสดงในหน้าต่างเลือกฟอร์มข้อสอบ

5.1.1.5 นำเข้าข้อมูลฟอร์มข้อสอบจากหน้าต่างเลือกฟอร์มข้อสอบ

5.1.1.6 นำฟอร์มข้อสอบที่ถูกเลือก พร้อมทั้งสุ่มค่าส่วนเปลี่ยนแปลงของฟอร์มข้อสอบ โดยให้อยู่ในช่วงระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของส่วนเปลี่ยนแปลงที่ระบุไว้ในเพิ่มข้อมูล ChoicePattern.dat และสุ่มรายชื่อจากเพิ่มข้อมูล Name.dat มาแสดงในหน้าต่างกำหนดข้อมูลการสร้างข้อสอบ

5.1.1.7 นำเข้าข้อมูลการสร้างข้อสอบจากหน้าต่างกำหนดข้อมูลการสร้างข้อสอบ

5.1.1.8 สร้างข้อสอบ ตัวเลือก พร้อมเฉลย แล้วนำมาแสดงในหน้าต่างแสดงผลการสร้างข้อสอบ

ตัวอย่างข้อสอบที่โปรแกรมสร้างขึ้น

1. ถ้า $5K + 2 = 12$ แล้ว แทนค่า K ด้วยจำนวนใดจึงจะทำให้สมการเป็นจริง

ก. 2

ข. 10

ค. 14

ง. 58

5.1.2 สร้างต่อจากแฟ้มเดิม ผู้วิจัยกำหนดให้โปรแกรมแสดงหน้าต่างเลือกเพิ่มข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมระบุชื่อเพิ่มข้อมูลที่ต้องการนำมาสร้างข้อสอบต่อจากเดิม จากนั้นโปรแกรมจะดำเนินการตามขั้นตอนในข้อ 5.1.1

5.2 การแก้ไขและพิมพ์แบบสอบ ผู้วิจัยกำหนดให้โปรแกรมแสดงหน้าต่างเลือกเพิ่มข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมระบุชื่อเพิ่มข้อมูลที่ต้องการนำมาแก้ไขหรือพิมพ์ จากนั้นโปรแกรมจะเปิดเพิ่มข้อมูลที่โปรแกรมสร้างเองในชื่อที่ตรงกับผู้ใช้ระบุ นำมาแสดงในหน้าต่างแก้ไขและพิมพ์แบบสอบ ให้ผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดของข้อสอบรายชื่อ เพิ่มข้อสอบ ลบข้อสอบ ย้ายตำแหน่งข้อสอบ และพิมพ์ข้อสอบได้ โดยในขั้นตอนการพิมพ์ ผู้วิจัยกำหนดโปรแกรมแสดงหน้าต่างกำหนดข้อความบนหัวแบบสอบ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกไปพิมพ์ลงกระดาษ

การจัดทำคู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. เอกสารที่ใช้ประกอบการติดตั้งโปรแกรม มีเนื้อหาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 อธิบายลักษณะทั่วไปของโปรแกรม เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมกับโปรแกรมเป็นต้น

1.2 อธิบายการติดตั้ง และการเรียกใช้โปรแกรม

2. เอกสารประกอบการใช้โปรแกรม มีเนื้อหาประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1 อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมในการสร้างข้อสอบ

2.2 อธิบายวิธีการใช้โปรแกรมในการสร้างแบบสอบ

2.3 อธิบายวิธีการใช้เครื่องมือในแต่ละหน้าต่าง

การตรวจแก้ข้อผิดพลาดและประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การตรวจแก้ข้อผิดพลาดและประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย การตรวจแก้ข้อผิดพลาด การสร้างแบบประเมินความคิดเห็นในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การตรวจแก้ข้อผิดพลาด ผู้วิจัยทำการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทุกขั้นตอน เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมเป็นไปอย่างถูกต้อง และนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบ

ความถูกต้องและเหมาะสม ในด้านต่าง ๆ ดังนี้ ความถูกต้องของการคำนวณ ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนในโปรแกรม และการป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในการใช้โปรแกรม

การประเมินความคิดเห็นในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินโดยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่มีการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นในการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านความชัดเจนของกลุ่มการใช้โปรแกรม ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม ด้านความถูกต้องในการใช้งาน และด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม

การทดลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 ที่พัฒนาขึ้นไปทำการทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้สอนวิชาคณิตศาสตร์ ช่วงชั้นที่ 3 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาที่มีประสบการณ์การสอนคณิตศาสตร์มาแล้วตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป และนิสิตปริญญาโทสาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดทางการศึกษาและสาขาวิชาเทคโนโลยีวิทยาการศึกษาที่มีพื้นฐานการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการสอนคณิตศาสตร์ จำนวน 24 คน และให้ผู้ทดลองใช้โปรแกรมแสดงความคิดเห็นลงในแบบประเมินความคิดเห็นการใช้โปรแกรม

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สรุปได้ดังนี้

1. ผลการสร้างข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ ได้ข้อสอบต้นแบบเป็นข้อสอบประเภทหลายตัวเลือกชนิด 4 ตัวเลือก เพื่อใช้วัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 ในสาระการเรียนรู้ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว อัตราส่วนและร้อยละ และจำนวนเต็ม โดยแยกตามจุดประสงค์การเรียนรู้ 22 จุดประสงค์ จุดประสงค์ละ 3 ข้อ รวมทั้งสิ้นจำนวน 66 ข้อ มีดัชนีความยากระหว่าง 0.24 ถึง 0.84 และมีดัชนีอำนาจจำแนกระหว่าง 0.08 ถึง 0.62 ความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.94 ความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว จำนวน 36 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.90 ความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ จำนวน 18 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.87 และความเที่ยงของแบบทดสอบเรื่องจำนวนเต็ม จำนวน 12 ข้อ มีค่าเท่ากับ 0.84 หลังจากนั้นนำข้อสอบต้นแบบแต่ละข้อมาพัฒนาเป็นฟอร์มข้อสอบแต่ละฟอร์ม โดยการวิเคราะห์รูปแบบข้อสอบเพื่อกำหนดส่วนคงที่ ส่วนเปลี่ยนแปลง และค่าที่เป็นไปได้ในส่วนเปลี่ยนแปลง ได้ฟอร์มข้อสอบประเภทหลายตัวเลือก ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 66 ฟอร์ม

2. ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 ประกอบด้วย 9 หน้าต่างและ 1 โปรแกรมย่อย ซึ่ง

โปรแกรมมีความสามารถดังนี้

2.1 สร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบได้ โดยให้คอมพิวเตอร์สุ่มค่าส่วนเปลี่ยนแปลงหรือรับค่าส่วนเปลี่ยนแปลงจากผู้ใช้โปรแกรมแล้วนำมาใส่ในโจทย์ พร้อมทั้งคำนวณตัวถูกและตัวลวงตามรูปแบบที่กำหนดไว้ และบันทึกลงเพิ่มข้อมูล

2.2 เพิ่ม ลบ ย้ายตำแหน่ง แสดงรายละเอียดข้อสอบ และพิมพ์แบบทดสอบพร้อมเฉลย ลงกระดาษได้ตามความต้องการ

2.3 ตรวจสอบคำตอบไม่ให้ซ้ำกันระหว่างตัวเลือกได้

2.4 ตรวจสอบค่าที่ไม่เหมาะสมในการสร้างโจทย์ได้

2.5 ตรวจสอบค่าที่ไม่เหมาะสมในการสร้างตัวลวงได้

ผลการหาความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบต้นแบบ กับแบบทดสอบที่สร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ปรากฏว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีความสัมพันธ์กันสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมมีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 ความเที่ยงในสาระการเรียนรู้เรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวมีค่าเท่ากับ 0.86 ความเที่ยงในสาระการเรียนรู้เรื่องอัตราส่วนและร้อยละมีค่าเท่ากับ 0.76 และความเที่ยงในสาระการเรียนรู้เรื่องจำนวนเต็มมีค่าเท่ากับ 0.83 จึงสรุปได้ว่า ข้อสอบที่สร้างด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพไม่ต่างจากข้อสอบต้นแบบ

3. ผลการประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน ที่ทดลองใช้โปรแกรมสำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่า

3.1 ด้านความชัดเจนของกลุ่มมือการใช้โปรแกรม พบว่า กลุ่มมือการใช้โปรแกรมสามารถอธิบายวัตถุประสงค์ของโปรแกรมได้ชัดเจนดี ($\bar{X} = 4.29$) หลังจากอ่านคู่มือการใช้โปรแกรมแล้ว ผู้ใช้มั่นใจว่าสามารถใช้โปรแกรมได้ดี ($\bar{X} = 4.38$) ภาษาที่ใช้ในคู่มือการใช้โปรแกรมอ่านเข้าใจง่ายดี ($\bar{X} = 4.46$) และกลุ่มมือการใช้โปรแกรมสามารถอธิบายวิธีการใช้โปรแกรมอย่างมีลำดับขั้นตอนดีมาก ($\bar{X} = 4.50$)

3.2 ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม พบว่า ข้อเสนอแนะโปรแกรมในเมนูช่วยเหลือ ทำให้ใช้โปรแกรมได้สะดวกดี ($\bar{X} = 4.29$) การมี QuickMenu ในทุก ๆ หน้าต่างของโปรแกรม ทำให้ใช้โปรแกรมได้สะดวกดี ($\bar{X} = 4.46$) โปรแกรมสามารถแก้ไขปรับปรุงแบบทดสอบได้ตามความต้องการของผู้ใช้ดี ($\bar{X} = 4.46$) โปรแกรมสามารถสร้างข้อสอบได้เร็วกว่าการสร้างข้อสอบด้วยมือดี

มาก ($\bar{X} = 4.67$) โปรแกรมสามารถแสดงผลการสร้างข้อสอบบนจอภาพได้ครบถ้วนดีมาก ($\bar{X} = 4.58$) และผู้ใช้โปรแกรมสามารถสั่งพิมพ์แบบทดสอบพร้อมเฉลยได้สะดวกดีมาก ($\bar{X} = 4.67$)

3.3 ด้านความถูกต้องในการใช้งาน พบว่า โปรแกรมสามารถสร้างข้อสอบได้ตามรูปแบบที่มีให้เลือกดีมาก ($\bar{X} = 4.54$) โปรแกรมสามารถสร้างตัวเลือกได้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดให้ดีมาก ($\bar{X} = 4.58$) โปรแกรมสามารถวางตำแหน่งตัวเลือกได้ตามความต้องการของผู้ใช้ดีมาก ($\bar{X} = 4.54$) โปรแกรมสามารถพิมพ์แบบทดสอบได้ตามจำนวนที่ต้องการดีมาก ($\bar{X} = 4.83$) และโปรแกรมสามารถพิมพ์แบบทดสอบพร้อมเฉลยได้ถูกต้องตรงตามที่ใช้โปรแกรมสร้างไว้ดีมาก ($\bar{X} = 4.83$)

3.4 ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม พบว่า การติดตั้งโปรแกรมมีความสะดวกดี ($\bar{X} = 4.17$) รูปแบบของโปรแกรมเข้าใจง่ายดี ($\bar{X} = 4.33$) โปรแกรมมีระบบป้องกันการทำงานผิดพลาดของผู้ใช้ในทุกขั้นตอนดี ($\bar{X} = 4.21$) การเรียกใช้โปรแกรมมีความสะดวกดีมาก ($\bar{X} = 4.50$) และโปรแกรมง่ายต่อการใช้งานดีมาก ($\bar{X} = 4.63$)

การอภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยมีประเด็นอภิปราย 3 ประเด็น ดังนี้

1. การสร้างข้อสอบต้นแบบและฟอร์มข้อสอบ

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณเป็นหลัก ส่วนฟอร์มข้อสอบเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การพัฒนาโปรแกรมสมบูรณ์ ผู้วิจัยใช้หลักการสร้างฟอร์มข้อสอบที่กล่าวไว้ใน รอยด์และฮาเลดัยนา (Roid & Haladyna, 1982, p. 122) คือ กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจน สร้างข้อสอบต้นแบบที่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ นำมาเป็นตัวอย่างในการสร้างฟอร์มข้อสอบ แต่ผู้วิจัยใช้หลักการสร้างฟอร์มข้อสอบจากข้อสอบที่มีอยู่เดิม เนื่องจากเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในการสร้างฟอร์มข้อสอบ (Roid & Haladyna, 1982, p. 122) กล่าวคือ ผู้วิจัยนำข้อสอบแบบหลายตัวเลือกชนิด 4 ตัวเลือก บางส่วนจากงานวิจัยในอดีตมาพัฒนาเป็นข้อสอบต้นแบบ ซึ่งโดยหลักการแล้วข้อสอบเหล่านี้เป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี จากนั้นนำข้อสอบไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อเลือกข้อสอบต้นแบบที่มีคุณภาพ แล้วนำมาเป็นตัวอย่างในการสร้างฟอร์มข้อสอบ ฟอร์มข้อสอบที่ได้จากข้อสอบต้นแบบที่มีคุณภาพย่อมมีคุณภาพตามไปด้วย

จากผลการวิจัยพบว่า ข้อสอบต้นแบบที่สร้างตามหลักการสร้างข้อสอบอิงเกณฑ์มีดัชนีความยากและดัชนีอำนาจจำแนก อยู่ในเกณฑ์ดี คือ มีดัชนีความยากระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และดัชนีอำนาจจำแนกเป็นบวก (เสรี ชัดแจ้ง, 2544, หน้า 156)

แบบทดสอบที่มีคุณภาพต้องมีทั้งความตรง (validity) และความเที่ยง (reliability) การที่ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คนมีความเห็นสอดคล้องกันว่า ข้อสอบต้นแบบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) เมื่อคำนวณหาค่าความเที่ยง พบว่าแบบทดสอบต้นแบบมีความเที่ยงสูง (0.94) แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบต้นแบบมีคุณภาพทั้งความตรงและความเที่ยง เมื่อนำข้อสอบต้นแบบมาใช้ในการสร้างฟอร์มข้อสอบ โดยคงเนื้อหาหลักที่เป็นส่วนภาษาไว้ และเปลี่ยนแปลงเฉพาะส่วนที่เป็นตัวเลขและชื่อตัวแปร จึงอาจกล่าวได้ว่าเป็นฟอร์มข้อสอบที่มีคุณภาพ

2. การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เมื่อได้ฟอร์มข้อสอบที่มีคุณภาพดีแล้ว จึงเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบที่พัฒนาขึ้น โดยใช้หลักการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบอิงเหตุการณ์ตามหลักการพัฒนาโปรแกรมของ นันทวุฒิ พิษผล และพิชิต สันติกุลานนท์ (2543, หน้า 22) คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของโปรแกรม ออกแบบหน้าจอ กำหนดคุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมโดยละเอียด เขียนโปรแกรม ตรวจสอบการทำงานของโปรแกรม และจัดทำให้อยู่ในสถานะพร้อมใช้งาน

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับสร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ ช่วงชั้นที่ 3 และพบว่า โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น สามารถสร้างข้อสอบได้ตรงตามฟอร์มข้อสอบ สามารถแก้ไขข้อสอบและพิมพ์แบบทดสอบลงกระดาษได้ และสามารถตรวจสอบความเหมาะสมของข้อสอบที่สร้างขึ้นได้

ผู้วิจัยทดลองสร้างข้อสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น โดยกำหนดส่วนเปลี่ยนแปลงให้มีค่าเหมือนกับข้อสอบต้นแบบทุกประการ จากนั้นนำข้อสอบที่สร้างโดยโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับข้อสอบต้นแบบ ปรากฏว่า เนื้อความในโจทย์และตัวเลือกเหมือนกันทุกประการ มีเพียงรูปแบบการพิมพ์แบบทดสอบลงกระดาษเท่านั้นที่แตกต่างในเรื่องรูปแบบการแสดงผลเศษส่วน โดยข้อสอบที่สร้างจากโปรแกรมจะแสดงผลเศษส่วนในแนวนอน เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ เป็นข้อจำกัดของภาษาวิซวลเบสิกที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ไม่สามารถแสดงผลเศษส่วนในแนวตั้ง หรือแสดงเครื่องหมายหารได้

ผู้วิจัยทดลองนำแบบทดสอบที่สร้างด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดลองทำแบบทดสอบต้นแบบ แล้วนำคะแนนของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ มาคำนวณหาค่าความตรงตามเกณฑ์ (criterion validity) โดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (สรี ชัดเข้ม, 2544, หน้า 137) ปรากฏว่าได้ค่าความตรงตามเกณฑ์อยู่ในระดับสูง (0.70) โดย

พิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ คือ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1.00 (ประมาณ 0.70 ถึง 0.90) ถือว่ามีความสัมพันธ์กันสูง (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2537, หน้า 324) แสดงว่า ข้อสอบที่สร้างด้วยโปรแกรมมีความตรงตามเกณฑ์สูง อาจกล่าวได้ว่าแบบทดสอบที่โปรแกรมสร้างขึ้นกับแบบทดสอบต้นฉบับ เป็นแบบทดสอบคู่ขนานกัน (บุญเจิด ภิณโณนันต์พงษ์, 2527, หน้า 65) หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่โปรแกรมสร้างขึ้นมาคำนวณหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบอิงเกณฑ์โดยใช้วิธีการของแสมเบิดตันและโนวิก (เสรี ชัดเข้ม, 2544, หน้า 160) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.80 และค่าความเที่ยงของแบบทดสอบจำแนกตามสาระการเรียนรู้อยู่ในระดับสูง (0.86, 0.76 และ 0.83 ตามลำดับ) แสดงว่าข้อสอบที่สร้างด้วยโปรแกรมมีคุณภาพไม่ต่างจากข้อสอบต้นแบบ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนี้ เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างข้อสอบจากฟอร์มข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามหลักการวัดผลการศึกษา สามารถสร้างข้อสอบได้สะดวก รวดเร็ว โปรแกรมง่ายต่อการใช้งาน (Roid & Haladyna, 1982, p.122) และเป็นโปรแกรมสร้างข้อสอบแบบสำเร็จรูปที่ผู้ใช้โปรแกรมไม่จำเป็นต้องมีความรู้ความชำนาญในเนื้อหาวิชาและการวัดผลการศึกษา กล่าวคือ ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกสาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการสร้างข้อสอบ หลังจากนั้นโปรแกรมจะนำฟอร์มข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างและตรวจสอบคุณภาพแล้ว มาให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกสร้างข้อสอบ และรวมเป็นแบบทดสอบ ตลอดจนพิมพ์แบบทดสอบพร้อมเฉลยลงกระดาษ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของ นลินี ศรีสุวรรณ (2543) ที่พัฒนาโปรแกรมสร้างแบบทดสอบโดยสร้างข้อสอบจากเทคนิคฟอร์มข้อสอบ เป็นโปรแกรมสร้างข้อสอบแบบกึ่งสำเร็จรูป กล่าวคือ ผู้ใช้โปรแกรมสร้างฟอร์มข้อสอบเองได้ เลือกรูปแบบข้อสอบได้ทั้งแบบหลายตัวเลือก แบบความเรียง และแบบถูกผิด และโปรแกรมสามารถจัดเก็บฟอร์มข้อสอบที่สร้างไว้แล้วได้ แต่มีข้อด้อยคือ ขั้นตอนการทำงานค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน ผู้ใช้โปรแกรมต้องกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สร้างฟอร์มข้อสอบ และกำหนดส่วนเปลี่ยนแปลงเอง หลังจากนั้นจึงสามารถสร้างข้อสอบได้ และฟอร์มข้อสอบที่สร้าง ไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามหลักการวัดผลการศึกษา

3. การประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการตอบแบบประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรม พบว่า ภาพรวมของโปรแกรมอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโปรแกรมอย่างเป็นขั้นตอน ตามหลักการพัฒนาโปรแกรมของ ฉันทวุฒิ พิษผล และพิชิต สันติกุลานนท์ (2543, หน้า 22) และมีการตรวจแก้ไขข้อผิดพลาดทั้งตัวผู้วิจัยเอง และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาวิซวลเบสิก ทำให้โปรแกรมทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และมีข้อผิดพลาดน้อย

การประเมินประสิทธิผลการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

3.1 ด้านความชัดเจนของกลุ่มการใช้โปรแกรม ปรากฏว่า ผู้ทดลองใช้โปรแกรมเห็นว่า กลุ่มการใช้โปรแกรมมีความชัดเจนดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยศึกษาเอกสารงานวิจัยที่มีการจัดทำ กลุ่มการใช้โปรแกรม จัดทำกลุ่มการใช้โปรแกรมเป็นลำดับขั้นตอน และมีการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

3.2 ด้านความสะดวกในการใช้โปรแกรม ปรากฏว่า ผู้ทดลองใช้โปรแกรมเห็นว่า โปรแกรมมีความสะดวกในการใช้งานดีมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยออกแบบโปรแกรมให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยคำนึงถึงความต้องการของผู้ใช้โปรแกรมเป็นหลัก

3.3 ด้านความถูกต้องในการใช้งาน ปรากฏว่า ผู้ทดลองใช้โปรแกรมเห็นว่าโปรแกรมมีความถูกต้องในการใช้งานดีมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมทุกขั้นตอนอย่างละเอียดด้วยตัวเอง และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง

3.4 ด้านลักษณะทั่วไปของโปรแกรม ปรากฏว่า ผู้ทดลองใช้โปรแกรมเห็นว่า ลักษณะทั่วไปของโปรแกรมอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้วิจัยเลือกใช้ภาษาวิซวลเบสิก สำหรับเขียนโปรแกรม ซึ่งมีข้อดีคือ ใช้หลักการพัฒนาโปรแกรมแบบอิงเหตุการณ์ ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน และสนองตอบความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม อีกทั้งยังสามารถอำนวยความสะดวกในการติดตั้งและเรียกใช้โปรแกรมได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ผู้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้ควรศึกษากลุ่มการใช้งานอย่างละเอียดก่อน เพื่อให้เข้าใจการติดตั้งและใช้งานโปรแกรม
2. สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้สร้างข้อสอบวัดความสามารถด้านการคำนวณ สำหรับทดสอบนักเรียนก่อนและหลังการเรียน เพื่อวัดและประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน
3. สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้สร้างแบบทดสอบเพื่อฝึกทักษะการคำนวณให้กับนักเรียนได้
4. สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้สร้างแบบทดสอบคู่ขนาน เพื่อป้องกันการทุจริตในการสอบได้

5. ในการสร้างข้อสอบหรือแบบฝึกหัดเพื่อใช้กับกลุ่มนักเรียน ผู้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้ ควรปรับระดับความยากของข้อสอบที่สร้างขึ้น โดยกำหนดค่าส่วนเปลี่ยนแปลงในข้อสอบแต่ละข้อให้เหมาะสมกับระดับทักษะการคำนวณของกลุ่มนักเรียน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้สามารถเชื่อมต่อกับโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการจัดการเอกสาร เพื่อให้จัดรูปแบบการพิมพ์ได้ และตรงตามความต้องการของผู้ใช้โปรแกรม

2. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ให้ผู้ใช้โปรแกรมมีทางเลือกในการกำหนดฟอร์มข้อสอบได้ด้วยตัวเอง

2. ควรมีการพัฒนาโปรแกรมคลังฟอร์มข้อสอบ สำหรับเก็บฟอร์มข้อสอบที่มีคุณภาพ เพื่อนำมาใช้ในโปรแกรมสร้างข้อสอบ

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการ. (2533). *หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรมวิชาการ. (2545 ก). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- กรมวิชาการ. (2545 ข). *สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- จันทวุฒิ พิษผล, และพิชิต สันติกุลานนท์. (2543). *คู่มือเรียน Visual Basic 6 (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2537). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เดือน สินธุพันธุ์ประทุม. (2543). *หลักการทำโปรแกรมวิซวลเบสิก*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นงนารถ วรรณะหทัย. (2532). การสร้างรายข้อโดยใช้รูปแบบรายข้อ (Item Form). *วารสารการวัดผลการศึกษา*, 10(1), 21-40.
- นลินี ตรีสุวรรณ. (2543). *การพัฒนาเครื่องมือสำหรับสร้างแบบทดสอบโดยสร้างข้อสอบจากเทคนิคฟอร์มข้อสอบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์. (2527). *การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

- พร้อมพรรณ อุดมสิน. (2538). *การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระ บุญจริง. (2542). *หลักการเขียนโปรแกรม (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: ดวงกมลสมัย.
- สมประสงค์ เสนารัตน์. (2535). *การสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์วิชาคณิตศาสตร์เรื่องจำนวนเต็มฉบับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สิริพร ทิพย์คง. (2539). *งานวิจัยการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ 2521-2538*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ สถาบันราชภัฏพระนคร.
- เสรี ชัดแจ้ง. (2544). *เอกสารประกอบการสอนรายวิชา การวัดผลการศึกษา*. ชลบุรี: ภาควิชาวิจัยและวัดผลการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- Haladyna, T. M. (1994). *Developing and validating multiple-choice test items*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roid, G. H. & Haladyna, T. M. (1982). *A technology for test-item writing*. Orlando: Academic Press.