การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญานิพนธ์

ของ

ขวัญจิรา อนันต์

เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ตุลาคม 2546

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ง
510.712
ข 2 วิ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ

ของ

ขวัญจิรา อนันต์

20 ... 2547

เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

ตุลาคม 2546

2

ขวัญจิรา อนันต์. (2546), *การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อศึกษารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Model) ของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยการพัฒนา และปรับโมเดลของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ให้มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดจันทบุรี จำนวน 398 คน ซึ่งเลือกมาโดยวิธีการวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดการคิดอภิมาน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เส้นทาง โดยใช้โปรแกรม LISREL version 8.30

ผลการวิจัยพบว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีค่าไค-สแควร์ 0.428 ค่าความน่าจะเป็น 0.934 ที่ชั้นความอิสระเท่ากับ 3 ค่าดัชนีความกลมกลืน 1.00 ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ 0.997 และดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณเท่ากับ 0.00 ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรียงตามลำดับดังนี้ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล การคิดอภิมาน และพฤติกรรมการสอนของครู ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมาน คือ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล และพฤติกรรมการสอนของครู มีค่าเท่ากับ 0.327 ,0.296 และ 0.086 ตามลำดับ ส่วนความเอาใจใส่ในการเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.021 โดยโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 62.60

AN ANALYSIS OF CAUSAL RELATIONSHIP OF VARIABLES INFLUENCING MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY OF MATHAYOM SUKSA III STUDENTS.

AN ABSTRACT

BY

KWANCHIRA ANAN

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree in Educational Research and Statistics

at Srinakharinwirot University

October 2003

Kwanchira Anan. (2003). *An Analysis of Causal Relationship of Variables Influencing Mathematics Problem Solving Ability of Mathayom Suksa III Students.* Master Thesis, M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Assoc. Prof. Nipa Sripairot.

The purpose of this research was to study the causal model of variables influencing mathematics problem solving ability of Mathayom Suksa III Students , by developing and modifying model of Mathematics Problem Solving Ability of Students to empirical data. The samples consisted of 398 Mathayom Suksa III students in Chantaburi Province. The instruments used for collecting data were questionnaires on learning attention, teaching behaviors of teachers, verbal aptitude test, reasoning aptitude test, background knowledge in mathematics test, metacognition test and mathematics problem solving ability test. Data were analyzed by SPSS for Windows for descriptive statistics and the LISREL version 8.30 for path analysis.

The results revealed that the fit model showed the empirical data with a χ^2 of 0.428, probility of 0.934 , degrees of freedom at 3, goodness of fit index 1.00 and root mean squared error of approximation 0.00.The variables which were positive direct effected to mathematics problem solving ability were verbal aptitude, background knowledge in mathematics, reasoning aptitude, metacognition and teaching behaviors of teachers. The variables which were indirect effected to mathematics problem solving ability through background knowledge in mathematics and metacognition were verbal aptitude, reasoning aptitude, teaching behaviors of teachers (0.327 ,0.296 and 0.086, respectively) and learning attention had indirect effected to mathematics problem solving ability through background knowledge in mathematics (0.021).The model accounted for 62.60 percent of the variance on mathematics problem solving ability.

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย

จาก

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ของ
นางสาวขวัญจิรา อนันต์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาภรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 17 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2546

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ โดยได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ และรองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ ซึ่งท่านได้ให้แนวคิด ให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดีเสมอมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประวาลพฤกษ์ และอาจารย์ ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบปริญญานิพนธ์ และได้ให้คำแนะนำที่ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำสั่งสอนข้อความรู้ต่างๆ จนทำให้ผู้วิจัยได้เกิดความรู้ ประสบการณ์ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ได้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญดังรายชื่อตามภาคผนวกทุกท่าน ที่ได้สละเวลาช่วยเหลือในการพิจารณาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

กราบขอบพระคุณบิดามารดา และพี่ๆ ที่คอยสนับสนุน ให้กำลังใจ และกำลังทรัพย์เพื่อให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วง

ขวัญจิรา อนันต์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย	4
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	สมมติฐานการวิจัย	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	เอกสารเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	10
	เอกสารเกี่ยวกับความเอาใจใส่ในการเรียน	10
	เอกสารเกี่ยวกับความถนัดทางการเรียน	16
	เอกสารเกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครู	23
	เอกสารเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์	28
	เอกสารเกี่ยวกับการคิดอภิมาน	31
	เอกสารที่เกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	35
	ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	35
	ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์	36
	ลักษณะโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจ	37
	องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	38
	เอกสารเกี่ยวกับความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น	39
	งานวิจัยในประเทศ	50
	งานวิจัยต่างประเทศ	55

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า 58
การกำหนดประชากรและเลือกกลุ่มตัวอย่าง 58
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 60
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 67
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล 68
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 69

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 74
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 74
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 75
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 76

5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ 86
ความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการศึกษาค้นคว้า 86
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า 88
อภิปรายผล 89
ข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม 95

ภาคผนวก 105

ประวัติย่อผู้วิจัย 151

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	จำนวนนักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา	59
2	ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	76
3	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	77
4	ค่าสถิติต่าง ๆ ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์	78
5	ค่าสถิติต่าง ๆ ที่ได้จากการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลที่ปรับปรุงกับข้อมูลเชิงประจักษ์	79
6	สัมประสิทธิ์มาตรฐานของอิทธิพลทางตรง(DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) และอิทธิพลรวม (TE) ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	82
7	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์	108
8	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	110
9	ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์	113
10	ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์	114

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 โมเดลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 8
2 ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ 61
3 เส้นกราฟคิวพล็อต 81
4 โมเดลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่แสดงทิศทางและค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล
มาตรฐานตามข้อมูลเชิงประจักษ์ 85

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยทั่วไปนั้น มีสองปัจจัยสำคัญ คือ ปัจจัยด้านสติปัญญา และปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับสติปัญญาโดยตรง ดังเช่นผลการศึกษาของอนาตาซี่ (Anastasi. 1970 : 107) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา (intellective factor) และองค์ประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา (Non intellective factor) ซึ่งสอดคล้องผลการศึกษาของแมดดอกซ์ (Maddox. 1965 : 9) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเชาว์ปัญญาและความสามารถทางสมองร้อยละ 50 – 60 ขึ้นอยู่กับความพยายามและวิธีการที่มีประสิทธิภาพร้อยละ 30 - 40 ขึ้นอยู่กับโอกาสและสิ่งแวดล้อมอื่นๆอีกร้อยละ 10-15 ส่วนบลูม (Bloom. 1976 : 108-110) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าควรจะมี 3 องค์ประกอบ คือ องค์ประกอบพฤติกรรมด้านพุทธพิสัย (Cognitive entry behavior) ได้แก่ความสามารถของผู้เรียน ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานของผู้เรียน องค์ประกอบคุณลักษณะด้านจิตพิสัย (Affective entry behavior) ซึ่งเป็นแรงจูงใจหรือความกระตือรือร้นในการทำงาน และองค์ประกอบด้านคุณภาพการสอน (Quality entry behavior) ซึ่งเป็นการชี้แนะ การเสริมแรง และการมีส่วนร่วม

คุณลักษณะพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นต่อการเรียนรู้คือ ความเอาใจใส่ในการเรียน ซึ่งถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ขั้นแรก (Ball. 1991 :2065-A) ความเอาใจใส่จะส่งผลให้นักเรียนมีใจจดจ่ออยู่กับสิ่งที่เรียน ซึ่งนำไปสู่ความเข้าใจและความสามารถในการจดจำหรือเรียนรู้สิ่งต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ การที่นักเรียนขาดความเอาใจใส่ในการเรียน อาจเป็นเพราะไม่เคยสร้างลักษณะนิสัยการเอาใจใส่ เมื่อเริ่มเรียนก็หันไปชวนเพื่อนคุยหรือเริ่มง่วง ขาดการวางแผนในการเรียน และการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมนอกเหนือจากภาระงานที่ครูมอบหมายให้ในชั้นเรียน ซึ่งพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมเหล่านี้ อาจทำให้นักเรียนไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนเท่าที่ควร ดังที่ปรากฏในงานวิจัยของ ฮิลเดรท (Hildreth. 1966 : 424) ที่พบว่าสาเหตุที่เด็กฉลาดจำนวนหนึ่งไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนเนื่องมาจากมีพฤติกรรมในการเรียนไม่เหมาะสม ขาดการวางแผนการทำงาน และไม่รู้จักใช้เวลาในการเรียนอย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของโฮลทซ์แมน (Holtzman. 1969 : 5) ได้ศึกษาพบว่าพฤติกรรมการเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กล่าวคือ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมที่เหมาะสมก็มีแนวโน้มจะประสบความสำเร็จในการเรียนสูง

พฤติกรรมการสอนของครูเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังที่กองวิจัยทางการศึกษา กรมวิชาการ (2531 : 61-63) ได้ศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในด้านกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ พบว่าสาเหตุที่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนการสอนโดยตรง สิ่งที่น่าสนใจประการหนึ่งที่พบในการวิจัยคือสภาพการณ์ในการสอนของครูที่มักจะสนใจในตัวผลลัพธ์หรือคำตอบที่ถูกต้องจนละเลยมองข้ามความสำคัญของกระบวนการคิดของนักเรียนไปว่านักเรียนมองหาคำตอบได้นั้นคิดอย่างไร และนักเรียนที่ตอบผิดนั้นคิดอย่างไร คิดมีเหตุผลหรือไม่

วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชานามธรรมยากแก่การทำความเข้าใจ ผู้สอนจึงต้องพยายามช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจ เพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ ดังที่ สาโรช บัวศรี (2518 : 7-9) ได้ให้ความเห็นว่าความสามารถทางการคิดแก้ปัญหาควรเป็นจุดหมายปลายทางที่สำคัญของการจัดการศึกษา ด้วยเหตุนี้ในการจัดการเรียนการสอน หากครูมีความรู้ที่ชัดเจนถึงกระบวนการคิดในวิชาคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง และทราบกระบวนการคิดภายในตัวเด็ก และพยายามช่วยเหลือให้เด็กได้พัฒนาตามขั้นตอนของกระบวนการที่ถูกต้องอย่างแท้จริง เชื่อว่านักเรียนจะสามารถทำความเข้าใจและเกิดทักษะทางการคิดในด้านคณิตศาสตร์ที่สมบูรณ์แบบ

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และความถนัดทางการเรียนต่างก็มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังงานวิจัยของมูราสกิ (Muraski. 1979 : 4104-A) ได้ทำการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกให้อ่านทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก มูเฟลดูเซ็นและจาร์แวน (อำนวย เลิศชยันตี. 2545 : 55-66 ; อ้างอิงจาก Feldhusem and Jarwan. 1995) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าความถนัดเชิงคณิตศาสตร์เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีที่สุด และความถนัดเชิงคณิตศาสตร์กับความถนัดเชิงภาษามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของคราวเดอร์ (Crowder. 1957 : 281 – 286) ศึกษาพบว่า สมรรถภาพด้านจำนวน ภาษา เหตุผล และมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ แต่ในกระบวนการเรียนการสอนนักเรียนมีความสามารถในการเรียนรู้ได้ไม่เท่ากัน เนื่องจากมีความถนัดทางการเรียนแตกต่างกัน การที่นักเรียนคนใดเรียนรู้ได้เร็วจึงหมายความว่านักเรียนผู้นั้นมีความถนัดทางการเรียนสูง จึงมีแนวโน้มที่ประสบความสำเร็จในการเรียนมากกว่าผู้ที่มีความถนัดทางการเรียนน้อยกว่าที่อาจต้องใช้เวลาในการเรียนรู้เรื่องหนึ่งๆ มากกว่า แต่สแวนซัน (Swanson. 1990 : 306 – 314) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการคิดอภิมาน และความถนัดทางการเรียนที่มีต่อ

การแก้ปัญหา และกลับพบว่าเด็กที่มีการคิดอภิมานสูงแต่มีความถนัดทางการเรียนต่ำสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าเด็กที่มีความถนัดด้านการเรียนสูงแต่มีความรู้ด้านการคิดอภิมานต่ำ

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว พบว่า ความเอาใจใส่ในการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู ความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมานต่างมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาพัฒนาและตรวจสอบโมเดลลิสเรล เพื่ออธิบายถึงปัจจัยเชิงสาเหตุต่างๆที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการแก้ปัญหา สาเหตุที่ผู้วิจัยสนใจพัฒนาและตรวจสอบโมเดลลิสเรลของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากสามารถอธิบายอิทธิพลรวม อิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมของปัจจัยต่างๆ ต่อการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนได้ชัดเจนขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้เกิดความเข้าใจว่าทำไม หรือมีตัวแปรเชิงสาเหตุใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนและมีอิทธิพลอย่างไร

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อศึกษารูปแบบของความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยด้านความเอาใจใส่ในการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู ความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมาน ที่มีทั้งอิทธิพลทางตรง (Direct effect) และทางอ้อม (Indirect effect) ต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดจันทบุรี

ความสำคัญของการวิจัย

ผลจากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ และมีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ทั้งอิทธิพลทางตรง (Direct effect) และทางอ้อม (Indirect effect) มีประโยชน์และคุณค่าในการนำไปใช้เป็นแนวทางการแก้ปัญหาการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ตลอดจนสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษารูปแบบการวิจัยความสัมพันธ์เชิงสาเหตุได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดจันทบุรี จำนวน 23 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 3,513 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดจันทบุรี จำนวน 7 โรงเรียน จำนวนนักเรียน 427 คน ซึ่งเลือกมาโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น ประกอบด้วย

1. ตัวแปรภายนอก (exogenous variables) ได้แก่
   - 1.1 ความเอาใจใส่ในการเรียน
   - 1.2 ความถนัดทางการเรียน ได้แก่
     - 1.2.3 ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา
     - 1.2.3 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล
   - 1.3 พฤติกรรมการสอนของครู
2. ตัวแปรภายใน (endogenous variables) ได้แก่
   - 2.1 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
   - 2.2 การคิดอภิมาน

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ(Linear Structural Relationship Model or LISREL Model) หมายถึง แบบจำลองที่นักวิจัยสร้างขึ้นตามพื้นฐานทางทฤษฎีแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ ซึ่งเป็นชุดสมการพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

2. การศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (A study of Linear Structural Relationship) หมายถึง การทดสอบโมเดลที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามทฤษฎี ถ้าพบว่าโมเดลเริ่มต้นไม่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ต้องมีการปรับปรุง และทดสอบซ้ำต่อไปเพื่อค้นหาโมเดลที่สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และสามารถตีความพารามิเตอร์ในโมเดลได้อย่างมีความหมาย

3. ตัวแปรที่มีอิทธิพล หมายถึง ตัวแปรที่เป็นอิสระซึ่งเป็นตัวแปรเหตุที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามซึ่งมีมากกว่า 1 ตัว แบบมีทิศทางเดียวกัน โดยมีอิทธิพลในรูปของความสัมพันธ์แบบทางตรงหรือแบบทางอ้อมต่อตัวแปรตาม ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังนี้

3.1 ความเอาใจใส่ในการเรียน หมายถึง ลักษณะเฉพาะหรือพฤติกรรมที่แสดงถึงวิธีการเรียนที่นักเรียนปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียน โดยแสดงพฤติกรรม ดังนี้

3.1.1 การค้นคว้าจากตำรา เป็นพฤติกรรมของนักเรียนในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ได้แก่ การทำแบบฝึกหัด การศึกษาเอกสารการเรียนหรือคู่มือแบบเรียน การใช้ห้องสมุด

3.1.2 การเรียนในชั้นเรียน เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่แสดงออกขณะที่อยู่ในชั้นเรียน ได้แก่ การมีสมาธิในการเรียน การจดงาน การทำกิจกรรมในการเรียน

3.1.3 การเตรียมตัวในการเรียน เป็นพฤติกรรมของนักเรียนที่ปฏิบัติก่อนเข้าชั้นเรียน ได้แก่ การเตรียมเอกสาร หรืออุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน

3.1.4 วิธีการจดจำเนื้อหา เป็นเทคนิคการจดจำเนื้อหาในการเรียนของนักเรียนแต่ละคน ได้แก่ การขีดเส้นใต้ การทำโน้ตย่อ

3.1.5 การวางแผนการเรียน เป็นวิธีการที่นักเรียนใช้ช่วยในการเตรียมตัวล่วงหน้าในสิ่งที่จะทำ ได้แก่ การส่งงานตรงเวลาที่กำหนด

3.2 พฤติกรรมการสอนของครู เป็นพฤติกรรมต่างๆที่ครูปฏิบัติเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนส่งเสริมการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวัดพฤติกรรมการสอนของครูได้ตามการรับรู้ของนักเรียน

3.3 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องที่เคยเรียนมาแล้ว ในการวิจัยครั้งนี้จะวัดเนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ได้แก่ จำนวนและตัวเลข ระบบจำนวนจริง อัตราส่วนและร้อยละ สมการและอสมการ อัตราส่วนตรีโกณมิติ พหุนาม พื้นที่และปริมาตร พหุนาม สถิติ

3.4 ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ความสามารถทางสมองอย่างหนึ่งที่สร้างสมในตัวผู้เรียน จนเกิดทักษะพิเศษที่แสดงเด่นชัดในด้านเหตุผล ด้านภาษา และคาดว่ามีส่วนส่งเสริมการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

3.4.1 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล เป็นความสามารถในการตอบคำถามโดยการสรุปผล เมื่อกำหนดข้อความให้ได้อย่างถูกต้อง

3.4.2 ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา เป็นความสามารถในการเข้าใจความหมายของภาษา สามารถอ่านจับใจความสำคัญ แปลความ ตีความแล้ววิเคราะห์ข้อความ บทกวี เรื่องราวต่างๆ ที่อ่าน

3.5 การคิดอภิมาน หมายถึง การที่บุคคลมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดของตนเอง และสามารถควบคุม จัดระบบความคิด ตลอดจนถึงการวางแผน ควบคุม ตรวจสอบ และประเมินผลกิจกรรมที่ทำไปแล้วได้

4. ตัวแปรภายนอก (exogenous variables) หมายถึง ตัวแปรที่ผู้วิจัยไม่สนใจศึกษาสาเหตุของตัวแปรเหล่านี้ ตัวแปรสาเหตุของตัวแปรภายนอกจึงไม่ปรากฏในโมเดลล

5. ตัวแปรภายใน (endogenous variables) หมายถึง ตัวแปรที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาว่าได้รับอิทธิพลจากตัวแปรใด ซึ่งสาเหตุของตัวแปรภายในจะแสดงไว้ในโมเดลอย่างชัดเจน

6. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ผู้เรียนจะต้องใช้ความรู้ ความสามารถ โดยอาศัยทักษะต่างๆที่เหมาะสมมาประกอบกันในการแก้ปัญหา

สมมติฐานการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาโมเดลลิสเรลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ตามสมมติฐาน เพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยต่างๆ โดยพิจารณาจากตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จากนั้นจึงพิจารณาตัวแปรต้นที่เกี่ยวข้องที่คาดว่าน่าจะเป็นสาเหตุ และได้กำหนดโมเดลลิสเรลตามสมมติฐานที่แสดงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

1. ความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

2. ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

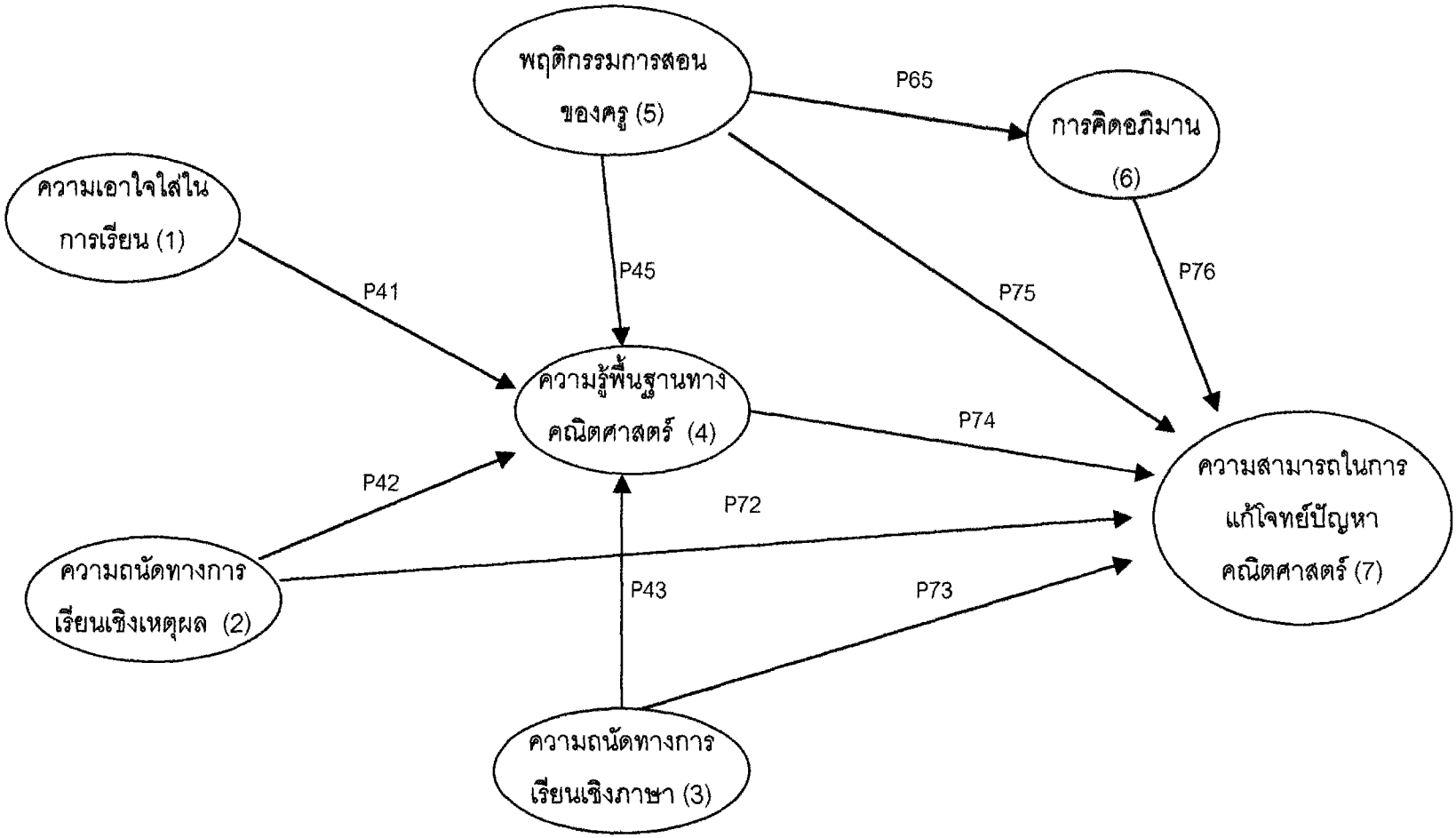
3. ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

4. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

5. พฤติกรรมการสอนของครูมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมาน

6. การคิดอภิมานมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 โมเดลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

โดยกำหนด ความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในภาพประกอบ 1 ดังนี้

⟶	แทน	ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยตัวแปรที่อยู่หางลูกศรเป็นสาเหตุ ตัวแปรที่อยู่หัวลูกศรเป็นผล
ตัวเลขในวงเล็บ	แทน	ตัวแปรแต่ละตัว
P_{ij}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพล (path coefficient)ที่คำนวณได้จากตัวแปรสาเหตุ j มีอิทธิพลต่อตัวแปรที่เป็นผล i เช่น
P_{41}	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลของตัวแปรเชิงสาเหตุหมายเลข 1 ต่อตัวแปรที่เป็นผลหมายเลข 4

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
   - 1.1 เอกสารเกี่ยวกับความเอาใจใส่ในการเรียน
   - 1.2 เอกสารเกี่ยวกับความถนัดทางการเรียน
   - 1.3 เอกสารเกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครู
   - 1.4 เอกสารเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
   - 1.5 เอกสารเกี่ยวกับการคิดอภิมาน
2. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
   - 2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
   - 2.2 ประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์
   - 2.3 ลักษณะของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ
   - 2.4 องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น
5. งานวิจัยในประเทศ
6. งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ผู้วิจัยเสนอแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ดังนี้

1.1 ความเอาใจใส่ในการเรียน

1.1.1 ความหมายของความเอาใจใส่ในการเรียน

พอค (Pauk, 1984 : 98) ให้ความหมายของ ความเอาใจใส่ว่า เป็นการทำให้ตนเองหายเข้าไปอยู่ในความคิด หรือกิจกรรมที่กำลังทำ ความเอาใจใส่เป็นลักษณะของการลืมว่ามีตนเองอยู่ จะตระหนักรู้อยู่แต่การกระทำและการคิดในขณะนั้นเท่านั้น

อัสสาจิโอริ (Assagioli, 1973 : 24-25) กล่าวว่า ความเอาใจใส่ทำให้เกิดสมาธิ ซึ่งความเอาใส่ใจนี้อาจเป็นผลมาจากความต้องการหรือความสนใจเป็นพิเศษ หากบุคคลต้องเอาใส่ใจกับสิ่งที่ตนเองไม่สนใจ จะต้องใช้ความพยายามอย่างมาก

ส่วนนักจิตวิทยาชาวตะวันตกชื่อโซโล (อำนวย เลิศชยันตี. 2545 : 51 ; อ้างอิงจาก Solo. 2001) ได้อธิบายคำนิยามทั่วไปของคำว่า ความเอาใจใส่ หมายถึง จิตใจที่เป็นสมาธิ ไม่หวั่นไหวต่อเหตุการณ์ที่จะมากระทบต่อจิตใจโดยผ่านประสาทการรับรู้ เมื่อมีการให้คำนิยามทั่วไปไว้เช่นนี้ ก็ได้มีผู้ทำวิจัยต่อมาห้าเรื่อง คือ

1. การพิจารณาสิ่งต่าง ๆ โดยอาศัยความสามารถของตนเอง และการเลือกกำหนดความเอาใจใส่ให้เกิดขึ้น
2. ระดับตัวแปรของสิ่งเร้าที่ปรากฏขึ้นมา
3. การควบคุมความเอาใจใส่
4. ความมีสมาธิ
5. ระบบประสาทสัมผัสทางสมอง

ในราวปี ค.ศ. 1958 ถือกันว่าเป็นยุคใหม่ของการศึกษาเรื่องความเอาใจใส่ บรอดเบ้นท์ (อำนวย เลิศชยันตี. 2545 : 51 ; อ้างอิงจาก Broadbent) ได้อธิบายว่าความเอาใจใส่ หมายถึง ผลที่ได้รับจากการควบคุมสมรรถภาพในส่วนที่มีการติดต่อสื่อสารให้มีอยู่ภายในวงจำกัด

หลังจากนั้นมานักการศึกษาก็ใช้แนวคิดเชิงทฤษฎีของบรอดเบ้นท์กันมากขึ้น แนวคิดนี้ได้อธิบายความหมายของการศึกษาเรื่อง ความเอาใจใส่ ดังนี้ (อำนวย เลิศชยันตี. 2545 : 52)

1. ในระหว่างการใช้ชีวิตอย่างเป็นปกติในแต่ละวันนั้น คนเราจะเลือกปฏิบัติต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆ การเลือกปฏิบัตินี้ถือเอาว่า คนเราสามารถให้ความเอาใจใส่ต่อสิ่งที่เขาสนใจบ้าง
2. ต่อไปจะมีการควบคุมสิ่งเร้าทางด้านจิตวิทยาที่เกิดขึ้นภายในสิ่งแวดล้อม
3. การตอบสนองทางกายอย่างอัตโนมัติต่อสิ่งเร้านั้น ก็จะเกิดขึ้นตามธรรมชาติอย่างอัตโนมัติ
4. การใช้สมองของคนเราเป็นส่วนเสริมสร้างความเอาใจใส่ ซึ่งจะมีปริมาณเท่าๆ กับการรับรู้ทางสมองที่ได้นำออกมาใช้ในการรับรู้การสังเกตและจดจำ
5. ความเอาใจใส่จะเป็นตัวนำพาให้ความมีสมาธิเกิดขึ้น

จากความหมายดังกล่าว พอสรุปได้ว่าความเอาใจใส่ หมายถึง พฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกหรือปฏิบัติต่อสิ่งที่ตนเองสนใจด้วยความเต็มใจ ทำให้ส่งผลต่อความตั้งใจในการทำพฤติกรรมนั้นๆ อย่างต่อเนื่อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยให้นิยามของ ความเอาใจใส่ในการเรียน (learning attention) หมายถึง วิธีการเรียนที่นักเรียนนำมาปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียน และปฏิบัติฝึกฝนเป็นประจำจนกลายเป็นนิสัย โดยเฉพาะการทำงานที่เกี่ยวกับการเรียนและการใช้เวลาในการเรียนอย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.1.2 ระดับความเอาใจใส่ในการเรียน

กู๊ด และ โบรฟี (เพียงเพ็ญ จิรชัย. 2540 : 17-18 ; อ้างอิงจาก Good and Brophy, 1984) ได้กล่าวถึงความเอาใจใส่ตามเกณฑ์ประเมินของเขาว่า หมายถึงการที่นักเรียนให้ความสนใจกับครูผู้สอน กับงานที่อยู่ในมือ หรือให้ความเอาใจใส่กับกิจกรรมต่างๆ ในห้องเรียนอย่างเหมาะสม พฤติกรรมที่แสดงถึงความเอาใจใส่ในการเรียน เช่น การประสานสายตา การนั่งตัวตรงหันหน้าไปยังผู้สอน การตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในกิจกรรม พฤติกรรมที่แสดงถึงการขาดความเอาใจใส่ทางการเรียน เช่น การลุกเดินไปเดินมา ทำพฤติกรรมอื่นๆ มากกว่าที่จะให้ความสนใจในกิจกรรมของห้อง

นอกจากนี้กู๊ด และ โบรฟี ยังได้เสนอแนวทางในการประเมินการขาดความเอาใจใส่ของนักเรียน ดังนี้

1. ไม่นั่งเป็นที่เป็นทาง เดินไปรอบห้องในเวลาที่ไม่เหมาะสม
2. อ่านหนังสือระหว่างการอภิปรายในห้อง
3. มีการพูดคุยกัน
4. นั่งบนขอบโต๊ะ
5. อมดินสอหรือปากกา
6. ฟุบหลับบนโต๊ะ
7. ถามคำถามที่ไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมในห้องเรียน หรือมองไปในที่สิ่งไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมในห้องเรียน

พฤติกรรมที่แสดงถึงความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียน ได้แก่

1. ยกมืออาสาสมัครตอบคำถาม
2. ประสานสายตา มองตามการเคลื่อนไหวของครู
3. หันไปดูเพื่อนที่กำลังสาธิตกิจกรรมในห้องเรียน
4. รับผิดชอบทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมาย
5. ถ้าเป็นช่วงกิจกรรมอิสระ นักเรียนรับผิดชอบทำงานของตน

1.1.3 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อความเอาใจใส่ในการเรียน

พอค (Pauk, 1984 : 73-83) ได้เสนอแนะสิ่งที่มีอิทธิพลต่อความเอาใจใส่ในการเรียนไว้ดังนี้

1. สิ่งรบกวนจากภายนอก ในห้องเรียน หรือห้องสมุดอาจเต็มไปด้วยสิ่งรบกวน เช่น การเดินไปเดินมา เสียงพูดคุย นักเรียนจึงควรเลือกที่นั่งเรียนที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้เกิดความเอาใจใส่ และถูกรบกวนน้อยลง สิ่งรบกวนจากภายนอก ได้แก่

1.1 สถานที่เรียน สถานที่มีอิทธิพลต่อความเอาใจใส่ นอกจากที่ผู้เรียนจะใช้สถานที่ที่โรงเรียนแล้ว การจัดสถานที่สำหรับค้นคว้าที่บ้านก็มีความสำคัญ ควรจะมีโต๊ะทำงานสำหรับ

การทำการบ้านและอ่านหนังสือ มีอุปกรณ์ต่างๆที่หยิบใช้ได้สะดวกและเป็นส่วนตัว นักจิตวิทยาได้เน้นถึงผลของการวางเงื่อนไขระหว่างโต๊ะเรียนกับผู้เรียน คือ เมื่ออยู่ที่โต๊ะแล้วผู้เรียนนั่งหลับหรือคิดฟุ้งซ่าน โต๊ะเรียนอาจกลายเป็นสัญลักษณ์ของการง่วงนอน หรือคิดฟุ้งซ่านได้ ทำให้เกิดพฤติกรรมนั้นบ่อยๆ ดังนั้นจึงควรใช้โต๊ะเรียนเพื่อการศึกษาโดยเฉพาะ หากต้องการจะหลับควรลุกจากโต๊ะ สถานที่เรียนควรเป็นที่สำหรับศึกษาเล่าเรียนเพียงอย่างเดียว และเป็นที่ที่ทำให้รู้สึกสะดวก มั่นคง และโต๊ะที่ใช้เรียนหรือเขียนหนังสือควรเป็นโต๊ะที่หน้าเรียบหรือลาดเอียงเล็กน้อย มีขนาดกว้างพอที่จะวางหนังสือได้

1.2 อุปกรณ์การเรียน และเครื่องใช้ต่างๆ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนควรเป็นอุปกรณ์ที่ให้ความสะดวก เช่น เก้าอี้ที่นั่งได้สะดวก มีชั้นวางหนังสือหรือที่กั้นหนังสือเพื่อจัดเก็บหนังสือให้เป็นระเบียบเรียบร้อย อุปกรณ์ต่างๆ ควรเตรียมให้พร้อม เพื่อสะดวกในการหยิบใช้ การต้องลุกจากโต๊ะเพื่อไปหาอุปกรณ์เล็กๆ น้อยๆ เป็นสิ่งรบกวนความเอาใจใส่ในการศึกษาค้นคว้าได้เช่นกัน

1.3 แสงสว่าง แสงสว่างมีอิทธิพลมากต่อการขาดความเอาใจใส่ในการเรียน มีงานวิจัยรายงานว่า การได้รับแสงสว่างไม่เพียงพอเป็นสาเหตุของการปวดตา ความเครียด ปวดหัว และการนอนหลับ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งรบกวนต่อความเอาใจใส่ ในการสร้างคุณภาพของแสงสว่างที่ดีนั้นมี 3 ขั้น คือ

1.3.1 ขจัดแสงสะท้อนที่เข้าตาซึ่งอาจมาจากหลอดไฟหรือพื้นที่สะท้อนแสง การแก้ไขจึงควรใช้หลอดไฟฟ้าแบบมีโคมคลุมหลอด หรือแก้ไขโดยการจัดโต๊ะให้อยู่ในระดับที่ไฟจากเพดานตกลงบนโต๊ะพอดี

1.3.2 ขจัดเงาที่เกิดจากพื้นที่สว่างกับพื้นที่มืด เงาที่ตกบนหนังสือทำให้เกิดอาการปวดตา การแก้ไขควรติดไฟฟ้าไว้ 2 แห่งภายในห้องเพื่อให้แสงสว่างทั่วถึงซึ่งจะช่วยขจัดเงา หากไม่สามารถติดตั้งที่เพดานห้องได้ทั้ง 2 ดวง อาจจะต้องใช้โคมไฟตั้งโต๊ะช่วยให้แสงสว่างมากขึ้น

1.3.3 ขจัดแสงริบหรี่ แสงริบหรี่ทำให้ต้องเพ่งสายตามากดังนั้นหากแสงไฟในห้องน้อยเกินไป ควรติดหลอดไฟฟ้าเพื่อเพิ่มช่วยให้มีแสงสว่างเพิ่มขึ้น แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการช่วยเสริมสร้างสมาธิ หากแสงสว่างน้อยเกินไปจะทำให้เกิดความรู้สึกเบื่อหน่าย และเป็นสาเหตุให้เกิดอาการปวดตา

1.4 เสียง สถานที่เงียบๆจะช่วยให้เกิดความเอาใจใส่ในการเรียน การหาสถานที่เงียบๆ จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง หากห้องสมุดหรือที่ใดก็ตามเป็นที่ๆ ช่วยให้เกิดความเอาใจใส่ควรใช้สถานที่นั้นเสมอ เพราะการใช้เวลาอ่านหนังสือย่อหน้าเดียวซ้ำแล้วซ้ำเล่าเนื่องจากมีเสียงรบกวนเป็นสิ่งที่เสียเวลามาก ซึ่งเสียงต่างๆในสภาพแวดล้อมเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งที่ขัดขวางการเรียน

2. สิ่งรบกวนจากภายใน ได้แก่ ปัญหาต่างๆ ที่ทำให้เกิดความวิตกกังวล ความเครียด ปัญหาความเจ็บป่วย สุขภาพ ปัญหาส่วนตัวต่างๆ มีผลสำคัญต่อความเอาใจใส่ในการเรียน นักเรียนหลายคนมีปัญหาที่รบกวนการเรียนหลายรูปแบบ ปัญหาเหล่านี้มักทำให้เกิดความกังวลและความคับข้องใจ ทำให้อารมณ์สับสน นักเรียนที่มีปัญหาส่วนตัวที่ยังไม่ได้แก้ไขจึงมักหมกมุ่นอยู่กับความวิตกกังวลมากกว่าจะเอาใจใส่กับการเรียน

สิ่งรบกวนจากภายในต่างๆ ได้แก่

2.1 การฝันกลางวัน การฝันกลางวันเป็นต้นเหตุหนึ่งของปัญหาทางอารมณ์ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อนักเรียนในขณะที่เรียน หรือขณะทำงานที่ครูมอบหมาย

2.2 ความกังวล เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเหน็ดเหนื่อย และเป็นอุปสรรคต่อการนอนหลับ อารมณ์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ อาจเป็นสาเหตุของระบบการย่อยอาหารผิดปกติ อาการปวดหัว การเต้นของหัวใจผิดปกติ และการเจ็บป่วยทางกายอื่นๆ ความกังวลจะเป็นประโยชน์เมื่อทำให้บุคคลเกิดความพยายามที่จะทำสิ่งต่างๆ ให้สำเร็จ แต่ความกังวลจะกลายเป็นปัญหาเมื่อทำให้เกิดความตึงเครียด หรือความคิดที่ไม่มีประสิทธิภาพ

2.3 ความตึงเครียด ความรู้สึกขัดแย้ง ความคับข้องใจ เป็นสาเหตุของพฤติกรรมเก็บกดและความคิดสับสน การเก็บกดความรู้สึกไม่ดีไว้มีผลให้ความตึงเครียดที่มีอยู่อาจปรากฏออกมาในลักษณะการลงโทษตนเองเมื่อล้มเหลว การคิดแค้น ฯลฯ

2.4 ความรู้สึกผิด เป็นสาเหตุให้เกิดความเครียดซึ่งรบกวนต่อการเรียน

2.5 ความรู้สึกด้อย หรือความรู้สึกขาด เป็นปัญหาส่วนตัวที่มีผลเสียต่อการเรียนของนักเรียนจำนวนมาก เช่น นักเรียนที่เห็นตนเองเป็นคนโง่ เป็นคนเกียจคร้าน หรือเป็นนักเรียนไม่ดี ย่อมส่งผลให้เรียนไม่ดีด้วย

พอค (Pauk) ได้เสนอแนะวิธีทำให้สิ่งที่รบกวนภายในลดลง โดยให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

1. วางแผนล่วงหน้า การเตรียมตัววางแผนล่วงหน้าในสิ่งที่จะทำ การไม่ตัดสินใจว่าจะศึกษาวิชาอะไร เมื่อไร โดยเฉพาะวิชาที่ต้องใช้เวลามากๆ จะทำให้เกิดทัศนคติทางลบต่อการเรียน การวางแผนล่วงหน้าจะช่วยให้บุคคลสามารถเอาชนะอุปสรรคได้

2. อย่าฝันกลางวัน การฝันกลางวันเป็นวิธีหลบหนีจากงาน และทำให้เสียเวลา หากสามารถพอใจกับสิ่งที่เป็นอยู่ในขณะนั้นจะช่วยให้ใช้เวลาได้อย่างมีค่า ซึ่งจะทำให้งานบรรลุเป้าหมาย ดังนั้นการสร้างนิสัยการทำงาน โดยมุ่งเข้าหางานโดยตรงจะทำให้เกิดศักยภาพในการทำงาน

3. พัฒนาวิธีการแก้ปัญหาส่วนตัวที่รบกวนการทำงาน ถ้าหากนักเรียนไม่สามารถเรียนได้เพราะใจกังวลกับปัญหา ควรหาวิธีแก้ไข เช่น พยายามเอาชนะปัญหาด้วยตนเอง ถ้าหากไม่สามารถแก้ปัญหาได้ ควรขอความช่วยเหลือจากเพื่อน หรือนักจิตวิทยาการปรึกษาเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

4. ความกังวลที่มีสาเหตุมาจากความเบื่อหน่ายวิชาที่เรียน ในแต่ละภาคเรียนอาจจะมีวิชาที่ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ความเบื่อหน่ายอาจกลายเป็นความกังวลที่รบกวนการเรียน วิธีการที่จะช่วยลดความกังวลในสถานการณ์เช่นนี้ คือ เล่าให้ครูฟัง ซึ่งครูอาจช่วยได้และเป็นโอกาสที่ครูกับนักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนทัศนะต่อกัน

5. ตั้งเป้าหมายที่เป็นจริง เป็นการตั้งเป้าหมายเพื่อการเรียน ถ้านักเรียนเรียนหนักมาทั้งวัน การตั้งเป้าหมายโดยใช้เวลาศึกษาในช่วงกลางคืนมากๆ อาจจะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร หรือบางคนอาจจะไม่เคยวางแผนการใช้เวลาเลย ดังนั้นเพื่อความสำเร็จในการเรียน การเปลี่ยนแปลงนิสัยเป็นสิ่งที่ต้องทำ หากในแต่ละวันสามารถจะใช้เวลาศึกษาได้แม้เพียงไม่มากนัก นักเรียนก็จะมีโอกาสประสบความสำเร็จตามเป้าหมายได้

6. ควรมีสมุดจดบันทึกเพื่อช่วยเตือนความจำเกี่ยวกับการนัดหมาย หรือการส่งงานที่ครูมอบหมาย การมีสมุดจดบันทึกจะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสเตรียมตัวและวางแผน

พอค (Pauk. 1984 : 84) ได้เสนอแนะวิธีการเรียนที่ดีสำหรับนักเรียน ดังนี้

1. พยายามจัดการอภิปรายกลุ่มย่อย โดยเน้นในวิชาที่ยาก หรือวิชาที่รู้สึกเบื่อในระหว่างการแลกเปลี่ยนการอภิปรายกันนั้น นักเรียนอาจจะรู้สึกสนใจและกระตือรือร้นในวิชานั้นมากขึ้น

2. หาเพื่อนช่วยติว เมื่อรู้สึกว่าประสบปัญหาในการเรียนควรหาเพื่อนร่วมชั้นที่เข้าใจในวิชาเรียนนั้นๆ และมีการเตรียมตัวพร้อมช่วยติวให้ เพื่อนอาจจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ในระยะเวลาสั้นๆ

3. อ่านตำราหลายๆเล่ม ตำราบางเล่มจะเข้าใจได้ยากกว่าเล่มอื่นๆเนื่องจากวิธีการเขียนของผู้เขียนแต่ละคนไม่เหมือนกัน ดังนั้นนักเรียนจึงควรเข้าห้องสมุดหาหนังสือหัวข้อเดียวกันที่มีผู้แต่งคนอื่นเขียนไว้ การได้อ่านหนังสือหลายๆ เล่ม จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนมากขึ้น

4. การใช้หนังสือคู่มือหรือเอกสารประกอบการเรียน เนื่องจากนักเรียนจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับเนื้อหาการเรียน จำเป็นต้องฝึกฝนและการเรียนรู้ นักเรียนอาจใช้หนังสือคู่มือในการฝึกปฏิบัติ โดยเริ่มจากโจทย์ง่ายๆ ก่อน ผลจากการแก้โจทย์ได้ในขั้นต้นจะช่วยให้นักเรียนมีความเอาใจใส่และจดจำได้มากขึ้น

สมิธ (Smith. 1970 : 2-35) ได้กล่าวไว้ว่า นักเรียนจะสามารถประหยัดเวลาได้ 1 ใน 4 ถึง 1 ใน 3 ของเวลาที่เคยใช้ ถ้ารู้จักจัดระบบวิธีการเรียนให้มีประสิทธิภาพ โดยการกำหนดตารางเวลาในการเรียน โดยแน่ใจว่าได้ให้เวลาแต่ละวิชาอย่างเพียงพอ และบังคับให้ตนเองปฏิบัติตามตารางนั้น จัดสถานที่ทำงานให้เหมาะสม ตั้งสมาธิให้แน่วแน่ปราศจากสิ่งรบกวน และทำงานที่ได้รับมอบหมายในแต่ละวันให้เสร็จ นอกจากนี้ยังได้ เสนอแนะวิธีการเรียนที่ดีโดยให้ปรับปรุงด้านต่างๆ ดังนี้

1. การอ่านหนังสือต้องอ่านให้เร็ว เพื่อช่วยให้อ่านเนื้อเรื่องได้มากกว่า หรือทบทวนข้อความเดิมหลายๆ ครั้ง ในเวลาอันจำกัด และต้องเข้าใจเนื้อหาที่อ่าน โดยจับใจความของเรื่องนั้นให้ได้

2. การขีดเส้นใต้ เพื่อเน้นจุดสำคัญที่อาจเป็นปัญหา ข้อเท็จจริง ความคิดเห็นของผู้เขียนเพื่อจำไว้ หรือเห็นได้ง่าย ชัดเจน หรือแสดงจุดอ่อนที่ยังไม่เข้าใจ

3. การจดโน้ต การจดโน้ตส่วนสำคัญที่ได้อ่านหรือรับฟังจะช่วยให้จำได้

4. การทบทวน หลังจากที่ได้เรียนมาแล้ว จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทบทวนเรื่องที่เรียนแล้วโดยใช้เวลาช่วงหนึ่ง เพื่อคงความรอบรู้เรื่องนั้นๆ ไว้

5. การเขียน หรือทำการบ้านที่ไม่เข้าใจ อาจเนื่องมาจากไม่รู้เรื่องนั้นจริงๆ ซึ่งอาจปรับปรุงได้โดยการศึกษาให้เข้าใจ

6. การศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม เช่น การใช้ห้องสมุด การใช้เครื่องมือช่วยในการเรียน เช่น ตาราง แผนที่ จะทำให้เข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น

1.2 เอกสารเกี่ยวกับความถนัดทางการเรียน

1.2.1 ความหมายของความถนัดทางการเรียน

ความถนัดตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า "Aptitude" ซึ่งมีรากศัพท์มาจาคำว่า "Aptus" ในภาษาละติน มีความหมายว่า "เหมาะ" หรือ "เหมาะสม" ดังที่นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของความถนัดไว้ เช่น

บิงแฮม (Bingham. 1937:18) ได้ให้ความหมายว่าความถนัดเป็นสภาวะอันแสดงความเหมาะสมของบุคคล ที่สำคัญประการแรก คือ ความพร้อมที่เกิดจากความชำนาญ และความพร้อมที่เกิดจากความสนใจ

เฮพเนอร์ (Hepner. 1950 : 118) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่าเป็นระดับความสามารถในการใช้ประสบกาณ์ของแต่ละบุคคลมาแก้ปัญหาเฉพาะหน้า และสามารถทำนายเหตุการณ์ในอนาคตได้

ฟรีแมน (Freeman. 1966 : 431) ได้ให้ความหมายว่าความถนัดเป็นผลรวมของคุณลักษณะต่างๆ ที่ชี้ให้เห็นความสามารถของแต่ละบุคคล ในการได้มาซึ่งความรู้ ทักษะ หรือการตอบสนอง

ซูเปอร์ (Super. 1949 : 58-59) กล่าวว่าความถนัดเป็นลักษณะรวมๆ ที่ทำให้บุคคลหนึ่งสามารถเรียนรู้ได้ ความถนัดไม่ จำเป็นต้องเป็นสภาวะอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่ควรเป็นสภาวะหลายๆ อย่างมารวมกันในตัวบุคคลหนึ่งกับอีกคนหนึ่ง

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน (2532 : 73-72) อธิบายว่า ความถนัด หมายถึง ความสามารถในการที่จะเรียนรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหลายสิ่ง เป็นศักยภาพในการทำกิจกรรมต่างๆ ถ้าได้รับความรู้หรือมีการฝึกปฏิบัติ โดยมีการจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือความถนัดทางวิชาการ (academic aptitude) เป็นความสามารถที่เป็นพื้นฐานเอื้อต่อการเรียน ซึ่งได้ แก่ความสามารถทางภาษา การคำนวณ การวิเคราะห์หาเหตุผล และความถนัดเฉพาะอย่าง (specific aptitude) ได้แก่ ความถนัดทางดนตรี ศิลปะ ช่าง หรือทางวิชาชีพ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541:15-16) ได้ประมวลความหมายของความถนัดจากผู้รู้ต่างๆไว้หลากหลายดังนี้

วอร์เร็น (warren. 1934) ให้ความหมายของความถนัดว่าเป็นความสามารถอันได้จากการฝึกฝนความรู้ ทักษะหรือสิ่งตอบสนองเฉพาะอย่าง

อิงลิชและอิงลิช (English and English. 1961) ให้ความหมายของความถนัดว่าเป็นวิสัยความสามารถที่เกิดได้จากประสบการณ์ จากการฝึกอบรมทั้งในและนอกระบบ

ครอนบัค (Cronbach. 1963) ให้ความหมายของความถนัดทางการเรียนว่าเป็นกลุ่มความสามารถทางสมองที่ร่วมกันทำงานเพื่อเพิ่มพูนความสำเร็จในกิจกรรมทางปัญญา

บราวน์ (Brown. 1970) ให้นิยามความถนัดว่าเป็นพลังในการเรียนรู้ที่จะทำงานหนักได้ และยังเปรียบเทียบว่าความสามารถ (ability) เกี่ยวข้องกับสภาพปัจจุบัน ส่วนความถนัดเกี่ยวข้องกับเรื่องในอนาคต นั่นคือ ความถนัด + การฝึกฝน = ความสำเร็จ

ชวาล แพรัตกุล (2513) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่าเป็นขีดระดับความสามารถขั้นสูงสุดที่อาจมีได้ต่อการเรียนรู้ และฝึกฝนในวิทยาการ ตลอดจนทักษะต่างๆ หากบุคคลได้รับการฝึก และได้รับประสบการณ์ที่เหมาะสม และยังได้เสนอความหมายของความถนัดไว้อีก 5 ประการ คือ

1. ความถนัดไม่หมายถึงความรู้ ความถนัดไม่วัดสิ่งที่จะระลึกออกมาตรงๆ ไม่ใช่ตัวความรู้ แต่จะต้องเป็นตัวพลังงานหรือความสามารถชนิดพิเศษของจิตที่สามารถนำความรู้จากหน่วยย่อยๆ นั้นมาผสมแล้วแยก หรือนำมาย่นย่อแล้วขยาย หรือนำมากระจายแล้วจัดระเบียบใหม่จนในที่สุดเกิดเป็นนามธรรมชั้นสูงที่แปลกออกมาอีกชนิดหนึ่ง ที่มีโครงสร้างผิดแผกไปจากเดิม สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาใหม่ๆ ที่ยังไม่เคยพบมาก่อนได้อย่างสมเหตุสมผล

2. ความถนัดไม่หมายถึงความเร็ว ความถนัดไม่ถือความเร็วเป็นปัจจัยสำคัญ แต่ถือระดับความยากของงานเป็นหลักในการพิจารณา คือ ถ้าใครสามารถทำงานที่ยากและซับซ้อนได้ถูกต้องมาก ก็เรียกว่าเป็นคนฉลาดมาก มีปัญญามาก

3. ความถนัดไม่หมายถึงกรรมพันธุ์

4. ความถนัดไม่หมายถึงความสามารถอย่างเดียว สมองมนุษย์ประกอบด้วยความสามารถหลายๆ อย่าง ความถนัดนอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับความสามารถแต่ละชนิดแล้วยังขึ้นอยู่กับสัดส่วนของความสามารถเหล่านั้นด้วย ถ้าบุคคลใดมีทั้งชนิดและสัดส่วนเด่นด้อยในด้านใดแล้ว ก็จะมีความโน้มเอียงที่จะเรียนหรือประสบความสำเร็จในด้านนั้นๆ มากกว่าด้านอื่น

5. ความถนัดไม่หมายถึงพรหมลิขิต

จากความหมายของความถนัด สรุปได้ว่า ความถนัดเป็นความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์จากการฝึกฝนตนเอง และมีการสั่งสมไว้จนเกิดทักษะพิเศษเด่นชัดด้านใดด้านหนึ่ง

1.2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความถนัด

นักจิตวิทยาได้สนใจศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความสามารถทางสมองของมนุษย์เป็นเวลานาน โดยระยะแรกมีความเชื่อว่าเชาว์ปัญญาเป็นลักษณะอันหนึ่งเดียวไม่แบ่งแยก ตามแนวคิดของ บิเน่ท์ และซิมอน (Binet and Simon) ต่อมาในปี ค.ศ.1927 สเปียร์แมน (Spearman) ได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถทางสมองพบว่า มีสององค์ประกอบคือ องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) และองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors) แต่ในปี ค.ศ. 1933 เทอร์สโตน (Thurstone. 1933 : 371) พบว่าความสามารถทางสมองมีหลายองค์ประกอบ และในปี ค.ศ.1967 กิลฟอร์ด (Guilford. 1967) ได้นำเสนอโครงสร้างทางสมองของมนุษย์เป็น 3 มิติ จากทฤษฎีดังกล่าวข้างต้นมีรายละเอียด ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 42-45)

1. **ทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว** (Uni-factor Theory) หรือบางทีเรียกว่า Global Theory ผู้ที่คิดทฤษฎีนี้ คือ บิเน่ และซิมอน (Binet and Simon.) ได้เสนอโครงสร้างของความสามารถทางสมองว่าเป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยๆ คล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป (General Ability) นั่นเอง

2. **ทฤษฎีสององค์ประกอบ** (Bi- factor Theory) เป็นทฤษฎีที่เกิดจากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยกระบวนการทางสถิติของสเปียร์แมน (Spearman.) ในปี 1972 ซึ่งพบว่ากิจกรรมทางสมองของมนุษย์ทั้งหลายมีองค์ประกอบอยู่ 2 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) เรียกย่อว่า G-Factor กับองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) เรียกย่อว่า S-Factor โดยองค์ประกอบทั่วๆ ไปนี้จะสอดแทรกอยู่ในทุกๆ อิริยาบถของความคิดและการกระทำของมนุษย์ทุกๆ คน ซึ่งแต่ละคนจะมีองค์ประกอบทั่วๆไป นี้มากน้อยแตกต่างกันไป ส่วนองค์ประกอบเฉพาะนั้น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้มนุษย์มีความแตกต่างกัน และเป็นความสามารถพิเศษที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล เช่น ทักษะทางเครื่องยนต์กลไก การดีดกีตาร์ การแต่งเพลง เป็นต้น

3. **ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ** (Multiple- factor Theory) เทอร์สโตน (Thurstone) ได้วิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถปฐมภูมิของสมอง (Primary Mental Ability) โดยยึดน้ำหนักองค์ประกอบเด่นๆ (Loading Factor) เป็นสำคัญ 7 ประการ คือ

3.1 องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor หรือ V-Factor) เป็นความสามารถในการเข้าใจภาษาและการสื่อสารทั่วๆไป ความสามารถในการเอาเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์ได้อย่างดี

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Word Fluency Factor หรือ W-Factor) เป็นความสามารถที่จะใช้คำได้มากในเวลาจำกัดได้ถูกต้องรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้มีความสามารถในการเจรจา และการประพันธ์ทั้งร้อยแก้วและร้อยกรองตอบโต้ทันทีทันใด

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor หรือ N-factor) เป็นความสามารถในการคิดคำนวณเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวเลขได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว สามารถมองเห็นความสัมพันธ์และความหมายของจำนวน มีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตได้เป็นอย่างดี

3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Factor หรือ S-factor) เป็นความสามารถในการมองเห็น หรือมโนภาพในการหมุนรูปทรงเรขาคณิตในมิติต่างๆ สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่างๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิต เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งหรือหมุนภาพนั้นไปจากเดิม ซึ่งต้องใช้องค์ประกอบด้านจินตนาการร่วมกัน

3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor หรือ M-factor) เป็นความสามารถด้านการระลึก และจดจำเหตุการณ์หรือเรื่องราวต่างๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

3.6 องค์ประกอบด้านสังเกตและพิจารณา(Perceptual Speed Factor หรือ P-factor) เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียด ความเหมือน ความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor หรือ R-factor) เป็นความสามารถในการจัดประเภท อุปมาอุปมัย และสรุปความได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

4. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three faces of Intellect Model) ผู้เสนอทฤษฎีนี้คือ กิลฟอร์ด (Guilford) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะโดย จัดระบบของคุณลักษณะให้อยู่ในรูปใหม่เป็นลูกบาศก์รวม120 ก้อน และนิยามคุณลักษณะของเชาว์ปัญญาเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 กระบวนการหรือวิธีการคิด (Operation) มีส่วนประกอบย่อย 5 ส่วน คือ

1. การรู้การเข้าใจ (Cognition) ความสามารถที่มองเห็นสิ่งเร้าแล้วรับรู้ และเข้าใจ บอกได้ว่าสิ่งนั้นคืออะไร

2. ความจำ (Memory) เป็นความสามารถในการสะสมเก็บข้อมูลต่างๆ ที่รู้จักไว้ และสามารถระลึกออกมาได้ในรูปแบบเดิมที่จำได้ เห็นรูปมะม่วงก็จำได้ว่ามีลักษณะ สีอะไร ต่อไปมีใครถามถึงลักษณะของมะม่วงก็สามารถอธิบายได้

3. การคิดเอกนัย (Convergent Production) เป็นความสามารถในการคิดหาคำตอบหรือสามารถสรุปข้อมูลที่ดีที่สุด ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว เช่น ถามว่าจำนวนที่บวก 5 แล้วเท่ากับ 5 คือเลขใด คำตอบคือ 0 เป็นต้น

4. การคิดอเนกนัย (Divergent Production) เป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่บุคคลที่สามารถให้ข้อมูลต่างๆได้โดยไม่จำกัดจำนวนจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ เช่น จงบอกชื่อดอกไม้ที่มีกลิ่นหอม ถ้าหากว่าใครตอบได้มาก แปลกที่สุดแตกต่างจากคนอื่น แสดงว่าบุคคลนั้นมีความคิดอเนกนัย

5. การประเมินค่า (Evaluation) เป็นความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถหาเกณฑ์ที่ดีที่สุด สมเหตุสมผลจากข้อมูลที่กำหนดให้ ลงสรุปได้ว่าข้อมูลดังกล่าวเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Contents) เป็นด้านที่ประกอบด้วยข้อมูลและสิ่งเร้าต่างๆ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ภาพ (Figural) เป็นข้อมูลในด้านรูปธรรม สามารถจับต้องได้ สัมผัสได้ สามารถที่จะรับรู้และระลึกออกมาได้ เช่นภาพเด็ก ภาพต้นไม้ เป็นต้น

2. สัญลักษณ์ (Symbolic) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปเครื่องหมายต่างๆ เช่น ตัวอักษร ตัวเลข ตัวโน้ตทางดนตรี รวมถึงสัญญาณต่างๆ ด้วย

3. ภาษา (Semantic) ข้อมูลที่เป็นถ้อยคำ คำพูด ภาษาใบ้ หรือภาษาเขียนที่มีความหมายใช้ติดต่อสื่อสารกันได้ แต่ส่วนใหญ่มองในแง่การคิดมากกว่าการเขียน

4. พฤติกรรม (Behavior) เป็นข้อมูลที่อยู่ในรูปกิริยาอาการของมนุษย์ เป็นการแสดงออกรวมถึงทัศนคติ ความต้องการ การรับรู้ ความคิด เป็นต้น

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Productions) เป็นผลของกระบวนการจัดกระทำของความคิดกับข้อมูลจากวิธีการคิด และเนื้อหา ซึ่งแยกเป็น 6 ส่วน คือ

1. หน่วย (Unit) สิ่งที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างไปจากสิ่งอื่นๆ เช่น ปลา นก แมว ช้าง เก้าอี้ ช้อน เป็นต้น

2. จำพวก (Class) เป็นชุดของสิ่งที่มีลักษณะบางอย่างร่วมกัน เช่น มะลิ กุหลาบ เป็นดอกไม้ที่มีกลิ่นหอมเหมือนกัน

3. ความสัมพันธ์ (Relation)เป็นผลของการโยงความคิดตั้งแต่สองประเภทขึ้นไปเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจจะเป็นหน่วยกับหน่วย จำพวกกับจำพวกก็ได้ เช่น ครูกับกระดานดำ นักเรียนกับกระดาน เป็นความสัมพันธ์ของอาชีพกับเครื่องมือ เป็นต้น

4. ระบบ (System) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผลที่ได้หลายๆ คู่เข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบแบบแผนอย่างใดอย่างหนึ่งแน่นอน เช่น 2 4 6 8 ..... เป็นเลขระบบเลขคู่

5. การแปลงรูป (Transformation) เป็นการเปลี่ยนแปลง ปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่แล้วให้อยู่ในรูปใหม่ อาจจะเป็นการจัดรูปแบบใหม่ การขยายความ หรือการจัดองค์ประกอบที่กำหนดให้เสียใหม่ ให้มีรูปร่างต่างไปจากเดิม

6. การประยุกต์ (Implication) เป็นการนำข้อมูลไปใช้ขยายความเพื่อการพยากรณ์ การคาดคะเน หรือการทำนายจากข้อมูลที่กำหนดให้

5. ทฤษฎีไฮราชิคัล (Hierarchical Theroy) เป็นนักทฤษฎีนักจิตวิทยากลุ่มหนึ่งซึ่งมี เวอร์นอน เบิร์ท และ ฮัมฟเรย์ ได้เสนอโครงสร้างของความสามารถทางสมองหรือเชาว์ปัญญาตามแบบของสเปียร์แมน ว่าองค์ประกอบทั่วไป (G-Factor) แบ่งออกเป็นองค์ประกอบใหญ่ๆ ที่เรียกว่า Major Group Factor ได้ 2 องค์ประกอบ ดังนี้

5.1 Verbal-Education (V:Ed) ได้แก่ ความสามารถทางภาษา และตัวเลข

5.2 Practical - Mechanical (K:M) ได้แก่ ความสามารถทางเครื่องกล ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถในการใช้กล้ามเนื้อ

1.2.3 การวัดความถนัดทางการเรียน

การวัดความถนัดของบุคคลสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการวัดความสามารถทางคณิตศาสตร์ ความสามารถทางภาษา เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม สเปียร์แมน (Speraman) ได้ตั้งข้อสังเกตว่าข้อคำถามต่างๆที่ใช้วัดความสามาถทางด้านภาษา สามารถสะท้อนระดับสติปัญญาทั่วไปโดยรวมของบุคคลได้มากกว่าข้อคำถามที่ใช้วัดความถนัดในด้านอื่นๆ เช่น คณิตศาสตร์ หรือการใช้เหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ เป็นต้น

เผียร ไชยศร (2540 : 40) ได้อธิบายความแตกต่างระหว่างความถนัดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ความถนัดเป็นความสามารถหรือขีดความสามารถในการเรียนรู้ของแต่ละบุคคลที่ต้องใช้หรืออาจไม่ต้องใช้ในสถานศึกษาก็ได้ ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลลัพธ์ที่ได้มาจากสถานศึกษา หรือสิ่งที่ได้สั่งสอนฝึกอบรมมาเป็นส่วนใหญ่ ความถนัดมีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็มีผลต่อความถนัดเช่นเดียวกัน

ท 237742 ๑

อย่างไรก็ตาม มีงานวิจัยหลายเรื่องได้สรุปว่า ความถนัดสามารถใช้พยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีกว่าการใช้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพยากรณ์ความถนัด

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541 : 18-20) ก็ได้อธิบายถึงความแตกต่างระหว่างการวัดความถนัดกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าความถนัดเป็นความสามารถที่สั่งสมนานความสามารถใดที่จิตใจมีจิตผูกพันมาก ก็จะสั่งสมได้มากกว่าความสามารถอื่นๆ ถ้าพบกิจกรรมใดที่ตรงกับที่ใจผูกพันก็พร้อมที่จะทำและค้นหาความจริงเพื่อให้เกิดประสบการณ์ความชำนาญในความสามารถด้านนั้น ความถนัดจึงมีลักษณะเป็นโครงสร้าง ไม่มีเนื้อหาโดยเฉพาะเมื่อสร้างเป็นข้อสอบความถนัดจึงมีลักษณะของการพยายามวัดความสามารถของแต่ละบุคคลที่ได้จากประสบการณ์ที่สั่งสมมา เพื่อให้พยากรณ์ความสามารถที่จะแสวงหาความรู้ใหม่หรือทักษะใหม่ ส่วนการวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นการวัดความสามารถทางการเรียนหลังจากได้เรียนเนื้อหาของวิชาใดวิชาหนึ่งแล้ว ผู้เรียนมีความสามารถเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ซึ่งทั้งหมดอาจสรุปความแตกต่างระหว่างความถนัดกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดังนี้

1. แบบทดสอบความถนัดมีจุดมุ่งหมายวัดความสามารถที่กว้างขวางกว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2. แบบทดสอบความถนัดไม่อิงกับเนื้อหาวิชาในห้องเรียน ส่วนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มุ่งวัดเนื้อหาวิชาในห้องเรียนเป็นสำคัญ

3. แบบทดสอบความถนัดจะวัดความสามารถที่สั่งสมมานาน ส่วนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ วัดผลการเรียนรู้ที่ผ่านมาจากเพิ่งเรียนรู้

4. ผลจากการวิจัยพบว่า ความถนัดมีความเกี่ยวข้องกับความสามารถตามเผ่าพันธุ์มากกว่าผลการสอบวัดผลสัมฤทธิ์

5. จุดมุ่งหมายของแบบทดสอบความถนัดจำแนกได้เป็น 2 พวก คือ ความถนัดทั่วไป (general aptitude) หรือ ความถนัดทางการเรียน (scholastic aptitude) กับความถนัดเฉพาะหรือพิเศษ (specific aptitude) โดยที่การวัดความถนัดทางการเรียนมักนิยมวัดความสามารถด้านภาษา ความสามารถด้านปริมาณ ตัวเลข และความสามารถด้านเหตุผล แต่ละด้านก็จะมีรูปแบบของการเขียนข้อสอบหลายๆ รูปแบบ เมื่อวัดรวมแล้วคะแนนที่ได้ถือเป็นความถนัดหรือความสามารถทั่วไป ตัวอย่างแบบทดสอบความถนัดที่ใช้มากก็คือ SAT (Scholastic Aptitude Test) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 20)

1.3 เอกสารเกี่ยวกับพฤติกรรมการสอนของครู

เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชานามธรรม จึงเป็นการยากที่นักเรียนจะทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง ดังนั้น ครูจึงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าครูทุกคนจะประสบความสำเร็จในการสอนให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้เสมอไป เพราะการสอนถือว่าเป็นศาสตร์ขั้นสูงอย่างหนึ่ง จึงมีความจำเป็นที่ครูจะต้องมีความรู้ในเรื่องของหลักการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.3.1 ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครู

มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครูไว้ดังนี้

ธีรยุทธ เสนีย์วงษ์ ณ อยุธยา (2525 : 125)ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอน สรุปได้ว่าเป็นการกระทำหรือกิจกรรมที่ครูแสดงออก เพื่อมุ่งพัฒนานักเรียนในด้านความรู้ เจตคติและทักษะตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดในวิชาต่างๆ พฤติกรรมการเรียนของนักเรียนและพฤติกรรมการสอนของครูมีส่วนเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด คือ พฤติกรรมการเรียนจะดำเนินไปด้วยดีย่อมต้องอาศัยพฤติกรรมการสอนที่ดีของครูด้วย

สมจิต สวธนไพบูรณ์ (2529 : 1) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครู หมายถึง การกระทำที่ครูกำหนดให้มีขึ้นภายใต้สถานการณ์การเรียนการสอนซึ่งมีทั้งการกระทำหรือการแสดงออกของครู และของนักเรียนที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกันในชั้นเรียน มีพฤติกรรมทางวาจา เช่น การพูด การอธิบาย การใช้คำถาม การออกคำสั่ง การเสริมแรง การใช้สื่อการสอน การตอบคำถามของนักเรียน การทำแบบฝึกหัด รวมทั้งการมีปฏิสัมพันธ์ด้วย

แฟลนเดอร์สัน (ณัฏฐี เจริญเกียรติบวร .2538 ; อ้างอิงจาก Flanders 1970 : 4) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมการสอนของครู หมายถึง การกระทำของครูที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า พฤติกรรมการสอนของครู หมายถึง พฤติกรรมต่างๆ ที่ครูปฏิบัติเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีส่วนส่งเสริมการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวัดพฤติกรรมการสอนของครูได้ตามการรับรู้ของนักเรียน

1.3.2 หลักการสอนคณิตศาสตร์

โสภณ บำรุงสงฆ์ และสมหวัง ไตรตันวงศ์ (2520 : 19-20) ได้กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการเริ่มบทเรียนทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะต้องได้เรียนตามกระบวนการที่สืบเนื่องกัน ประสบการณ์ต่างๆ จะต้องเป็นไปตามลำดับ นั้นคือ ความเข้าใจต้องมาก่อนทักษะและหลักเกณฑ์

2. ในการสอนจะต้องพิจารณาถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน สิ่งต่างๆ ที่จัดให้กับนักเรียนจะต้องแน่ใจว่านักเรียนแต่ละคนได้รับความรู้เป็นอย่างดี เกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์

3. การคำนวณทางคณิตศาสตร์ จะต้องตรงกับจุดประสงค์ ตลอดทั้งเป็นสิ่งที่ไม่ยากเกินไป และครูจำเป็นที่จะต้องปูพื้นฐานทางการคิดคำนวณอย่างถูกต้องให้แก่นักเรียนด้วย

4. การสอนในขั้นแรกจะต้องเป็นประสบการณ์ที่ง่ายๆ ไม่ซับซ้อน ต้องขจัดสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องและทำให้สับสนออกไป นักเรียนจะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ พร้อมกันนั้นก็ต้องค่อยๆเพิ่มในด้านพัฒนาการทางด้านความคิดให้แก่นักเรียนจนสมบูรณ์ จึงจะทำให้นักเรียนสามารถที่จะนำความคิดต่างๆ ทางด้านคณิตศาสตร์ไปใช้กับสถานการณ์ต่างๆ ได้

5. การเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนจะดีขึ้น ถ้านักเรียนได้มีโอกาสร่วมงานกับคนอื่นหรือมีส่วนร่วมในการคิดกฎเกณฑ์ต่างๆ ตลอดทั้งได้ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ของตนแก้ปัญหาต่างๆ เกี่ยวกับการคำนวณอยู่เสมอ

6. การจัดการสอนต่างๆจะต้องแสดงให้นักเรียนได้เห็นอย่างชัดเจน รวมทั้งทำให้นักเรียนเข้าใจและสนใจในคณิตศาสตร์มากขึ้นด้วย เช่น การแสดงให้เห็นในด้านข้อเท็จจริงทางประวัติศาสตร์ หรือเกี่ยวกับความเป็นมาของวิชาคณิตศาสตร์

ยุพิน พิพิธกุล (2530 : 49-50) ได้กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สอนจากเรื่องง่ายไปสู่เรื่องยาก หรือเปลี่ยนจากรูปธรรมไปเป็นนามธรรมในเรื่องที่สามารถใช้สื่อการเรียนการสอนรูปธรรมประกอบได้

2. สอนให้สัมพันธ์ความคิด โดยการรวบรวมเรื่องที่เหมือนกันเข้าเป็นหมวดหมู่เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจและจำได้แม่นยำ หรือเรื่องที่สัมพันธ์กันก็ควรจะสอนไปพร้อมๆ กัน

3. เปลี่ยนวิธีการสอนบ้างเพื่อไม่ให้ซ้ำซากน่าเบื่อหน่าย และเป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วย เช่น การใช้เกม เพลง การ์ตูน เป็นต้น

4. สอนให้ผ่านประสาทสัมผัส โดยที่ครูไม่ควรพูดลอยๆ แต่ครูควรพูดไปเขียนกระดานดำไปด้วย และให้นักเรียนลงมือปฏิบัติในสิ่งที่ทำได้ด้วยตนเอง

5. คำนึงถึงประสบการณ์เดิม และทักษะเดิมที่นักเรียนมีอยู่ เนื้อหาใหม่ควรจะต่อเนื่องกับเนื้อหาเดิม และไม่ควรสอนเรื่องที่ยากจนเกินไป ควรคำนึงถึงหลักสูตรด้วย เพราะอาจทำให้นักเรียนที่เรียนอ่อนท้อถอย แต่ครูควรส่งเสริมนักเรียนที่เรียนเก่งเป็นรายๆ

6. สอนให้นักเรียนสามารถสรุปความคิดรวบยอดหรือมโนมติ (Concept) ได้ด้วยตนเอง และให้นักเรียนมองเห็นโครงสร้างของเนื้อหาด้วย

7. ครูควรมีอารมณ์ขัน เพื่อช่วยให้บรรยากาศในห้องเรียนน่าเรียนยิ่งขึ้น และควรมีความกระตือรือร้นหมั่นแสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้น จะเห็นว่า หลักการสอนคณิตศาสตร์นั้น ครูผู้สอนจะต้องคำนึงถึงด้านต่างๆ 3 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาที่จะสอน ควรยึดจุดประสงค์เป็นหลัก เพื่อให้นักเรียนส่วนใหญ่เรียนได้โดยไม่รู้สึกว่ายากจนเกินไป แต่ก็ควรมีเนื้อหาส่วนที่ยากสำหรับนักเรียนที่เรียนเก่งแยกต่างหากโดยเฉพาะด้วย เพื่อเป็นการส่งเสริมและพัฒนานักเรียนที่มีความสามารถทางด้านคณิตศาสตร์ ส่วนด้านตัวนักเรียนนั้น ครูควรให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการคิดแก้ปัญหาด้วยตนเองในสิ่งที่ทำได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากขึ้น และสุดท้ายก็คือ ด้านตัวครูผู้สอนเอง ควรมีความกระตือรือร้นในการสอน โดยสอนให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาตามลำดับขั้นตอน สอนให้มองเห็นโครงสร้างและความสัมพันธ์ของเนื้อหา และควรจัดการเรียนการสอนไม่ให้ซ้ำซากจนนักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนคณิตศาสตร์

เนื่องจากคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา ดังนั้นนอกจากครูจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการสอนคณิตศาสตร์แล้ว ครูควรจะมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วย เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ เพราะในปัจจุบันปัญหาซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญในการสอนคณิตศาสตร์ ก็คือ ปัญหาที่นักเรียนแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไม่ได้ ซึ่งอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย และมีเจตคติที่ไม่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์ในที่สุด ดังนั้น นอกจากครูจะต้องทราบหลักการสอนคณิตศาสตร์แล้วครูควรจะต้องทราบวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนด้วย แล้วนำสิ่งเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการปฏิบัติการสอนของครู หรือที่เรียกว่าเป็นพฤติกรรมการสอนของครูนั่นเอง ดังนั้นถ้าครูมีพฤติกรรมการสอนในแนวทางที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก็จะช่วยทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งๆ ขึ้น

1.3.3 พฤติกรรมการสอนของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บิทเทอร์ และคณะ (Bitter and Others. 1989 : 43-44) ได้กล่าวถึงการสอนของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ครูควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจ และไม่ยาก หรือง่ายจนเกินไปมาสอนนักเรียน

2. ครูควรแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อยๆ เพื่อให้ร่วมกันแก้ปัญหา เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกัน

3. ครูควรให้นักเรียนพิจารณาว่าโจทย์กำหนดข้อมูลอะไรมาให้ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา และยังต้องการใช้ข้อมูลอื่นใดอีกบ้างในการแก้ปัญหาข้อนั้นๆ

4. ครูควรให้นักเรียนพิจารณาว่าปัญหาถามหาอะไร ถ้านักเรียนไม่สามารถบอกได้ให้อ่านปัญหานั้นใหม่ และถ้าจำเป็นจริงๆ ก็ให้ครูอธิบายความหมายความหมายของคำที่ใช้ในปัญหาข้อนั้น ๆ ให้นักเรียนทราบ

5. ครูควรให้นักเรียนฝึกการแก้ปัญหาหลายๆ รูปแบบ เพื่อไม่ให้นักเรียนรู้สึกเบื่อกับการแก้ปัญหาที่ซ้ำซาก ไม่ท้าทายความสามารถที่กำหนดให้

6. ครูควรให้นักเรียนทำการแก้ปัญหาบ่อยๆ จนเคยชินว่าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอน

7. ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาหลายๆ ข้อโดยใช้วิธีเดียวกัน เพื่อจะได้ฝึกทักษะ และส่งเสริมให้ใช้การแก้ปัญหาหลายๆวิธีในข้อเดียวกัน เพื่อให้เห็นว่ายังมีวิธีการอื่นๆอีกที่จะใช้แก้ปัญหาในข้อนั้นๆ ได้

8. ครูควรช่วยเหลือนักเรียนในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม สำหรับปัญหารูปแบบเฉพาะนั้นๆ

9. ครูควรพิจารณาว่าปัญหาในข้อนั้น คล้ายกับปัญหาที่เคยพบมาหรือไม่

10. ครูควรให้เวลากับนักเรียนในการลงมือแก้ปัญหา อภิปรายผลการแก้ปัญหา และวิธีดำเนินการในการแก้ปัญหา

11. ครูควรให้นักเรียนฝึกการคาดคะเนคำตอบ และการทดสอบคำตอบที่ได้เพื่อประหยัดเวลาในการแก้ปัญหา

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537 : 66-74) ได้กล่าวถึงวิธีการของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน โดยนำขั้นตอนการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนของโพลยา (Polya) มาเป็นแนวทางในการช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การพัฒนาความสามารถในการเข้าใจปัญหาคณิตศาสตร์

1.1 ครูควรพัฒนาทักษะการอ่าน โดยให้นักเรียนฝึกการอ่านและทำความเข้าใจข้อความในปัญหาที่ครูยกมาเป็นตัวอย่างในการสอน ก่อนที่จะมุ่งไปที่วิธีทำเพื่อหาคำตอบ โดยอาจจะฝึกเป็นรายบุคคล หรือฝึกเป็นกลุ่ม โดยให้อภิปรายร่วมกันถึงสาระสำคัญของปัญหา

1.2 ครูควรใช้กลวิธีช่วยเพิ่มพูนความเข้าใจ เช่น การเขียนภาพ หรือสร้างแบบจำลองเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่างๆ ของปัญหา

1.3 ครูควรใช้ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริงมาให้นักเรียนฝึกทำความเข้าใจปัญหา เช่น การนำปัญหาที่กำหนดข้อมูลเกินความจำเป็น หรือการกำหนดข้อมูลให้ไม่เพียงพอมาให้นักเรียนฝึกวิเคราะห์ข้อมูลของปัญหา

2. การพัฒนาความสามารถในการวางแผนการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2.1 ครูต้องไม่บอกวิธีการแก้ปัญหากับนักเรียนโดยตรง แต่ควรใช้วิธีการกระตุ้นให้นักเรียนคิดด้วยตนเอง เช่น การใช้คำถามนำ แล้วเว้นระยะให้นักเรียนคิดหาคำตอบ

2.2 ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนคิดออกมาดังๆ อาจอยู่ในรูปการบอกหรือเขียนแบบแผนลำดับขั้นตอนการคิดออกมาให้ผู้อื่นทราบ

2.3 ครูควรสร้างลักษณะนิสัยของนักเรียนให้รู้จักคิดวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติเสมอ เพราะจะสามารถทำให้ประเมินความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหานั้นๆ ควรเน้นว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นสำคัญกว่าคำตอบที่ได้ เพราะนำไปใช้ได้กว้างขวางกว่า

2.4 ครูควรจัดหาปัญหามาให้นักเรียนฝึกคิดบ่อย ๆ ซึ่งต้องเป็นปัญหาที่ท้าทายน่าสนใจ

2.5 ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาสำหรับปัญหาแต่ละข้อให้มากกว่า 1 วิธี เพื่อให้นักเรียนมีความคิดยืดหยุ่น

3. การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน

ครูควรพัฒนาทักษะทางการคำนวณของนักเรียนให้เพียงพอ เพราะเป็นสิ่งที่จะช่วยให้นักเรียนหาคำตอบตามแผนที่วางไว้ได้

4. การพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบวิธีการและคำตอบ

4.1 ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการตรวจสอบคำตอบที่ได้ให้เคยชินจนเป็นนิสัย โดยครูควรสร้างกิจกรรมให้นักเรียนได้ฝึกตรวจสอบความถูกต้อง โดยให้หาข้อบกพร่องจากการแสดงการแก้ปัญหาที่ครูสร้างขึ้นโดยเฉพาะก็ได้

4.2 ครูควรฝึกให้นักเรียนตีความหมายของคำตอบที่ได้ว่า มีความสอดคล้องกับปัญหาหรือไม่ มีความเหมาะสมหรือไม่เพียงใด

4.3 ครูควรสนับสนุนให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดโดยใช้วิธีการหาคำตอบให้มากกว่า 1 วิธี เพื่อเป็นการตรวจสอบคำตอบของปัญหาว่าถึงแม้จะใช้วิธีการที่แตกต่างกันก็ยังคงได้คำตอบเหมือนเดิม

4.4 ครูควรให้นักเรียนฝึกหัดสร้างโจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเนื้อหาที่เรียน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในโครงสร้างของปัญหา ทำให้สามารถมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยวิธีอื่นๆได้

พรทิพย์ ยาวะประภาษ (2538 : 26-27) ได้กล่าวถึงการสอนของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน สรุปได้ดังนี้

1. ครูควรเลือกปัญหาที่น่าสนใจคือ ปัญหาที่นักเรียนมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ มาใช้สอนแก้ปัญหา

2. ครูควรเลือกใช้อุปกรณ์เป็นรูปธรรม การวาดภาพ หรือการเขียนแผนผังมาช่วยให้นักเรียนมองเห็นปัญหาได้ชัดเจน

3. ครูควรให้ปัญหาที่มีความยากง่ายหลายๆระดับ เพื่อช่วยให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการแก้ปัญหา เพราะนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถแตกต่างกัน

4. ครูควรหาวิธีการที่จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันได้ชัดเจน และรู้จักตัดทอนข้อมูลที่ไม่จำเป็นทิ้งไป

5. ครูควรให้นักเรียนฝึกการแปลงประโยคข้อความเป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

6. ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนหาแนวทางในการแก้ปัญหาหลายๆวิธี และนำเอาวิธีที่นักเรียนคิดได้มาอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนได้เลือกวิธีที่ตัวเองสนใจไว้ใช้แก้ปัญหาต่อไป

7. ครูควรฝึกให้นักเรียนรู้จักการหาคำตอบโดยการประมาณค่า

8. ครูควรให้นักเรียนสรุปความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์ด้วยตนเอง

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า พฤติกรรมการสอนของครูเพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน ควรประกอบไปด้วยการช่วยพัฒนาความสามารถในการทำความเข้าใจปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการหาแนวทางในการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาที่กำหนดให้ การช่วยพัฒนาความสามารถในการวางแผนในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการช่วยให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการหาแนวทาง หาวิธีแก้ปัญหานั้นๆ การพัฒนาความสามารถในการดำเนินการตามแผน ซึ่งเป็นการช่วยพัฒนาทักษะในการคิดคำนวณ เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินการตามแผนเพื่อหาคำตอบ และพฤติกรรมการสอนของครู เพื่อช่วยพัฒนาความสามารถในการตรวจสอบวิธีการและคำตอบ ซึ่งเป็นการช่วยย้ำให้นักเรียนรู้จักระมัดระวังในคำตอบที่ได้ว่าถูกต้องเหมาะสมหรือไม่เพียงไร

1.4 เอกสารเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

1.4.1 ความหมายของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ยุพิน พิพิธกุล (2536 : 1) กล่าวไว้สรุปได้ว่าพื้นฐานความรู้เดิม หมายถึง ความรู้ทักษะ และความสามารถในเรื่องต้นๆ ที่เป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่องต่อไป พื้นฐานความรู้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ความสามารถพื้นฐานทั่วไปที่จำเป็นในการเริ่มต้นหน่วยการเรียนการสอน และเป็นพื้นฐานความรู้เฉพาะที่ได้เรียนมาแล้วในหน่วยการเรียนการสอนก่อนๆ

สุวัฒนา อุทัยรัตน์ และสุชาวดี เอี่ยมอรพรรณ (2527 : 17) กล่าวว่า พื้นฐานความรู้ของนักเรียน หมายถึงความรู้ ทักษะ และความสามารถที่จำเป็นในการเรียนเรื่องใหม่ต่อไป

จากแนวคิดข้างต้น กล่าวได้ว่า ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ หมายถึงความรู้ที่เคยเรียนมาแล้ว ซึ่งจะนำไปเป็นพื้นฐานในการเรียนเรื่องต่อไป

1.4.2 ความสำคัญของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

บลูม (Bloom. 1976 : 13-32) กล่าวว่า วิชาที่เรียนในโรงเรียนทั่วไปมักจะมีลำดับเนื้อหาจากง่ายไปหายากต่อเนื่องกัน กล่าวคืออยู่ในลักษณะที่เนื้อหาใหม่จะต้องอาศัยเนื้อหาที่เรียนมาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เนื้อหาการเรียนระดับหนึ่งๆ จะตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่านักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ ในบางสิ่งบางอย่างที่จำเป็นมาก่อนแล้วจึงจะเรียนเนื้อหาใหม่ได้ นอกจากนี้โดยทางทฤษฎี กล่าวว่า ถ้านักเรียนขาดความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่องใหม่จะไม่สามารถเรียนได้บรรลุจุดมุ่งหมายได้ ไม่ว่าจะใช้ความพยายามให้รางวัล หรือใช้การสอนที่มีประสิทธิภาพเพียงใดก็ตาม ความรู้พื้นฐานจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอน การที่นักเรียนมีความรู้พื้นฐานอย่างเพียงพอจะเป็นฐานสำคัญช่วยให้เรียนรู้ได้มากขึ้น รวดเร็วขึ้น และมั่นคงขึ้น ในรูปแบบทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูมจึงมีพื้นฐานเป็นองค์ประกอบความรู้ที่สำคัญ กล่าวคือ ผู้เรียนแต่ละคนจะมาเรียนวิชาต่างๆ ในโรงเรียนด้วยพื้นฐานต่างกัน ก็จะประสบผลสำเร็จในการเรียนต่างกัน แต่ถ้าเข้ามาเรียนด้วยพื้นฐานที่ไม่แตกต่างกัน ก็จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

นพพร พานิชสุข (2522 : 81) ได้กล่าวถึง ปัญหาในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สรุปได้ว่า ปัญหาแรกที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่เด่นชัดมากก็คือ เรื่องของฐานความรู้เดิมในทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนไม่เท่ากัน นักเรียนบางคนมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่แน่นเพียงพอ ในอันที่จะสามารถเข้าใจและเรียนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนไปได้อย่างดีพอสมควร แต่นักเรียนอีกส่วนหนึ่งนั้นมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ไม่ดีพอ อาจทำให้ไม่เข้าใจบทเรียน การที่นักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมแตกต่างกัน ยังผลให้การเรียนการสอนดำเนินไปอย่างเชื่องช้าขาดประสิทธิภาพเท่าที่ควร ทำให้บทเรียนบางบทเรียนต้องเสียเวลาสอนอย่างมาก เพื่อที่จะให้นักเรียนทุกคนในชั้นได้มีความเข้าใจบทเรียนเหมือนกัน

สงัด อุทรานันท์ (2525 : 45-46) กล่าวไว้ว่า ประสบการณ์เดิมเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เด็กเรียนรู้ได้ดีและรวดเร็วขึ้น ถ้าหากผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้ดีก็จะสามารถเข้าใจอย่างรวดเร็วและเกิดความเข้าใจได้แจ่มแจ้ง เนื่องจากเห็นความสัมพันธ์ของความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ ประสบการณ์และพื้นฐานความรู้เดิมเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการตัดสินใจของครูเกี่ยวกับการเลือกประสบการณ์ใหม่ เพื่อสอนเด็กตามธรรมชาติของการเรียนรู้ ประสบการณ์หรือความรู้ใหม่ที่จัดว่าเป็นอุปสรรคต่อเด็ก คือ ปัญหาเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ถ้าหากประสบการณ์ใหม่

หรือความรู้ที่ให้แก่เด็กมีความเหมือนกัน หรือซ้ำกันกับประสบการณ์เดิม เด็กก็ย่อมจะรับทราบโดยไม่ต้องใช้ความพยายาม หรือใช้แต่ความสามารถแต่อย่างใด ประสบการณ์เช่นนี้ไม่ถือว่าเป็นอุปสรรค และในกรณีเช่นนี้การเรียนรู้ก็จะไม่เกิดขึ้น เพราะผู้เรียนไม่ได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม หรือไม่ได้เกิดความรู้ใหม่แต่อย่างใด ในทางตรงกันข้าม ถ้าหากครูผู้สอนได้นำเอาความรู้ หรือประสบการณ์ที่ไม่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องจากประสบการณ์หรือพื้นฐานความรู้เดิม การเรียนรู้ก็ย่อมจะเกิดขึ้นด้วยความยากลำบาก เกิดความสับสนและไม่เข้าใจเนื่องจากผู้เรียนไม่เห็นความสัมพันธ์ของความรู้ต่างๆ เหล่านั้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาส่วนใหญ่ความสัมพันธ์กัน การที่นักเรียนจะเรียนเนื้อหาใหม่จะต้องอาศัยเนื้อหาที่เรียนมาแล้ว ซึ่งความรู้พื้นฐานเดิมจะช่วยให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเนื้อหาใหม่อย่างรวดเร็วและแจ่มแจ้ง แต่ถ้านักเรียนขาดความรู้พื้นฐานในเนื้อหาเดิมที่จำเป็นในการเรียนเรื่องใหม่ ก็จะทำให้การเรียนการสอนเกิดขึ้นด้วยความยากลำบาก ไม่บรรลุจุดมุ่งหมาย ดังนั้นความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้การเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผล และเป็นพื้นฐานนำไปสู่การศึกษาในระดับสูง

1.4.3 การพัฒนาความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในกระบวนการเรียนการสอน ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่สำคัญของครูที่จะส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ยุพิน พิพิธกุล (2536 : 46) ได้ให้แนวทางการพัฒนาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนอยู่ในระดับต่ำ คือ ควรจัดบทเรียนให้จบเป็นหน่วย นำวัสดุมาแสดงเป็นช่วงสั้นๆ ให้นักเรียนมีโอกาสทดลองปฏิบัติได้ด้วยตนเอง ค้นพบข้อสรุปด้วยตนเอง ทำการสอนซ่อมเสริมเป็นรายบุคคลหรือกลุ่ม นำวัสดุและสิ่งแวดล้อมจากสภาพท้องถิ่นมาใช้ เช่น ครูอาจจะมอบหมายให้นักเรียนไปเก็บตัวเลขที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันมา แล้วตั้งโจทย์ให้คำนวณ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเองด้วยการทำกิจกรรมต่างๆ โดยครูจะกำหนดบทเรียนสั้นๆ ง่ายๆ แล้วมีแบบฝึกหัดให้ นอกจากนั้นควรจะให้ความช่วยเหลือแก่นักเรียนเป็นพิเศษ ในการแนะนำว่าควรจะเรียนอย่างไร จะใช้หนังสืออย่างไรประกอบ และไม่คาดหวังว่านักเรียนจะทำโจทย์ได้ทุกครั้ง

1.4.4 การวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพนั้น ครูผู้สอนควรจะทราบว่าผู้เรียนมีพื้นฐานความรู้ที่จะใช้ศึกษาต่อในเรื่องนั้นแค่ไหน ถ้าผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานเพียงพอก็จัดได้ว่าเขามีความพร้อมที่จะศึกษาต่อไป แต่ถ้าพบว่าผู้เรียนยังขาดความรู้พื้นฐาน หรือมีพื้นฐานความรู้ไม่ดี ผู้สอนควรทบทวนเนื้อดังกล่าวเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาบทเรียนได้อย่างต่อเนื่อง

บลูม และคณะ (Bloom and others. 1971 : 932) กล่าวไว้ว่า ลักษณะของแบบสอบความรู้พื้นฐานเป็นแบบสอบที่ใช้สำหรับค้นหาข้อบกพร่องทางการเรียน เกี่ยวกับทักษะพื้นฐาน

ของนักเรียน และสาเหตุข้อบกพร่องนั้นๆ เพื่อปรับปรุงการเรียน สอนโดยประเมินเนื้อหาเป็นตอนๆ ไป ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งด้านพุทธพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย แบบทดสอบอาจเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน หรือแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง โดยมีจำนวนข้อสอบมากข้อ

สงัด อุทรานันท์ (2525 : 46) กล่าวไว้ว่า การที่ผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานเดิมเป็นอย่างไร ดูจากผลการเรียนในชั่วโมงก่อนๆ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเตรียมการสอน เพราะครูจะได้ทราบว่าในการเรียนการสอนก่อนหน้านั้น นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเพียงใด ความรู้หรือประสบการณ์ที่ให้ใหม่ควรจะมีระดับความยากง่ายเพียงใด

จากแนวคิดดังกล่าว สรุปได้ว่า การวัดความรู้พื้นฐานของนักเรียนช่วยให้ครูทราบระดับความรู้พื้นฐานของนักเรียนว่าแต่ละคนมีความรู้มากน้อยเพียงใด มีจุดบกพร่องอย่างไร เพื่อผู้สอนจะได้ปรับปรุง และให้การช่วยเหลือ อีกทั้งยังสามารถจัดสภาพการเรียนการสอนได้เหมาะสม การวัดความรู้พื้นฐานสามารถดูจากผลการเรียนในชั่วโมงก่อน หรือทำการทดสอบความรู้ก่อนสอน ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้อาจเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน หรือที่ครูสร้างขึ้นเอง

1.5 เอกสารเกี่ยวกับการคิดอภิมาน

1.5.1 ความหมายของการคิดอภิมาน

นักจิตวิทยาให้ความหมายของการคิดอภิมานไว้ว่า

ฟลาเวล(Flavell.1985:**909-911**) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่าเป็นความสามารถทางการคิดของบุคคลสามารถรู้ถึงกระบวนการคิดและสิ่งต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการคิดของตน ซึ่งอาจปรากฏเป็นความรู้ หรือเป็นกิจกรรมทางการคิดที่มีเป้าหมายมีทิศทางที่เรียกว่าเป็นการคิดเกี่ยวกับการคิด

คอสตา (Costa. 1984 : 57-62) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่าเป็นความสามารถของบุคคลในการวางแผนเลือกใช้วิธีการเพื่อแก้ปัญหา และในขณะที่กำลังแก้ปัญหาก็ต้องมีสติตระหนักถึงขั้นตอนต่างๆ และวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตลอดจนสามารถประเมินผลความคิดนั้นได้

ครอสและปารีส (Cross and Paris. 1988 : 131) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่าการที่บุคคลมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดของตนเอง สามารถควบคุม จัดระบบความคิดตลอดจนสามารถวางแผนประเมินผลการคิดของตนเองได้

เอกเก้น (Eggen. 1994 : 346) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่าเป็นความรู้และการควบคุมกระบวนการคิดของตนเอง

อีเวอร์สัน และโตเบียส (Everson & Tobias. 1998 : 65-79) ให้ความหมายของการคิดอภิมานว่าเป็นความสามารถในการตรวจสอบ ประเมินผล และทำการวางแผนสำหรับการเรียนรู้ของบุคคล

จากความหมายของการคิดอภิมานดังกล่าว สรุปได้ว่า การคิดอภิมาน หมายถึง วิธีการที่แสดงถึงการรับรู้ของบุคคลในการนำกระบวนการทางการคิด ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการในการวางแผน การควบคุมตรวจสอบ และการประเมินผลมาช่วยในการทำงานนั้นอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 องค์ประกอบของการคิดอภิมาน

วูลฟอล์ค (Woolfolk. 1993 : 292-294) และเอกเก้น (Eggen. 1994 : 346) ได้กล่าวถึงการคิดอภิมานตรงกันว่า สามารถแยกได้เป็น 2 องค์ประกอบ คือ

1. ความตระหนักรู้ (Awareness) เป็นการรู้ถึง ทักษะ ยุทธวิธี และแหล่งข้อมูลที่จำเป็นเพื่อที่จะช่วยทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ รู้ว่าจะต้องทำอะไร (What to do) และทำอย่างไร (How to do) ซึ่งรวมไปถึงการจัดกระทำข้อมูลใหม่ให้ง่ายต่อการจดจำ ระลึกถึงยุทธวิธีต่างๆ ที่ทราบ แยกแยะข้อมูลที่สำคัญออกมาโดยการจด หรือขีดเส้นใต้ในขณะที่อ่าน

2. ความสามารถในการกำกับตนเอง (Self Regulation) เป็นการรู้ว่าจะทำงานนั้นเมื่อไร (When to do) ซึ่งรวมไปถึงการวางแผน การประเมิน และตรวจสอบวิธีการที่ใช้ การคาดคะเนคำตอบที่ได้ การเปลี่ยนไปใช้ยุทธวิธีอื่นๆ เพื่อแก้ปัญหาให้ได้ การกำกับตนเองในเรื่องของการใช้เวลา และการใช้ความสามารถที่ตนมีอยู่ในขณะที่กำลังแก้ปัญหา

ฟลาเวล (Flavell. 1985 : 103 – 110) กล่าวว่าการคิดอภิมาน สามารถแยกเป็น 2 องค์ประกอบ สรุปได้ดังนี้

1. ความรู้ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Knowledge) คือความรู้ทั้งหมดที่บุคคลสะสมและเก็บไว้ในระบบความจำระยะยาว เป็นการที่บุคคลรู้ว่า ตนเองรู้อะไร คิดอย่างไร และจะบรรลุเป้าหมายอย่างไร ซึ่งความรู้ในการคิดอภิมานแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1.1 ตัวแปรด้านบุคคล (Person Variables) หมายถึง การที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะของบุคคลในด้านความสามารถทางสติปัญญาที่แตกต่างกัน เป็นการรู้ว่าบุคคลต้องมีลักษณะอย่างไร จึงจะทำงานนั้นได้ดี

1.2 ตัวแปรด้านงาน (Task Variables) หมายถึง การตระหนักรู้ถึงลักษณะงานที่ต้องทำว่ามีความยากง่ายอย่าไร การรู้ว่าสิ่งใดจะทำให้งานนั้นยาก สิ่งใดจะทำให้งานนั้นง่าย รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคของงานนั้นที่จะเกิดขึ้นแก่ตน

1.3 ตัวแปรด้านยุทธวิธี (Strategy Variables) หมายถึง ความรู้ของบุคคลเกี่ยวกับการนำยุทธวิธีที่เหมาะสมมาใช้ช่วยทำให้งานบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจการจัดระบบ การวางแผน การลงมือปฏิบัติ และการประเมินผลทั้งในสิ่งที่ทำไปแล้ว กับสิ่งที่จะทำต่อไป

2. ประสบการณ์ในการคิดอภิมาน (Metacognitive Experience) เป็นประสบการณ์ทางการคิดที่บุคคลสามารถควบคุมได้ ซึ่งการนำประสบการณ์ในการคิดอภิมานมาใช้นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมากำกับและควบคุมตนเองในกิจกรรมทางการคิด ให้พฤติกรรมของตนเองเปลี่ยนแปลงไปสู่เป้าหมายที่ต้องการ โดยที่ประสบการณ์ในการคิดอภิมานมี 3 องค์ประกอบย่อยดังนี้

2.1 การวางแผน (Planning) หมายถึง การรู้ว่ามีขั้นตอนและวิธีการทำอย่างไรตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย จนถึงการปฏิบัติงานจนบรรลุเป้าหมาย

2.2 การควบคุมตรวจสอบ (Monitoring) หมายถึงการคิดพิจารณาความเหมาะสมและความถูกต้องของลำดับขั้นตอน และวิธีการที่ใช้ขณะดำเนินการตามแผนที่วางไว้

2.3 การประเมินผล (Evaluating) หมายถึง การประเมินแผนการที่ใช้ และผลลัพธ์ที่ว่าสิ่งที่ทำมาทั้งหมดดีแล้วหรือไม่ ยังมีวิธีอื่นๆ ที่แตกต่างและดีกว่าหรือไม่

มาซาโน และคอสตา (Marzano & Costa. 1987 : 10-15) ได้แบ่งการคิดอภิมานเป็น 2 องค์ประกอบคือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับความรู้เกี่ยวกับตนเองและการควบคุมตนเอง และอีกส่วนหนึ่งคือความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและความสามารถในการควบคุมกระบวนการนั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับตนเองและการควบคุมตนเอง (Knowledge and Control of Self)

1.1 การสัญญาตน (Commitment) เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนเอาใจใส่และผูกพันกับงานนั้น เป็นตัวบ่งชี้ความสำเร็จของบุคคลว่าจะปฏิบัติ เอาใจใส่หรือพยายามในสิ่งที่เรียนรู้หรือไม่ ซึ่งไม่ขึ้นกับโอกาสหรือสภาพการณ์

1.2 เจตคติ (Attitude) เจตคติเป็นส่วนหนึ่งของการคิดอภิมานซึ่งส่งผลต่ออารมณ์และพฤติกรรม บุคคลที่มีเจตคติในทางบวกสามารถกระทำสิ่งต่างๆ ที่ยากๆ ได้สำเร็จ

1.3 ความเอาใจใส่ (Attention) บุคคลไม่อาจให้ความสนใจต่อทุกสิ่งทุกอย่างที่ได้พบ แต่ต้องเลือกสนใจเฉพาะบางส่วนและละเลยบางส่วน ซึ่งความเอาใจใส่ต่อความสนใจนี้สามารถควบคุมได้ ความเอาใจใส่แบ่งเป็น 2 แบบคือ แบบอัตโนมัติ และแบบสมัครใจ งานแต่ละชนิดต้องการความเอาใจใส่หรือความสนใจในระดับที่แตกต่างกัน เช่น ในการอ่านเพื่อความเพลิดเพลิน หรือเพื่อความรู้ทั่วไป ไม่จำเป็นต้องสนใจรายละเอียด สนใจเพียงหัวเรื่องหรือภาพประกอบแต่ในส่วนของการอ่านเพื่อความรู้ในลักษณะความจริงเชิงเนื้อหา ผู้อ่านต้องให้ความสนใจจดจำตัวเลข วัน เดือน ปี หรือคำที่เป็นกุญแจสำคัญที่จะนำไปสู่ความรู้เชิงเนื้อหานั้น ซึ่งนักเรียนต้องรู้จักเลือกว่าสิ่งใดสำคัญ และมุ่งความสนใจไปเฉพาะส่วนนั้น

2. ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและความสามารถในการควบคุมกระบวนการ (Knowledge and Control of Process) องค์ประกอบของความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและความสามารถในการควบคุมกระบวนการ 2 ประการ คือ ความรู้ที่สำคัญของการคิดอภิมาน (Knowledge Important in Metacognition) และการควบคุมพฤติกรรม (Executive Control of Behavior)

2.1 ความรู้ที่สำคัญของการคิดอภิมาน มี 3 แบบ คือ

2.1.1 การรู้จักลักษณะและสภาพ (Declarative Knowledge) เป็นการรู้เนื้อแท้ของสิ่งที่อ่าน ว่ากล่าวถึงใคร อะไร เมื่อไร ที่ไหน และเป้าหมายคืออะไร

2.1.2 การรู้จักกระบวนการ (Procedural Knowledge) ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือการกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่แสดงออกในการทำงาน เป็นการรู้ว่าจะทำอย่างไร

2.1.3 การรู้จักเงื่อนไข (Conditional Knowledge) หมายถึงการรู้ว่าทำไมกลวิธีนั้นๆ จึงใช้ได้ผล และรู้ว่าเมื่อไรต้องใช้กลวิธีนั้นๆ

2.2 การควบคุมพฤติกรรม (Excurtive Control of Behavior) การควบคุมพฤติกรรมเกี่ยวกับกระบวนการประเมินผล (Evaluation) การวางแผน (Planning) และการกำหนดเกณฑ์ (Regulation)

2.2.1 การประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้โดยคิดไตร่ตรองเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ เช่น ฉันเข้าใจเรื่องที่อ่านจบไปแล้วหรือเปล่า การประเมินผลจะเกิดขึ้นตลอดกระบวนการ ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด ซึ่งจะรวมไปถึงการประเมินว่าตนเองทำงานได้ตามเป้าหมายหรือไม่ และหากไม่สำเร็จในเป้าหมายใหญ่ แต่อาจสำเร็จในเป้าหมายย่อยใดบ้าง

2.2.2 การวางแผน (Planning) เป็นการเลือกกลวิธีเพื่อให้เกิดความสำเร็จ

2.2.3 การกำหนดเกณฑ์ (Regulation) เป็นการตรวจสอบดูความก้าวหน้าของตนเองว่าทำได้ตามเป้าหมายหรือไม่ หรืออีกนัยหนึ่งอาจกล่าวได้ว่า การกำหนดเกณฑ์เป็นกระบวนการที่ประเมินว่าบุคคลสามารถดำเนินการไปสู่เป้าหมายได้ถึงจุดไหนเพียงใด

1.5.3 การคิดอภิมานในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บราวน์ (Brown. 1978 ; **citing** Phye and Andre. 1986 : 228) ได้กล่าวถึงการนำการคิดอภิมานมาใช้ เพื่อช่วยให้เป็นนักแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี สรุปได้ดังนี้

1. ช่วยให้บุคคลสามารถคาดคะเนถึงของเขตของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นๆ

2. ช่วยทำให้ตระหนักรู้ว่า จะนำกลวิธีที่รู้มาใช้แก้ปัญหาอย่างไร และแต่ละกลวิธีจะใช้เมื่อไร จึงจะเหมาะสม

3. ช่วยในการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัญหาทางคณิตศาสตร์เพื่อเตรียมการแก้ปัญหาต่อไป

4. ช่วยในการวางแผนการเลือกยุทธวิธีที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นๆ

5. ช่วยในการควบคุมดูแลและตรวจสอบถึงประสิทธิภาพของยุทธวิธีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

6. ช่วยในการประเมินประสิทธิภาพของยุทธวิธีที่นำมาใช้ในขั้นตอนต่างๆ และทำให้รู้ว่าควรจะจบการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อย่างไร

เคพเพอร์ (Capper. 1984 ; **citing** Bitter 1989 : 45) ได้กล่าวถึงการนำการคิดอภิมานมาใช้เพื่อช่วยให้เป็นนักแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ดี สรุปได้ดังนี้

1. ช่วยทำให้รู้จักการอ่านปัญหาทางคณิตศาสตร์ซ้ำ เพื่อให้แน่ใจว่าเข้าใจปัญหานั้นอย่างแน่นอน

2. ช่วยในการวางแผน และเลือกกลวิธีที่เหมาะสมสำหรับการดำเนินการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

3. ช่วยทำให้รู้จักแยกแยะข้อมูลที่สำคัญออกจากข้อมูลที่ไม่สำคัญในปัญหานั้นๆ

4. ช่วยทำให้รู้จักการแตกปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นออกเป็นปัญหาย่อยๆ

5. ช่วยทำให้รู้จักเชื่อมโยงข้อมูลที่รู้แล้วเข้าด้วยกัน

6. ช่วยในการจัดระบบระเบียบให้กับข้อมูลที่อยู่ในปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นๆ

7. ช่วยทำให้รู้จักค้นหาข้อมูลที่ขาดหายไปและประยุกต์กับข้อมูลที่มีอยู่

8. ช่วยทำให้รู้จักควบคุมเวลาในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ภายในเวลาที่กำหนด

9. ช่วยทำให้รู้จักควบคุมและประเมินความก้าวหน้าในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นๆ ทบทวนการคิดคำนวณ การหาผลลัพธ์ การตรวจสอบเกี่ยวกับการนำข้อมูลที่มีอยู่ในปัญหามาใช้ หรือแนวคิดในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้นๆ

2. เอกสารเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

มีนักการศึกษาได้ให้มีผู้ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ไว้ดังนี้

บรูคเนอร์ และครอสนิคเคิล (Bruckner & Grossnickle. 1957 : 301) ให้ความหมายโจทย์คณิตศาสตร์ว่าเป็นสถานการณ์ที่นักเรียนไม่สามารถตอบได้ทันทีโดยวิธีการที่เคยชิน และสิ่งที่เป็นปัญหาของนักเรียนเมื่อวานนี้ อาจจะไม่เป็นปัญหาในวันนี้ก็ได้

แอนเดอร์สัน และพิงกรี (Anderson and Pingry. **1973 : 228)** ให้ความหมายโจทย์คณิตศาสตร์ว่าเป็นสถานการณ์ หรือคำถามที่ต้องการหาข้อสรุป หรือคำตอบ ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะทำได้ต้องมีกระบวนการที่เหมาะสมโดยใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผนและการตัดสินใจประกอบกันไป

อดัมส์ และคณะ (Adams and others. 1977 : 173-174) ให้ความหมายโจทย์คณิตศาสตร์ว่าเป็นโจทย์ปัญหาที่เป็นภาษา (Word Problem) โจทย์ปัญหาที่เป็นเรื่องราว (Story Problem)และโจทย์ปัญหาเชิงสนทนา (Verbal Problem) ผู้แก้ปัญหาต้องรู้ว่าจะใช้วิธีการใดในการแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าว

จากความหมายที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ว่าเป็นสถานการณ์หรือเรื่องราวประกอบด้วยข้อความที่เป็นทั้งภาษาพูด และภาษาเขียน โดยต้องการคำตอบในเชิงปริมาณหรือตัวเลข ซึ่งผู้แก้ปัญหาต้องอาศัยทักษะความสามารถต่างๆ ที่เหมาะสมมาประกอบกันในการแก้ปัญหา

2.2 ประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์

โพลยา (Polya. 1957 : 123-128) ได้แบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาให้ค้นหา (Problems to Find) เป็นปัญหาที่ให้ค้นหาสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ เงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problems to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงความสมเหตุสมผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สมมติฐาน หรือสิ่งที่กำหนดให้ ผลสรุปหรือสิ่งที่ต้องพิสูจน์

บิทเทอร์ และคณะ(Bitter and Others. 1989 : 37)ได้แบ่งปัญหาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. ปัญหาปลายเปิด (Open-Ended) เป็นปัญหาที่มีจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบ ปัญหาลักษณะนี้จะมองว่ากระบวนการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ

2. ปัญหาให้ค้นพบ (Discovery) เป็นปัญหาที่จะได้คำตอบในขั้นสุดท้ายของการแก้ปัญหาเป็นปัญหาที่มีวิธีแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธี

3. ปัญหาที่กำหนดแนวทางในการค้นพบ (Guided discovery) เป็นปัญหาที่มีลักษณะร่วมของปัญหา มีคำชี้แนะ (Clues) และคำชี้แจงในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนอาจไม่ต้องค้นหาหรือไม่ต้องกังวลในการตอบ

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537 : 62-63) ได้กล่าวถึง การแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การแบ่งประเภทของปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหาทำให้สามารถแบ่งปัญหาได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1 ปัญหาให้ค้นหา เป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบซึ่งอาจอยู่ในรูปปริมาณ จำนวน หรือให้หาวิธีการ คำอธิบายเหตุผล

1.2 ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่าข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเป็นเท็จ

2. การแบ่งประเภทของปัญหาคณิตศาสตร์ โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหาและความซับซ้อนของปัญหาทำให้สามารถแบ่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.1 ปัญหาธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้างและวิธีการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาไม่ธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ผู้แก้ปัญหาต้องประมวลความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ปัญหาคณิตศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ปัญหาที่พบในหนังสือเรียน ซึ่งอาจเป็นปัญหาให้ค้นหาคำตอบ หรือปัญหาให้พิสูจน์ตามกฎ นิยาม ทฤษฎี และปัญหาที่พบในชีวิตประจำวัน ซึ่งต้องอาศัยยุทธศาสตร์การแก้ปัญหาเข้ามาช่วยแก้ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ถูกต้องสมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

2.3 ลักษณะของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ

โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ตรงกับความสนใจของนักเรียนจะทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา ดังนั้นครูผู้สอนจึงควรทราบถึงลักษณะของโจทย์ปัญหาที่น่าสนใจเพื่อนำมาสร้างโจทย์ปัญหาสำหรับสอนนักเรียน

ครูลิค และเรย์ (Krulik and Reys. 1980 : 208) ได้กล่าวว่า ปัญหาคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจควรเป็นปัญหาที่นักเรียนไม่เคยพบในห้องเรียน ซึ่งในการสร้างปัญหาควรคำนึงถึงความรู้พื้นฐานและความสามารถของผู้เรียน

สิริพร ทิพย์คง. (2533 : 79) ได้ให้ความเห็นว่า ลักษณะของปัญหาคณิตศาสตร์ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้ คือ

1. ภาษาที่ใช้สามารถเข้าใจง่าย
2. ช่วยกระตุ้นและพัฒนาความคิด
3. ไม่สั้นหรือยาวเกินไป
4. ไม่ยากหรือง่ายเกินไปสำหรับความสามารถของเด็กวัยนั้น
5. ให้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปพิจารณาแก้ปัญหาได้
6. ข้อมูลที่มีอยู่ต้องทันสมัยและเป็นเหตุการณ์ที่เป็นไปได้จริง
7. สามารถใช้วาดแผนไดอะแกรมหรือแผนภูมิช่วยในการแก้ปัญหา
8. ในการแก้ปัญหานั้นต้องอาศัยประสบการณ์และความรู้ที่เคยเรียนมา
9. ก่อให้เกิดการวิเคราะห์และแยกแยะปัญหาซึ่งเป็นขบวนการที่สำคัญในทางความคิด
10. คำตอบที่ได้ควรเป็นคำตอบที่มีเหตุผล ไม่ใช่ที่ได้จากการจำ

2.4 องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

สิ่งที่เป็นปัญหาสำหรับนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ นักเรียนไม่ทราบว่าจะเริ่มต้นแก้ปัญหาอย่างไร ไม่เข้าใจปัญหา และเรียนรู้ด้วยการท่องจำ โดยจำคำหลักเพื่อใช้บอกวิธีทำจากที่ครูสอนบนกระดานดำ เช่น นักเรียนจะจำคำว่า "แบ่ง" ในโจทย์ปัญหาว่าต้องใช้วิธีการหารในการแก้ปัญหานั้นหรือจำคำว่า "มากกว่า หรือ น้อยกว่า" ก็จำว่าต้องใช้การลบในการแก้ปัญหานั้น แต่ถ้าตามเหตุผลแวดล้อมในโจทย์ปัญหาข้อนั้นมีคำที่นักเรียนไม่คุ้นเคยและจำเป็นหลักสำหรับวิธีทำ หรือมีมากกว่าหนึ่งคำนักเรียนจะเกิดการสับสน และทำโจทย์ปัญหานั้นไม่ได้

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ต้องอาศัยองค์ประกอบหลายอย่างช่วยในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ องค์ประกอบต่างๆ ที่มีส่วนในการแก้ปัญหานั้น จะต้องได้รับการสอนและการฝึกฝนพัฒนา ดังที่คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์คณิตศาสตร์ (2524 : 141 – 142) กล่าวว่า การที่นักเรียนจะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ นักเรียนควรได้รับการฝึกฝนให้มีความรู้ ความสามารถพื้นฐาน และมีองค์ประกอบในด้านเจตคติที่จะช่วยเป็นพลังที่สำคัญยิ่ง ในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. มีความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา มีความเข้าใจ และทักษะเนื้อหาเกี่ยวกับปัญหานั้น
2. มีความสามารถในการอ่าน การแปลความ การตีความ และการขยายความ
3. มีความสามารถในการแปลงข้อความเป็นสัญลักษณ์หรือแผนภาพ
4. มีความสามารถในการวิเคราะห์ ความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูล จัดลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์หารูปแบบและการหาข้อสรุป
5. มีความสามารถในการจัดข้อมูล จัดลำดับขั้นตอน การวิเคราะห์หารูปแบบและการหาข้อสรุป
6. ความใฝ่ใจใคร่รู้ มีความกระตือรือร้น อยากรู้อยากเห็น
7. มีศรัทธา มีกำลังใจ และมีความอดทนในการคิดแก้ปัญหา

ไฮเมอร์ และทรูบลัด (Heimer and Trueblood. 1977 : 30-32) ได้กล่าวว่าองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์เฉพาะ
2. ทักษะการคำนวณ
3. การแยกแยะข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้อง
4. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล
5. การคาดคะเนคำตอบ
6. การเลือกใช้วิธีการจัดกระทำข้อมูลอย่างถูกต้อง
7. ความสามารถในการหาข้อมูลเพิ่มเติม

8. การเปลี่ยนประโยคภาษาให้เป็นประโยคสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ซาลิวสกี (Zalewski. 1967 : 2804-A) ได้ศึกษาพบว่าองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย

1. ความสามารถในการเข้าใจสัญลักษณ์
2. ความสามารถในการจัดกระทำ
3. ความสามารถในการอ่านและตีความ
4. ความคิดรวบยอดทางคณิตศาสตร์
5. ความสามารถในการคิดคำนวณ

จากองค์ประกอบข้างต้น กล่าวได้ว่าองค์ประกอบที่ช่วยให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้สำเร็จนั้น นักเรียนจะต้องมีความสามารถ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการอ่าน เพื่อทำความเข้าใจ จับใจความของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และวิเคราะห์แยกแยะข้อความ
2. ความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหาไปสู่การเขียนแผนภาพหรือประโยคสัญลักษณ์
3. ความสามารถในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา
4. ความสามารถในด้านทักษะ การคิดคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว
5. ความสามารถในการตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้อง

3. เอกสารเกี่ยวกับความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2537:2-3) กล่าวว่า ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น คือ โมเดลการวิจัย หรือแบบจำลองที่นักวิจัยสร้างขึ้นตามทฤษฎีแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ เพื่อความเหมาะสมในการศึกษาวิจัย เพราะการศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติไม่อาจทำได้โดยสะดวก เพราะมีลักษณะที่ซับซ้อนและมีโครงสร้างความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆหลากหลาย วิธีการสร้างโมเดลการวิจัยเป็นการประยุกต์ทฤษฎีเข้ากับสภาพปรากฏการณ์ที่เป็นจริงในธรรมชาติ ตามระเบียบวิธีนิรนัยให้เป็นโมเดลที่เป็นสมมติฐานการวิจัย จากนั้นนักวิจัยจึงนำโมเดลการวิจัยไปตรวจสอบ โดยใช้ระเบียบวิธีอุปนัยว่าโมเดลการวิจัยมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากน้อยเพียงใด ควรจะต้องมีการปรับปรุงพัฒนาโมเดลอย่างไรให้โมเดลสอดคล้องกับสภาพปรากฏการณ์จริง อันจะนำไปสู่การพัฒนาทฤษฎีและสร้างองค์ความรู้ใหม่ต่อไป ซึ่งตามหลักการวิจัย นักวิจัยควรจะต้องตรวจสอบโมเดลการวิจัยแยกออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลการวิจัยกับปรากฏการณ์หรือสภาพการณ์ที่เป็นจริง (Model – reality Consistency)

ตอนที่ 2 เป็นการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (Model – Data Consistency)

จินดนา ธนวิบูรณ์ชัย (2537 : 14-15) ได้กล่าวว่าความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นต้องเริ่มต้นจากการสร้างแบบจำลองตามทฤษฎี แนวคิดหรือผลการวิจัยต่างๆ ซึ่งมีเหตุผลน่าเชื่อถือว่าตัวแปรอิสระนั้นๆ เป็นสาเหตุต่อตัวแปรตาม แล้วประมวลออกมาเป็นแบบจำลองหรือรูปแบบที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดเข้าด้วยกัน แบบจำลองนี้มี 2 แบบ คือ

1) แบบจำลองที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ มีผลไปในทิศทางเดียวกันไม่มีผลย้อนกลับ (Recursive Model)

2) แบบจำลองที่ความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ มีผลย้อนกลับ (Non-recursive Model)

โกสช์ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537:3 ; อ้างอิงจาก Ghosh. 1991) ได้อธิบายว่าความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นมีลักษณะเป็นแผนภาพ และ/หรือชุดของสมการคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและชุดของข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption) ที่นักวิจัยเชื่อหรือยอมรับว่าเป็นจริง ถ้านักวิจัยสร้างโมเดลการวิจัยให้ได้ใกล้เคียงกับปรากฏการณ์ธรรมชาติได้มากจำนวนข้อตกลงเบื้องต้นก็จะมีน้อยลง

จากความหมายของความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หมายถึง โมเดลการวิจัยที่มีลักษณะเป็นแบบจำลองที่นักวิจัยสร้างขึ้นตามพื้นฐานทางทฤษฎีแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นชุดสมการพิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

3.1 ความหมายของการวิเคราะห์อิทธิพล

เพดฮาเซอร์ (Pedhazur. 1982 : 580) ได้อธิบายว่าการวิเคราะห์อิทธิพลเป็นวิธีการศึกษาอิทธิพลทางตรงและอิทธิพลทางอ้อมของตัวแปรต่างๆ ที่ตั้งสมมติฐานไว้ว่าเป็นตัวแปรเชิงสาเหตุ แต่วิธีการนี้ไม่ใช่เป็นการค้นหาสาเหตุ หากแต่เป็นวิธีหนึ่งของการสร้างแบบจำลองเชิงสาเหตุ โดยต้องอาศัยพื้นฐานความรู้และข้อตกลงตามทฤษฎีที่มีอยู่

นงลักษณ์ วิรัชชัย (2537 : 172) ได้ให้ความหมายว่าการวิเคราะห์อิทธิพลเป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุในการวิจัยที่ไม่ใช่การทดลอง โดยนักวิจัยจะต้องใช้วิธีการรวมตัวแปรทุกตัวที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุและมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามมาศึกษาในการวิจัย แล้วควบคุมตัวแปรเหล่านั้นโดยการจับคู่ถ้าสามารถทำได้ หรือควบคุมโดยการควบคุมทางสถิติเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร ด้วยเหตุนี้การตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรโดยมีทฤษฎีเป็นพื้นฐานสนับสนุนจึงสำคัญมาก โดยนักวิจัยต้องศึกษาทฤษฎีทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับ

ตัวแปรที่เป็นสาเหตุของตัวแปรตามและต้องตั้งสมมติฐานหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรทั้งหมด ถ้าในโมเดลขาดตัวแปรที่เป็นสาเหตุของตัวแปรตามและต้องตั้งสมมติฐานหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรทั้งหมด ถ้าในโมเดลขาดตัวแปรที่เป็นสาเหตุสำคัญจะทำให้การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุไม่ถูกต้องสมบูรณ์

จินตนา ธนวิบูรณ์ชัย (2537:13) ได้อธิบายว่าการวิเคราะห์อิทธิพล เป็นวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติอย่างหนึ่งที่อาศัยการประยุกต์วิธีวิเคราะห์การถดถอยมาอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระหลายๆตัว ที่มีต่อตัวแปรตามทั้งที่เป็นความสัมพันธ์ทางตรงและทางอ้อม ตลอดจนสามารถอธิบายทิศทางและปริมาณของความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยมีลูกศรชี้ให้เห็นถึงแบบจำลองของความสัมพันธ์ได้ การอธิบายความสัมพันธ์นี้อาศัยพื้นฐานความรู้ตามทฤษฎีที่อธิบายในเชิงเหตุและผลเป็นสำคัญ

จากความหมายของการวิเคราะห์อิทธิพล สรุปได้ว่า การวิเคราะห์อิทธิพลเป็นการประยุกต์การถดถอยพหุคูณเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ทางทฤษฎี ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่เป็นเหตุมีอิทธิพลต่อตัวแปรที่เป็นผลในลักษณะใด มีขนาดและทิศทางเป็นอย่างไร และเพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบความสัมพันธ์เชิงสาเหตุจากปรากฏการณ์จริงสอดคล้องหรือขัดแย้งกับทฤษฎีอย่างไร

3.2 ลักษณะของโมเดลลิสเรล(LISREL model)ที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแก้ปัญหา

โมเดลลิสเรล (Linear Structural Relationship model หรือ LISREL model) หมายถึง โมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่เป็นไปได้ทั้งตัวแปรสังเกตได้ (observed variable) และตัวแปรแฝง (latent variable) ซึ่งโมเดลลิสเรลนี้เป็นโมเดลการวิจัยที่มีประโยชน์มาก และใช้ได้กับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์เกือบทุกประเภท เนื่องจากปัญหาสำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือปรากฏการณ์ต่างๆ

โมเดลลิสเรลเป็นผลของการสังเคราะห์วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 3 วิธี คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบ (factor analysis) การวิเคราะห์อิทธิพล (path analysis) และการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์การถดถอย การวิเคราะห์ด้วยลิสเรลจึงสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและวิเคราะห์อิทธิพลไปพร้อมๆ กันได้ โดยมีหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์อยู่ที่การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม (Variance-covariance matrix) ที่ได้จาก ข้อมูลเชิงประจักษ์กับเมทริกซ์ที่ได้จากการประมาณค่าตามโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานการวิจัย เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูล

เชิงประจักษ์ พร้อมทั้งรายงานดัชนีความสอดคล้องด้วย ซึ่งโมเดลลิสเรลนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นที่ผ่อนคลายจากข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิม (classical causal model) กล่าวคือ การศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิมเป็นการศึกษาโมเดลที่ประกอบด้วยตัวแปรสังเกตทั้งหมด และไม่พิจารณาความคลาดเคลื่อนในการวัด เนื่องจากการศึกษาโมเดลเชิงสาเหตุแบบดั้งเดิมมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า ตัวแปรต้องไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด ซึ่งข้อตกลงเบื้องต้นข้อนี้ไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง

โมเดลลิสเรลหรือโมเดลความสัมพันธ์เชิงสาเหตุเป็นหัวใจสำคัญของการวิเคราะห์อิทธิพล ซึ่งจะช่วยให้นักวิจัยตอบคำถามวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปรในการวิจัยได้ การดำเนินการวิเคราะห์เริ่มต้นจากการสร้างโมเดลลิสเรลแสดงอิทธิพลจากพื้นฐานทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นโมเดลการวิจัย จากนั้นจึงดำเนินการวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่างๆ 4 ขั้นตอน ดังนี้

การดำเนินงานเพื่อวิเคราะห์โมเดลลิสเรลแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2537 : 15-52)

ขั้นที่ 1 กำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Specification of the model)

ขั้นที่ 2 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the model)

ขั้นที่ 3 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter estimation from the model)

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดล (Validation of the model)

ผู้วิจัยขออธิบายรายละเอียดอย่างคร่าวๆ ในแต่ละขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล (Specification of the model) ลักษณะของโปรแกรม LISREL มีส่วนประกอบของโมเดล 2 ส่วน คือ

1.1 โมเดลการวัด (measurement model) เป็นโมเดลซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง โมเดลการวัดจะประกอบด้วยชุดของตัวแปรที่สังเกตได้ คือ ตัวแปรอิสระที่สังเกตได้และชุดของตัวแปรตามที่สังเกตได้

1.2 โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural equation model) เป็นโมเดลที่ระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างตัวแปรแฝง ในการนำข้อมูลในธรรมชาติมาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ในเชิงสาเหตุต้องทำด้วยความรอบคอบ โดยนักวิจัยต้องดำเนินตามขั้นตอนที่สำคัญ คือ ขั้นแรก คัดเลือกตัวแปรตามมาศึกษาให้ครบถ้วนจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการวิเคราะห์เชิงตรรกะของผู้วิจัย ขั้นที่สอง สร้างโมเดลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และขั้นสุดท้ายนำโครงสร้างความสัมพันธ์มาตรวจสอบความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แล้วนำมาเขียนสมการ

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad \text{(สูตรที่ 1)}$$

เมื่อ B แทน สัมประสิทธิ์ของ η

Γ แทน สัมประสิทธิ์ของ ξ

ζ (zeta) แทน ค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการโครงสร้าง

โมเดลของการวัดค่าตัวแปร y ได้มาจากสมการ

$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon$ เมื่อ ε แทนค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากสมการ (สูตรที่ 2)

โมเดลของการวัดค่าตัวแปร y ได้มาจากสมการ

$x = \Lambda_x \eta + \delta$ เมื่อ δ แทนค่าความคลาดเคลื่อนของการวัดจากสมการ (สูตรที่ 3)

ค่าของ x, y มีได้หลายค่า ได้อธิบายไว้ดังนี้

กำหนด x แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายนอกสังเกตได้

กำหนด y แทน เวกเตอร์ของตัวแปรภายในสังเกตได้

กำหนด η แทน เวคเตอร์ของตัวแปรแฝงภายใน(endogenous variables)

กำหนด ξ แทน เวคเตอร์ของตัวแปรแฝงภายนอก (endogenous variables)

กำหนด ε แทน เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้มาจากการวัดของตัวแปร y

กำหนด δ แทน เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้มาจากการวัดของตัวแปร x

กำหนด Λ_y แทน เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร y ที่เป็นการทำนายค่าต่อ η

กำหนด Λ_x แทน เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร x ที่เป็นการทำนายค่าต่อ ξ

กำหนด Γ แทน เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร ξ ในสมการโครงสร้าง

กำหนด B แทน เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร η ในสมการโครงสร้าง

กำหนด ζ แทน เวคเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการโครงสร้าง

สิ่งสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล คือ การกำหนดค่าเมทริกซ์ทั้ง 8 เมทริกซ์ให้สอดคล้องกับโมเดลการวิจัย ซึ่ง Jöreskog and Sörbom. (1993 : 4-5) กำหนดค่าเมทริกซ์ให้ทำได้ 3 แบบ คือ

ก. พารามิเตอร์กำหนด (Fixed parameters) เมื่อโมเดลการวิจัยไม่มีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปรพารามิเตอร์ ขนาดอิทธิพลตัวนั้นจะกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์ ใช้สัญลักษณ์ "0"

ข. พารามิเตอร์บังคับ (Constrained parameters) เมื่อโมเดลการวิจัยมีเส้นแสดงอิทธิพลระหว่างตัวแปร และพารามิเตอร์ ขนาดอิทธิพลตัวนั้นเป็นค่าที่ต้องประมาณ แต่นักวิจัยมีเงื่อนไขที่ต้องกำหนดให้พารามิเตอร์ บางตัวมีค่าเฉพาะคงที่ เช่น มีค่าเท่ากับ 1 หรือมีค่าอื่นๆ กรณีเช่นนี้ จะกำหนดค่าสมาชิกในเมทริกซ์ที่แทนค่าพารามิเตอร์นั้นเป็นพารามิเตอร์บังคับ

ค. พารามิเตอร์อิสระ (Free parameters) เป็นพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า และไม่ได้บังคับให้มีค่าอย่างใดอย่างหนึ่ง ใช้สัญลักษณ์ " * "

ผู้วิจัยจะขอกล่าวถึงโมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดลที่ระบุความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น ระหว่างตัวแปรแฝงด้วยกันภายในโมเดลการวิจัย และมีข้อตกลงเบื้องต้นพอสังเขปดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลเป็นความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear) เชิงบวก (Additive) และเป็นความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Relationship)

2. การแจกแจงของตัวแปรภายนอก (Exogenous Variables) ตัวแปรภายใน (Endogenous Variables) และความคลาดเคลื่อน (Error) ต้องเป็นการแจกแจงปกติ ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์

3. มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independence) ระหว่างตัวแปรกับความคลาดเคลื่อน กล่าวคือ ความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ตัวแปรและความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน แต่ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแปรแต่ละกลุ่มอาจจะสัมพันธ์กันได้

4. ในกรณีการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) ที่มีการวัดมากกว่า 2 ครั้ง การวัดตัวแปรต้องไม่ได้รับอิทธิพลจากช่วงเวลาเหลื่อม (Time Lag) ระหว่างการวัด

จากข้อตกลงเบื้องต้นของโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น ทำให้เห็นข้อดีคือ ความสามารถในการประมาณค่าพารามิเตอร์เทอมความคลาดเคลื่อน (Error Term) ยอมให้ความแปรปรวนร่วมระหว่างเทอมความคลาดเคลื่อนมีค่าไม่เท่ากับ 0 ทำให้ผลการวิเคราะห์เป็นไปในสภาพจริง

ขั้นที่ 2 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล (Identification of the Model) การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลมีความสำคัญและมีนักสถิติศึกษาค้นคว้าเรื่องนี้กันมาก ผลการค้นพบสรุปได้ว่ามีเงื่อนไขที่ทำให้ระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวพอดีที่ต้องพิจารณาอยู่ 3 ประเภท (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537 : 37-39 ; อ้างอิงจาก Bollen. 1989) คือเงื่อนไขจำเป็น (Necessary Condition) เงื่อนไขพอเพียง (Sufficient Condition) เงื่อนไขจำเป็นและเงื่อนไขพอเพียง (Necessary and Sufficient Sufficient Condition) ดังรายละเอียดของแต่ละประเภทต่อไปนี้

1. เงื่อนไขจำเป็น (Necessary Condition) ของการระบุได้พอดี โมเดลจะต้องมีลักษณะจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง เงื่อนไขข้อนี้เรียกว่า กฎที (t-rule) หรือตรวจสอบได้จากสมการ $t < (1/2)(N)(NI + 1)$ เมื่อ t เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการประมาณค่า และ NI เป็นจำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

2. เงื่อนไขพอเพียง (Sufficient Condition) ของการระบุได้พอดี สำหรับการระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดลมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะเฉพาะในแต่ละโมเดล โดยมีกฎทั่วไปดังนี้

2.1 กฎความสัมพันธ์ทางเดียว (Recursive Rule) สำหรับโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด

2.2 กฎสามตัวบ่งชี้ (Three – indicator Rule) สำหรับโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ

2.3 กฎสองขั้นตอน (Two-step Rule) สำหรับโมเดลที่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด ขั้นตอนแรกปรับโมเดลให้เป็นโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบโดยการรวมตัวแปรภายในและภายนอกให้เป็นชุดเดียวกันเสมือนเป็นตัวแปรภายนอกเพียงอย่างเดียว เช่นในโมเดลการวิเคราะห์ยืนยันองค์ประกอบ จากนั้นจึงตรวจสอบโดยใช้กฎ 2.2 หากพบว่า โมเดลระบุได้พอดี ให้ตรวจสอบขั้นตอนที่ 2 ต่อไป ในขั้นตอนที่ 2 ให้ปรับโมเดลเป็นโมเดลลิสเรลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัด โดยเอาเฉพาะตัวแปรภายในมารวมเป็นชุดเดียวกันเสมือนเป็นตัวแปรสังเกตได้ เช่นในโมเดลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดแล้วตรวจสอบโดยใช้กฎ 2.1

3. เงื่อนไขจำเป็นและพอเพียง (Necessary and Sufficient Conditions) เป็นเงื่อนไขที่มีประสิทธิภาพสูงสุด หากเปรียบเทียบกับเงื่อนไขทั้งหมด โดยกล่าวว่าโมเดลระบุได้พอดีก็ต่อเมื่อสามารถแสดงได้โดยการแก้สมการโครงสร้างว่าค่าพารามิเตอร์แต่ละค่าได้จากการแก้สมการที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของประชากร

ขั้นที่ 3 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล (Parameter Estimation form the model) เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เมทริกซ์ S และ Sigma (Σ) แทนเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมที่สร้างขึ้นจากพารามิเตอร์ที่ประมาณค่าได้จากโมเดลที่เป็นสมมติฐาน ถ้าหากเมทริกซ์ทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าโมเดลที่เป็นสมมติฐานมีความกลมกลืนกับโมเดลที่เป็นข้อมูลเชิงประจักษ์

การกำหนดเงื่อนไขให้เมทริกซ์ S และ Sigma มีค่าใกล้เคียงกันนั้น ใช้วิธีการสร้างความกลมกลืน (Fit or Fitting Function) เป็นตัวเกณฑ์ในการตรวจสอบและหากจะทำให้ได้ค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวา (Consistency) ลักษณะของฟังก์ชันต้องมีคุณสมบัติรวม 4 ประการ คือ

1. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องเป็นสเกลาร์ (Scalar) หรือเป็นเลขจำนวน
2. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์
3. ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 เมื่อเมทริกซ์ Sigma และ Sมีค่าเท่ากันเท่านั้น
4. ฟังก์ชันความกลมกลืนต้องเป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง (Continous Function)วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในแต่ละวิธีให้ผลการประมาณค่าที่มีคุณสมบัติของค่าประมาณแตกต่างกันไป ซึ่งในที่นี้จะเสนอวิธีประมาณค่าที่ใช้ฟังก์ชันความกลมกลืน 5 แบบ ด้วยกันดังนี้

1. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดไม่ถ่วงน้ำหนัก (Unweighted Least Squares = ULS) เมื่อดูฟังก์ชันความกลมกลืนในวิธี ULS จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Ordinary Least Squares = OLS) ในวิธี OLS การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้เงื่อนไขให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยที่สุด โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับผลต่างระหว่างความแปรปรวนที่คำนวณได้จากข้อมูลเชิงประจักษ์กับค่าความแปรปรวนที่พยากรณ์จากค่าพารามิเตอร์

ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธี ULS มีคุณสมบัติเป็นค่าประมาณที่มีความคงเส้นคงวา (Consistency) แต่ไม่มีประสิทธิภาพ (Efficiency) กล่าวคือ ความแปรปรวนของค่าประมาณที่ได้ จะไม่ใช่ค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประมาณที่ได้จากวิธีอื่น

ข้อด้อยอีกประการหนึ่งคือ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ ขาดคุณสมบัติของความเป็นอิสระจากมาตรวัด (Scale Free) คือ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการวัด หากโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นมีตัวแปรที่มีหน่วยวัดต่างกันจะมีผลต่อค่าพารามิเตอร์

วิธีแก้ คือต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม หรือใช้คะแนนมาตรฐาน

ข้อเด่นของวิธีการนี้ก็คือ ความง่ายและความสะดวกในวิธีการประมาณค่าและเป็นวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติพหุนาม

2. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดวางนัยทั่วไป (Generalized Least Squares = GLS) ในกรณีที่ข้อมูลมีความแปรปรวนของตัวแปรตามไม่เท่ากันทุกค่าของตัวแปรต้น (Heteroscedasticity) หรือมีความสัมพันธ์กันระหว่างความคลาดเคลื่อน (Auto correlation) จะต้องใช้วิธีประมาณค่าแบบ GLS ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตเพื่อปรับแก้ความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี GLS ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตเพื่อปรับแก้ความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี GLS จะมีความคงเส้นคงวา มีอิสระจากมาตรวัดหรือไม่มีหน่วย แต่ถ้าตัวแปรสังเกตได้ มีลักษณะการแจกแจงที่สูงหรือเตี้ยกว่าโค้งปกติ ค่าประมาณของพารามิเตอร์จะไม่ถูกต้อง เพราะข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าด้วยการแจกแจงแบบปกติพหุนาม นอกจากนี้ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จะมีความลำเอียงเข้าหาศูนย์

3. วิธีไลค์ลิฮู้ดสูงสุด (Maximum Likelihood = ML) เป็นวิธีที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นที่แพร่หลายมากที่สุด ค่าที่ได้จะมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับวิธี GLS คือ มีความคงเส้นคงวา มีประสิทธิภาพ และเป็นอิสระจากมาตรวัด การแจกแจงสุ่มค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธี ML เป็นแบบปกติ และความแกร่งของค่าประมาณนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของพารามิเตอร์

4. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (Generally Weighted Least Squares = WLS) นับเป็นวิธีประมาณค่าที่ครอบคลุมวิธีที่กล่าวมาทั้งหมด ลักษณะการประมาณค่าจะไม่ใช้เมทริกซ์เต็มรูปแต่จะใช้เฉพาะสมาชิกในแนวทแยงและได้แนวทแยงโดยถ่วงน้ำหนักด้วยอินเวอร์สของเมทริกซ์ W

ข้อเสีย ถ้าหากเมทริกซ์ W มีตัวแปรสังเกตมากเกินไป จะทำให้คอมพิวเตอร์ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น และวิธีนี้ไม่เหมาะกับเมทริกซ์ที่มีการตัดข้อมูลเสียหาย (Missing) แบบตัดเฉพาะคู่ที่ขาด (Pairwise) ส่วนคุณสมบัติของพารามิเตอร์เหมือนกับวิธี ML

5. วิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักแนวทแยง (Diagonally Weight Least Squares = DWLS)การประมาณค่าพารามิเตอร์วิธีนี้พัฒนามาจากวิธี WLS โดยพยายามลดเวลาคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ คือ แทนที่จะคำนวณจากทุกสมาชิกในเมทริกซ์ก็คำนวณเฉพาะสมาชิกในแนวทแยงของเมทริกซ์ ผลที่ได้ทำให้ค่าประมาณค่าพารามิเตอร์ไม่มีประสิทธิภาพแต่จะมีประโยชน์เพราะค่าประมาณที่ได้จะอยู่ระหว่างค่าที่ได้จากวิธี ULS และ WLS

ขั้นที่ 4 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดล (Model Validation) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมติฐานในการวิจัย หรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดล หรือการตรวจสอบความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น หรือการตรวจสอบ

ความกลมกลืนระหว่างสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์นั้น สามารถพิจารณาค่าสถิติที่ช่วยในการตรวจสอบ 5 วิธี คือ (Jöreskog and Sörbom. 1993 : 121-129)

1. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (Standard Errors and Correlations of Estimates) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติที และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณที่ได้ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่ และโมเดลการวิจัยอาจจะยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณแสดงว่าโมเดลการวิจัยใกล้จะไม่เป็นบวกแน่นอน และเป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

2. สหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlations and Coefficients of Determination) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณและสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สำหรับตัวแปรสังเกตได้แยกทีละตัวและรวมทุกตัว รวมทั้งสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการโครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกินหนึ่ง และค่าที่สูงแสดงว่า โมเดลมีความตรง

3. ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measures) เป็นค่าสถิติที่จะตรวจสอบความตรงในภาพรวมทั้งหมดของโมเดล และยังสามารถเปรียบเทียบระหว่างโมเดลว่าโมเดลใดจะมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ค่าสถิติในกลุ่มนี้มี 4 ประเภท ได้แก่

3.1 ค่าสถิติไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 โดยคำนวณจากผลคูณของชั้นความอิสระกับค่าของฟังก์ชันความกลมกลืน ถ้าค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำมาก ยิ่งใกล้ 0 มาก แสดงว่าโมเดลลิสเรลสอดคล้องกับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ข้อกำหนดของการใช้ค่าไค-สแควร์ มี 4 ประการ คือ

3.1.1 ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ต้องมีการแจกแจงปกติ

3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม

3.1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ (อัตราส่วนของหน่วยตัวอย่างกับจำนวนพารามิเตอร์ควรเป็น 20 ต่อ 1)

3.1.4 ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์จริงตามสมมติฐานที่ใช้ทดสอบไค-สแควร์

3.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-Fit Index = GFI) ดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ลักษณะการแจกแจงขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดัชนี GFI ที่เข้าใกล้ 1.00 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-of-Fit Index = AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้โดยคำนึงถึงขนาดองศาความอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปร และขนาดกลุ่มตัวอย่าง ค่าดัชนี AFGI นี้มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

3.4 ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Root Mean Squared Residual = RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดล 2 โมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ค่าของดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ 0 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน(Analysis of Residuals)การตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ควรพิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานไม่ควรมีค่าเกิน 2.00 ถ้ายังมีค่าเกิน 2.00 ต้องปรับโมเดล นอกจากนี้โปรแกรมลิสเรลยังให้ผลในรูปของกราฟ (g-plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อน กับค่าควอนไทล์ปกติ (normal quantiles) ถ้าได้เส้นกราฟมีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุมอันเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ แสดงว่ามีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ดัชนีปรับแต่งโมเดล (model modification indices) เป็นค่าสถิติเฉพาะของพารามิเตอร์แต่ละตัว มีค่าเท่ากับค่าไค-สแควร์ ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้นมีประโยชน์ช่วยในการตัดสินใจที่จะปรับโมเดลให้ดีขึ้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

อำนวย เลิศชยันตี (2523 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยแบ่งความสามารถทางสมองเป็น 2 ส่วน คือ ความถนัดทางการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ความถนัดทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสามารถทางสมองมีความสัมพันธ์กับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

บุญรวย ชูรักษา (2523 : 43-45) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการอ่านกับการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่า ความเข้าใจในการอ่านกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ในทางบวกที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมชัย วงษ์นายะ (2524 : 98) ได้ศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า ความถนัดทางการเรียนด้านตัวเลข ด้านเหตุผล ด้านมิติสัมพันธ์ และภาษา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

จันทร์เพ็ญ ธนาศุภกรกุล (2526 : 149) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปาจรีย์ วัชชวัลคุ (2527 : 68-70) ได้ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบด้านลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษาในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 สังกัดสำนักงานการประถมศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 617 คน ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมได้แก่ ความเป็นผู้นำทางด้านวิชาการของครูใหญ่ คุณภาพการสอน มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง และทัศนคติต่อวิชา โดยที่ความเป็นผู้นำด้านวิชาการของครูใหญ่ และคุณภาพการสอนส่งผลเชิงนิเสธต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา

คณิตศาสตร์ ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม และความสัมพันธ์ในครอบครัว ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อม ได้แก่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความถนัดทางการเรียน และฐานะทางเศรษฐกิจ

จารุวรรณ สิงห์ม่วง (2528 : 63) ได้ทำการศึกษาการทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบเชาว์ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เขตการศึกษา 9 จำนวน 508 คน ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณระหว่างคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ กับคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และเชาว์ปัญญามีค่าเท่ากับ .7023 มีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเชาว์ปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เท่ากับ .6766 และสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างเชาว์ปัญญากับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ท่ากับ .5660

วราภรณ์ ศิลปพงษ์ (2530 : 45-46) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เขตการศึกษา 11 ผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์ตามการรับรู้ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เฉลียว บุษเนียร (2531 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียน พฤติกรรมการสอน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ทุกตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ สหสัมพันธ์เท่ากับ .2963, .1038, .7804 และ .4099 ตามลำดับ

ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532 : 72-73) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียน กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ตัวแปรความรู้พื้นฐานเดิม ประสบการณ์สอนของครู ความเป็นผู้นำทางวิชาการของผู้บริหาร เชาว์ปัญญาของนักเรียน รายได้ของผู้ปกครอง ขนาดของโรงเรียน อาชีพของผู้ปกครอง การใช้สื่อการสอน วุฒิการศึกษาของครู ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง จำนวนคาบที่ครูสอนใน 1 สัปดาห์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และการส่งเสริมการเรียนของผู้ปกครอง มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ที่ระดับ .01

ทองหล่อ วงษ์อินทร์ (2537 : 140-147) ได้ทำการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ความรู้เฉพาะด้าน กระบวนการในการคิดแก้ปัญหาและการคิดอภิมานของนักเรียนผู้ชำนาญ และไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนผู้ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 25 คน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 25 คน นักเรียนผู้ไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 25 คน และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบวัดความรู้เฉพาะด้าน แบบสอบวัดกระบวนการในการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และแบบสอบถามความคิดอภิมาน ใช้วิธีการสอบวัดเป็นรายบุคคล โดยการสัมภาษณ์ และวิธีการออกเสียง ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนผู้ชำนาญในการคิดแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้าน สูงกว่านักเรียนผู้ไม่ชำนาญในระดับชั้นเดียวกัน

2. นักเรียนผู้ชำนาญและผู้ไม่ชำนาญที่เรียนในระดับชั้นที่สูงกว่ามีคะแนนในตัวแปรทั้ง 3 ด้าน สูงกว่านักเรียนในกลุ่มเดียวกันที่เรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า

ตัวแปรทั้ง 3 ด้าน คือ 1) ความรู้เฉพาะด้านทั้งในด้านความคิดรวบยอด และด้านการดำเนินการ 2) กระบวนการในการคิดแก้ปัญหาในด้านการทำความเข้าใจปัญหาการสร้างตัวแทนปัญหา การวางแผนดำเนินการแก้ปัญหา และการตรวจสอบปัญหา 3) ความรู้ในการคิดอภิมาน ด้านบุคคล ด้านงาน และด้านกลวิธี

หัสยา เถียรวิทวัส (2537 : 82-83) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผล กับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 776 คน เป็นนักเรียนชาย 386 คน และเป็นนักเรียนหญิง 390 คน เครื่องมือที่ใช้วัดเป็นแบบทดสอบด้านการจำแนกประเภท ด้านอุปมาอุปไมย ด้านอนุกรม ด้านสรุปความและวิเคราะห์ตัวร่วม และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางเหตุผลทั้ง 5 ฉบับ กับความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่าทั้งนักเรียนหญิงและนักเรียนชาย

ณัฏฐี เจริญเกียรติบวร (2538 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนและความตระหนักในการคิดอภิมานกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความ

ตระหนักในการคิดอภิมานอย่างมีนัยสำคัยทางสถิติที่ระดับ .01 และพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน ความตระหนักในการคิดอภิมานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมบัติ โพธิ์ทอง (2539 : 85-99) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงโดยใช้กลวิธีการคิดอภิมาน"ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เป็นแบบทดสอบชนิดอัตนัย ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ก่อนเรียน ขั้นฝึกการคิดอภิมานร่วมกับเทคนิคการคิดออกเสียงดัง ใช้เวลาในการฝึก 8 วัน วันละ 40 นาที และขั้นนำการคิดอภิมานมาใช้สอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ใช้เวลาสอน 18 วัน วันละ 40 นาที ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หลังการสอนแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้การคิดอภิมานสูงกว่าก่อนได้รับการสอนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

พัชรา ทัศนวิจิตรวงศ์ (2540 : 80 – 115) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการ ได้แก่ ความถนัดทางการเรียนด้านภาษา ตัวเลข เหตุผล และมิติสัมพันธ์ ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ปัจจัยความรู้สึก คือ การรับรู้ตนเองเกี่ยวกับความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าความถนัดทางการเรียนด้านภาษา ตัวเลข ความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ และความวิตกกังวลในการเรียนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ส่วนความถนัดด้านเหตุผล และมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ทิพวรรณ วังเย็น (2542 : 51 - 52) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถทางสมองทั้งสี่ด้าน คือ ความสามารถทางภาษา ความสามารถทางด้านจำนวน ความสามารถทางมิติสัมพันธ์และความสามารถในการรับรู้อย่างรวดเร็ว มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อัชรีภรณ์ จิวสกุล (2541: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาพฤติกรรมการสอนของครูที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหา และความตระหนักในการคิดอภิมาน ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอน

ที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนจากครูที่มีพฤติกรรมการสอนที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาปานกลาง และต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่มีความตระหนักในการคิดอภิมานสูง มีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความตระหนักในการคิดอภิมานต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

นิกร ขวัญเมือง (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดอภิมาน และการอบรมเลี้ยงดูกับความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า

1. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ ระหว่างการคิดอภิมานทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ บุคคล งาน ยุทธวิธี การวางแผน การควบคุมตรวจสอบ การประเมินผล และการอบรมเลี้ยงดูทั้งสามแบบ กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับ .321 ซึ่งสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยที่ความสามารถด้านการคิดอภิมานและการอบรมเลี้ยงดูแปรผันร่วมกันกับความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 10.3

2. ค่าน้ำหนักความสำคัญของการคิดอภิมาน ด้านงานและด้านการวางแผน ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ทางคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. พฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความตระหนักในการคิดอภิมานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จารุวรรณ พูพะเนียด (2542 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลของการใช้เทคนิคทบทวนความรู้เดิมแบบต่างๆ ที่มีต่อความพึงพอใจ การมีส่วนร่วมในการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 38 คน ที่เรียนโดยใช้เทคนิคการทบทวนความรู้เดิม 3 วิธี คือ การสืบค้นจากบุคคล การนำเสนอความรู้ด้วยผังกราฟฟิก และการทำสติกเกอร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจในเทคนิคการทบทวนความรู้แบบสติกเกอร์มากที่สุด รองลงมาคือวิธีการสืบค้นจากบุคคล และวิธีการนำเสนอความรู้ด้วยผังกราฟฟิกน้อยที่สุด ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพบว่านักเรียนร้อยละ 100 ที่เรียนด้วยการใช้เทคนิคการทบทวนความรู้เดิมทุกรูปแบบ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์

จรุง ขำพงษ์ (2542 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของการใช้กลวิธีการคิดอภิมาน ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 65 คน ผู้วิจัยดำเนินการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้กลวิธีการคิดอภิมาน แล้วทดสอบด้วยแบบวัดความสามารถในการ

แก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการคิดอภิมาน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60 ที่กำหนดไว้ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์หลังการเรียนการสอนการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้กลวิธีการคิดอภิมานสูงกว่าก่อนการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

นิพนธ์ สินพูน (2545:บทคัดย่อ) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และเพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ จำนวน 477 คน ผลการศึกษาพบว่า ความถนัดทางการเรียน 7 ด้าน ได้แก่ ความถนัดด้านภาษา ความถนัดด้านจำนวน ความถนัดด้านเหตุผล ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ ความถนัดด้านความจำ ความถนัดด้านการรับรู้ และความถนัดด้านการใช้คำ ความรู้พื้นฐานเดิม แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์และพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม ความถนัดด้านจำนวน พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

คราวเดอร์ (Crowder.1957 : 281 – 286) ได้ศึกษาผลการใช้แบบทดสอบ โฮลซิงเกอร์ – คราวเดอร์ ยูนิ – แฟคเตอร์ (Holzinger-Growder Uni-Factor Tests) กับนักเรียนเกรด 7 – 12 จำนวน 10,000 คน พบว่า สมรรถภาพด้านจำนวน ด้านภาษา ด้านเหตุผล และด้านมิติสัมพันธ์ มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .53, .51, .60 และ .35 ตามลำดับ

โกโยนากิ (Koyonaki. 1971 : 5937A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางด้านการอ่าน กับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่าตัวแปรทั้งสองประเภทต่างมีความสัมพันธ์กันทางบวกสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

สำเริง บุญเรืองรัตน์ (Samreng Boonruamgrutana 1978 : 157-180) ได้ทำการวิจัยเรื่อง องค์ประกอบที่ส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเป็นผลมาจากวิธีการสอนของครูมากที่สุด รองลงมาคือ คุณภาพการสอน คุณสมบัติของนักเรียน ความสนใจ ความถนัด พื้นฐานความรู้เดิม ตามลำดับ

มูราสกี (Muraski. 1979 : 4104-A) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกตีความหมายของโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์กับความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนเกรด 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการฝึกตีความหมายโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกตีความหมายโจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เทวารี (Tewari. 1980 : 5351-A) ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐานของนักศึกษามหาวิทยาลัยในรัฐเวอร์จิเนีย จำนวน 341คน โดยใช้การวิเคราะห์สาเหตุ (Path Analysis) ผลการวิจัยพบว่าความรู้พื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาส่งผลทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน

สแวนซัน (Swanson. 1990 : 306-314) ได้ศึกษาอิทธิพลของความรู้ด้านการคิดอภิมานและความถนัดทางการเรียนที่มีต่อการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาที่มีความถนัดทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีความถนัดทางการเรียนต่ำ และนักเรียนที่มีความสามารถด้านการคิดอภิมานสูงกับนักเรียนที่มีความสามารถด้านการคิดอภิมานต่ำ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า 1)ความรู้ด้านการคิดอภิมานเป็นตัวทำนายความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีกว่าความถนัดทางการเรียน 2) ผู้ที่มีความรู้ด้านการคิดอภิมานสูงแต่มีความถนัดทางการเรียนต่ำสามารถแก้ปัญหาได้ดีกว่าผู้ที่มีความถนัดด้านการเรียนสูงแต่มีความรู้ด้านการคิดอภิมานต่ำ 3) ความรู้ด้านการคิดอภิมานไม่มีความสัมพันธ์กับความถนัดทางการเรียน และได้เสนอแนะว่าการฝึกความรู้ด้านการคิดอภิมานสามารถนำไปใช้กับผู้ที่มีความสามารถด้านการเรียนต่ำเพื่อช่วยเสริมสร้างให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นได้

เจอร์นอน (Guernon, 1990 : 2768A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลของการสอนกลวิธีในการแก้ปัญหา ภายใต้ระบบการควบคุมด้านการคิดอภิมาน ที่มีต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 8 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 8 ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 55 คน ในการสอนกลวิธีในการแก้ปัญหานั้นได้เน้นในสิ่งที่ โชนเฟลด์ (Schoenfeld) อ้างถึง คือ กลวิธีการคิดอภิมานในการควบคุมตนเอง ซึ่งหมายถึงความสามารถของนักเรียนในการตรวจสอบว่าทำอย่างไร และเมื่อไร ที่จะทำให้การแก้ปัญหานั้นดีขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับการสอนแก้ปัญหาด้วยกลวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา และใช้คำว่าอย่างไรและเมื่อไรในกลวิธีแก้ปัญหา กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนแก้ปัญหาหลายๆอย่าง แต่ไม่ได้รับการสอน

กลวิธีในการแก้ปัญหา กลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามปกติ ทั้ง 3 กลุ่มได้รับการสอนในชั้นเรียนปกติ และสอนเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ตามหลักสูตร เป็นเวลา 16 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่านักเรียนในกลุ่มที่ 1 มีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงสุด รองลงมาเป็นนักเรียนในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการฝึกนักเรียนโดยเน้นการควบคุมการคิดของตนเอง ทบทวนเสมอว่าจะทำอะไร เมื่อไร และอย่างไรในการฝึกกลวิธีในการแก้ปัญหา มีผลต่อการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

แวง (Wang. 1990 : 3206-7A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบกับพฤติกรรมทางการคิดอภิมานในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนเกรด 6 ที่มีสติปัญญาเลิศ (giftetd) กับนักเรียนทั่วๆ ไปในไต้หวัน ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีน โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆละ 30 คน ให้แก้โจทย์ปัญหา 5 ข้อเป็นรายบุคคล ด้วยการคิดออกเสียง สังเกตพฤติกรรมและบันทึกคำพูดที่นักเรียนแสดงออกมาในขณะแก้โจทย์ปัญหา แล้วนำมาวิเคราะห์ผลปรากฏว่า 1) พฤติกรรมทางการคิดอภิมานในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์จากนักรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนที่มีสติปัญญาเลิศจะแสดงพฤติกรรมทางการคิดอภิมานในการแก้โจทย์ปัญหาออกมามากกว่า 2) พฤติกรรมทางการคิดอภิมานมีความสัมพันธ์กับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 3) พฤติกรรมทางการคิดอภิมานที่ต่างชนิดกัน จะมีเปอร์เซ็นต์ของการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่ปรากฏขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสองกลุ่ม

ฮอลล์ (Hall. 1992 : 446) ได้ทำการวิจัยเรื่อง พฤติกรรมการใช้การคิดอภิมานและความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยปัญหาที่นำมาให้นักเรียนคิด 2 แบบ แบบที่ 1 เป็นแบบง่ายต่อการหาคำตอบ แบบที่ 2 เป็นแบบยากในการหาคำตอบ ผลการวิจัยพบว่า ในการแก้ปัญหาแบบที่เป็นปัญหายากในการหาคำตอบนั้นนักเรียนแสดงการใช้การคิดอภิมานในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์มากกว่าการแก้โจทย์ปัญหาในแบบที่ง่ายกับการหาคำตอบ

จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า ความเอาใจใส่ในการเรียน ความถนัดทางการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมานต่างก็มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2545 สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 23 โรงเรียน แบ่งออกเป็น 4 ขนาด คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจำนวน 2 โรงเรียน 21 ห้องเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่จำนวน 3 โรงเรียน 22 ห้องเรียน โรงเรียนขนาดกลางจำนวน 9 โรงเรียน 28 ห้องเรียน โรงเรียนขนาดเล็กจำนวน 9 โรงเรียน 12 ห้องเรียน รวมจำนวน 83 ห้องเรียน และจำนวนนักเรียน 3,513 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดจันทบุรีจำนวนนักเรียน 427 คน ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร (สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม, 2529:84)

$$n=\frac{Nk^2\sigma_x^2}{NE^2+k\sigma_x^2}$$

เมื่อ n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม

N แทน ขนาดของประชากร ในที่นี้ คือ 3,513 คน

k แทน ค่าคงที่ตามระดับความเชื่อมั่น ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งตรงกับค่า k เท่ากับ 1.96

σ_x แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ในที่นี้คือ 3.791 (จากการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (GAT) วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2544)

E แทน ค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ซึ่งเป็นความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าสถิติที่ใช้เป็นตัวประมาณค่า ($\hat{\theta}$) กับค่าที่แท้จริง (θ) หรือ $E=\left|\theta-\hat{\theta}\right|$ ในการวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (E =0.3791)

แทนค่า $$n = \frac{3{,}513(1.96)^2(3.791)^2}{3{,}513(.3791)^2 + 1.96(3.791)^2}$$

$$\approx 364$$

จากนั้นเลือกนักเรียนโดยวิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) มีลำดับขั้นในการสุ่ม ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งกลุ่มประชากรออกเป็นชั้น ตามขนาดโรงเรียน คือ ขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตามเกณฑ์การแบ่งขนาดโรงเรียน ของกรมสามัญศึกษา

ขั้นที่ 2 คำนวณห้องเรียนที่จะนำมาเป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้าตามสัดส่วนของแต่ละระดับชั้น (Proportional Stratified Random Sampling) ตามชั้นที่แบ่งไว้ในขั้นที่ 1 จำนวน 12 เปอร์เซ็นต์ของห้องเรียนทั้งหมดในแต่ละขนาดได้จำนวนห้องเรียน 10 ห้องเรียน และจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 427 คน ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามขนาดของโรงเรียน

ขนาดโรงเรียน	โรงเรียน	จำนวนห้องเรียน (ห้องเรียน)	จำนวนนักเรียน (คน)
ใหญ่พิเศษ	โรงเรียนเบญจมราชูทิศ	2	107
	โรงเรียนศรียานุสรณ์	1	52
ใหญ่	โรงเรียนท่าใหม่"พูลสวัสดิ์ราษฎร์นุกูล"	2	85
	โรงเรียนเบญจมานุสรณ์	1	42
กลาง	โรงเรียนแหลมสิงห์วิทยาคม "อาทรสังขะวัฒนะอุปถัมป์"	2	78
	โรงเรียนคิชฌกูฏวิทยา	1	37
เล็ก	โรงเรียนบางกะจะ	1	26
รวม		10	427

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ประกอบไปด้วยแบบทดสอบ 3 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก มีทั้งหมด 2 ตอน ตอนละ 20 ข้อ รวมเป็น 40 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบทดสอบของ วราลักษณ์ ลิ้มทองสกุล (2545) ดังนี้

1.1 ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.734

1.2 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.719

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.783

ฉบับที่ 3 แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.805

ฉบับที่ 4 แบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน จำนวน 20 ข้อ โดยวัดเกี่ยวกับการค้นคว้าจากตำรา การเรียนในชั้นเรียน การเตรียมตัวในการเรียน วิธีการจดจำเนื้อหา การวางแผนการเรียน ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบสอบถามของ อำนวย เลิศชยันตี (2545) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.742 มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating scale) มีมาตรให้ประเมิน 4 ระดับ คือ ทำเป็นประจำ ทำเป็นส่วนใหญ่ ทำเป็นบางครั้ง ไม่ทำ

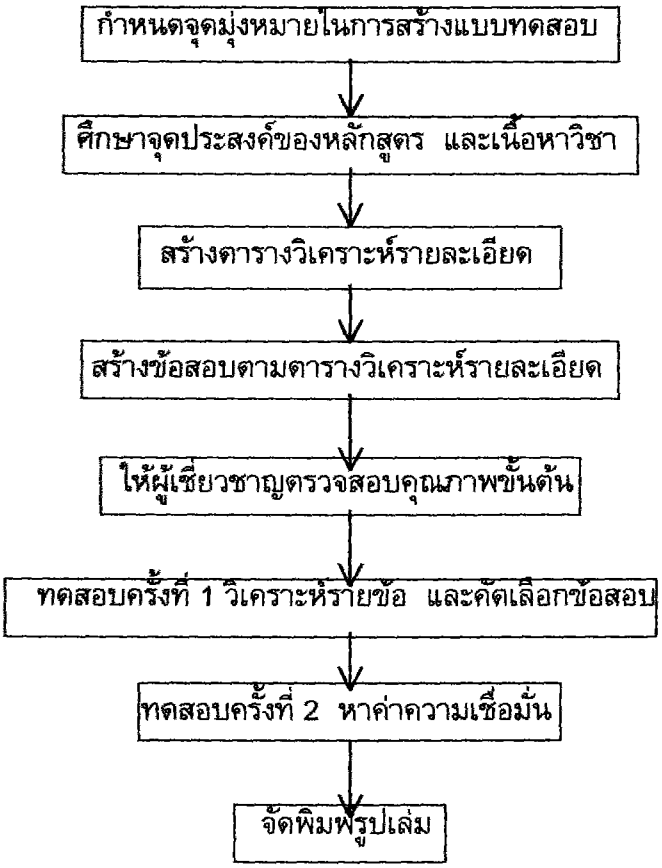
ฉบับที่ 5 แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบสอบถามของ ณัฏฐี เจริญเกียรติบวร (2538) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.711 มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating scale) มีมาตรให้ประเมินพฤติกรรมที่ครูคณิตศาสตร์ปฏิบัติ 4 ระดับ คือ บ่อยมากที่สุด บ่อยมาก น้อย และน้อยที่สุด

ฉบับที่ 6 แบบทดสอบวัดการคิดอภิมานเป็นแบบเลือกตอบ 3 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยใช้แบบทดสอบของ นิกร ขวัญเมือง (2545) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.778

วิธีดำเนินการสร้างแบบทดสอบ

1. การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นดังนี้



ภาพประกอบ 2 ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากภาพประกอบ 2 เป็นการแสดงลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะคณิตศาสตร์ และวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

1.2 ศึกษาทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบ จากเอกสารและตำราเกี่ยวกับเทคนิคการสร้างและวิเคราะห์ข้อสอบ

1.3 เขียนนิยามปฏิบัติการของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบ

1.4 สร้างแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

1.5 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้ว ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยนำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นให้ประธานกรรมการและกรรมการตรวจสอบว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นนั้นวัดตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมในแต่ละด้านที่ต้องการวัดหรือไม่ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบ คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป แล้วดำเนินแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.6 ทดสอบครั้งที่ 1 นำแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาตร์ จากข้อ 1.5 ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนศรียานุสรณ์ จำนวน 100 คน ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบที่นักเรียนทำ โดยให้ 1 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบถูก และให้ 0 คะแนนสำหรับข้อที่ตอบผิด แล้วนำมาวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อ คัดเลือกข้อสอบ โดยนำคะแนนจากการทดสอบมาหาค่าความยากง่าย (r) และตรวจสอบอำนาจจำแนก (p) คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป แล้วคัดเลือกแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์จำนวน 25 ข้อ ค่าความยากง่าย (r) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.444 – 0.778 ค่าอำนาจจำแนก (p) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.407 – 0.741 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจำนวน 20 ข้อ ค่าความยากง่าย (r) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.388–0.740 ค่าอำนาจจำแนก (p) ของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.407 – 0.777

1.7 นำข้อสอบที่ได้คัดเลือกจากข้อ 1.6 ไปทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2545 โรงเรียนเบญจมานุสรณ์ ที่ไม่ใช่กลุ่มเดียวกันกับข้อ 1.6 จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR – 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับ 0.783 และแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามีค่าเท่ากับ 0.805

1.8 จัดพิมพ์ข้อสอบเป็นฉบับพร้อมคู่มือดำเนินการสอบ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนจำนวน 2 ด้าน ดังนี้

1.1 แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ดังตัวอย่าง

<u>คำชี้แจง</u> อ่านข้อความ หรือบทประพันธ์ ที่กำหนดให้แล้วตอบคำถาม ดังตัวอย่างข้อ 0). ดังนี้

> "ปลามีชีวิตยืนยาวอยู่ได้ก็เพราะอาศัยปากเป็นสำคัญ แต่ก็เป็นเพราะปากนั่นเอง ปลาจึงต้องติดเบ็ดเสียชีวิตโดยง่ายเช่นกัน วาจาสุภาษิตจากปากจะทำให้คนเราประสบความสำเร็จ ได้รับความเจริญก้าวหน้าในชีวิต แต่ก็เพราะวาจาทุพภาษิตจากปากเพียงคำเดียว บางครั้งแม้ชีวิตก็ยากจะรักษาไว้ได้"

0). จากข้อความนี้ต้องการให้ผู้อ่านเป็นอย่างไร

ก. ให้รักษาชีวิตอย่าได้ประมาท

ข. ให้ตระหนักถึงความสำคัญของปาก

ค. ให้ระมัดระวังอย่าหลงเชื่อคำพูดของผู้อื่น

ง. ให้รู้จักประจบประแจงเพื่อความก้าวหน้า

จ. ให้ระมัดระวังคำพูดหรือถ้อยคำที่กล่าวออกไป

คำตอบคือ จ

1.2 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (Reasoning ability)

<u>คำชี้แจง</u> อ่านข้อความที่กำหนดให้แล้วพิจารณาลงสรุปข้อความนั้น ดังตัวอย่าง

0). ศรีเป็นแม่ของสา สวยเป็นพี่ของศรี แสดเป็นน้องของสา ใครอายุมากที่สุด

ก. ศรี

ข. สา

ค. สวย

ง. แสด

จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

คำตอบคือ ค

2 แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

0). แยกตัวประกอบของ $x - \frac{1}{x}$ ตรงกับข้อใด

ก. $(\sqrt{x}+\frac{1}{x})(\sqrt{x}-1)$

ข. $\frac{1}{x}(x+1)(x-1)$

ค. $x(x+1)(x-1)$

ง. $\frac{1}{x}(\sqrt{x}+1)(\sqrt{x}-1)$

จ. $x(\sqrt{x}+1)(\sqrt{x}-1)$

คำตอบคือ ข

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

<u>คำชี้แจง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

0). สนามเด็กเล่นแห่งหนึ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากกว้าง 20 เมตร ยาว 30 เมตร หากต้องการทำถนนโดยรอบ และมีอิฐบล็อกที่จะปูถนนได้ 336 ตารางเมตร จงหาว่าถนนควรกว้างเท่าไรจึงจะใช้อิฐบล็อกได้หมดพอดี

ก. 4.5 เมตร

ข. 4.0 เมตร

ค. 3.5 เมตร

ง. 3.0 เมตร

จ. 2.5 เมตร

คำตอบคือ ง

วิธีการตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้ ข้อที่ตอบถูกต้องให้คะแนน 1 คะแนน ส่วนข้อที่ไม่ตอบ ตอบผิด หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบในข้อเดียวกันให้คะแนน 0 คะแนน

4. แบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบที่ตรงกับการปฏิบัติของนักเรียน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับของการปฏิบัติ			
		ทำเป็นประจำ	ทำเป็นส่วนใหญ่	ทำเป็นบางครั้ง	ไม่ทำ
	การค้นคว้า				
0	ข้าพเจ้าใช้เวลาค้นคว้าดูหนังสือนอกเวลาเรียน.....	.....	.....	.....	.....
	การเรียนในชั้นเรียน				
00	ข้าพเจ้าแอบเล่นกับเพื่อนในระหว่างเรียน	.....	.....	.....	.....
	การเตรียมตัวในการเรียน				
000	ข้าพเจ้าพร้อมที่จะได้รับการทดสอบในวิชาที่เรียน.....	.....	.....	.....	.....
	วิธีการจดจำเนื้อหา				
0000	ข้าพเจ้ามีโน้ตย่อข้อความในการอ่านหนังสือ.....	.....	.....	.....	.....
	การวางแผนการเรียน				
000	ข้าพเจ้าทำงานที่อาจารย์มอบหมายไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด.....	.....	.....	.....	.....

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดความเอาใจใส่ในการเรียน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ระดับการปฏิบัติ	ข้อความทางบวก	ข้อความทางลบ
ทำเป็นประจำ	ให้ 3 คะแนน	ให้ 0 คะแนน
ทำเป็นส่วนใหญ่	ให้ 2 คะแนน	ให้ 1 คะแนน
ทำเป็นบางครั้ง	ให้ 1 คะแนน	ให้ 2 คะแนน
ไม่ทำ	ให้ 0 คะแนน	ให้ 3 คะแนน

5. แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุดเกี่ยวกับพฤติกรรมต่างๆ ที่ครูคณิตศาสตร์ของนักเรียนปฏิบัติเพียงข้อละหนึ่งระดับ โดยที่

ปฏิบัติบ่อยมากที่สุด หมายถึง ประมาณ 75 – 100% ของเวลาที่สอน

ปฏิบัติบ่อยมาก หมายถึง ประมาณ 50 – 74% ของเวลาที่สอน

ปฏิบัติน้อย หมายถึง ประมาณ 25 – 49% ของเวลาที่สอนหมายถึง

ปฏิบัติน้อยที่สุด หมายถึง น้อยกว่า 49% ของเวลาที่สอน

ข้อที่	ข้อความ	ระดับของการปฏิบัติ			
		บ่อยมากที่สุด	บ่อยมาก	น้อย	น้อยที่สุด
0	สอนเนื้อหาคณิตศาสตร์อย่างมีลำดับขั้นตอนจากง่ายไปหายาก.....	.....	.....	.....	.....
00	เขียนกระดานดำประกอบการสอนเป็นลำดับก่อนหลัง ไม่สับสน.....	.....	.....	.....	.....

การตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดพฤติกรรมการสอน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

<u>ระดับการปฏิบัติ</u>	<u>ข้อความทางบวก</u>	<u>ข้อความทางลบ</u>
บ่อยมากที่สุด	ให้ 3 คะแนน	ให้ 0 คะแนน
บ่อยมาก	ให้ 2 คะแนน	ให้ 1 คะแนน
น้อย	ให้ 1 คะแนน	ให้ 2 คะแนน
น้อยที่สุด	ให้ 0 คะแนน	ให้ 3 คะแนน

6. แบบทดสอบวัดการคิดอภิมาน

<u>คำชี้แจง</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดพียงคำตอบเดียว

0). เอสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้รวดเร็ว ส่วนบีจำสูตรต่างๆ ได้มาก นักเรียนคิดว่าใครน่าจะแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ดีกว่ากัน เพราะอะไร

ก. บี เพราะนำสูตรเหล่านั้นมาใช้ได้ทันที

ข. เอ เพราะเข้าใจว่าโจทย์ถามอะไร และตอบอย่างไร

ค. เอ เพราะวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้แล้ว ก็จะมีแนวทางแก้ปัญหา

การตรวจให้คะแนน

กำหนดคะแนนของแต่ละตัวเลือกเป็น 2, 1, 0 ตามลำดับ ที่แสดงถึงการมีความคิดอภิมานในการตอบปัญหาทางคณิตสาสตร์ พิจารณาจากเหตุผลในการสนับสนุนคำตอบของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหานั้น ถ้าเป็นเหตุผลที่แสดงความคิดระดับสูงก็ได้คะแนนมาก ลดหลั่นลงมาตามลำดับ

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ติดต่อโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียน และนัดหมายวัน เวลา เพื่อนำแบบทดสอบไปทำการสอบ

2. จัดเตรียมข้อสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบ ซึ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการสอบเอง

3. อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์และผลประโยชน์ที่จะได้รับในการทำแบบทดสอบ

4. อธิบายให้นักเรียนเข้าใจวิธีทำแบบทดสอบและวิธีการตอบ ก่อนลงมือทำพร้อมกัน

5. นำผลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง มาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้

6. นำคะแนนที่ได้จากการตรวจมาวิเคราะห์ โดยใช้วิธีการทางสถิติ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง และลักษณะการแจกแจงตัวแปรต่างๆ โดยการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรแต่ละตัว ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าพิสัย และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยใช้การวิเคราะห์โมเดลลิสเรล ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

2.1 ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ วิเคราะห์อิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของปัจจัยต่างๆ ต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ที่พิจารณาจากความเอาใจใส่ในการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู ความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความคิดอภิมาน และประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดถ่วงน้ำหนักทั่วไป (generally weighted least squares หรือ MLS) กับวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood estimates หรือ ML) เพื่อวิเคราะห์โมเดลลิสเรลตามสมมติฐานที่กำหนด ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้นำเสนอการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ค่าสถิติสำคัญที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ได้แก่ (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537 : 53-55)

2.2.1 ค่าไค-สแควร์ (chi-square : χ^2) เป็นค่าสถิติที่ใช้ตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างโมเดลลิสเรลที่พัฒนาขึ้นกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าค่าไค-สแควร์มีค่าสูงมากและมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ โมเดลลิสเรลตามสมมติฐานยังไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งผู้วิจัยจะต้องดำเนินการปรับโมเดลต่อไป จนเมื่อค่าไค-สแควร์มีค่าต่ำและไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงแสดงว่าโมเดลลิสเรลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว

2.2.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (goodness of fit index : GFI) และดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ด้วยค่าระดับชั้นความอิสระ (adjusted goodness of fit index : AGFI) เป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความกลมกลืนจากโมเดลก่อนปรับและหลังปรับโมเดลกับฟังก์ชันความกลมกลืนก่อนปรับโมเดล ค่าดัชนี GFI และ AFGI ควรมีค่าสูงกว่า 0.90

2.2.3 ค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (standardized root mean squared residual : SRMR) แสดงขนาดของส่วนที่เหลือโดยเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนี SRMR ที่มีค่าต่ำกว่า 0.05

2.2.4 ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (root mean squared error of approximation : RMESA) เป็นค่าสถิติจากข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าไค-สแควร์ว่า โมเดลลิสเรลที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงตรงนั้นไม่สอดคล้องกับความจริงและเมื่อเพิ่มจำนวนพารามิเตอร์อิสระแล้ว ค่าสถิติมีค่าลดลงเนื่องจากค่าสถิตินี้ขึ้นอยู่กับประชากรและชั้นความอิสระ RMSEA ควรมีค่าต่ำกว่า 0.05 หรือไม่เกิน 0.08 (Jöreskog & Sörbom. 1993 :131 ; citing Brown & Cudeck. 1993) ซึ่งแสดงว่า โมเดลลิสเรลที่พัฒนาขึ้นมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่
   1.1 ค่าร้อยละ (%)
   1.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$)
   1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
   1.4 ค่าสัมประสิทธิการกระจาย (C.V.)

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของโรวิเนลลี และ แฮมเบลตัน (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545: 220)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ซึ่งหาจากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากคำนวณโดยใช้สูตร (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545: 158)

$$p = \frac{[H+L]}{N}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม
H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก
L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก
N แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.3 ค่าอำนาจจำแนกคำนวณโดยใช้สูตร (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545: 163)

$$r = \frac{[H-L]}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อคำถาม
H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงตอบถูก
L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำตอบถูก
N_H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูง

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ คำนวณโดยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder – Richardson) สูตร KR-20 (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545:218)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1}\left(1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
p แทน สัดส่วนของผู้ทำแบบทำสอบแต่ละข้อถูก
q แทน สัดส่วนของผู้ทำแบบทดสอบแต่ละข้อผิด
S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.5 ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู และความคิดอภิมาน คำนวณโดยใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิแอลฟา (Alpha Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545:220)

$$\alpha = \frac{k}{k-1}\left(1-\frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

k แทน จำนวนข้อของแบบสอบถาม

$\sum s_i^2$ แทน ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

s_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม

2.6 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (Standard error of measurement : SE_{meas}) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545:242)

$$SE_{meas} = S_x\sqrt{1-r_{tt}}$$

เมื่อ SE_{meas} แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด

S_x แทน คะแนนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องมือวัด

r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Estimates ; ML) (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2537 : 41)

$$F = Log|\Sigma| + tr(s\Sigma^{-1}) - Log|S| + k$$

เมื่อ F แทน ฟังก์ชันความกลมกลืน

S แทน เมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมของกลุ่มตัวอย่าง

Σ แทน เมทริกซ์ความแปรปรวน – ความแปรปรวนร่วมที่ได้จากค่าพาราเมตริกซ์

k แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมดในโมเดล LISREL

tr แทน ผลรวมสมาชิกในแนวทแยงของเมทริกซ์

3.2 การตรวจสอบความเที่ยงตรงของโมเดล โดยการวิเคราะห์อิทธิพล แล้วพิจารณาค่าดัชนีความกลมกลืนระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีดัชนีความกลมกลืนที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

ค่าไค-สแควร์ เป็นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่ว่าฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็น 0 โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย.2537 : 48)

$$\chi^2 = (N-1)F[s, \Sigma(\theta)]$$

เมื่อ df แทน $[k(k+1)/2]-t$

χ^2 แทน ค่าไค-สแควร์

N แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$F[s, \Sigma(\theta)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์ θ

k แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

d แทน จำนวนพารามิเตอร์อิสระ

3.3 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-of-fit Index) เป็นดัชนีเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลที่ยังไม่ได้ปรับ โมเดลที่ปรับแก้แล้วควรจะมีค่าตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไป โดยมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (Jöreskog and Sörbom. 1993:123)

$$GFI = 1 - \{F[S, \Sigma(\theta)] / F[S, \Sigma(0)]\}$$

เมื่อ GFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

$F[S, \Sigma(\theta)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลจากพารามิเตอร์

$F[S, \Sigma(0)]$ แทน ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันความกลมกลืนของโมเดลที่ไม่มีพารามิเตอร์ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

3.4 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-of-fit Index) เมื่อนำดัชนีที่ปรับแก้ GFI มาปรับแก้แล้ว ควรจะมีค่าตั้งแต่ 0.90 ขึ้นไป เช่นเดียวกันกับค่าดัชนี GFI โดยคำนึงถึงชั้นความอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดกลุ่มตัวอย่าง จะได้ค่าดัชนี AGFI ดังสูตรต่อไปนี้ (Jöreskog and Sörbom. 1993:123)

$$AGFI = 1 - \{(1/2d)k(k+1)\}(1-GFI)$$

เมื่อ AGFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว

GFI แทน ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

d แทน ชั้นความอิสระ

k แทน จำนวนตัวแปรที่สังเกตได้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้สัญลักษณ์แทนตัวแปรและค่าสถิติต่างๆ ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าตัวแปร

ATT	แทน	ความเอาใจใส่ในการเรียน
REAS	แทน	ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล
VERB	แทน	ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา
MATH	แทน	ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
BEHA	แทน	พฤติกรรมการสอนของครู
META	แทน	การคิดอภิมาน
ABILI	แทน	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าสถิติ

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย (Mean)
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
R	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
R^2	แทน	ค่าความแปรผันร่วมกันระหว่างกลุ่มของตัวแปรอิสระกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ (Square Multiple Correlation)
χ^2	แทน	ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square)
GFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Index)
AGFI	แทน	ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index)
SRMR	แทน	ค่ามาตรฐานดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Square Residual)
RMSEA	แทน	ดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (Standardized Root Mean Square Residual)

DE	แทน	อิทธิพลทางตรง (Direct Effect)
IE	แทน	อิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect)
TE	แทน	อิทธิพลรวม (Total Effect)
k	แทน	จำนวนข้อคำถาม
I	แทน	คะแนนเต็มรายข้อของตัวแปรแต่ละข้อ
df	แทน	ชั้นความเป็นอิสระ
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นในการปฏิเสธสมมติฐาน
**	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
***	แทน	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือวัดที่ทดสอบและสอบถามถึงความเอาใจใส่ในการเรียน ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนของครู และการคิดอภิมาน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 398 คน มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ (%) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{X}$) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ค่าสัมประสิทธิการกระจาย (C.V.) ค่าความเชื่อมั่น ได้แก่ KR – 20 สำหรับแบบทดสอบวัดความความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมาน ส่วน α สำหรับแบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน พฤติกรรมการสอนของครู และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด (SE_{meas}) การวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปร	k	l	$\bar{X}$	%	SD	CV	r_{tt}		SE_{meas}
							KR – 20	α	
ATT	20	4	54.33	67.96	5.56	10.23	-	0.742	2.824
REAS	20	1	16.20	81.00	1.89	11.67	0.719	-	1.002
VERB	20	1	16.11	80.55	2.06	12.79	0.734	-	2.568
MATH	25	1	16.52	68.08	3.36	20.34	0.783	-	1.565
BEHA	20	4	54.52	68.15	4.98	9.13	-	0.711	2.677
META	20	3	51.06	85.10	4.01	7.85	-	0.778	1.889
ABILI	20	1	13.03	65.15	3.49	26.78	0.805	-	1.541

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 2 พบว่า

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเฉลี่ยเกินร้อยละ 65 ทุกตัวแปร โดยความคิดอภิมาน (META) มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือร้อยละ 85.10 รองลงมาคือความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) และความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 81.00 และ 80.55 ตามลำดับ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ (ABILI) มีค่าเฉลี่ย

ต่ำสุด คือ ร้อยละ 65.15 แต่เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) พบว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มี (ABILI) การกระจายของคะแนนสูงสุดมีค่าเท่ากับ 26.78 รองลงมาคือความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (MATH) มีค่าเท่ากับ 20.34 และความคิดอภิมาน (META) มีการกระจายของคะแนนต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 7.85

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากแบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน แบบทดสอบวัดความความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู และแบบทดสอบวัดการคิดอภิมาน มาวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สันของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ตัวแปร	ATT	REAS	VERB	MATH	BEHA	META	ABILI
ATT	1.00	0.326**	0.312**	0.371**	0.347**	0.252**	0.334**
REAS		1.00**	0.485**	0.598**	0.406**	0.459**	0.573**
VERB			1.00	0.613**	0.357**	0.482**	0.612**
MATH				1.00	0.461**	0.444**	0.696**
BEHA					1.00	0.468**	0.518**
META						1.00	0.588**
ABILI							1.00

** $p < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 3 พบว่า

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (inter correlation) ระหว่างตัวแปรอิสระมีค่าอยู่ระหว่าง 0.252 – 0.613 และมีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ทุกค่า โดยตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันมากที่สุดได้แก่ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับความถนัด

ทางการเรียนเชิงภาษา (r = 0.613) รองลงมาได้แก่ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์กับความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล(r = 0.598)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม (Simple corrlation) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกตัวแปร ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มากที่สุดได้แก่ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (r=0.696) รองลงมาได้แก่ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (r = 0.612) ความคิดอภิมาน (0.588) ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (0.573) พฤติกรรมการสอนของครู (0.518) และความเอาใจใส่ในการเรียน (0.334) ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

3.1 การทดสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การวิเคราะห์ในตอนนี้ เป็นการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยใช้ค่าสถิติไค-สแควร์ (χ^2) , ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI) , ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI), ค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (SRMR) และ ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เป็นดัชนีวัดระดับความกลมกลืน การวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าสถิติต่างๆ ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเลลตามสมมติฐานกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่าสถิติที่ตรวจสอบ	ค่าสถิติ
ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ที่ df = 5	73.609
ระดับความน่าจะเป็น (probability level)	0.000
ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	0.950
ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI)	0.718
ค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (SRMR)	0.100
ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA)	0.187

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 พบว่า

ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) เท่ากับ 73.609 ชั้นความอิสระ (df) 5 ที่ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.000 ส่วน GFI และ AGFI ซึ่งควรจะต้องมีค่าสูงกว่า 0.90 ขึ้นไป พบว่ามีค่า 0.950 และ 0.718 ตามลำดับ SRMR และ RMSEA มีค่าเท่ากับ 0.100 และ 0.187 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ (ควรมีค่าต่ำกว่า 0.05) โดยสรุปจากค่าสถิติทั้งหมดจะเห็นว่าโมเดลลิสเรลตามสมมติฐานยังไม่มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ซึ่งโจเรสคอคและซอร์บอม (Jöreskog and Sörbom. 1993 : 120-121) ได้อธิบายว่าโมเดล เริ่มต้นไม่จำเป็นต้องถูกต้องหรือกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์เสมอไป ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลเชิงประจักษ์ในการวิจัยไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนโมเดลลิสเรลตามสมมติฐาน ในกรณีนี้ ผู้วิจัยจึงพิจารณาหาโมเดลที่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ เพื่อให้ได้โมเดลที่มีค่าพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติอย่างแท้จริง มีความเป็นไปได้ทางทฤษฎีและมีความเที่ยงตรงพอที่จะสามารถนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างอื่นได้ต่อไป

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยอาศัยเหตุผลเชิงทฤษฎีประกอบกับค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (model modification indices) ด้วยการเพิ่มเส้นอิทธิพลเดิม 2 เส้น คือ เส้นทางอิทธิพลจากตัวแปรความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา และความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผลไปยังตัวแปรความคิดอภิมาน โดยอาศัยฐานความคิดจากผลการศึกษาของ ศุภลักษณ์ สินธนา (2545 :143) ที่ว่าความคิดอภิมานมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความถนัดทางการเรียน (r =0.296) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีปรับแต่งโมเดลพบว่าถ้าเพิ่มเส้นทางอิทธิพลสองเส้นนี้ จะทำให้ค่าไค-สแควร์ลดลงค่อนข้างสูง จึงเป็นเรื่องที่สมเหตุสมผลในการเพิ่มเส้นทางอิทธิพล 2 เส้นดังกล่าว การวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในดังตาราง 5

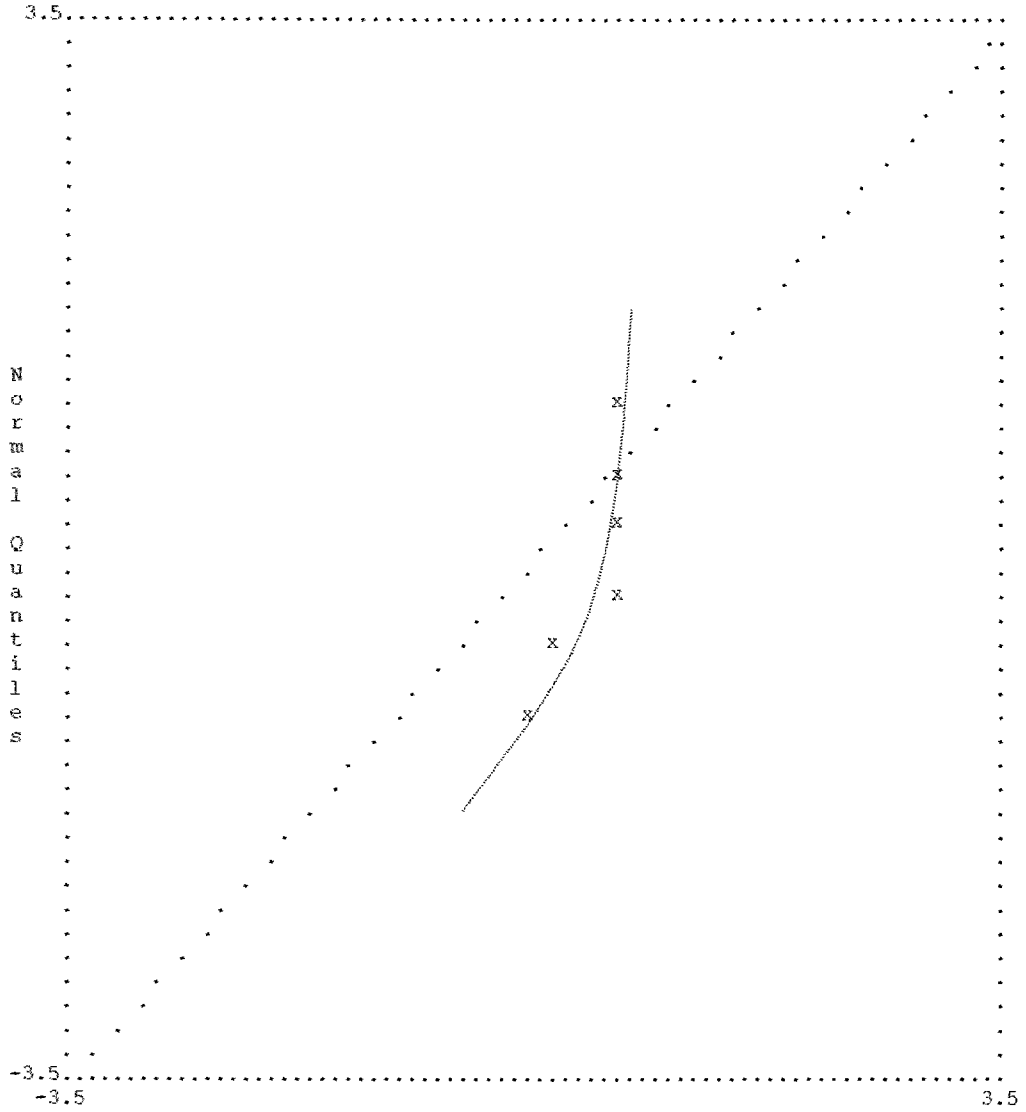
ตาราง 5 ค่าสถิติต่างๆ ที่ได้จากการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลที่ปรับปรุงกับข้อมูลเชิงประจักษ์

ค่าสถิติที่ตรวจสอบ	ค่าสถิติ
ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) ที่ df = 3	0.428
ระดับความน่าจะเป็น (probability level)	0.934
ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (GFI)	1.000
ค่าดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้ (AGFI)	0.997
ค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (SRMR)	0.004
ค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA)	0.000

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 พบว่า

ค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 0.428 ชั้นความอิสระ (df) 3 ที่ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.934 แสดงว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-fit Index : GFI) เท่ากับ 1.00 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-fit Index :AGFI) เท่ากับ 0.997 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ 0.90 และค่าดัชนีรากมาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Square Residual) และค่าค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.004 และ 0.000 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.005 แสดงถึงโมเดลการวิจัยสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และการไม่เข้าสู่ศูนย์กลางของค่าพารามิเตอร์ (NCP) = 0.0 แสดงว่าค่าสถิติของการทดสอบมีการกระจายเป็นแบบ ไค-สแควร์ (ดังแสดงในภาคผนวก จ)

จากการวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of residuals) ได้ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (Sdandardized Residuals) ได้ค่าต่ำสุดเท่ากับ – 0.043 ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.621 (ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานไม่ควรเกิน 2.00) แสดงว่าโมเดลมีความเที่ยงตรง (ดังแสดงในภาคผนวก จ) และได้เส้นกราฟคิวพล็อต (Q-Plot) ที่มีความชันกว่าเส้นทแยงมุม ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 เส้นกราฟคิวพล็อต (Q- Plot)

จากภาพประกอบ 3 เส้นกราฟคิวพล็อต (Q- Plot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานกับค่าควอนไทล์ปกติ (Normal quantiles) จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟมีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุม แสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.2 การวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) และอิทธิพลรวม (TE) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เมื่อผู้วิจัยได้ตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์แล้ว ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์อิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) และอิทธิพลรวม (TE) ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ การวิเคราะห์ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐานของอิทธิพลทางตรง (DE) อิทธิพลทางอ้อม (IE) และอิทธิพลรวม (TE) ของปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ตัวแปรต้น / ตัวแปรตาม	MATH			META			ABILI		
	DE	IE	TE	DE	IE	TE	DE	IE	TE
ATT	0.057**	-	0.057**	-	-	-		0.021**	0.021**
	(0.023)		(0.023)					(0.009)	(0.009)
REAS	0.571***	-	0.571***	0.442***	-	0.442***	0.211***	0.296***	0.506***
	(0.074)		(0.074)	(0.102)		(0.102)	(0.075)	(0.045)	(0.076)
VERB	0.601***	-	0.601***	0.545***	-	0.545***	0.309**	0.327***	0.636***
	(0.067)		(0.067)	(0.091)		(0.091)	(0.070)	(0.045)	(0.068)
MATH	-	-	-	-	-	-	0.365***	-	0.365***
							(0.046)		(0.046)
BEHA	0.112***	-	0.112***	0.228***	-	0.228***	0.097**	0.086**	0.183***
	(0.027)		(0.027)	(0.036)		(0.036)	(0.026)	(0.015)	(0.027)
META	-	-	-	-	-	-	0.197***	-	0.197***
							(0.034)		(0.034)

** $p < .01$ *** $p < .001$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 พบว่า ผลของเส้นทางอิทธิพลที่อธิบายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ (ABILI) เรียงตามขนาดอิทธิพลจากมากไปน้อย คือ ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (MATH) รองลงมาคือ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา(VERB) การคิดอภิมาน (META) และพฤติกรรมการสอนของครู (BEHA) ตามลำดับ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (MATH) มีอิทธิพลทางตรงด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.365 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.046

2. ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) มีอิทธิพลทางตรงด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.309 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.070 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) มีอิทธิพลทางตรงด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.211 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.075

3. การคิดอภิมาน (META) มีอิทธิพลทางตรงด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.197 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.034

4. พฤติกรรมการสอนของครู (BEHA) มีอิทธิพลทางตรงด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.097อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.026

ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ คือ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) พฤติกรรมการสอนของครู (BEHA) และ ความเอาใจใส่ในการเรียน (ATT)โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) มีอิทธิพลทางอ้อม ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.327 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.045

2. ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) มีอิทธิพลทางอ้อม ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.296 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.045

3. พฤติกรรมการสอนของครู (BEHA) มีอิทธิพลทางอ้อม ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.086 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.015

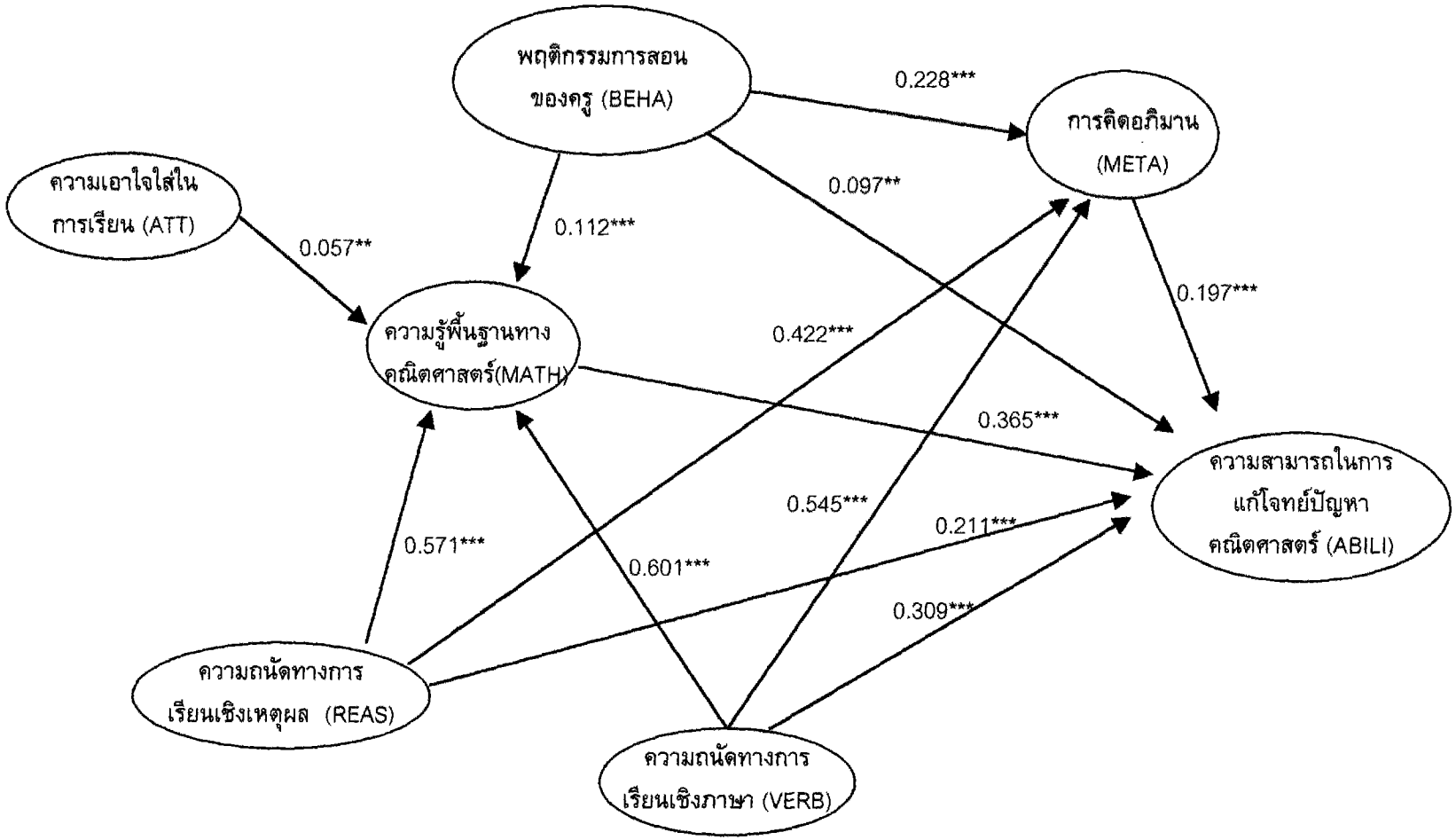
4. ความเอาใจใส่ในการเรียน (ATT) มีอิทธิพลทางอ้อม ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ .021 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.009

เมื่อพิจารณาอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมของตัวแปรภายนอก และตัวแปรภายในที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรภายในพบว่า

1. ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ (MATH) ได้แก่ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.601 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.067 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.571 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.074 พฤติกรรมการสอนของครู (BEHA) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.112 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.027 ความเอาใจใส่ทางการเรียน (ATT) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.057 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.023

2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลทางตรงต่อการคิดอภิมาน (META) ได้แก่ ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา (VERB) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.091 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล (REAS) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.442 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.102 พฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน (BEHA) มีขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.228 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 0.036

เมื่อพิจารณาค่า R^2 พบว่าตัวแปรที่นำมาศึกษาในโมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 62.60 เส้นทางอิทธิพลแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 โมเดลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่แสดงทิศทางและค่าสัมประสิทธิ์อิทธิพลมาตรฐาน ตามข้อมูลเชิงประจักษ์

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Model) ของตัวแปรประกอบด้วย ความเอาใจใส่ในการเรียน ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการสอนของครู และการคิดอภิมานที่มีอิทธิพลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดจันทบุรี

สมมติฐานในการวิจัย

1. ความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

2. ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

3. ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

4. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

5. พฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์และมีอิทธิพลทางอ้อมผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมาน

6. การคิดอภิมานมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2545 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดจันทบุรี มีจำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 3,513 คน กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) รวมมีจำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง 427 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในครั้งนี้มีจำนวน 7 ฉบับ ดังนี้

1. แบบสอบถามวัดความเอาใจใส่ในการเรียน
2. แบบทดสอบวัดความความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา
3. แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล
4. แบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์
5. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
6. แบบสอบถามวัดพฤติกรรมการสอนของครู
7. แบบทดสอบวัดการคิดอภิมาน

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการนำแบบทดสอบและแบบสอบถามไปให้กลุ่มตัวอย่างตอบด้วยตนเอง จำนวน 427 ฉบับ ได้แบบทดสอบและแบบสอบถามที่สมบูรณ์สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ 398 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 93

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรม SPSS version 10.01 for window วิเคราะห์สถิติพื้นฐาน หาค่าสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และตรวจสอบความตรงของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยโปรแกรม LISREL version 8.30 โดยใช้ค่า χ^2 GFI, AGFI, SRMR, RMSEA เป็นดัชนีวัดระดับความกลมกลืน

ผลการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์พบว่าไม่มีความกลมกลืนกัน ค่าไค-สแควร์ (Chi-square) เท่ากับ 73.609 ชั้นความอิสระ(df) 5 ที่ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.000 ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยอาศัยเหตุผลเชิงทฤษฎีประกอบกับคำแนะนำของโปรแกรมในการพัฒนาโมเดล

ผลการพัฒนาโมเดล พบว่าโมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ในระดับดีมาก โดยมีค่าไค-สแควร์ เท่ากับ 0.428 ชั้นความอิสระ (df) 3 ที่ความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.934 มีดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness-fit Index : GFI) เท่ากับ 1.00 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness-fit Index :AGFI) เท่ากับ 0.997 ค่าดัชนีราก

มาตรฐานของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Standardized Root Mean Square Residual) และค่าดัชนีรากกำลังสองเฉลี่ยของค่าความแตกต่างโดยประมาณ (RMSEA) เท่ากับ 0.004 และ 0.000 ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (Sdandardized Residuals) ได้ค่าต่ำสุดเท่ากับ – 0.043 ค่าสูงสุดเท่ากับ 0.621 (ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานไม่ควรเกิน 2.00) แสดงว่าโมเดลมีความเที่ยงตรง และได้เส้นกราฟคิวพล็อต (Q-Plot) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าควอนไทล์ปกติ (Normal quantiles) มีความชันกว่าเส้นทแยงมุม ซึ่งแสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.021 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.211 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 มีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมานด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.296 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

3. ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.309 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมานด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.327 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

4. ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.365 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

5. พฤติกรรมการสอนของครู มีอิทธิพลทางตรงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.112 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์โดยผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และการคิดอภิมานด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.086 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

6. การคิดอภิมานมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ด้วยขนาดอิทธิพลเท่ากับ 0.197 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

อภิปรายผล

1. โมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ร้อยละ 62.60 ที่เหลืออีกร้อยละ 37.40 เป็นอิทธิพลของตัวแปรที่ไม่ได้ถูกเลือกเข้ามาศึกษาในโมเดล ถ้าสามารถนำตัวแปรที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย อาจทำให้โมเดลสามารถอธิบายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ได้เพิ่มขึ้น

2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

2.1 ความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ แสดงว่า นักเรียนที่มีความเอาใจใส่ในการเรียนจะมีความรู้พื้นฐานทางการเรียนดี จึงส่งผลให้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของไฟร์แมน (Friedman, 1992) พบว่าการฝึกอบรมนักเรียนวัยรุ่นที่มีพฤติกรรมขาดความสามารถในการเรียนรู้ และขาดความเอาใจใส่ในการเรียน ทำให้นักเรียนเหล่านี้มีพฤติกรรมความเอาใจใส่ในการเรียน และมีคะแนนในวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้น

2.2 ความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผล มีอิทธิพลทางตรงและมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นั่นคือ นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล จะส่งผลให้มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงขึ้น เพราะความถนัดด้านเหตุผล เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด คิดอย่างรอบรอบ คิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด คิดอย่างมีระบบ มีหลักเกณฑ์และขั้นตอนอย่างถูกต้อง ดังนั้นเมื่อนักเรียนมีความถนัดทางการเรียนเชิงเหตุผลจึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของสมชัย วงษ์นายะ (2524 : 98) พบว่า ความถนัดทางการเรียนด้านเหตุมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หัสยา เถียรวิทวัส (2537 : 82-83) ความสามารถด้านเหตุผลกับแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กันทางบวก กิติพงษ์ ลิขิตบุญฤทธิ์ (2537 : 53) พบว่าองค์ประกอบด้านเหตุผลมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พัชรา ทัศนวิจิตรวงศ์ (2540 : 80 – 115) พบว่าความถนัดทางการเรียนด้านเหตุผลมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2.3 ความถนัดทางการเรียนเชิงภาษา มีอิทธิพลทางตรง และมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นั่นคือ ถ้านักเรียนเข้าใจความหมายของ คำ ศัพท์ เข้าใจความหมายของประโยค ข้อความ เรื่องราวต่างๆ ที่อ่านแล้วจะทำให้นักเรียนสามารถตีความหมายของคำสั่ง คำถาม คำตอบ ของเรื่องราวที่อ่านได้ แล้วจะส่งผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วย ซึ่งในทางตรงกันข้าม ถ้านักเรียนอ่านหนังสือไม่ออก หรือแปลความหมายของคำ แปลความหมายของประโยคไม่ได้ จะทำให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจคำสั่ง แล้วจะปฏิบัติตามไม่ได้ เพราะภาษาเป็นวิชาทักษะ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ทุกวิชา ถ้านักเรียนเรียนอ่อนวิชาภาษาไทย โอกาสที่จะเก่งวิชาอื่นๆ มีน้อยมาก ดังนั้นภาษาจึงมีอิทธิพลทางตรงและทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของบุญรวย ชูรักษา(2523 : 43-45) พบว่าความเข้าใจในการอ่านกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ในทางบวก สมชัย วงษ์นายะ (2524 : 98) พบว่าความถนัดทางภาษา มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ พัชรา ทัศนวิจิตรวงศ์ (2540 : 80 – 115) พบว่า ความถนัดทางการเรียนด้านภาษามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทิพวรรณ วังเย็น (2542 : 51 - 52) พบว่าความสามารถทางภาษามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2.4 ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์มีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ เนื่องจากวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม อาศัยทักษะในการคิดคำนวณ จะต้องศึกษาจากเนื้อหาง่ายไปหายากตามลำดับ ดังนั้นนักเรียนที่มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมาแล้วอย่างดี จะสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปใช้เป็นพื้นฐานเพื่อการเรียนในชั้นสูงได้ดี เนื้อหาที่เรียนง่ายขึ้น เข้าใจยิ่งขึ้น จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงในทางตรงข้ามหากนักเรียนขาดความรู้ที่สำคัญอันจะเป็นพื้นฐานในการเรียนเนื้อหาต่อไปแล้ว ก็จะทำให้การเรียนในครั้งนั้นไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ดังที่ นพพร พานิชสุข (2522 : 43-46) ได้กล่าวถึงปัญหาในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นว่า ปัญหาแรกที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และเด่นชัดมากที่สุด คือ เรื่องของความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละคนไม่เท่ากัน นักเรียนบางคนมีความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์แน่นเพียงพอที่จะสามารถเข้าใจ และเรียนคณิตศาสตร์ในชั้นเรียนต่อไปได้เป็นอย่างดี แต่ทว่านักเรียนอีกส่วนหนึ่งนั้นมีพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ไม่ดีพอ ทำให้ไม่สามารถจะเข้าใจบทเรียน จึงก่อให้เกิดความยุ่งยากแก่ผู้สอนอย่างมาก นั่นคือ เมื่อนักเรียนมีความรู้ ทักษะ และความสามารถที่จำเป็นต่อการเรียนเรื่องนั้น ๆ รวมถึงประสบการณ์เดิมที่นักเรียนได้รับทั้งในและนอกโรงเรียนจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของปาจรีย์ วัชชวัลคุ (2527 : 69) พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในรูปที่เป็นสาเหตุทางตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือความรู้พื้นฐานทางการเรียน เฉลียว บุษเนียร(2531 : บทคัดย่อ) พบว่าพื้นฐานความรู้คณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ (2532 : 72-73) พบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม มนตรี อนันตรักษ์ และคณะ (2536 : 34-44) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้รับอิทธิพลทางตรงจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จารุวรรณ พูพะเนียด (2542 : บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้เทคนิคการทบทวนความรู้เดิมร้อยละ 100 มีผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าเดิม และนิพนธ์ สินพูน (2545 : บทคัดย่อ) พบว่าตัวแปรที่สามารถพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ได้แก่ ความรู้พื้นฐานเดิม

2.5 พฤติกรรมการสอนของครู มีอิทธิพลทางตรงและมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของณัฐฐี เจริญเกียรติ-บวร (2538 : บทคัดย่อ) ที่พบว่า พฤติกรรมการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับความตระหนักในการคิดอภิมาน ทั้งนี้เนื่องมาจากในการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์นั้น ครูต้องสอนให้นักเรียนฝึกการคิดแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ตามลำดับขั้นตอนและมีความรอบคอบในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ จึงทำให้นักเรียนมีการคิดอภิมานเพิ่มขึ้นและสอดคล้องกับผลการวิจัยของ วราภรณ์ ศิลปพงษ์ (2530: 45-46) และศิริพร ฉันทานนท์ (2532 : 50-51) ที่พบว่าพฤติกรรมการสอนของครูมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาที่สอน นั่นคือถ้าครูมีพฤติกรรมการสอนที่ช่วยส่งเสริมการเรียนของนักเรียนก็ย่อมทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี ดังข้อค้นพบของสำเริง บุญเรืองรัตน์ (Samereng Boonruamgrutana. 1978 : 157-180) ที่ได้ทำการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน เป็นผลมาจากวิธีการสอนของครูมากที่สุด ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหานั้นถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นถ้าครูมีพฤติกรรมการสอนที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ก็ย่อมเป็นการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน

2.6 การคิดอภิมานมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของผลการศึกษาของแวง (Wang.1990 : 3206-7A) และเจอร์นัน (Guernon.1990: 2768A)ที่พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์ทางบวกกับการคิดอภิมาน ไม่ว่าจะเป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ หรือความสามารถในการแก้โจทย์ทั่วไปก็ตาม นิกร ขวัญเมือง (2545:บทคัดย่อ) พบว่าความคิดอภิมานด้านงานและด้านการวางแผน ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ทาง

คณิตศาสตร์ อัชรีภรณ์ จิวสกุล (2541: บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนที่มีความตระหนักในการคิดอภิมานสูงมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความตระหนักในการคิดอภิมานต่ำ ทองหล่อ วงษ์อินทร์ (2537 : 140-147) สมบัติ โพธิ์ทอง(2539 : 85-99) จรุง ขำพงศ์ (2542 : บทคัดย่อ) พบว่าเมื่อดำเนินการสอนและฝึกนำการคิดอภิมานมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ นักเรียนที่ได้รับการฝึกมีความสามารถในการการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์สูงกว่าก่อนการสอน นั่นเป็นเพราะการที่นักเรียนมีการคิดอภิมานนั้นทำให้นักเรียนมีกระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอน เมื่อต้องแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก็ใช้กระบวนการคิดที่เป็นขั้นตอนเหล่านั้นมาช่วยในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ มีดังนี้

1.1 ครูควรศึกษาวิธีการต่างๆ หลากหลายรูปแบบในการพัฒนาความเอาใจใส่ให้กับนักเรียน เพราะจากผลการวิจัยพบว่าความเอาใจใส่ในการเรียนของนักเรียนมีมีอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ผ่านความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ เนื่องจากความเอาใจใส่นั้นเกิดจากความเอาใจจดจ่อ หรือความตั้งใจซึ่งเกิดขึ้นได้เมื่อใจมุ่งในสิ่งเดียว โดยตัดสิ่งอื่นออกให้หมด การมีใจจดจ่อหรือเอาใจจดจ่อต่อสิ่งใด คือการมุ่งให้ได้ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างสมบูรณ์ ความตั้งใจนั้นไม่อยู่นิ่ง สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา การที่จะให้ใจจดจ่อต่อเรื่องใดจะต้องฝึกให้เกิดเป็นนิสัย การทำให้ใจติดกับเรื่องใดนานๆ หรือทำให้เกิดสมาธิในเรื่องนั้นไม่ใช่สิ่งที่เป็นไปโดยธรรมชาติแต่เกิดจากการฝึก ซึ่งถ้าสามารถฝึกให้นักเรียนในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษามีความเอาใจใส่ในการเรียนจะเป็นการเสริมสร้างทักษะพื้นฐานที่ดีในการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน อันจะนำไปสู่สัมฤทธิ์ผลทางการเรียนและเรียนรู้ประสบการณ์อื่นๆ ต่อไป

1.2 ครูควรทราบว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานเดิมเกี่ยวกับเรื่องที่จะสอนหรือไม่ การทดสอบความรู้พื้นฐานจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้สอน อาจจะใช้วิธีการทดสอบโดยตรง หรือดูจากผลการเรียนในชั่วโมงก่อนๆ เพื่อจะทำให้ครูผู้สอนได้ปรับปรุงวิธีจัดการเรียนการสอนหาทางช่วยเหลือ และจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับสภาพที่แท้จริงของผู้เรียน

1.3 ครูควรพัฒนาการสอนในแนวทางส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน เพราะจากผลการวิจัยพบว่าพฤติกรรมการสอนของครูมีอิทธิพลทางตรง และอิทธิพลทางอ้อมต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน

โดยครูผู้สอนควรศึกษาถึงวิธีการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ แล้วนำมาเป็นแนวทางในการปฏิบัติการสอนของครู ซึ่งจะช่วยทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งๆ ขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

1.4 ครูควรหาแนวทางในการพัฒนาการคิดอภิมานให้กับนักเรียน เพราะจากผลการวิจัยพบว่าการคิดอภิมานมีอิทธิพลทางตรงต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ ครูผู้สอนจึงควรนำกลวิธีการคิดอภิมานไปใช้ในการสอนแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถควบคุมและตรวจสอบกระบวนการคิดในการแก้โจทย์ปัญหา และจะได้เกิดทักษะในการใช้การคิดอภิมานจนกลายเป็นปรกตินิสัย ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ดีขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

2.1 ตัวแปรที่ผู้วิจัยนำมาศึกษาในครั้งนี้สามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ร้อยละ 62.60 ที่เหลือจะเป็นอิทธิพลของตัวแปรอื่นที่ไม่ได้นำมาศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดังนั้นการพัฒนาโมเดลปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ จึงควรพิจารณานำตัวแปรอื่นที่คาดว่ามีผลต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม เช่น ความถนัดด้านจำนวน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ดังเช่นผลการวิจัยของ สมชัย วงษ์นายะ (2524 : 98) ทิพวรรณ วังเย็น (2542 : 51 -52) และคราวเดอร์ (Crowder.1957 : 281 – 286) พบว่า ความถนัดด้านจำนวนมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหา นิพนธ์ สินพูน (2545 : บทคัดย่อ) พบว่า แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ จันทร์เพ็ญ ธนาศุภกรกุล (2526 : 149) ศึกษาพบว่า ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เพื่อให้โมเดลสามารถอธิบายความแปรปรวนของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้มากขึ้น

2.2 สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุทำนองนี้ การวิจัยเชิงทดลองน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษาค้นคว้า เพราะสามารถควบคุมตัวแปรแทรกซ้อนได้ดีกว่าโดยวิธีสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม และสามารถที่จะศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามสภาพจริง

2.4 เพื่อให้โมเดลที่สร้างขึ้นแทนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติ ควรมีการวิเคราะห์แยกเป็น 2 โมเดล คือโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Model) และโมเดลการวัด (Measurement Model) โมเดลสมการโครงสร้างเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝงในโมเดลการวิจัย ส่วนโมเดลการวัดเป็นโมเดลแสดงความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรแฝง และตัวแปรสังเกตได้ เพื่อให้โมเดลสอดคล้องกับสภาพปรากฏการณ์จริง อันจะนำไปสู่การพัฒนาทฤษฎี และสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่จะเป็นประโยชน์ต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กิติพงษ์ ลิขิตบุญฤทธิ์. (2537). *การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบทดสอบความถนัดที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในจังหวัดตาก.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนคณิตศาสตร์. (2524). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย.

จรุง ขำพงษ์. (2542). *ผลของการใช้เมตาคอคนิชัน ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

จารุวรรณ สิงห์ม่วง. (2528). *การทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์โดยคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์* และแบบทดสอบเชาว์ปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เขตการศึกษา 9. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

จารุวรรณ พูพะเนียด. (2542). ผลของการใช้เทคนิคทบทวนความรู้เดิมแบบต่างๆ ที่มีต่อความพึงพอใจ การมีส่วนร่วมในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

จินตนา ธนวิบูรณ์ชัย. (2537). *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค Path Analysis.*

จันทร์เพ็ญ ธนาศุภกรกุล. (2526) *ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

เฉลียว บุษเนียร. (2531). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการเรียน พฤติกรรมการสอนพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เขตการศึกษา 8 .* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ณัฏฐี เจริญเกียรติบวร. (2538). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูตามการรับรู้ของนักเรียน และความตระหนักในเมตาคอคนิชันกับความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4* .วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ทองหล่อ วงษ์อินทร์. (2537). *การวิเคราะห์ความรู้เพาะด้าน กระบวนการในการคิดแก้ปัญหาและเมตาคอคนิชัน ของนักเรียนมัธยมศึกษาผู้ชำนาญ และไม่ชำนาญในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์.* วิทยานิพนธ์ ด.ม. (จิตวิทยา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ทิพวรรณ วังเย็น. (2542). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

ธีรยุทธ์ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา. (2525). "พฤติกรรมครูในการเรียนการสอน" ในเอกสารการสอนชุดวิชาพฤติกรรมการสอนประถมศึกษาหน่วยที่ 6-10, กรุงเทพฯ .

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2537). *ความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้น (LISREL) สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางสังคมและพฤติกรรมศาสตร์* กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นพพร พานิชสุข. (2522). *คู่มือครูคณิตศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นิกร ขวัญเมือง. (2545). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการอบรมเลี้ยงดูกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

นิพนธ์ สินพูน. (2545). *ความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดทางการเรียน ความรู้พื้นฐานเดิม* แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ พฤติกรรมการเรียนคณิตศาสตร์ และพฤติกรรมการสอนคณิตศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดมุกดาหาร. (การวิจัยการศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.

บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงศ์. (2545) . *การวัดประเมินการเรียนรู้* . ภาควิชาการวัดและประเมินผลการศึกษา. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

บุญรวย ชูรักษา. (2523). *ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจในการอ่านกับการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดสุราษฎร์ธานี.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. (ประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ปาจรีย์ วัชชวัลคุ. (2527). อิทธิพลขององค์ประกอบด้านลักษณะของนักเรียน สภาพแวดล้อมทางบ้านและสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประถมศึกษา ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวิจัยทางการศึกษา). กรุงเทพ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ประเสริฐ เตชะนาราเกียรติ. (2532). ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบด้านนักเรียน องค์ประกอบด้านครู สภาพแวดล้อมทางบ้าน และสภาพแวดล้อมทางโรงเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม.(การศึกษาคณิตศาสตร์). กรุงเทพ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ปรีชา เนาว์เย็นผล. (2537). "การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์" วารสารคณิตศาสตร์. 38(434-435) , 62-74. พฤศจิกายน-ธันวาคม.

พัชรา ทัศนวิจิตรวงศ์. (2540). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

เผียร ไชยศร. (2540). "เรื่องความถนัด," *วารสารการวัดและวิจัยทางการศึกษา* 12(1) :38-46 ; มกราคม.

พรทิพย์ ยาวะประภาษ. (2538). *เทคนิคการสอนแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์.* วารสารคณิตศาสตร์ , 38 (มีนาคม-เมษายน) : 24-27.

เพียงเพ็ญ จิรชัย. (2540). *การพัฒนาโปรแกรมการแนะแนวแบบกลุ่มย่อยเพื่อเพิ่มการใส่ใจในการเรียน.*วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. (จิตวิทยาการปรึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

มนตรี อนันต์รักษ์ และคณะ. (2536). " การวิจัย : การวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis)," *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม.* 4(1) : 34-44 ; กรกฎาคม.

ยุพิน พิพิธกุล. (2530). *การสอนคณิตศาสตร์.* กรุงเทพฯ : ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

——— . (2536). *การเรียนการสอน.* ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2541).*เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน.* กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.

วราภรณ์ ศิลปพงษ์. (2530). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์ ตามการรับรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เขตการศึกษา 11.* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

วราลักษณ์ ลิ้มทองสกุล. (2545). *การศึกษาความสัมพันธ์แบบคาโนนิคอล ระหว่างความสามารถทางสมอง กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่* 3. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร

วิชาการ, กรม.(2531). *โครงการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนทางคณิตศาสตร์ ความรู้ความคิด เอกสารฉบับที่ 3 : รายงานผลการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการคิดและความรู้สึก.* กองวิจัยทางการศึกษา.

ศิริพร ฉันทานนท์. (2532). *ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมการสอนของครูวิทยาศาสตร์ ตามการรับรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพมหานคร .* วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ศุภลักษณ์ สินธนา (2545) *การศึกษาการคิดอภิมานโดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ โครงสร้างเชิงเส้น : การวิเคราะห์กลุ่มพหุ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ถ่ายเอกสาร.

สงัด อุทรานันท์. (2525). *การจักการเรียนการสอนอย่างเป็นระบบ.* กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมจิต สวธนไพบูรณ์. (2529). *เอกสารประกอบการสอนบทที่ 6 วิธีสังเกตพฤติกรรมการสอน อย่างมีระบบ.* ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สมชัย วงษ์นายะ.(2524). *การศึกษาตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดสระบุรี.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สมบัติ โพธิ์ทอง. (2539) การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์สูงโดยใช้เมตาคอคนิชัน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร

สาโรช บัวศรี. (2518). *จุดยืนและทิศทางการศึกษาไทย.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วัฒนาพานิช.

สิริพร ทิพย์คง. (2533, 9 กรกฎาคม). *เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่องการพัฒนาหลักสูตรคณิตศาสตร์.* ตึก 6 ห้อง 406 คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒนา สุวรรณเขตนิคม. (2529) *การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง มโนทัศน์แนวคิดและแนวปฏิบัติ.* วารสารวิธีวิทยาการวิจัย 1(1).

สุวัฒนา อุทัยรัตน์ และ สุชาวดี เอี่ยมอรพรรณ. (2527). *รายงานการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์สมรรถภาพพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ของนิสิตศึกษาศาสตร์ / ครุศาสตร์.* กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภณ บำรุงสงฆ์ และ สมหวัง ไตรต้นวงศ์. (2520). *เทคนิคและการสอนคณิตศาสตร์แนวใหม่.* กรุงเทพมหานคร : ไทยวัฒนาพานิช.

หัสยา เถียรวิทวัส. (2537). *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านเหตุผลกับความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3* .ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน. (2532). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดลักษณะผู้เรียน.* กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อัชรีภรณ์ จิวสกุล. (2541) การศึกษาพฤติกรรมการสอนของครูที่เน้นกระบวนการแก้ปัญหาและความตระหนักในเมตาคอคนิชัน ที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 . วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิจัยและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

อำนวย เลิศชยันตี.(2523) *การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา กรุงเทพฯ.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ด. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ถ่ายเอกสาร.

——— . (2545). *การศึกษาความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างความคุณธรรมทางการเรียนกับความ สามารถทางสมอง ที่มีส่วนเสริมสร้างความสามารถในการเขียนข้อสอบ.* กรุงเทพฯ.

Adams, Sam, Leslie Ellis and B.F. Beeson. (1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach.* New York : Harper & Row, Publishers.

Anastasi,Anne. (1970). *Psychology Testing.*3rd ed. London : The Macmillian .

Anderson, K.B. and R.E. Pingry. (1973). *Problem-Solving in Mathematics* : Its Theory and Practise. Washington, D.C.: The National Council of Teachers of Mathematics.

Assagioli, R. (1973). *The Act of Will.* Baltimore : Penguin Book Inc.

Ball, G.A. (1991)."The Effects of Model (Teacher VS Peer) on Educable mentally retarded student attention and social behavior during physical education class (Mentally Retarded)".*Dissertation Abstracts International.*

Bingham, Walter Van Dyke.(1937).*Aptitude and Aptitude Testing.* New York : Haper.

Bitter, Gary G., Hartfield, Mary M. and Edwards, Nancy T. (1989). *Mathematics Method for the Elementary and Middle School.* A Comprehensive Approach. Boston : Allyn and Bacon, Inc.

Bloom, Benjamin S. (1976). *Human Characteristics and School Learning.* New York : McGraw-Hill.

Bloom, Benjamin S. other. (1971). *Handbook on Formative Evaluation of Student Learnig.* New York : McGraw-Hill,.

Bruckner, Leo J. and Grossnickle, Faster E. (1957). *How to make Arithmetic Meaningful.* Philadelphia : The John C. Winston Co.

Costa, A.L. Mediating the Matacognitive. (1984). *Educational leadership* 3 42 : 57-62 , November.

Cross D.R. and Paris, S.G. (1988) Developmental and Instructional Analysis of children's Metacognition and Reading Comprehension. *Journal of Educational psychology* 80 : 131 – 142, June.

Crowder, Norman A. (1957). "The Holzinger-Crowder Uni-Factor Tests, *" The Personal Guidance Journal.* 35 : 281-286, January.

Everson, Howard T & Tobias, Sigmund. (1998). "The ability To Estimate Knowledge and Performance in College : A Metacognitive Analysis," *Instructional Science.* 26 (1-2)

Eggen, P. (1994). Educational psychology : classroom connections. 2nd ed. New York : Merrill.

Friedman, F. (1992). "An Evaluation of Integrated Cognitive-Behavioral Model for Improving Mathematics performance and Attentional Behavior of Adolescents with Learning Disability and Attention-Deficit Hyperactuvity Dissordes" *Dissertation Abstracts International.*1447-A

Flavell, J.H. (1985). *Cognitive development.* New Jersey : Prentice – Hall, Inc.,

Freeman, Frank S. (1966). *Theory and Practice of Psychological Testing.* 3rd ed. New York: Holt Rinehart and Winston, Inc.

Guernon V.E. (1990). "The Effects of Teaching Heuristics within the Context Solving Performance of Eight-grade General Mathematics Students, "in *DAI.* 50/09 :2768-A

Hall, L.E.(1992). "Metacogintive behaviours and mathematical proble- solving : Astudy of grade 9 students with learning problems" ,MAI.

Hepner, Harry W.(1950). *Psychology applied to life and work.* New York : Prentice–Hill, Inc

Heimer, Raph T and Cecil R. Trueblood. (1977). *Strategies for Teaching Children Mathematics.* Washington D.C. Addison-Wesley Publishing Company. Inc.

Hildreth, Gertude H. (1966). *Introduction to the Gifted.* New York : Mc Graw-Hill Book Co.,

Holtzman, (1969). Abraham Interest Groups and Lobbying. New York : Macmillan.

J ö reskog, K.G. and S ö rbom, D. (1993). Lisrel VII : Structural Equation Modeling with the *SIMPLIS™ Command Language.* Hove and London : Scientific Software, Inc.

Jun, Sung-Yun. (1981) "Principaal Leadership, Teacher Job Saatisfaction and Student Achievement in Selccted Korean Elementary Schools." *Dissertation Abstracts International.* 42: 2405-A ; December.

Kliebhan, Mary Camile. (1955) "An Experimental Study Arithmetic 's Problem Solving Ability of 6 th Grade Boys," *The Catholic University of America.*Washington D.C.

Koyonaki, Elliot Vuzuru. (1971). "The Relative Effectiveness of two Methodogies in Improving Problem–Solving Abilities," *Dissertation Abstracts International".* 31 : 5937 – A, May.

Krulik, Stephen and Reys, Robert E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics.* Reston, Verginia *: The National Council of Teachers of Mathematics,* Inc.

Marzano, Robert., & Costa, Arthur L. (1987). "Teaching the Language of Thinking," *Educational Leadership.* 45(2) : 29-33.

Maddox,Harry.(1965).*How to Study.* London : The English Language Book Society.

Muraski, Sue Virginia.(1979) " A study of effects of Explicit Reading Instruction on Reading Performance in Mathematics and on Problem Solving Abilities of Sixth Grades, " *Dissertation Abstracts International* part A. 39 : 4104-A : January.

Pauk, W. (1984). *How to study in college.* Boston : Houghton Mifflin Co.

Pedhazur, E.J. (1982). *Multiple Regression in Behavioral Research.* New York : HOLT, Rinehart and Winston.

Phye, G.D. & Andre, T., eds. (1986). Cognitive classroom learning : understanding, thinking, and Problem Solving. Orlando : Academic Press.

Polya, George. (1957). How to Solve it : *A new Aspect of Mathematical Method.* New York : Doubleday and Company Garden City.

Samrerng Boonruarngrutana. (1978) "A Model of Schoool Effect." Ph.D. dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Smith, Samuel. (1970). *Best Methods of Study.* London : Barnes & Noble Inc.

Super, Donal E. (1949). *Appraising Vocational Fitness.* New York : Harper and Brothers.

Swanson, H.L. (1990). Influence of metacognition knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of educational psychology.* 82(2) : 306 –314.

Dissertation Abstracts International. 39(5) : 2620-A.

Tewari, Mohinder Dev.1980 "The Used of Path Analysis for Determining the Relative Significance of Selected Variables and Achievement on Basic Mathematics Course,"*Dssertation Abstract International.* 40(10),April.

Wang, J. (1990). "Acomparative Study of Metacognitive Behaviors in Mathematical Problem-Solving between Gifted and Average Sixth-grad Students in Taiwan, The Republic of China," in *DAI.* 50/10 :3206-7A

Woolfolk, A. E. (1993) *Educational psychology.* 5th ed. Boston : Allyn and Bacon.

Zalewski. (1967). "An investigation of selected factors contributing to success in solving Mathematics world problem, "*Dssertation Abstract International.* 39:2804-A ; November.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดความสามารถพื้นฐาน
ทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบของแบบทดสอบ วัดความสามารถพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร แมลงภู่	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ดร.กีรติ วิเชียรรัตน์	คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ ผุดผ่อง	คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี
อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ	คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
อาจารย์เทพนริศ ศุภนคร	คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

ภาคผนวก ข

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 7 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	การพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	1	1	1	1.0	คัดเลือกไว้
2	1	1	1	-1	1	3	0.6	คัดเลือกไว้
3	0	1	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
4	1	0	1	1	0	3	0.6	คัดเลือกไว้
5	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
7	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
8	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
9	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
10	1	0	1	1	0	3	0.6	คัดเลือกไว้
11	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
12	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
13	1	1	0	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
14	0	1	-1	1	1	2	0.4	คัดออก
15	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
16	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
17	1	1	-1	1	0	2	0.4	คัดออก
18	1	1	0	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
19	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
20	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	การพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
21	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
22	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
23	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
24	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
25	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
26	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
27	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
28	0	0	0	1	1	2	0.4	คัดออก
29	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
30	-1	1	1	1	0	3	0.4	คัดออก
31	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
32	1	1	-1	1	1	3	0.6	คัดเลือกไว้
33	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
34	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
35	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
36	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง 8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	การพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
1	1	1	1	-1	1	3	0.6	คัดเลือกไว้
2	1	-1	0	1	1	2	0.4	คัดออก
3	-1	1	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
4	1	-1	1	0	1	2	0.4	คัดออก
5	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
6	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
7	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
8	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
9	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
10	1	1	1	0	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
11	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
12	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
13	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
14	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
15	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
16	1	-1	1	1	1	3	0.6	คัดเลือกไว้
17	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
18	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
19	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
20	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้

ตาราง 8 (ต่อ).

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ผลรวม	IOC	การพิจารณา
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
21	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
22	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
23	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
24	0	1	1	1	0	4	0.8	คัดเลือกไว้
25	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
26	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
27	1	0	1	1	1	4	0.8	คัดเลือกไว้
28	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
29	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้
30	1	1	1	1	1	5	1.0	คัดเลือกไว้

ภาคผนวก ค

ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 10 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1*	0.759	0.407	17*	0.685	0.481
2	0.685	0.259	18	0.704	0.296
3*	0.574	0.481	19*	0.667	0.518
4*	0.667	0.667	20*	0.661	0.481
5	0.778	0.444	21	0.593	0.296
6*	0.648	0.629	22*	0.685	0.481
7*	0.629	0.592	23*	0.667	0.533
8*	0.703	0.518	24	0.796	0.407
9*	0.668	0.555	25*	0.611	0.556
10*	0.648	0.481	26*	0.481	0.741
11*	0.574	0.704	27*	0.463	0.704
12*	0.574	0.481	28*	0.444	0.740
13	0.556	0.370	29*	0.500	0.704
14*	0.661	0.629	30*	0.481	0.667
15	0.667	0.370	31*	0.537	0.630
16*	0.667	0.444	32*	0.481	0.667

หมายเหตุ * คือ ข้อที่เลือกไว้ใช้จริง

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.444 – 0.796 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.259 – 0.741

ตาราง 11 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1*	0.685	0.407	15*	0.463	0.556
2*	0.555	0.741	16*	0.574	0.704
3	0.778	0.370	17*	0.629	0.591
4*	0.388	0.777	18*	0.481	0.592
5*	0.611	0.704	19	0.593	0.370
6	0.851	0.296	20*	0.667	0.592
7	0.833	0.333	21*	0.537	0.481
8*	0.648	0.407	22	0.389	0.322
9	0.722	0.333	23	0.277	0.407
10*	0.500	0.629	24*	0.463	0.704
11*	0.740	0.444	25*	0.630	0.593
12*	0.685	0.555	26	0.556	0.370
13*	0.593	0.741	27*	0.611	0.556
14*	0.611	0.407	28*	0.444	0.667

หมายเหตุ * คือ ข้อที่เลือกไว้ใช้จริง

ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.277 – 0.833 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบอยู่ระหว่าง 0.296 – 0.777

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดความความรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 25 ข้อ ใช้เวลาทำ 40 นาที

2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย×ลงในกระดาษคำตอบ

---

1. $\frac{4^{n+3}-(8x4^{n+1})}{4^{n+2}x2}$ มีค่าเท่าไร

   ก. 1

   ข. 2

   ค. 3

   ง. 4

   จ. 5

2. $\frac{0.0004x0.001}{0.4}$ เขียนในรูป $A \times 10^{n}$ ได้เท่าไร

   ก. 1×10^{-5}

   ข. 1×10^{-6}

   ค. 1×10^{-7}

   ง. 1×10^{6}

   จ. 1×10^{7}

4. จงหา ห.ร.ม. ของ 72, 90 และ 162

   ก. 3

   ข. 9

   ค. 18

   ง. 27

   จ. 36

4. จำนวนนับที่น้อยที่สุด เมื่อนำ 12 ,18 และ 24 ไปหารแล้วเหลือเศษ 7 ตรงกับข้อใด

   ก. 43

   ข. 55

   ค. 67

   ง. 79

   จ. 115

5. ถ้า $4\sqrt{x}=20$ แล้ว x มีค่าเท่าไร

   ก. 4

   ข. 5

   ค. 10

   ง. 20

   จ. 25

6. จงหาผลลัพธ์ของ

$$\left[\frac{7}{6}+(-\frac{5}{12})\right]\div\left[1-\frac{7}{12}\right]$$

   ก. $\frac{1}{2}$

   ข. $1\frac{1}{2}$

   ค. $1\frac{4}{2}$

   ง. $1\frac{4}{5}$

   จ. 1

7. $0.34\dot{9}$ มีค่าเท่ากับข้อใด

   ก. $\frac{7}{20}$

   ข. $\frac{7}{22}$

   ค. $\frac{63}{200}$

   ง. $\frac{349}{900}$

   จ. $\frac{349}{990}$

8. ถ้า $2x : 3 = (x-3) : 2$ จงหาค่า x

   ก. -9

   ข. 9

   ค. $-\frac{9}{7}$

   ง. $\frac{9}{7}$

   จ. 1

9. ถ้า $x : y = 2 : 3$ และ $y : z = 4 : 5$ แล้ว $x : y : z$ มีค่าเท่าไร

   ก. $2 : 3 : 4$

   ข. $2 : 3 : 5$

   ค. $3 : 4 : 5$

   ง. $8 : 12 : 15$

   จ. $8 : 12 : 16$

10. $12\frac{1}{2}\%$ ของ 168 มีค่าเท่าไร

    ก. 17

    ข. 18

    ค. 21

    ง. 27

    จ. 31

11. 35% ของ 40% ของ 1,200 เป็นเท่าไร

    ก. 158

    ข. 168

    ค. 178

    ง. 188

    จ. 198

12. พ่อค้าประกาศขายของลดราคา 10% จากราคาที่ติดไว้ เขาจะต้องติดราคาไว้เท่าไร เมื่อขายแล้วเขาจะได้รับเงิน 279 บาท

    ก. 297

    ข. 308

    ค. 310

    ง. 321

    จ. 327

13. จงหาค่าของ x จากสมการ $\frac{5x-2}{3x+4} = 1$

    ก. 1

    ข. 2

    ค. 3

    ง. 4

    จ. 5

14. จงหาค่า x ที่ทำให้ $4(x-7) \neq -3(2x-4)$

    ก. $x \neq -2$

    ข. $x \neq -4$

    ค. $x \neq 2$

    ง. $x \neq 4$

    จ. $x \neq -2$ หรือ $x \neq -4$

15. จงแก้อสมการ $3x+2>4x-3$

ก. $x>5$

ข. $x<5$

ค. $x>-5$

ง. $x<-5$

จ. $x\neq 5$

16. คำตอบของระบบสมการ $x-y=2$ และ $2x-3y=1$ คือข้อใด

ก. (0,0)

ข. (1,1)

ค. (5,3)

ง. $(\frac{7}{3},\frac{1}{3})$

จ. $(\frac{13}{5},\frac{3}{5})$

17. ถ้า $x+y=1$ และ $x^2-y^2=6$ แล้ว $x-y$ เท่ากับเท่าไร

ก. -6

ข. -5

ค. 3

ง. 5

จ. 6

18. ค่าของ x จากสมการ $2x^2-5x+2=0$ คือข้อใด

ก. $\frac{1}{2},2$

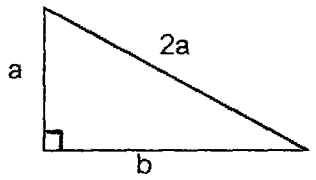
ข. $-\frac{1}{2},2$

ค. $\frac{1}{2},-2$

ง. $-\frac{1}{2},-2$

จ. หาค่าไม่ได้

19. จากรูปจงหาความยาวของ b



ก. 3a

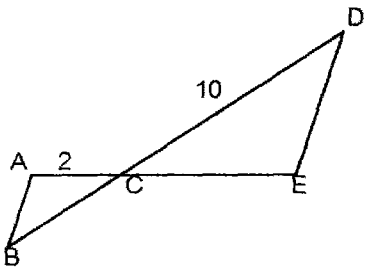
ข. $2a^2$

ค. $4a^2$

ง. $5a^2$

จ. $\sqrt{5}a$

20. ถ้า $\overline{AB}\ //\overline{DE}$ แล้ว $\overline{BC}$ ยาวเท่าไร



ก. 3

ข. 4

ค. 5

ง. 6

จ. 7

21. ถ้า $\cos A=\frac{3}{5}$ จงหาค่า tan A

ก. $\frac{3}{4}$

ข. $\frac{4}{5}$

ค. $\frac{5}{4}$

ง. $\frac{4}{3}$

จ. $\frac{3}{5}$

22. $-x^3 + 2x - 56 \div x + 4$ เท่ากับข้อใด

ก. $-x^2+x-14$

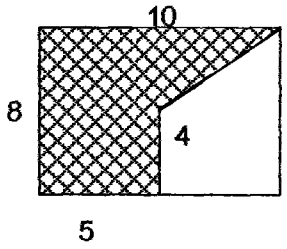
ข. $-x^2-x-14$

ค. $-x^2- 4x-14$

ง. $-x^2+4x-14$

จ. $x^2+4x-14$

23. จากรูปพื้นที่ส่วนที่แรเงามีพื้นที่กี่ตารางหน่วย



ก. 30

ข. 40

ค. 50

ง. 70

จ. 80

24. ข้อใดเป็นการแยกตัวประกอบพหุนามไม่ถูกต้อง

ก. $3x^2+8x+4 = (3x+2)(x+2)$

ข. $4x^2-8x-5 = (2x-5)(2x+1)$

ค. $8x^2+2x-15 = (4x-5)(2x+3)$

ง. $16x^2-2x-3 = (8x-3)(2x+1)$

จ. $25x^2+40x+16 = (5x+4)(5x+4)$

25. จากข้อมูล 12, 9, 7, 4, 3, 3, 9, 7, 4, 12 จงพิจารณาว่าข้อใดถูกต้อง

ก. ข้อมูลชุดนี้ไม่มีฐานนิยม

ข. ข้อมูลชุดนี้มีมัธยฐานเท่ากับ 7.5

ค. ข้อมูลชุดนี้มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเท่ากับ 7.1

ง. ข้อมูลชุดนี้มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตน้อยกว่ามัธยฐาน

จ. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต < มัธยฐาน < ฐานนิยม

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์

<u>คำชี้แจง</u>

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลาทำ 40 นาที
2. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย×ลงในกระดาษคำตอบ

1. เหมียวออกเดินทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจนถึงบ้านบอย แล้วเดินทางต่อไปยังทิศตะวันออกเฉียงใต้จนถึงบ้านแก้ว ถ้าอัตราส่วนของระยะเดินทางทั้งสองช่วงนี้เป็น 3 : 4 และระยะทางระหว่างบ้านบอยจนถึงบ้านแก้วเป็น 64 เมตร จงหาระยะทางจากบ้านเหมียวไปยังบ้านแก้วในแนวตรง
   ก. 75 เมตร
   ข. 80 เมตร
   ค. 95 เมตร
   ง. 105 เมตร
   จ. 125 เมตร
2. ลวดเส้นหนึ่งยาว 56 นิ้ว นำมาขดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยให้ด้านกว้างสั้นกว่าด้านยาว 4 นิ้ว จะได้เส้นทแยงมุมยาวกี่นิ้ว
   ก. 10
   ข. 13
   ค. 15
   ง. 17
   จ. 20
3. ครรชิตเล่นปาเป้า ซึ่งในการปาเป้าแต่ละครั้ง ถ้าปาถูกจะได้เงิน 6 บาท ถ้าปาผิดจะต้องเสียเงิน 3 บาท หลังจากปาเป้าไป 15 ครั้ง เขาต้องจ่ายเงิน 9 บาท อยากทราบว่าเขาปาเป้าผิดไปกี่ครั้ง
   ก. 3
   ข. 4
   ค. 5
   ง. 9
   จ. 11
4. สามเท่าของเลขจำนวนหนึ่ง เมื่อเพิ่มอีก 3 จะมีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของเลขจำนวนนั้นลบด้วย 5 จงหาเลขจำนวนนั้น
   ก. น้อยกว่า -8
   ข. มากกว่า –8
   ค. น้อยกว่า 8
   ง. มากกว่า 8
   จ. มากกว่า – 8 แต่น้อยกว่า 8

5. นับขาแมวและขาไก่รวมกันได้ 164 ขา และนับหางแมวและหางไก่รวมกันได้ 44 หาง จงหาว่ามีแมวกี่ตัว

   ก. 6

   ข. 8

   ค. 36

   ง. 38

   จ. 42

6. แป้งชนิดแรกราคากิโลกรัมละ 30 บาท ชนิดที่สองราคากิโลกรัมละ 36 บาท นำมาผสมกันให้ได้แป้งผสมที่มีต้นทุนกิโลกรัมละ 34 บาท จะต้องนำแป้งมาผสมกันในอัตราส่วนเท่าไร

   ก. 1 : 2

   ข. 1 : 3

   ค. 2 : 3

   ง. 2 : 1

   จ. 3 : 2

7. ตึก 2 หลัง อยู่ห่างกัน 30 ฟุต เมื่อขึ้นไปบนดาดฟ้าของตึกหลังหนึ่งเห็นมุมก้มไปยังตึกหลังที่สองเป็น 60° เมื่อขึ้นไปบนดาดฟ้าของตึกหลังที่สองเห็นมุมก้มไปยังฐานตึกหลังที่หนึ่งเป็น 30° จงหาว่าตึกสองหลังนี้สูงกว่ากันเท่าไร

   ก. $6\sqrt{3}$

   ข. $10\sqrt{3}$

   ค. $15\sqrt{3}$

   ง. $25\sqrt{3}$

   จ. $30\sqrt{3}$

8. พีระมิดฐานห้าเหลี่ยมด้านเท่ามุมเท่า ยาวด้านละ 10 ซ.ม. และสันของพีระมิดยาว 13 ซ.ม. จงหาพื้นที่ผิวข้างของพีระมิด

   ก. 150

   ข. 300

   ค. 325

   ง. 345

   จ. 356

9. ต้องการหลอมโลหะรูปทรงกลมตันมีรัศมียาว 42 เซนติเมตร แล้วนำเนื้อโลหะมาห่อเป็นรูปกรวยตันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง14 เซนติเมตร สูงเอียง 25 เซนติเมตร จะได้กรวยตันทั้งหมดกี่อัน

   ก. 248

   ข. 250

   ค. 252

   ง. 256

   จ. 265

10. สนามหญ้าแห่งหนึ่งกว้าง 10 เมตร ยาว 12 เมตร มีถนนกว้างเท่าๆ กันล้อมรอบทั้ง 4 ด้าน ถ้าถนนมีพื้นที่ 104 ตารางเมตร จงหาความกว้างของถนน

   ก. 2

   ข. 5

   ค. 8

   ง. 11

   จ. 13

11. แก้วทรงกระบอกสูง 10 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางของฐานยาว 6 นิ้ว มีน้ำบรรจุอยู่ในแก้วสูง 8 นิ้วใส่ก้อนหินทรงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว เท่ากันทุกลูกลงในแก้วใบนี้ จะใส่ลูกหินได้กี่ลูกน้ำจึงจะเต็มแก้วพอดี
    ก. 18 ลูก
    ข. 24 ลูก
    ค. 28 ลูก
    ง. 32 ลูก
    จ. 36 ลูก
12. ผลบวกของกำลังสองของเลขคี่สองจำนวนเรียงกันได้ 74 เลขจำนวนแรกเป็นเท่าไร
    ก. 3
    ข. 5
    ค. 7
    ง. 9
    จ. 11
13. พี่น้องสองคนมีเงินรวมกันได้ 27 บาท ถ้าผลคูณของเงินทั้งสองคนเป็น 180 บาท พี่มีเงินมากกว่าน้องกี่บาท
    ก. 3
    ข. 4
    ค. 6
    ง. 8
    จ. 10
14. กำลังสองของเลขสองจำนวน เมื่อนำมารวมกันได้ 25 แต่ถ้านำมาคูณกันได้ 12 จงหาผลบวกของเลขสองจำนวนนั้น
    ก. -3
    ข. -4
    ค. -7
    ง. 7
    จ. ± 7
15. วงกลมสองวงมีรัศมีต่างกันอยู่ 1 นิ้ว พื้นที่ต่างกัน $28\frac{2}{7}$ ตารางนิ้ว ข้อใดคือผลบวกของรัศมีของวงกลมนี้
    ก. 5 นิ้ว
    ข. 7 นิ้ว
    ค. 9 นิ้ว
    ง. 11 นิ้ว
    จ. 13 นิ้ว
16. ผลต่างของจำนวนบวกสองจำนวนเท่ากับ 4 และผลต่างของกำลังสองของจำนวนมาก กับสองเท่าของกำลังสองของจำนวนน้อยที่น้อยกว่าเท่ากับ 16 จงหาเลขจำนวนมาก
    ก. 6
    ข. 8
    ค. 9
    ง. 10
    จ. 12

17. กล่องใบหนึ่งมีลูกบอลสีน้ำเงิน 1 ลูก และสีขาว 1 ลูก ถ้าสุ่มหยิบลูกบอล 2 ลูก โดยหยิบทีละลูกแล้วใส่คืน ความน่าจะเป็นที่ได้ลูกบอลสีเดียวกันเท่ากับเท่าไร

    ก. 0

    ข. $\frac{1}{2}$

    ค. $\frac{1}{4}$

    ง. $\frac{2}{3}$

    จ. $\frac{3}{4}$

18. มีสลากหมายเลข 0 ถึง 50 หมายเลขละ 1 ใบ สุ่มหยิบขึ้นมา 1 ใบ จงหาความน่าจะเป็นที่จะได้สลากที่มีหมายเลข 3 หรือ 7 หารลงตัว

    ก. $\frac{7}{17}$

    ข. $\frac{11}{25}$

    ค. $\frac{21}{50}$

    ง. $\frac{22}{51}$

    จ. $\frac{23}{51}$

19. ในการสอบเก็บคะแนน 6 ครั้ง คะแนนเต็ม 30 คะแนนเท่ากัน โดย 5 ครั้งแรก แดงสองได้คะแนนดังนี้ 12, 14, 20 , 16, 18 ถ้าเขาต้องการให้ค่าเฉลี่ยเป็น 17 คะแนน ดังนั้นในการสอบครั้งที่ 6 เขาจะต้องได้คะแนน เท่าไร

    ก. 17

    ข. 20

    ค. 22

    ง. 23

    จ. 25

20. นักเรียนชั้น ม.3/1 , ม.3/2 และ ม. 3/3 มีจำนวน 32 , 40 และ 35 คน ตามลำดับ มีคะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์รวม 20 คะแนน ถ้า ม. 3/1 และ ม. 3/2 มีคะแนนเฉลี่ย 25 และ 16 คะแนน ตามลำดับ จงหาคะแนนเฉลี่ยของห้อง ม. 3/3

    ก. 14

    ข. 18

    ค. 20

    ง. 24

    จ. 28

ภาคผนวก จ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสัมประสิทธิ์เส้นทาง โดยใช้โปรแกรม LISREL version 8.30

ผลการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลตามสมมติฐานการวิจัยกับข้อมูลเชิงประจักษ์

DATE: 6/4/2003
TIME: 7:20

L I S R E L 8.30

BY

Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Chicago, IL 60646-1704, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-99
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file C:\LISREL83\KU.SPL:

```
PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL
DA NI=7 NO=398
LA
'ATT' 'REAS' 'VERB' 'MATH' 'BEHA' 'META' 'ABILI'
KM
1.000
0.326 1.000
0.312 0.485 1.000
0.371 0.598 0.613 1.000
0.347 0.406 0.357 0.461 1.000
0.252 0.459 0.482 0.444 0.468 1.000
0.334 0.573 0.612 0.696 0.518 0.588 1.000
ME
54.33 16.20 16.11 16.52 54.52 51.06 13.03
SD
5.56 1.89 2.06 3.36 4.98 4.01 3.49
SE
4 6 7 1 2 3 5
MO NY=3 NX=4 BE=SD,FI GA=FU,FI PS=DI,FR
FR BE(3,1) BE(3,2) GA(1,1) GA(1,2) GA(1,3) GA(1,4) GA(3,2) C
GA(3,3) GA(3,4) GA(2,4)
PATH DIAGRAM
OU SE TV EF SS MI RS SS ND=3
```

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Number of Input Variables	7
Number of Y - Variables	3
Number of X - Variables	4
Number of ETA - Variables	3
Number of KSI - Variables	4
Number of Observations	398

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Covariance Matrix to be Analyzed

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	5.982	16.080				
ABILI	8.162	8.229	12.180			
ATT	6.931	5.618	6.481	30.914		
REAS	3.798	3.479	3.780	3.426	3.572	
VERB	4.243	3.982	4.400	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Covariance Matrix to be Analyzed

	BEHA
BEHA	24.800

Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
16.520	51.060	13.030	54.330	16.200	16.110

Means

BEHA
54.520

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Parameter Specifications

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	0	0	0
META	0	0	0
ABILI	1	2	0

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	3	4	5	6
META	0	0	0	7
ABILI	0	8	9	10

PHI

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	11			
REAS	12	13		
VERB	14	15	16	
BEHA	17	18	19	20

PSI
Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
21	22	23

ALPHA

MATH	META	ABILI
24	25	26

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Number of Iterations = 0

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.365	0.197	- -
	(0.046)	(0.030)	
	7.880	6.507	

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.057	0.571	0.601	0.112
	(0.023)	(0.074)	(0.067)	(0.027)
	2.449	7.696	9.033	4.206
META	- -	- -	- -	0.377
				(0.036)
				10.498
ABILI	- -	0.211	0.309	0.097
		(0.073)	(0.067)	(0.027)
		2.872	4.584	3.547

Covariance Matrix of Y and X

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	2.907	16.080				
ABILI	7.554	5.873	11.249			
ATT	6.931	3.621	6.003	30.914		
REAS	3.798	1.440	3.377	3.426	3.572	
VERB	4.243	1.380	3.886	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Covariance Matrix of Y and X

	BEHA
BEHA	24.800

Mean Vector of Eta-Variables

MATH	META	ABILI
16.520	51.060	13.030

PHI

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	30.914			
	(2.205)			
	14.018			
REAS	3.426	3.572		
	(0.558)	(0.255)		
	6.144	14.018		
VERB	3.574	1.888	4.244	
	(0.605)	(0.218)	(0.303)	
	5.904	8.651	14.018	
BEHA	9.608	3.821	3.662	24.800
	(1.478)	(0.512)	(0.549)	(1.769)
	6.499	7.457	6.665	14.018

PSI
Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
5.312	12.558	4.547
(0.379)	(0.896)	(0.324)
14.018	14.018	14.018

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

MATH	META	ABILI
0.529	0.219	0.596

ALPHA

MATH	META	ABILI
-11.612	30.514	-16.762
(1.538)	(1.965)	(1.671)
-7.548	15.528	-10.034

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 5
Minimum Fit Function Chi-Square = 81.409 (P = 0.00)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 73.609 (P = 0.00)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 68.609
90 Percent Confidence Interval for NCP = (44.493 ; 100.167)

Minimum Fit Function Value = 0.205
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.175
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.113 ; 0.255)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.187
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.150 ; 0.226)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.000

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.340
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.261 ; 0.402)
ECVI for Saturated Model = 0.142
ECVI for Independence Model = 2.943

Chi-Square for Independence Model with 21 Degrees of Freedom = 1142.465
Independence AIC = 1156.465
Model AIC = 133.609
Saturated AIC = 56.000
Independence CAIC = 1191.370
Model CAIC = 283.203
Saturated CAIC = 195.621

Root Mean Square Residual (RMR) = 1.066
Standardized RMR = 0.100
Goodness of Fit Index (GFI) = 0.950
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.718
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.170

Normed Fit Index (NFI) = 0.929
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 0.714
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.221
Comparative Fit Index (CFI) = 0.932
Incremental Fit Index (IFI) = 0.933
Relative Fit Index (RFI) = 0.701

Critical N (CN) = 74.581

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Fitted Covariance Matrix

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	2.907	16.080				
ABILI	7.554	5.873	11.249			
ATT	6.931	3.621	6.003	30.914		
REAS	3.798	1.440	3.377	3.426	3.572	
VERB	4.243	1.380	3.886	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Fitted Covariance Matrix

	BEHA
BEHA	24.800

Fitted Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
16.520	51.060	13.030	54.330	16.200	16.110

Fitted Means

BEHA
54.520

Fitted Residuals

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	0.000					
META	3.075	- -				
ABILI	0.607	2.356	0.931			
ATT	0.000	1.998	0.478	- -		
REAS	0.000	2.039	0.403	- -	0.000	
VERB	- -	2.601	0.514	- -	- -	- -
BEHA	0.000	- -	- -	- -	0.000	- -

Fitted Residuals

	BEHA
BEHA	0.000

Fitted Residuals for Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
0.000	- -	- -	- -	0.000	- -

Fitted Residuals for Means

BEHA
0.000

Summary Statistics for Fitted Residuals

```
Smallest Fitted Residual =     0.000
  Median Fitted Residual =     0.000
 Largest Fitted Residual =     3.075
```

Stemleaf Plot

```
  0|0000000000000000004
  0|5569
  1|
  1|
  2|004
  2|6
  3|1
```

Standardized Residuals

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	- -					
META	5.770	- -				
ABILI	5.770	7.681	7.681			
ATT	- -	2.143	0.842	- -		
REAS	- -	6.603	6.603	- -	- -	
VERB	- -	7.563	7.563	- -	- -	- -
BEHA	- -	- -	- -	- -	- -	- -

Standardized Residuals

	BEHA
BEHA	- -

Summary Statistics for Standardized Residuals

```
Smallest Standardized Residual =     0.000
  Median Standardized Residual =     0.000
 Largest Standardized Residual =     7.681
```

Stemleaf Plot

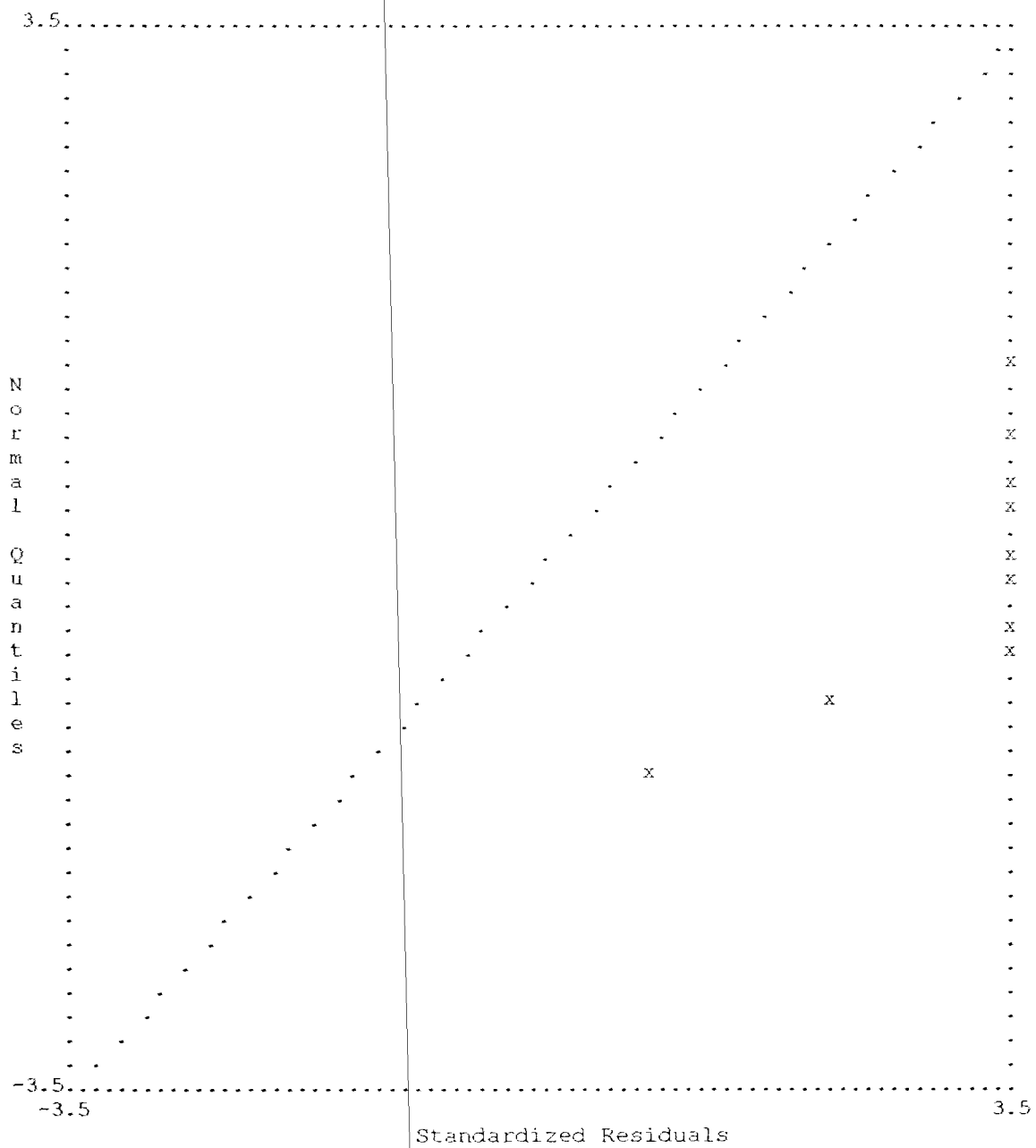
```
  0|0000000000000000008
  1|
  2|1
  3|
  4|
  5|88
  6|66
  7|6677
```

Largest Positive Standardized Residuals

Residual for	META	and	MATH	5.770
Residual for	ABILI	and	MATH	5.770
Residual for	ABILI	and	META	7.681
Residual for	ABILI	and	ABILI	7.681
Residual for	REAS	and	META	6.603
Residual for	REAS	and	ABILI	6.603
Residual for	VERB	and	META	7.563
Residual for	VERB	and	ABILI	7.563

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Qplot of Standardized Residuals



PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Modification Indices and Expected Change

Modification Indices for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.324	0.229
META	33.292	- -	58.998
ABILI	- -	- -	- -

Expected Change for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.019	0.075
META	0.346	- -	0.800
ABILI	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.001	0.007
META	0.026	- -	0.059
ABILI	- -	- -	- -

Modification Indices for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	4.593	43.598	57.197	- -
ABILI	0.024	- -	- -	- -

Expected Change for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	0.073	0.683	0.703	- -
ABILI	0.003	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	0.102	0.322	0.361	- -
ABILI	0.006	- -	- -	- -

No Non-Zero Modification Indices for PHI

Modification Indices for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.324	- -	
ABILI	0.024	- -	- -

Expected Change for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.235	- -	
ABILI	-0.315	- -	- -

Standardized Expected Change for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.017	- -	
ABILI	-0.028	- -	- -

Modification Indices for THETA-EPS

	MATH	META	ABILI
MATH	0.024		
META	0.331	- -	
ABILI	0.024	- -	- -

Expected Change for THETA-EPS

	MATH	META	ABILI
MATH	0.864		
META	0.237	- -	
ABILI	-0.315	- -	- -

Modification Indices for THETA-DELTA-EPS

	MATH	META	ABILI
ATT	0.024	0.023	0.024
REAS	0.024	11.643	0.024
VERB	0.024	21.292	0.024
BEHA	0.274	48.299	0.024

Expected Change for THETA-DELTA-EPS

	MATH	META	ABILI
ATT	-0.230	-0.129	0.084
REAS	0.497	0.891	-0.271
VERB	0.485	1.311	-0.338
BEHA	-0.560	-10.108	-0.381

Modification Indices for THETA-DELTA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	- -			
REAS	0.024	0.024		
VERB	0.024	0.024	0.024	
BEHA	0.001	11.407	20.737	48.421

Expected Change for THETA-DELTA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	- -			
REAS	-0.398	1.288		
VERB	-0.271	0.567	1.092	
BEHA	0.083	-2.330	-3.405	26.727

No Non-Zero Modification Indices for ALPHA

No Non-Zero Modification Indices for KAPPA

Maximum Modification Index is 59.00 for Element (2, 3) of BETA

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Standardized Solution

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.366	0.236	- -

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	- -	- -	0.468
ABILI	- -	0.119	0.190	0.144

Correlation Matrix of Y and X

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	1.000					
META	0.216	1.000				
ABILI	0.670	0.437	1.000			
ATT	0.371	0.162	0.322	1.000		
REAS	0.598	0.190	0.533	0.326	1.000	
VERB	0.613	0.167	0.562	0.312	0.485	1.000
BEHA	0.461	0.468	0.539	0.347	0.406	0.357

Correlation Matrix of Y and X

	BEHA
BEHA	1.000

PSI
Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
0.471	0.781	0.404

Regression Matrix Y on X (Standardized)

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	- -	- -	0.468
ABILI	0.034	0.236	0.325	0.315

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Total and Indirect Effects

Total Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.057	0.571	0.601	0.112
	(0.023)	(0.074)	(0.067)	(0.027)
	2.449	7.696	9.033	4.206
META	- -	- -	- -	0.377
				(0.036)
				10.498
ABILI	0.021	0.419	0.529	0.212
	(0.009)	(0.073)	(0.066)	(0.027)
	2.339	5.730	8.057	7.874

Indirect Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -	- -
ABILI	0.021	0.208	0.219	0.115
	(0.009)	(0.038)	(0.037)	(0.017)
	2.339	5.506	5.938	6.629

Total Effects of Y on Y

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.365	0.197	- -
	(0.046)	(0.030)	
	7.880	6.507	

Largest Eigenvalue of B*B' (Stability Index) is 0.172

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	- -	- -	0.468
ABILI	0.034	0.236	0.325	0.315

Standardized Indirect Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -	- -
ABILI	0.034	0.117	0.135	0.171

Standardized Total Effects of Y on Y

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.366	0.236	- -

The Problem used 17328 Bytes (= 0.0% of Available Workspace)

Time used: 0.061 Seconds

ผลการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลลิสเรลที่ปรับปรุงกับข้อมูลเชิงประจักษ์

DATE: 8/ 5/2003
TIME: 6:31

L I S R E L 8.30

BY

Karl G. Jöreskog & Dag Sörbom

This program is published exclusively by
Scientific Software International, Inc.
7383 N. Lincoln Avenue, Suite 100
Chicago, IL 60646-1704, U.S.A.
Phone: (800)247-6113, (847)675-0720, Fax: (847)675-2140
Copyright by Scientific Software International, Inc., 1981-99
Use of this program is subject to the terms specified in the
Universal Copyright Convention.
Website: www.ssicentral.com

The following lines were read from file C:\LISREL83\KU.SPL:

```
PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL
DA NI=7 NO=398
LA
'ATT' 'REAS' 'VERB' 'MATH' 'BEHA' 'META' 'ABILI'
KM
1.000
0.326 1.000
0.312 0.485 1.000
0.371 0.598 0.613 1.000
0.347 0.406 0.357 0.461 1.000
0.252 0.459 0.482 0.444 0.468 1.000
0.334 0.573 0.612 0.696 0.518 0.588 1.000
ME
54.33 16.20 16.11 16.52 54.52 51.06 13.03
SD
5.56 1.89 2.06 3.36 4.98 4.01 3.49
SE
4 6 7 1 2 3 5
MO NY=3 NX=4 BE=SD,FI GA=FU,FI PS=DI,FR
FR BE(3,1) BE(3,2) GA(1,1) GA(1,2) GA(1,3) GA(1,4) GA(3,2) C
GA(3,3) GA(3,4) GA(2,4) GA(2,2) GA(2,3)
PATH DIAGRAM
OU SE TV EF SS MI RS SS ND=3
```

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Number of Input Variables	7
Number of Y - Variables	3
Number of X - Variables	4
Number of ETA - Variables	3
Number of KSI - Variables	4
Number of Observations	398

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Covariance Matrix to be Analyzed

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	5.982	16.080				
ABILI	8.162	8.229	12.180			
ATT	6.931	5.618	6.481	30.914		
REAS	3.798	3.479	3.780	3.426	3.572	
VERB	4.243	3.982	4.400	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Covariance Matrix to be Analyzed

	BEHA
BEHA	24.800

Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
16.520	51.060	13.030	54.330	16.200	16.110

Means

BEHA
54.520

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Parameter Specifications

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	0	0	0
META	0	0	0
ABILI	1	2	0

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	3	4	5	6
META	0	7	8	9
ABILI	0	10	11	12

PHI

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	13			
REAS	14	15		
VERB	16	17	18	
BEHA	19	20	21	22

PSI

Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
23	24	25

ALPHA

MATH	META	ABILI
26	27	28

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Number of Iterations = 0

LISREL Estimates (Maximum Likelihood)

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.365	0.197	- -
	(0.046)	(0.034)	
	7.880	5.876	

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.057	0.571	0.601	0.112
	(0.023)	(0.074)	(0.067)	(0.027)
	2.449	7.696	9.033	4.206
META	- -	0.442	0.545	0.228
		(0.102)	(0.091)	(0.036)
		4.334	5.955	6.308
ABILI	- -	0.211	0.309	0.097
		(0.075)	(0.070)	(0.026)
		2.814	4.424	3.731

Covariance Matrix of Y and X

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	5.750	16.080				
ABILI	8.116	8.144	12.147			
ATT	6.931	5.653	6.404	30.914		
REAS	3.798	3.479	3.780	3.426	3.572	
VERB	4.243	3.982	4.400	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Covariance Matrix of Y and X

	BEHA
BEHA	24.800

Mean Vector of Eta-Variables

MATH	META	ABILI
16.520	51.060	13.030

PHI

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	30.914			
	(2.205)			
	14.018			
REAS	3.426	3.572		
	(0.558)	(0.255)		
	6.144	14.018		
VERB	3.574	1.888	4.244	
	(0.605)	(0.218)	(0.303)	
	5.904	8.651	14.018	
BEHA	9.608	3.821	3.662	24.800
	(1.478)	(0.512)	(0.549)	(1.769)
	6.499	7.457	6.665	14.018

PSI
Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
5.312	10.241	4.547
(0.379)	(0.731)	(0.324)
14.018	14.018	14.018

Squared Multiple Correlations for Structural Equations

MATH	META	ABILI
0.529	0.363	0.626

ALPHA

MATH	META	ABILI
-11.612	22.681	-16.762
(1.538)	(1.964)	(1.586)
-7.548	11.548	-10.572

Goodness of Fit Statistics

Degrees of Freedom = 3
Minimum Fit Function Chi-Square = 0.428 (P = 0.934)
Normal Theory Weighted Least Squares Chi-Square = 0.428 (P = 0.934)
Estimated Non-centrality Parameter (NCP) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for NCP = (0.0 ; 0.593)

Minimum Fit Function Value = 0.00108
Population Discrepancy Function Value (F0) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for F0 = (0.0 ; 0.00151)
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) = 0.0
90 Percent Confidence Interval for RMSEA = (0.0 ; 0.0224)
P-Value for Test of Close Fit (RMSEA < 0.05) = 0.983

Expected Cross-Validation Index (ECVI) = 0.153
90 Percent Confidence Interval for ECVI = (0.153 ; 0.154)
ECVI for Saturated Model = 0.142
ECVI for Independence Model = 2.943

Chi-Square for Independence Model with 21 Degrees of Freedom = 1142.465
Independence AIC = 1156.465
Model AIC = 64.428
Saturated AIC = 56.000
Independence CAIC = 1191.370
Model CAIC = 223.995
Saturated CAIC = 195.621

Root Mean Square Residual (RMR) = 0.0506
Standardized RMR = 0.00367
Goodness of Fit Index (GFI) = 1.00
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI) = 0.997
Parsimony Goodness of Fit Index (PGFI) = 0.107

Normed Fit Index (NFI) = 1.00
Non-Normed Fit Index (NNFI) = 1.016
Parsimony Normed Fit Index (PNFI) = 0.143
Comparative Fit Index (CFI) = 1.000
Incremental Fit Index (IFI) = 1.002
Relative Fit Index (RFI) = 0.997

Critical N (CN) = 10518.556

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Fitted Covariance Matrix

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	11.290					
META	5.750	16.080				
ABILI	8.116	8.144	12.147			
ATT	6.931	5.653	6.404	30.914		
REAS	3.798	3.479	3.780	3.426	3.572	
VERB	4.243	3.982	4.400	3.574	1.888	4.244
BEHA	7.714	9.346	9.003	9.608	3.821	3.662

Fitted Covariance Matrix

	BEHA
BEHA	24.800

Fitted Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
16.520	51.060	13.030	54.330	16.200	16.110

Fitted Means

BEHA
54.520

Fitted Residuals

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	0.000					
META	0.233	- -				
ABILI	0.046	0.085	0.034			
ATT	0.000	-0.035	0.077	- -		
REAS	0.000	0.000	0.000	- -	0.000	
VERB	- -	0.000	0.000	- -	0.000	0.000
BEHA	0.000	- -	0.000	- -	0.000	0.000

Fitted Residuals

	BEHA
BEHA	0.000

Fitted Residuals for Means

MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
- -	- -	0.000	- -	0.000	0.000

Fitted Residuals for Means

BEHA
0.000

Summary Statistics for Fitted Residuals

Smallest Fitted Residual =	-0.035
Median Fitted Residual =	0.000
Largest Fitted Residual =	0.233

Stemleaf Plot

```
- 0|300000000000000000000000
  0|3
  0|588
  1|
  1|
  2|3
```

Standardized Residuals

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	- -					
META	0.621	- -				
ABILI	0.621	0.621	0.621			
ATT	- -	-0.043	0.137	- -		
REAS	- -	- -	- -	- -	- -	
VERB	- -	- -	- -	- -	- -	- -
BEHA	- -	- -	- -	- -	- -	- -

Standardized Residuals

	BEHA
BEHA	- -

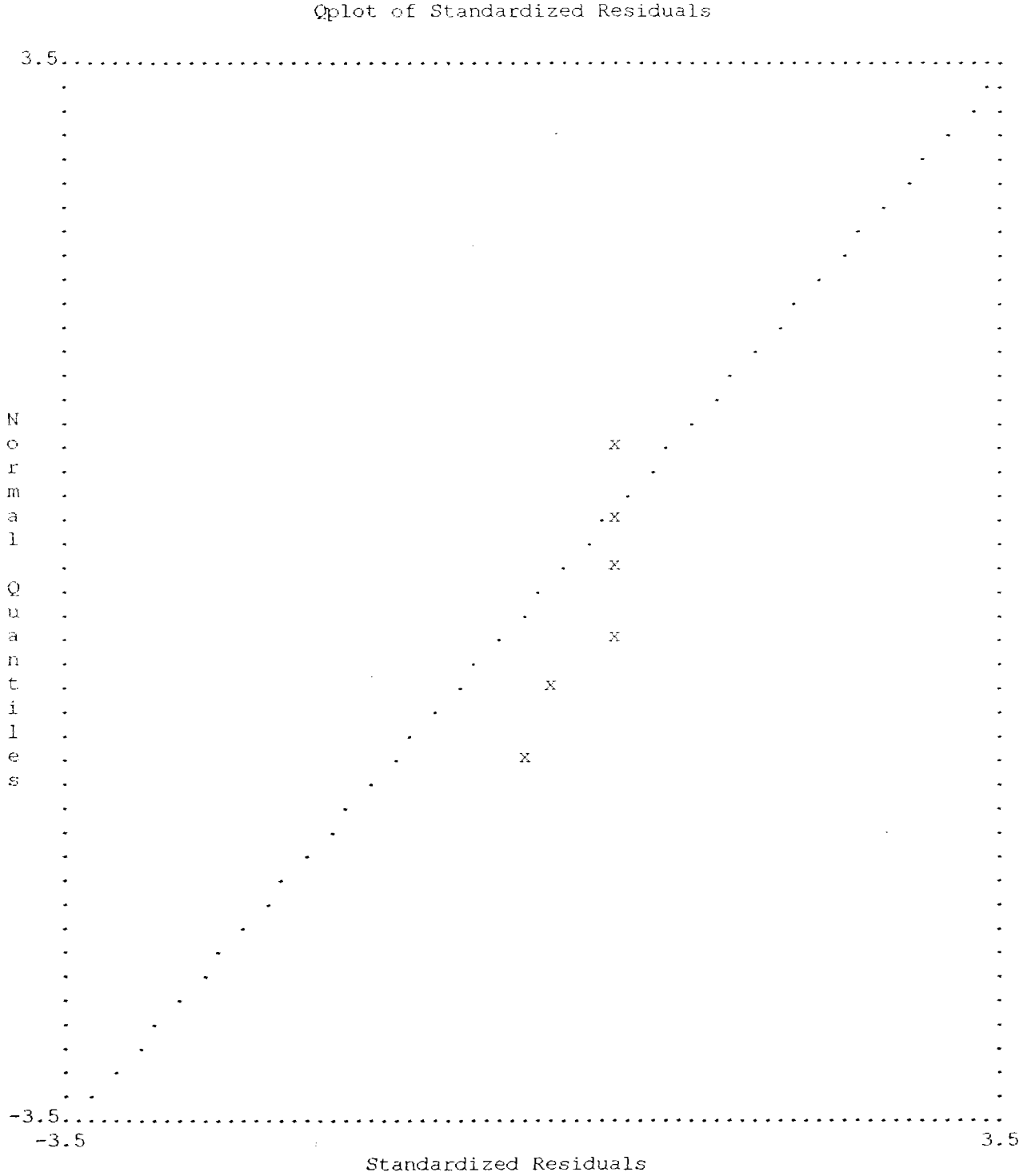
Summary Statistics for Standardized Residuals

Smallest Standardized Residual =	-0.043
Median Standardized Residual =	0.000
Largest Standardized Residual =	0.621

Stemleaf Plot

```
- 0|400000000000000000000000
  0|
  1|4
  2|
  3|
  4|
  5|
  6|2222
```

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL



PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Modification Indices and Expected Change

Modification Indices for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.398	0.274
META	0.385	- -	0.385
ABILI	- -	- -	- -

Expected Change for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.023	0.089
META	0.043	- -	0.118
ABILI	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	0.002	0.008
META	0.003	- -	0.008
ABILI	- -	- -	- -

Modification Indices for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	0.002	- -	- -	- -
ABILI	0.024	- -	- -	- -

Expected Change for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	-0.001	- -	- -	- -
ABILI	0.003	- -	- -	- -

Standardized Expected Change for GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	-0.002	- -	- -	- -
ABILI	0.005	- -	- -	- -

No Non-Zero Modification Indices for PHI

Modification Indices for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.398	- -	
ABILI	0.024	- -	- -

Expected Change for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.235	- -	
ABILI	-0.315	- -	- -

Standardized Expected Change for PSI

	MATH	META	ABILI
MATH	- -		
META	0.017	- -	
ABILI	-0.027	- -	- -

Modification Indices for THETA-EPS

	MATH	META	ABILI
MATH	0.024		
META	0.404	- -	
ABILI	0.024	- -	- -

Expected Change for THETA-EPS

	MATH	META	ABILI
MATH	0.864		
META	0.236	- -	
ABILI	-0.315	- -	- -

Modification Indices for THETA-DELTA-EPS

	MATH	META	ABILI
ATT	0.024	0.025	0.024
REAS	0.325	0.317	0.024
VERB	0.339	0.336	0.024
BEHA	0.305	0.138	0.024

Expected Change for THETA-DELTA-EPS

	MATH	META	ABILI
ATT	-0.230	-0.123	0.084
REAS	-0.464	-0.343	-0.271
VERB	-0.389	-0.341	-0.338
BEHA	-0.857	-0.842	-0.381

Modification Indices for THETA-DELTA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	- -			
REAS	0.000	0.352		
VERB	0.000	0.359	0.367	
BEHA	0.000	0.305	0.311	0.190

Expected Change for THETA-DELTA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
ATT	- -			
REAS	0.010	0.808		
VERB	-0.011	0.360	0.648	
BEHA	0.052	0.966	0.886	4.082

No Non-Zero Modification Indices for ALPHA

No Non-Zero Modification Indices for KAPPA

Maximum Modification Index is 0.40 for Element (2, 1) of THETA-EPS

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Standardized Solution

BETA

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.352	0.227	- -

GAMMA

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	0.208	0.280	0.284
ABILI	- -	0.114	0.183	0.139

Correlation Matrix of Y and X

	MATH	META	ABILI	ATT	REAS	VERB
MATH	1.000					
META	0.427	1.000				
ABILI	0.693	0.583	1.000			
ATT	0.371	0.254	0.330	1.000		
REAS	0.598	0.459	0.574	0.326	1.000	
VERB	0.613	0.482	0.613	0.312	0.485	1.000
BEHA	0.461	0.468	0.519	0.347	0.406	0.357

Correlation Matrix of Y and X

	BEHA
BEHA	1.000

PSI
Note: This matrix is diagonal.

MATH	META	ABILI
0.471	0.637	0.374

Regression Matrix Y on X (Standardized)

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	0.208	0.280	0.284
ABILI	0.033	0.274	0.376	0.262

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Total and Indirect Effects

Total Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.057	0.571	0.601	0.112
	(0.023)	(0.074)	(0.067)	(0.027)
	2.449	7.696	9.033	4.206
META	- -	0.442	0.545	0.228
		(0.102)	(0.091)	(0.036)
		4.334	5.955	6.308
ABILI	0.021	0.506	0.636	0.183
	(0.009)	(0.076)	(0.068)	(0.027)
	2.339	6.675	9.349	6.783

Indirect Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -	- -
ABILI	0.021	0.296	0.327	0.086
	(0.009)	(0.045)	(0.045)	(0.015)
	2.339	6.517	7.263	5.651

Total Effects of Y on Y

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.365	0.197	- -
	(0.046)	(0.034)	
	7.880	5.876	

Largest Eigenvalue of B*B' (Stability Index) is 0.172

PATH ANALYSIS FOR MATHEMATICS PROBLEM SOLVING ABILITY MODEL

Standardized Total and Indirect Effects

Standardized Total Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	0.094	0.321	0.369	0.167
META	- -	0.208	0.280	0.284
ABILI	0.033	0.274	0.376	0.262

Standardized Indirect Effects of X on Y

	ATT	REAS	VERB	BEHA
MATH	- -	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -	- -
ABILI	0.033	0.160	0.193	0.123

Standardized Total Effects of Y on Y

	MATH	META	ABILI
MATH	- -	- -	- -
META	- -	- -	- -
ABILI	0.352	0.227	- -

The Problem used 18432 Bytes (= 0.0% of Available Workspace)

Time used: 0.049 Seconds

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวขวัญจิรา อนันต์
วันเดือนปีเกิด	2 กุมภาพันธ์ 2519
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดตราด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	93 หมู่ 6 ตำบลตะกาง อำเภอเมือง จังหวัดตราด 23000
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	อาจารย์ 1 ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนศรียานุสรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2542	ครุศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
พ.ศ. 2546	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการวิจัยและสถิติ ทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ