

การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ปริญญานิพนธ์
ของ
จุลศักดิ์ สุขสบาย

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา

สิงหาคม 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

371, 26013
จ ๒๗๑ก
ร.๓

การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษา

บทคัดย่อ

ของ

จุลศักดิ์ สุขสบาย

๒-2 ก.พ. 2549

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา
สิงหาคม 2548

๒ ๗๔๖๗๔

จุลศักดิ์ สุขสบาย. (2547). การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา
ของนักเรียนระดับประถมศึกษา. ปรินซ์ตันเพนน์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนัดพงษ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญฤทธิ์ ควรรหาเวช.

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ตามแนวของ
ครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206) โดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเพื่อแสดง
หลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น และเพื่อศึกษาวิธีตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก
วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ว่าวิธีใดเที่ยงตรงและเหมาะสม
ทำการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 186 คน ซึ่ง
เลือกมาโดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
ในการดำเนินการทดสอบ แบ่งเป็น 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ จำนวน 30 ข้อ ในแต่ละตอนของข้อคำถาม
อาจแก้ปัญหาได้ 2 วิธี คือ แก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการเดียวกัน หรือโดยอาศัยข้อเท็จจริง นักเรียน
มีอิสระในการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน

ผลการวิจัยครั้งนี้ปรากฏว่า แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีคุณภาพใช้ได้ โดยมีหลักฐานความ
เที่ยงตรงเป็นไปตามโครงสร้างสมมุติฐาน ว่าวิธีการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลการเรียนวิชา
คณิตศาสตร์มากกว่าผลการเรียนวิชาอื่น หลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างคำนวณด้วยสูตร
ของไฮเซนและบอร์นสเตดต์ (Heise and Bohrnstedt) พบว่า วิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด
มีค่า 1.061 รองลงมาวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า .959, .755,
และ .601 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์สูง และมีหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับ
ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ทั้งอันดับแรกและอันดับที่สอง ไม่เดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์
มีความกลมกลืนกัน ซึ่งเป็นไปตามโครงสร้างสมมุติฐาน

หลักฐานแสดงความเชื่อมั่นการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูก
ตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก พบว่า คะแนนรายตอน ที่วิเคราะห์ด้วยสูตร
สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .2550 ถึง .8186, และคะแนนรวมทั้งฉบับ มีค่า .8958,
.8967, .8464 และ .7740 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) คะแนนรายตอน
มีค่าอยู่ระหว่าง .2571 ถึง .8190, และคะแนนรวมทั้งฉบับ มีค่า .8971, .8988, .8559, และ .7752
ตามลำดับ หลักฐานแสดงความเชื่อมั่นดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์สูงทุกวิธีการตรวจให้คะแนน และการ
ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก ให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีอื่นๆ

ผลการศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนนพบว่า วิธีถ่วงน้ำหนัก มีหลักฐานความเที่ยงตรงและ
ความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีการตรวจให้คะแนนวิธีอื่นๆ ทั้งให้คะแนนรายตอนและรวมทั้งฉบับ

THE DEVELOPMENT OF A COMPUTERIZED TEST TO DETERMINE
PROBLEM-SOLVING SKILLS OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
JUNLASAK SUKSABAY

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education degree in Educational Measurement
at Srinakharinwirot University
August 2005

Junlasak Suksabay. (2005). The Development of A Computerized Test to Determine Problem-Solving Skills of Elementary School Students. Master thesis, M.Ed. (Educational Measurement). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc.Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Assist.Prof. Boonyarit Kuanhavej.

The main purpose of this research was to develop a test to determine problem-solving skills according to Cross and Gaier (1955: 193-206); and the specific purpose was to show an evidence of validity and reliability, and to investigate the 4 methods of scoring: weighing, correct answers following the principles, problem solving, and non-weighing methods. The samples were 186 students of Prathomsuksa 4, 5 and 6 at Srinakharinwirot University Prasarnmit Demonstration School (Elementary) in the 2nd semester of 2004 academic year selected by stratified random sampling.

The developed test to determine problem-solving skills was a computerized test with 6 parts of 30 items (5 items each). In each item of problem, there were 2 solutions: solving problem by using the same principles or the facts. The students had freedom to choose one of the solution or both of them together.

The results of research revealed that quality of the test was fine. The evidence of validity was in accordance with the hypothesized construct. That was problem-solving skills were more related to the achievement of Mathematics subject than others. The evidence of construct validity calculated by Heise & Bohrnstedt's formula showed that the correct answers following the principles method provided the highest level at 1.061. The other ranks were weighing, problem solving, and non-weighing methods at .959, .755, and .601 respectively. However, they were all at the high level. There was also an evidence of construct validity within the test by using confirmed component analysis in both first and second orders. The model fitted the empirical data, and this agreed with the hypothesized construct.

Regarding the evidence indicating reliability of the test scoring methods of weighing, correct answers following the principles, problem solving, and non-weighing, it was found that the scores of individual part analyzed by using r_{α} were from .2550 to .8186 while the scores of the whole test were .8958, .8967, .8464, and .7740 respectively. When analyzing with r_{F-R} , the scores of individual part were from .2571 to .8190 while the scores of the whole test were .8971, .8988, .8559, and .7752 respectively. According to the reliability, it was at the high level in all methods of scoring. The weighing method of scoring provided the highest level of reliability.

With the results of scoring methods, it was found that the weighing method provided higher level of validity and reliability than other scoring methods in both individual part and the entire test.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ของ
นายจุลศักดิ์ สุขสบาย

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

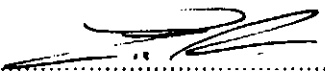
/๗๕๖

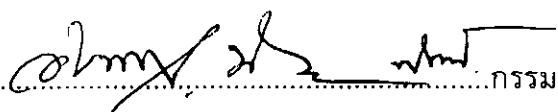
.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่...15...เดือน...สิงหาคม...พ.ศ. 2548

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


.....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญฤทธิ์ ควหาเวช)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม ดังคะพิภพ)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญฤทธิ์ ควรรหาเวช กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม ดังคะพิภพ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องอาจ นัยพัฒน์ กรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องอันเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ และรองศาสตราจารย์วราภรณ์ รักวิจัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและให้โอกาสในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา จึงขอกราบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ประพนธ์ จำยเจริญ อาจารย์มิ่ง เทพक्रमเมือง อาจารย์ชาญวิทย์ จรัสสุทธิอิศร อาจารย์อริณทร์ น่วมถนอม และอาจารย์สนอง ตรงเที่ยง ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณอิสเรศ ศิลปสิทธิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ อาจารย์พิมพ์ผกา อัครกะพู อาจารย์ปฐมชัย ณะเนตร และอาจารย์กัลยา บุญยีน ที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการตรวจแก้ไขข้อความ รูปแบบ และการจัดทำรูปเล่ม

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหารโรงเรียน คณาจารย์ และนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายประถม) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเครื่อง สุขสบาย, คุณแม่แต้ว สุขสบาย, คุณเนงรักษ์ สุขสบาย คุณกุศล สุขสบาย, และคุณจงจิตร สุขสบาย ภรรยา ที่เป็นกำลังใจสำคัญยิ่ง และให้การสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รุ่นพี่ เพื่อน ๆ สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา (ภาคพิเศษ) รหัส 46 ทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์นี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ที่อบรมสั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และผู้มีพระคุณทุกท่าน

จุลศักดิ์ สุขสบาย

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
การคิดและการแก้ปัญหา.....	8
เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์.....	16
หลักฐานแสดงความเที่ยงตรง.....	22
หลักฐานแสดงความเชื่อมั่น.....	30
การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน.....	38
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	44
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	49
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	49
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	60
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	96
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	96
วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	97
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	97
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	98
สรุปผลการวิจัย.....	98
อภิปรายผล.....	102
ข้อเสนอแนะ	104
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก.....	112
ภาคผนวก ก คุณภาพเครื่องมือ.....	113
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้แบบทดสอบ.....	140
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบทดสอบ.....	154
ภาคผนวก จ รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	172
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	174

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	วิธีการตรวจให้คะแนน แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์.....	54
2	จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง.....	67
3	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี.....	68
4	สถิติพื้นฐานของคะแนนผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ (N= 186).....	68
5	การแสดงผลฐานค่าความยากของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=30) ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	69
6	การแสดงผลฐานค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=30) ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	70
7	การแสดงผลฐานค่าความยากของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	71
8	การแสดงผลฐานค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	71
9	การแสดงผลฐานค่าความเชื่อมั่น ที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2.....	72
10	ค่าสถิติเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจ ให้คะแนน 4 วิธี กับผลการเรียนรู้ และความถนัดทางการเรียน.....	74
11	ค่าความเที่ยงตรงด้วยสูตรไฮสตันและบอร์นสเตรดต์ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหา.....	75
12	ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกเป็นรายตอน (N=186).....	76
13	ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำแนกเป็นรายตอนที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี.....	78
14	ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม (N=186).....	83
15	ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถามที่ตรวจ ให้คะแนน 4 วิธี.....	85

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
16 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นรายตอน ด้วยการวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยัน อันดับที่สอง.....	90
17 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ด้วยการ วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน อันดับที่สอง.....	92
18 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N=186) ของการทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่าง.....	94
19 ค่าสถิติพื้นฐานคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี ของแบบทดสอบ วิธีการแก้ปัญหา (N=186).....	114
20 ค่าสถิติพื้นฐานการแจกแจงวิธีการแก้ปัญหา (N=186).....	114
21 การแสดงดัชนีความสอดคล้อง (IOC).....	115
22 ค่าความยากง่าย (P) แบบถ่วงน้ำหนัก.....	117
23 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา.....	119
24 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดสอบครั้งที่ 1.....	121
25 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดสอบครั้งที่ 2	123
26 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่าง.....	125
27 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิธีการตรวจให้คะแนนกับคะแนนเกณฑ์ ผลการเรียนรู้แปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน.....	127
28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิธีการตรวจให้คะแนนกับคะแนนเกณฑ์ ความถนัดทางการเรียนแปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน.....	127
29 ค่าสถิติเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหาวิธีการตรวจให้ คะแนน 4 วิธี.....	127

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
30 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกเป็นรายตอน (N=186) วิธีตรวจให้คะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก.....	128
31 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการ.....	129
32 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา.....	131
33 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก.....	132
34 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก.....	134
35 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการ.....	135
36 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา.....	137
37 คำสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก.....	138

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ส่วนประกอบของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา.....	50
2 ลักษณะคำถามแบบที่ 1	51
3 ลักษณะคำถามแบบที่ 2	52
4 ลักษณะคำถามแบบที่ 3	52
5 ลักษณะคำถามแบบที่ 4	53
6 ลักษณะคำถามแบบที่ 5	53
7 ขั้นตอนดำเนินการสร้างเครื่องมือ.....	56
8 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน.....	79
9 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีตอบถูกต้องหลักการจำแนกเป็นตอน.....	80
10 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นตอน.....	81
11 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน.....	82
12 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม.....	86
13 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีตอบถูกต้องหลักการจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม.....	87
14 โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม.....	88

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

15	โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ วัตวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน วิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม.....	89
16	โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง ของโมเดลแบบทดสอบ วัตวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน 4 วิธี จำแนกเป็นรายตอน.....	91
17	โมเดลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง ของโมเดลแบบทดสอบ วัตวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนน 4 วิธี จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม.....	93

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การปฏิรูปการศึกษาของไทยตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับ การจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และสามารถถ่ายโยงไปสู่การแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งทักษะการคิดและกระบวนการคิด อันเป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 และในมาตรฐานการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานมาตรฐานด้านผู้เรียนได้กำหนดว่าให้ผู้เรียน มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ มีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรอง และมีวิสัยทัศน์" (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. 2544: 6-13)

การคิดแก้ปัญหาจึงเป็นทักษะความสามารถที่สำคัญอย่างยิ่ง และเป็นพื้นฐานของการคิดทั้งหมด และเป็นสิ่งสำคัญต่อวิถีการดำเนินชีวิตในสังคมของมนุษย์ ซึ่งจำเป็นต้องใช้การคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นตลอดเวลา ทักษะการคิดแก้ปัญหาเป็นทักษะที่เกี่ยวข้องและมีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตที่วุ่นวายสับสนได้เป็นอย่างดี กระบวนการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาโดยเฉพาะปัญหาที่มีความยากมาก ๆ หรือปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน การลงมือแก้ปัญหาทันทีโดยไม่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาก็ก่อให้เกิดความยุ่งยาก แก้ปัญหาไม่ถูกทางทำให้ได้คำตอบที่ผิดพลาด ๆ ส่งผลให้เกิดความเบื่อหน่ายที่จะแก้ปัญหา ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาเป็นเครื่องมือสำคัญในการแก้ปัญหา ผู้ที่รู้จักยุทธวิธีในการแก้ปัญหาลายรูปแบบเมื่อพบปัญหาสามารถเลือกวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหา สามารถแก้ปัญหาให้สำเร็จได้โดยง่าย หากเปรียบเทียบคำตอบของปัญหา เป็นเป้าหมายที่เราต้องการไปให้ถึงยุทธวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่าหนึ่งวิธี ผู้ที่เลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหาได้เหมาะสมจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้โดยง่าย (เสรี ทองลอย. 2547: 2) ในการแก้ปัญหของแต่ละบุคคลนั้น มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับบุคลิกภาวะทางสมอง ประสบการณ์ ความสนใจ ความพร้อม แรงจูงใจ อารมณ์ และสภาพแวดล้อม กิจกรรมการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนรู้จักคิด รู้จักพิสูจน์หาข้อสรุป มีการวางแผน

การเรียนรู้ข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหา และการนำเอาข้อเท็จจริงไปใช้ในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ต่างกัน การเรียนรู้จากการแก้ปัญหาได้สำเร็จในสถานการณ์หนึ่งไม่ได้หมายความว่า จะต้องแก้ปัญหาสถานการณ์อื่นได้เสมอไป วิธีการแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูก ใช้กับปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อนเมื่อผู้เผชิญปัญหามองไม่เห็นแนวทางหรือไม่อาจคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ ต้องใช้วิธีเดาสุ่มหลายอย่างเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา ธอร์นไดค์ (Thorndike. 950: 192-216) และความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความ

สามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยการเรียนรู้ ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้ประเภทโมโนติ ซึ่งเป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้า กาเย่ (Gagne'. 1977: 63) ดังนั้น ขบวนการคิดก็คือ ขบวนการแก้ปัญหานั่นเอง

ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ จะสำเร็จได้จำเป็นต้องมีข้อเท็จจริง (Facts) ซึ่งแกเออร์ (Gaier. 1953: 138) กล่าวว่า แม้ข้อเท็จจริงจะเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่ข้อเท็จจริงอย่างเดียวไม่เป็นเงื่อนไขที่พอเพียงในการแก้ปัญหา จำเป็นต้องรู้จักการสังเกตพิจารณาคัดเลือกแนวความคิดที่มีประโยชน์ด้วย ลักษณะนี้ย่อมอาศัยการคิดแบบวิเคราะห์ (Analytical Thinking) มากที่สุด ส่วนการแก้ปัญหาโดยเน้นรูปของหลักการทั่วไป (General Principle) แล้วให้นักเรียนหาข้อเท็จจริงจากรายละเอียดโดยทิศทางใดก็ตาม จะนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

ในการวัดประเมินผู้เรียนจำเป็นต้องใช้เครื่องมือการวัดประเมินที่หลากหลาย เพื่อให้สามารถวัดคุณลักษณะของผู้เรียนได้เที่ยงตรง ครอบคลุมมีความน่าเชื่อถือและได้ข้อมูลที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน ทั้งนี้ เนื่องจากคุณลักษณะที่พึงประสงค์ในตัวผู้เรียนนั้น ไม่สามารถใช้เครื่องมือชนิดเดียวทำการประเมินแล้วได้ข้อมูลสะท้อนตัวผู้เรียนได้ทั้งหมด คุณลักษณะต่าง ๆ ในตัวผู้เรียนยังต้องพึงเครื่องมือหลายชนิดทำการประเมิน จึงจะสามารถสะท้อนข้อมูลในตัวผู้เรียนได้อย่างสมบูรณ์ (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2545: 9-12) และในการวัดประเมินต้องอาศัยเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพในการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องตรงตามความต้องการ และมีความน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้ในการประเมินและตัดสินใจ (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 151-169)

จากรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกตั้งแต่ปี 1955 โดยครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193-206) ได้สร้างแบบทดสอบขึ้นฉบับหนึ่ง เรียกว่า The Balance Problems Test (BPT) ประกอบด้วยข้อปัญหาเป็นตอน ๆ แต่ละตอนของข้อปัญหาอาจจะแก้ได้โดยวิธีการที่ต่างกันสองวิธี ได้แก่ วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ (Principle) และวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง (Facts) ในการดำเนินการทดสอบ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือทั้งสองวิธีก็ได้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า วิธีการแก้ปัญหาโดยหลักการมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับในประเทศไทยมีผู้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา โดยการสร้างแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหตามแนวของครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193-206) คือ นงนุชวรรณหะ (2514: 14-72) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา (โดยไม่คำนึงถึงวิธีการ) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ และจิตนา ราชรองเมือง (2516: 76-82) ได้วิจัยถึงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดแบบสืบสวน สอบสวน วิธีการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ความคิดแบบสืบสวนสอบสวน ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับวิธีการ

แก้ปัญหา โดยอาศัยหลักการมากกว่าวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง และความคิดแบบสืบสวน-สอบสวนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหา (โดยไม่คำนึงถึงวิธีการ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานในช่วงชั้นที่ 1 และที่ 2 ยังมีความต้องการเครื่องมือวัดวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาในระดับช่วงชั้นที่ 2 การพัฒนาแบบทดสอบวัดดังกล่าวข้างต้น เป็นแบบทดสอบเขียนตอบลงบนกระดาษ (Paper-and-pencil test) ซึ่งมีข้อจำกัดในเรื่องของวิธีการดำเนินการตอบและการคัดแยกวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการหรือข้อเท็จจริง ดังนั้นการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการดำเนินการทดสอบ และบันทึกคำตอบลงในระบบคอมพิวเตอร์ จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ ประกอบกับในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทอย่างกว้างขวางในทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะด้านการศึกษาได้มีการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน และเป็นสื่อการเรียนการสอน และการทดสอบ ดังนั้นผู้วิจัยเชื่อว่า กระบวนการทดสอบเพื่อการคัดกรองผู้ที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการดำเนินการทดสอบ จะสามารถดำเนินการได้สะดวกรวดเร็ว และแม่นยำมากกว่า แบบทดสอบเขียนตอบลงบนกระดาษ

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาเครื่องมือวัดวิธีการแก้ปัญหานักเรียนตามแนวของครอสส์และเกอเรีย (Cross and Gaier. 1955: 193-206) ดังกล่าว โดยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการพัฒนาและการดำเนินการทดสอบ และบันทึกวิธีการแก้ปัญหาแต่ละบุคคลลงในระบบคอมพิวเตอร์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อแสดงหลักฐานคุณภาพรายข้อ ได้แก่
 - 1.1 ค่าความยากง่ายรายข้อ
 - 1.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
2. เพื่อแสดงหลักฐานคุณภาพทั้งฉบับ ได้แก่
 - 2.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง
 - 2.2 การแสดงหลักฐานความเชื่อมั่น
3. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ ได้แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ที่มีคุณภาพและทำให้ทราบถึงกระบวนการจัดการเรียนรู้ การส่งเสริมความคิดแก้ปัญหาที่มีแนวโน้มไปในทิศทางที่ต้องการ ตรงตามจุดมุ่งหมาย การใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้ง 2 วิธีของนักเรียน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพของการศึกษาตลอดจนใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการตัดสินใจของครู ผู้บริหาร ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาทุกระดับ และพัฒนาให้นักเรียนมีความสุขในการเรียนรู้ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 660 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ซึ่งเลือกมาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ระดับชั้นเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) จำนวน 186 คน

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแบบทดสอบ ได้แก่

1. ลักษณะเฉพาะรายข้อ
 - 1.1 ค่าความยากง่ายรายข้อ
 - 1.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
2. ลักษณะเฉพาะของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 - 2.1 ค่าความเที่ยงตรง
 - 2.2 ค่าความเชื่อมั่น

นียมศัพท์เฉพาะ

1. วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ หมายถึง การที่นักเรียนเลือกสิ่งที่กำหนดให้เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในข้อต่าง ๆ ในแต่ละตอน ซึ่งข้อความหรือกฎความสัมพันธ์นี้เรียกว่า “หลักการ” ถูกซ่อนไว้ที่ด้านบนของจอภาพ เมื่อต้องการนำมาใช้ให้เลือกปุ่ม “หลักการ”

2. วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง หมายถึง การที่นักเรียนเลือกสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นรายละเอียดและตัวเลข เพื่อใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาเฉพาะข้อ ซึ่งตัวเลขแทนสัญลักษณ์นี้เรียกว่า “ข้อเท็จจริง” ถูกซ่อนไว้ที่ด้านขวามือของจอภาพในระดับเดียวกับข้อคำถามแต่ละข้อ เมื่อต้องการนำมาใช้ให้เลือกปุ่ม “แทนค่า” (เนื่องจากในระดับประถมศึกษาภาษาไม่เหมาะสมจึงใช้คำว่า “แทนค่า”)

3. แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ของคำถามที่กำหนดให้เลือกหลักการหรือข้อเท็จจริงมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ สถานการณ์ที่กำหนดให้ทั้งสองวิธีนี้ ถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น เมื่อกลุ่มตัวอย่างต้องการใช้วิธีใด ก็ให้เลือกปุ่ม “หลักการ” หรือ “แทนค่า” เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหา

4. วิธีถ่วงน้ำหนัก หมายถึง วิธีการตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ ตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 2 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 0 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยหลักการและข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน

5. วิธีตอบถูกตามหลักการ หมายถึง วิธีการตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ ตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 0 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยหลักการและข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 0 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน

6. วิธีการแก้ปัญหา หมายถึง วิธีการตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ ตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 2 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยหลักการและข้อเท็จจริงร่วมกันให้ .5 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน

7. วิธีถ่วงน้ำหนัก หมายถึง วิธีการตรวจให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ ตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ตอบถูกโดยอาศัยหลักการและข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน

8. ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ หมายถึง ผลการเรียนรู้ใน 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คือ คณิตศาสตร์ ภาษาไทย วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม เป็นคะแนนร้อยละของผลการเรียนรู้ ที่นักเรียนได้เรียนผ่านมาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3, 4 และ 5

9. ความถนัดทางการเรียน หมายถึง คะแนนผลการทดสอบความถนัดทางการเรียนด้านจำนวน และด้านภาษา โดยนำผลการทดสอบมาจากงานวัดและประเมินผลของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่ได้ทำการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัดทางการเรียน จากสำนักทดสอบ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เมื่อปีการศึกษา 2547

10. หลักฐานความเที่ยงตรง หมายถึง การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะที่ต้องการวัดนั้นได้ โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ตามสมมติฐานที่ได้มาจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย

11. หลักฐานความเชื่อมั่น หมายถึง สัดส่วนของความแปรปรวนของคะแนนจริงต่อความแปรปรวนของคะแนนที่สอบได้ ซึ่งคำนวณได้จากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient-Alpha : r_α) และ สูตรเฟลด์-ราจู (Feldt-Raju : r_{F-R})

12. การวิเคราะห์องค์ประกอบ หมายถึง เป็นการแสดงหลักฐานความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

13. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีวุฒิปริญญาโทขึ้นไปทางการวัดผลการศึกษาที่มีประสบการณ์ในการทำงานมาไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้ประเมินแบบทดสอบเพื่อหาความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การคิด การแก้ปัญหา ดังต่อไปนี้

1. การคิดและการแก้ปัญหา
 - 1.1 ความหมายของการคิด
 - 1.2 ประเภทของการคิด
 - 1.3 ความหมายของปัญหา
 - 1.4 ความหมายของการแก้ปัญหา
 - 1.5 ประเภทของปัญหา
 - 1.6 องค์ประกอบของการแก้ปัญหา
 - 1.7 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา
 - 1.8 แนวความคิดพื้นฐานทางจิตวิทยาของการแก้ปัญหา
2. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์
 - 2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์
 - 2.2 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์
 - 2.3 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์
 - 2.4 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์
 - 2.5 คอมพิวเตอร์กับการศึกษา
 - 2.6 ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศ
 - 2.7 เทคโนโลยีสารสนเทศกับการศึกษา
3. หลักฐานแสดงความเที่ยงตรง
 - 3.1 ความหมายของความเที่ยงตรง
 - 3.2 ชนิดของหลักฐานแสดงความเที่ยงตรง
 - 3.3 วิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง
 - 3.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด
4. หลักฐานแสดงความเชื่อมั่น
 - 4.1 ความหมายของความเชื่อมั่น
 - 4.2 ชนิดของความเชื่อมั่นของการวัด
 - 4.3 วิธีการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของการวัด
 - 4.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่น

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
 - 5.1 เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ
 - 5.2 วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
 - 5.3 ขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน
 - 5.4 การตรวจสอบความตรงของโมเดล
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 6.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 6.2 งานวิจัยในประเทศ

1. การคิดและการแก้ปัญหา

1.1 ความหมายของการคิด

บรูเนอร์ และคนอื่น ๆ (Bruner and others. 1966) กล่าวว่า การคิดเป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างความคิดรวบยอด (Concept Formation) เกี่ยวกับข้อความจริงที่ได้รับ และเป็นกระบวนการที่ใช้ในการแปลความหมายข้อมูล รวมถึงการสรุปอ้างอิงด้วยการจำแนกรายละเอียด การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับ ตลอดจนเป็นกระบวนการเกี่ยวกับการนำกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีเหตุผลเหมาะสม

ฮิลการ์ด (Hilgard. 1957: 336) กล่าวไว้ว่า การคิดเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในสมองเนื่องจากกระบวนการใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งของหรือสถานการณ์ต่าง ๆ มาปรากฏในแนวความคิดรวบยอด

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967) ให้ทัศนะว่า การคิดเป็นการค้นหลักการ (Abstraction) โดยแยกแยะคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ หรือข้อความจริงที่ได้รับ แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาข้อสรุปอันเป็นหลักการของข้อความจริงนั้น ๆ รวมทั้งการนำหลักการดังกล่าวไปใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างไปจากเดิม (Generalization) ทศนะของกิลฟอร์ดนี้สอดคล้องกับการคิดในระดับการสร้างแนวคิดรวบยอดที่บลูมและคนอื่น ๆ ได้เสนอไว้

เปียเจต์ (Piaget. 1969: 58) ให้ทัศนะเกี่ยวกับการคิดไว้ว่า การคิด หมายถึง การกระทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยปัญญา การคิดของบุคคลเป็นกระบวนการใน 2 ลักษณะ คือ เป็นกระบวนการปรับโครงสร้าง (Assimilation) โดยการจัดสิ่งเร้าหรือข้อความจริงที่ได้รับให้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับกระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้าง (Accommodation) โดยการปรับประสบการณ์เดิมให้เข้ากับข้อความจริงที่รับรู้ใหม่ บุคคลจะใช้การคิดทั้งสองลักษณะนี้ร่วมกันหรือสลับกัน เพื่อปรับความคิดของตนให้เข้าใจสิ่งเร้ามากที่สุด ผลของการปรับเปลี่ยนการคิดดังกล่าวจะช่วยพัฒนาวิธีการคิดของบุคคลจากระดับหนึ่งไปสู่วิธีการคิดอีกระดับหนึ่งที่สูงกว่า

ครูลิค และรูดนิค (Krulik and Rudnick. 1993: 3) ได้แบ่งการคิดออกเป็น 4 ชั้น คือ การคิดขั้นระลึกได้ (Recall) การคิดขั้นพื้นฐาน (Basic) การคิดขั้นวิเคราะห์ (Critical) และการคิดขั้น

สร้างสรรค์ (Creative) ส่วนการให้เหตุผล คุลิกและรูดนิค มองว่า เป็นส่วนสำคัญของการคิดที่เหนือไปจากการคิดขั้นระลึกได้

จากที่กล่าวมาข้างต้น การคิดเป็นกระบวนการทำงานของสมองโดยใช้ความรู้เดิมหรือประสบการณ์ที่มีอยู่ เพื่อปรับความคิดของตนให้เข้าใจสิ่งเร้ามากที่สุด โดยการแสวงหาข้อมูลแนวคิด การตัดสินใจ เพื่อแก้ปัญหา หรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดในสมองเป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

1.2 ประเภทของการคิด

กาเย่ (Gagne', 1974: 283) ได้จำแนกประเภทของการคิดไว้ 2 แบบ คือ

1. การคิดอย่างเลื่อนลอยหรือไม่มีทิศทาง คือ การคิดจากสิ่งที่ประสบพบเห็นจากประสบการณ์ตรง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เป็นการคิดต่อเนื่อง (Associative Thinking) จำแนกย่อยเป็น 5 ลักษณะ คือ

1.1 Free Association คือ การคิดถึงเหตุการณ์ที่ล่วงมาแล้ว เมื่อมีการกระตุ้นจากสิ่งเร้าจำพวกคำพูดหรือเหตุการณ์

1.2 Controlled Association คือ การคิดโดยอาศัยคำสั่งเป็นแนว เช่น ผู้คิดอาจได้รับคำสั่งให้บอกคำที่อยู่ในพวกเดียวกันกับคำที่ตนได้ยินมา

1.3 Day Dreaming คือ การคิดที่มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันตนเอง เพื่อให้เกิดความพอใจในตน ซึ่งเป็นการคิดฝันในขณะที่ยังตื่นอยู่

1.4 Night Dreaming คือ การคิดฝันอันเนื่องมาจากความคิดของตน หรือเป็นการคิดฝันเนื่องจากการรับรู้หรือตอบสนองสิ่งเร้า

1.5 Autistic Thinking คือ การคิดหาเหตุผลเข้าข้างตนเอง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเชื่อหรืออารมณ์ของผู้คิดมากกว่าขึ้นอยู่กับลักษณะที่แท้จริงของการคิด

2. การคิดอย่างมีทิศทางหรือมีจุดมุ่งหมาย คือ การคิดที่บุคคลเริ่มใช้ความรู้พื้นฐานเพื่อกลั่นกรองการคิดที่เพื่อฝัน การคิดที่เลื่อนลอยไร้ความหมายให้เป็นการคิดที่มีทิศทางขึ้น โดยมุ่งไปสู่จุดมุ่งหมายหนึ่ง และเป็นการคิดที่มีบทสรุปของการคิดหลังจากที่คิดเสร็จแล้ว ซึ่งจำแนกออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 การคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative Thinking) คือ การคิดในลักษณะที่คิดได้หลายทิศทาง (Divergent Thinking) ไม่ซ้ำกัน หรือเป็นการคิดในลักษณะที่โยงสัมพันธ์ได้ กล่าวคือ เมื่อระลึกสิ่งใดได้ก็จะเป็นสะพานเชื่อมต่อให้ระลึกถึงสิ่งอื่น ๆ ได้ต่อไปโดยสัมพันธ์กันเป็นลูกโซ่

2.2 การคิดวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking) คือ การคิดอย่างมีเหตุผล (Reasoning Thinking) ซึ่งเป็นการคิดที่ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา โดยพิจารณาถึงสถานการณ์หรือข้อมูลต่าง ๆ ว่า มีข้อเท็จจริงเพียงใดหรือไม่

การคิดอย่างมีทิศทางและมีจุดมุ่งหมายนี้ คลอสเมอร์ และริปปิล (สมเจตน์ ไวยากรณ. 2530: 14; อ้างอิงจาก Klausmeir and Ripple. 1961: Learning and Human Abilities.) ให้ทัศนะว่า

เป็นรากฐานที่สำคัญของการเรียนรู้และการแก้ปัญหาของบุคคล ทั้งนี้เพราะในการเรียนรู้และการแก้ปัญหานั้น บุคคลจะต้องใช้การคิดแบบวิเคราะห์วิจารณ์ (Critical Thinking) ทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อความจริงหรือปัญหานั้น ๆ ในลักษณะต่าง ๆ และใช้ในการคิดสร้างสรรค์ในการค้นหาแนวทางใหม่ ๆ ในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการคิดในลักษณะที่เป็นการขยายทัศนะของบุคคลได้กว้างไกลออกไป

1.3 ความหมายของปัญหา

ปัญหาเป็นสถานการณ์ที่เราต้องแก้ไขหรือหาทางออก แต่เรายังหาสิ่งที่เป็นทางออกหรือคำตอบสถานการณ์ไม่ได้ เนื่องจากมีอุปสรรคขัดขวางปัญหาเราอยู่ ผู้แก้ปัญหาก็คือ บุคคลที่มีปัญหา และรู้เป้าหมายที่ต้องบรรลุเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ แต่ยังไม่มีความรู้หรือวิธีการใด ๆ อันจะนำเข้าสู่เป้าหมายนั้น สิ่งจำเป็นของลักษณะการแก้ปัญหา ต้องมีเป้าหมาย มีอุปสรรค และบุคคลโดยอุปสรรคขัดขวางปัญหาของบุคคล ซึ่งจะขัดขวางใครที่จะแก้ก็เป็นปัญหาของผู้คน (Henderson and Pingry. 1956; Reitman. 1965; Sehoenfield. 1988) ซึ่งได้มีผู้ให้ความหมายของปัญหาในทำนองเดียวกันอีกหลายคน เช่น เดย์ (Day. 1986) แคนโทวสกี (Kantowski. 1980: 195-203) ครูลิคและรูดนิค (Krulik and Rudnick. 1993: 6) สำหรับชาร์ลส์และเลสเตอร์ (Charles and Lester. 1982: 5) ได้ให้ความหมายของปัญหาทำนองเดียวกัน แต่ได้เพิ่มประเด็นว่า ปัญหาจะถือว่าเป็นปัญหาเมื่อบุคคลนั้นต้องการหรืออยากจะทำคำตอบ และต้องมีความมานะพยายามในการหาคำตอบ

1.4 ความหมายของการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหา อาจจะมีหลายอย่าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบุคคลและกาลเวลา สำหรับจอห์นสัน และไรซิง (Johnson and Rising. 1967) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาคือ กระบวนการทางสมองที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วย

1. การมองเห็นภาพ (Visualizing) หมายถึง ผู้ที่จะแก้ไขปัญหาคือ จะมองทะลุ กว้างไกล มองเห็นแนวทางที่จะคิดแก้ปัญหา
2. การจินตนาการ (Imagining) ในการคิดแก้ปัญหานั้น จะต้องรู้จักจินตนาการว่าควรเป็นอย่างไร เพื่อเป็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหานั้น
3. การจัดกระทำอย่างมีทักษะ (Manipulating) เมื่อมองเห็นแนวทางในการแก้ปัญหาแล้ว ก็ลงมือกระทำอย่างมีระบบ มีขั้นตอน มีความชำนาญ
4. การวิเคราะห์ (Analyzing) จะต้องรู้จักวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่กระทำนั้น
5. การสรุป (Abstracting) เมื่อลงมือกระทำจนมองเห็นรูปแบบแล้ว ก็สามารถสรุปได้
6. การโยงความคิด (Association Ideas) การสัมพันธ์ทางความคิด เป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาโดยที่ตามถึงอะไรก็สามารถที่จะสัมพันธ์ถึงเรื่องต่อไป และเห็นแนวทางได้

บรันคา (Branca. 1980: 3-8) ก็ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ 3 ประการ ดังนี้

1. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Problem Solving as a Goal) ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นเหตุผลหนึ่งที่สำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์

ดังนั้น ในการแก้ปัญหาจึงเป็นอิสระจากคำถาม หรือปัญหาเฉพาะเจาะจงใด ๆ หรือวิธีการ และเนื้อหาสาระใด ๆ

2. การแก้ปัญหาในฐานะที่เป็นกระบวนการ (Problem Solving as a Process) สิ่งที่สำคัญเมื่อการแก้ปัญหาเป็นกระบวนการ คือ วิธีการ ยุทธวิธี หรือเทคนิคเฉพาะต่าง ๆ ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการแก้ปัญหาแบบต่าง ๆ กระบวนการแก้ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นสาระสำคัญ และเป็นเป้าหมายหลักของหลักสูตรคณิตศาสตร์

3. การแก้ปัญหาในฐานะเป็นทักษะพื้นฐาน (Problem Solving as a Basic Skill) เมื่อการแก้ปัญหาจัดเป็นทักษะพื้นฐาน การเรียนการสอนคณิตศาสตร์จึงให้ความสำคัญกับลักษณะเฉพาะของโจทย์ปัญหา แบบของปัญหา และวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ควรใช้จุดเน้นอยู่ที่สาระสำคัญของการแก้ปัญหาที่ทุกคนต้องเรียนรู้ การเลือกปัญหา และเทคนิควิธีการแก้ปัญหาเหล่านั้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ความสามารถทางสมองในการจัดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการแก้ปัญหามีความเกี่ยวข้องกันระหว่างประสบการณ์เดิมกับสิ่งเร้า ความรู้ความเข้าใจ การดำเนินการใช้ข้อมูลที่กำหนด และทำการค้นพบคำตอบของปัญหา ดังนั้น การแก้ปัญหาวillรวมถึงกระบวนการทั้งหมดในการแก้ปัญหา ไม่ใช่เพียงผลลัพธ์สุดท้ายเท่านั้น

1.5 ประเภทของปัญหา

โพลยา (Polya, 1985: 123–128) ได้แบ่งปัญหาออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ปัญหาให้ค้นพบ (Problem to Find) เป็นปัญหาให้ค้นพบสิ่งที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในเชิงทฤษฎี หรือปัญหาในเชิงปฏิบัติ อาจจะเป็นรูปธรรมหรือนามธรรม ส่วนสำคัญของปัญหานี้ แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ สิ่งที่ต้องการหา ข้อมูลที่กำหนดให้ และเงื่อนไข

2. ปัญหาให้พิสูจน์ (Problem to Prove) เป็นปัญหาที่ให้แสดงอย่างสมเหตุสมผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงเป็นเท็จ ส่วนสำคัญของปัญหานี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ สมมุติฐานหรือสิ่งที่กำหนดให้ และผลสรุปหรือสิ่งที่จะต้องพิสูจน์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2537: 62-63) ได้กล่าวถึงประเภทของปัญหาสรุปได้ ดังนี้

1. การแบ่งประเภทของปัญหา โดยพิจารณาจากจุดประสงค์ของปัญหา ทำให้สามารถแบ่งปัญหาได้ 2 ประเภท คือ

1.1 ปัญหาให้ค้นพบ เป็นปัญหาที่ให้ค้นพบคำตอบ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปปริมาณจำนวน หรือให้หาวิธีการ คำอธิบาย พร้อมให้เหตุผล

1.2 ปัญหาให้พิสูจน์ เป็นปัญหาให้แสดงการให้เหตุผลว่า ข้อความที่กำหนดให้เป็นจริงหรือเท็จ

2. การแบ่งประเภทของปัญหา โดยพิจารณาจากตัวผู้แก้ปัญหา และความซับซ้อนของปัญหาทำให้สามารถแบ่งปัญหาได้ 2 ประเภท คือ

2.1 ปัญหาธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนนัก ผู้แก้ปัญหามีความคุ้นเคยในโครงสร้าง และวิธีการแก้ปัญหา

2.2 ปัญหาไม่ธรรมดา เป็นปัญหาที่มีโครงสร้างซับซ้อน ผู้แก้ปัญหาต้องประมวลความสามารถหลายอย่างเข้าด้วยกัน เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา

1.6 องค์ประกอบของการแก้ปัญหา

บาร์ดี (Baroody. 1993: 2-10) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบหลักของการแก้ปัญหา 3 ประการ คือ

1. องค์ประกอบทางด้านความรู้ความคิด (Cognitive Factor) ซึ่งประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับโมเดล และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

2. องค์ประกอบทางด้านความรู้สึก (Affective Factor) ซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนในการแก้ปัญหา และแรงขับนี้มาจากความสนใจ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความพยายามหรือความตั้งใจ และความเชื่อของนักเรียน

3. องค์ประกอบทางการจัดการสังเคราะห์ความคิด (Metacognitive Factor) เป็นความสามารถในการสังเคราะห์ความคิดของตนเองในการแก้ปัญหา ซึ่งจะสามารถตอบตนเองได้ว่าทรัพยากรอะไรบ้างที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งจะติดตามและควบคุมทรัพยากรเหล่านั้นได้อย่างไร

ในเรื่องของเวลา ก็นับว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องมีเวลาเพียงพอในการแก้ปัญหา แต่ละคนต้องการเวลาในการแก้ปัญหาไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ในการแก้ปัญหา เรย์ ชุยดัม และลินด์ควิสต์ (Reys, Suydam and Lindquist. 1992: 30) กล่าวถึงการใช้เวลาในการแก้ปัญหว่า ในการแก้ปัญหานักเรียนต้องใช้เวลาทำความเข้าใจปัญหา สำรวจหาแนวทางในการแก้ปัญหา และตรวจสอบคำตอบที่ได้ โดยเฉพาะปัญหาที่ยังไม่รู้วิธีการแก้ปัญหาซึ่งต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้นอีก ดังนั้น การให้เวลาที่เหมาะสม จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการแก้ปัญหา

สำหรับสถานการณ์ปัญหาก็ถือว่า เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ ในอันที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา ครูลิคและรูดนิค (Krulik and Rudnick. 1993: 10-11) ได้กล่าวถึงปัญหาที่จะนำมาเป็นสื่อในการแก้ปัญหว่า ควรเป็นปัญหาที่ดีที่สอดคล้องกับคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่ง ต่อไปนี้

1. เป็นปัญหาที่น่าสนใจ และท้าทายความสามารถของนักเรียน
2. เป็นปัญหาที่ต้องการคิดวิเคราะห์ และทักษะการสังเกต
3. เป็นปัญหาที่เปิดโอกาสสำหรับการอภิปราย และมุ่งให้มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน
4. เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับความเข้าใจโมเดลทางคณิตศาสตร์และการประยุกต์ใช้ทักษะทางคณิตศาสตร์
5. เป็นปัญหาที่นำไปสู่หลักการ หรือการกำหนดรูปทั่วไปของปัญหา
6. เป็นปัญหาที่มีวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และมีผลลัพธ์ได้หลายอย่างในขณะเดียวกัน

1.7 ขั้นตอนในการแก้ปัญหา

ในการที่จะแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีนั้น ผู้แก้ปัญหามควรมีความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนต่าง ๆ ในการแก้ปัญหา ซึ่งนักการศึกษาได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ ดังนี้

เบลล์ (Bell. 1978: 312) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้ปัญหาไว้ 5 ขั้นตอน คือ

1. นำเสนอปัญหาในรูปทั่วไป
2. เสนอปัญหาในรูปที่สามารถดำเนินการได้
3. ตั้งสมมุติฐาน และเลือกวิธีดำเนินการ เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหา
4. ตรวจสอบสมมุติฐาน และดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อให้ได้คำตอบหรือชุดของคำตอบที่เป็นไปได้
5. วิเคราะห์และประเมินคำตอบ รวมถึงวิธีซึ่งจะนำไปสู่การค้นพบยุทธวิธีในการแก้ปัญหา

เลสเตอร์ (Lester. 1978) ได้จัดขั้นตอนในการแก้ปัญหาที่สอดคล้องกัน ดังนี้

1. การรู้ถึงปัญหา จะต้องรู้ว่าปัญหาใดบ้าง
2. ความเข้าใจในปัญหา จะต้องทำความเข้าใจในปัญหานั้นอย่างถ่องแท้
3. การวิเคราะห์เป้าหมาย จะต้องวิเคราะห์ดูว่าเป้าหมายนั้นมีอย่างไร
4. การวางแผน เมื่อทราบเป้าหมายแล้ว ก็วางแผนว่าจะทำอย่างไร
5. การนำแผนมาใช้ ใช้แผนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้
6. การดำเนินงาน ลงมือดำเนินการตามแผน
7. การประเมินและการแก้ไขปัญหา เมื่อลงมือทำเสร็จแล้วต้องมีการประเมิน เมื่อพบข้อบกพร่องหรือขัดข้องประการใดก็แก้ปัญหานั้น

ครูลีกและเรย์ (Krulik and Reys. 1980) กล่าวถึงขั้นตอนในการแก้ปัญหา ไว้ดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา ในการแก้ปัญหานั้น จะต้องทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งต้องพิจารณาว่า อะไรที่เป็นตัวไม่ทราบค่า มีข้อมูลหรือเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งที่โจทย์บอกนั้นมีเพียงพอในการแก้ปัญหาหรือไม่ ในการพิจารณาอาจจะสร้างภาพประกอบความเข้าใจ แยกแยะส่วนต่าง ๆ ของสิ่งที่โจทย์บอก แล้วเขียนลงไปว่ามีอะไรบ้าง
2. วางแผนในการแก้ปัญหา จะต้องหาความเกี่ยวข้องระหว่างข้อมูลที่โจทย์บอกกับตัวที่ไม่ทราบค่าพิจารณาปัญหาย่อยทั้งหลาย เทียบเคียงโจทย์ปัญหาใหม่กับโจทย์ปัญหาเก่า
3. ดำเนินการตามแผน เมื่อวางแผนแล้วก็ดำเนินการตามแผนทันที ควรจะได้ตรวจสอบทีละขั้นตอนว่า ถูกต้องหรือไม่ และไม่ควรดำเนินการข้ามขั้นตอน
4. ขั้นตรวจสอบ เมื่อทำเสร็จแล้ว จะต้องตรวจสอบอีกครั้งว่าใช้ข้อมูลหมดหรือยัง และได้ผลตามที่ต้องการหรือไม่

โพลยา (Polya. 1985: 87) ได้จัดขั้นตอนการแก้ปัญหาวัว 4 ประการ คือ

1. ทำความเข้าใจปัญหา สิ่งแรกที่ต้องทำความเข้าใจคือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสรุปปัญหาในภาษาของตนเองได้ สามารถบอกได้ว่าโจทย์ถามหาอะไร อะไรเป็นสิ่งที่ให้หา อะไรคือเงื่อนไข และถ้าจำเป็นจะต้องให้ชื่อกับข้อมูลต่าง ๆ เขาควรจะเลือกสัญลักษณ์ที่เหมาะสมได้ นักเรียนจะต้องพิจารณาปัญหาอย่างตั้งใจ ช้าแล้วช้าอีก จนกระทั่งสามารถสรุปออกมาได้

2. วางแผนในการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ในปัญหาให้ชัดเจนเสียก่อน สิ่งที่ต้องหาความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ให้มาอย่างไร สิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องทำในขั้นนี้คือ การนึกบททวนความรู้ที่มี มีความรู้อะไรบ้าง ที่มีส่วนสัมพันธ์กับปัญหานั้น ๆ เทคนิคหนึ่งที่จะช่วยในการวางแผนแก้ปัญหา ได้แก่ การพยายามนึกถึงปัญหาที่เคยแก้มาก่อนซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกัน ในการวางแผนนั้นควรจะแบ่งเป็นขั้น ๆ โดยแบ่งออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ และในขั้นตอนใหญ่แต่ละขั้นก็จะแบ่งออกเป็นขั้นเล็ก ๆ อีกมากมาย นอกจากนั้น ในขั้นนี้นักเรียนต้องมองเห็นว่า ถ้าเขาต้องการสิ่งหนึ่งเขาจะต้องใช้เหตุผลหรือข้ออ้างอะไร เพื่อที่จะให้ได้สิ่งนั้นมาตามต้องการ

3. ดำเนินการตามแผน ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือทำการคิดคำนวณตามแผนการที่วางไว้ในขั้นที่ 2 เพื่อที่จะให้ได้คำตอบของปัญหา สิ่งที่นักเรียนจะต้องใช้ในขั้นนี้คือ ทักษะการคำนวณ การรู้จักเลือกวิธีคำนวณที่เหมาะสมมาใช้

4. ขั้นตรวจสอบ เป็นขั้นตรวจวิธีการและคำตอบ ขั้นนี้เป็นขั้นการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจว่าถูกต้องสมบูรณ์ โดยการพิจารณาและสำรวจดูผล ตลอดจนจนจบกระบวนการในการแก้ปัญหา นักเรียนจะต้องรวบรวมความรู้ของเขา และพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเข้าด้วยกัน เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น

1.8 แนวความคิดพื้นฐานทางจิตวิทยาของการแก้ปัญหา

วิธีการแก้ปัญหาก็เกิดขึ้นได้อย่างไร นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ให้แนวคิด ดังต่อไปนี้

สโตนเบอร์ก (Stollburg. 1956: 225-228) ได้ให้ความเห็นว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีแก้ปัญหานั้น ผู้แก้ปัญหาแต่ละคนย่อมมีลักษณะเฉพาะเอกัตบุคคล การแก้ปัญหาก็ไม่เหมือนกัน การแก้ปัญหาไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัว และไม่เป็นลำดับขั้น อาจสลับก่อนหลังหรือบางขั้นตอนไม่มีก็ได้ นอกจากนี้การแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล วุฒิภาวะทางสมอง สภาพที่แตกต่างกัน และกิจกรรมและความสนใจของแต่ละคนที่มีต่อปัญหานั้น

ธอร์นไดค์ (Thorndike. 1950: 192-216) ได้กล่าวว่า การเรียนรู้ข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหาและการนำเอาข้อเท็จจริงไปใช้ในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ต่างกัน การเรียนรู้จากการแก้ปัญหาได้สำเร็จในสถานการณ์หนึ่ง ไม่ได้หมายความว่าต้องแก้ปัญหาสถานการณ์อื่นได้เสมอไป การแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกใช้กับปัญหาที่ยุ้งยากซับซ้อน ใช้เมื่อผู้เผชิญปัญหามองไม่เห็น

แนวทางหรือไม่อาจคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้ ต้องใช้วิธีเดาสุ่มหลายอย่างเพื่อหาวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา

กาเย่ (Gagne: 1977: 63) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เป็นการเรียนรู้อย่างหนึ่ง ที่ต้องอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องตั้งแต่สองประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นประสมประสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่เรียกว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาโดยการเรียนรู้ ประเภทหลักการนี้ต้องอาศัยหลักการเรียนรู้ประเภทมโนคติ ซึ่งเป็น การเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ต้องอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมของสิ่งเร้า

ไฮนิก (Heinig. 1981: 61) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหของนักเรียนจะเกิดขึ้นได้ โดยครู ต้องจัดกิจกรรมให้นักเรียนทำ กิจกรรมที่ควรจัดเป็นกิจกรรมปลายเปิด ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ใช้ความคิดเห็นของตนเพื่อสังเคราะห์เรื่องราวใหม่ สิ่งใหม่ สถานการณ์ หรือกิจกรรมที่จัดขึ้น

พรรณี ชูทัย (2528: 218-219) ได้กล่าวถึงแนวคิดทางจิตวิทยาในการสอนแบบ แก้ปัญหา ไว้ดังนี้

1. ความคิดของกลุ่ม "S-R" ในการสอนให้แก้ปัญหา เนื่องจากกลุ่มนี้มองธรรมชาติของมนุษย์ว่า มนุษย์เรียนรู้จากการถ่ายทอดและบอกเล่า ดังนั้น ในการสอนให้คนแก้ปัญหา จะต้องมีการฝึกหัดให้ทำซ้ำ ๆ และมีการให้รางวัล เด็กจะต้องได้รับการช่วยเหลือให้มองเห็นความแตกต่าง รู้จักจำแนกแยกแยะ ครูจะต้องดูว่า ในการแก้ปัญหานั้น จะต้องใช้ทักษะใดบ้าง และเด็กจะได้รับการฝึกหัดให้ใช้ทักษะนั้น ๆ ในการเรียนแต่ละอย่าง เด็กจะต้องได้รับข้อคิดเห็นย้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้ทราบผลการเรียนว่าดีขึ้นหรือยังมีข้อบกพร่อง ดังนั้น ความคิดเห็นของกลุ่มนี้ในการสอนให้เด็กรู้จักแก้ปัญหา ต้องมีการสอนแบบฝึกหัดจนเด็กสามารถทำได้ และถ่ายโยงการเรียนรู้ไป แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้

2. ความคิดเห็นของกลุ่ม "Cognitive-field" ในการสอนให้แก้ปัญหา เนื่องจากกลุ่มนี้มองธรรมชาติของมนุษย์ว่า "Active" หรือ "Interactive" ดังนั้น การเรียนรู้จะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้ เป็นผู้ลงมือกระทำเอง จึงใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กเกิดการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตนเอง การกระตุ้นโดยการใช้คำถาม หรือใช้ข้อความที่มีลักษณะเร้าความสนใจเด็ก จากนั้นกระตุ้นให้เด็กแสวงหาคำตอบ โดยครูแนะแหล่งข้อมูลให้หรืออาจใช้คำถามประเภท 20 คำถาม โดยครูจะตอบเพียงใช่หรือไม่ใช่ จะช่วยให้เด็กมีประสบการณ์ในการเก็บข้อมูล สำรวจ ทดลอง และเกิดความมั่นใจในตนเอง กระตุ้นให้เกิดการแสวงหาความรู้ต่อ ๆ ไป

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นว่า ในการแก้ปัญหของแต่ละบุคคลนั้น มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับบุคลิกภาวะทางสมอง ประสบการณ์ ความสนใจ ความพร้อม แรงจูงใจ อารมณ์ และสภาพแวดล้อม การคิดแก้ปัญหา ถือว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของการคิดทั้งหมด กระบวนการแก้ปัญหามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ปัญหา การลงมือแก้ปัญหานั้นที่โดยไม่ใช้กระบวนการแก้ปัญหาก็ก่อให้เกิดความยุ่งยาก แก้ปัญหาไม่ถูกทาง

2. เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

2.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์

วาสนา สุขกระสานติ (2541: 1) คอมพิวเตอร์ หมายถึง อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic device) ที่มนุษย์ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดการกับข้อมูลที่สามารถเป็นได้ ทั้งตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์อื่นที่ใช้แทนความหมายในสิ่งที่กำหนด

ทักษิณา สนวนานนท์ (2530: 12) คอมพิวเตอร์ หมายถึง เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่สามารถช่วยผ่อนแรงสมอง ด้วยการประมวลผลข้อมูลให้มนุษย์ตามคำสั่งเรที่กำหนด

กุลยา นิมสกุล (2532: 2) คอมพิวเตอร์ หมายถึง เครื่องมือทันสมัยที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เพื่อใช้ช่วยทำงานที่สลับซับซ้อน หรืองานที่มีปริมาณมาก ๆ ให้เสร็จด้วยความถูกต้องภายในระยะเวลาอันสั้น

ประพัฒน์ อุทโยภาส (2531: 9) คอมพิวเตอร์ หมายถึง เครื่องมือที่มนุษย์สร้างขึ้นมาที่สามารถแก้ปัญหาการเขียนภาพ พิมพ์อักษร เก็บรักษา และค้นหาข้อมูล เล่นเกม และอื่น ๆ อีกสารพัด

จากข้อมูลข้างต้น สรุปได้ว่า คอมพิวเตอร์ (Computer) หมายถึง สิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์แบบอัตโนมัติที่มนุษย์สร้างขึ้น ทำหน้าที่เหมือนสมองกล โดยปฏิบัติตามขั้นตอนของโปรแกรม สามารถประมวลผลที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร และภาพต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วตามลักษณะโปรแกรมที่ใช้ สามารถเก็บบันทึกสารสนเทศได้จำนวนมาก และแสดงผลลัพธ์ออกทางจอภาพ เครื่องพิมพ์ และอื่น ๆ ได้หลายลักษณะ

2.2 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์

วาสนา สุขกระสานติ (2541 :1-3) ได้กล่าวถึง คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ไว้ดังนี้

1. ความเร็ว (Speed) คอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนี้สามารถทำงานได้ถึงร้อยล้านคำสั่งในเวลาหนึ่งวินาที

2. ความเชื่อถือได้ (Reliable) คอมพิวเตอร์ทำงานได้ทั้งกลางวันกลางคืนอย่างไม่มีข้อผิดพลาด และไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย

3. ความถูกต้องแม่นยำ (Accurate) วงจรในคอมพิวเตอร์จะให้ผลของการคำนวณที่ถูกต้องเสมอ หากผลของการคำนวณผิดพลาดจากที่ควรจะเป็น มักจะเกิดจากความผิดพลาดของโปรแกรมหรือของข้อมูลที่เข้าสู่โปรแกรม

4. เก็บข้อมูลจำนวนมากๆได้ (Store massive amount of information) คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน มีการเก็บสำรองที่มีความจุมาก

5. ย้ายข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้อย่างรวดเร็ว (Move information) โดยใช้การติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถส่งพจนานุกรมหนึ่งเล่มในรูปของข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ไกลกันคนละซีกโลกในเวลาเพียงไม่ถึงหนึ่งนาที

ทำให้มีการเรียกเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงกันทั่วโลกในปัจจุบันว่า ทางด่วนสารสนเทศ (Information Superhighway)

2.3 องค์ประกอบของระบบคอมพิวเตอร์

ครรรชิต มัลลียงศ์ (2540: 78) ให้ความเห็นว่า ระบบคอมพิวเตอร์นั้นประกอบด้วย องค์ประกอบสำคัญ 5 ประการ คือ

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น หน่วยประมวลผล จอภาพ แป้นพิมพ์ อีกนัยหนึ่งคือส่วนที่จับต้องได้

2. ซอฟต์แวร์ (Software) ได้แก่ ชุดคำสั่งหรือโปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับควบคุมให้ฮาร์ดแวร์ทำงานตามที่ต้องการ ซอฟต์แวร์จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ซอฟต์แวร์ระบบ (System Software) สำหรับใช้เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์กับผู้ใช้ทำหน้าที่ควบคุมฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ประยุกต์ (Application Software) ซึ่งได้แก่โปรแกรมต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับให้คอมพิวเตอร์ทำงานที่เราต้องการ เช่น งานด้านสถิติ คำนวณภาษี เป็นต้น

3. ข้อมูล (Data) ได้แก่ข้อเท็จจริงต่าง ๆ เกี่ยวกับการดำเนินงาน และการปฏิบัติการที่ต้องเก็บรวบรวมไว้เพื่อใช้ในการตัดสินใจ และการปฏิบัติงาน ปัจจุบันนี้ถือกันว่าข้อมูลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบคอมพิวเตอร์ เพราะหากข้อมูลไม่ได้สำรองเก็บไว้ก่อน และบังเอิญถูกทำลายสูญหายไปแล้ว ก็ต้องเริ่มทำงานนั้น ๆ ใหม่ตั้งแต่ต้น

4. บุคลากรคอมพิวเตอร์ (People ware) ได้แก่ บุคลากรตำแหน่งต่าง ๆ ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ทุกระดับ นับตั้งแต่เจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล พนักงานเครื่องคอมพิวเตอร์ เจ้าหน้าที่ระบบงานคอมพิวเตอร์ เจ้าหน้าที่วิเคราะห์ระบบงาน เจ้าหน้าที่ผู้เขียนชุดคำสั่ง วิศวกรคอมพิวเตอร์ และผู้บริหารงานในองค์กรคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5. ระเบียบปฏิบัติ (Procedure) ได้แก่ กฎระเบียบต่าง ๆ ที่ตราขึ้นเพื่อควบคุมให้การใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างราบรื่น ไม่ประสบปัญหาที่จะทำให้ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และข้อมูลต้องเสียหาย เช่น ระเบียบที่กำหนดว่าใครบ้างที่จะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ใครบ้างที่จะเปลี่ยนแปลงแก้ไขข้อมูลได้ เป็นต้น

องค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ทุกประการมีความสำคัญเท่าเทียมกันทุกส่วน หากขาดส่วนใดส่วนหนึ่ง การดำเนินงานด้วยคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถประสบความสำเร็จ

2.4 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเรามาก เนื่องจากความสามารถในการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็ว จึงนำเข้ามาทดแทนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมาก และงานที่ทำซ้ำ ๆ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถทำได้เร็ว มีความถูกต้องแม่นยำ และไม่มีความเหน็ดเหนื่อย หรือเบื่อหน่ายกับการทำงานที่ซ้ำๆ จากการที่คอมพิวเตอร์มีลักษณะเด่นหลายประการ ทำให้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตประจำวันในสังคมเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในด้านต่างๆ อีกหลายด้าน ได้แก่

งานธุรกิจ งานวิทยาศาสตร์ งานคมนาคมและสื่อสาร งานวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม งานราชการ และการศึกษา

ดวงแก้ว สวามิภักดิ์ (2535 :11-12) คอมพิวเตอร์โดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลและความสามารถในการประมวลผลข้อมูลอย่างรวดเร็ว จึงเข้ามามีบทบาทในการเข้ามาทดแทนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมาก เพราะคอมพิวเตอร์สามารถทำได้เร็วกว่า มีความถูกต้องแม่นยำกว่า และไม่มีความเหน็ดเหนื่อย หรือเบื่อหน่ายกับการทำงานที่ซ้ำซากจำเจ นอกจากนี้งานที่เสี่ยงอันตราย เช่น การใช้แขนหุ่นยนต์ในการประกอบชิ้นส่วนในโรงงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรเครื่องจักรหรือสารเคมีที่มีอันตราย การใช้คอมพิวเตอร์กับงานที่ต้องการความเร็วสูงก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่ง เป็นต้น ความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่กำลังได้รับความสนใจ และอยู่ในระหว่างการพัฒนาในขณะนี้อีกส่วนหนึ่งได้แก่ การเลียนแบบพฤติกรรมมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นเสียงพูด หรือเสียงดนตรี การจดจำเสียงพูด หรือการวิเคราะห์ภาพสัญลักษณ์ต่างๆ เป็นต้น คอมพิวเตอร์ไม่ใช่ผู้วิเศษ ความสามารถต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเกิดจากมนุษย์เป็นผู้สร้าง และมนุษย์ก็เป็นผู้ที่เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำตามคำสั่ง

2.5 คอมพิวเตอร์กับการศึกษา

บทบาทของคอมพิวเตอร์กับการศึกษา คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในวงการศึกษา ในช่วงปลายปี พ.ศ.2493 ทางการบริหารการศึกษา จากนั้น การใช้คอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้น จากที่เคยใช้งานด้านบริหารอย่างเดียว ขยายตัวเข้ามาช่วยงานด้านการเรียนการสอนของทุกระดับการศึกษา ทั้งในโรงเรียนระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษา และในสถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีราคาถูกลง มีขนาดเล็กลง และมีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น คอมพิวเตอร์สามารถนำมาพัฒนาช่วยงานในวงการศึกษาได้อย่างกว้างขวาง และมีบทบาทในการช่วยแก้ไขระบบการศึกษาให้ดีขึ้น มีความเหมาะสมสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมมากยิ่งขึ้น โดยในปัจจุบันมีการใช้คอมพิวเตอร์ในวงการศึกษาทางด้านต่าง ๆ ดังนี้ (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530: 14)

1. การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการบริหารการศึกษา แบ่งเป็น 2 ด้าน คือ

1.1 ใช้ในงานบริหารโรงเรียน คือ ใช้ทำงานด้านต่าง ๆ เช่น งานบัญชี การจัดตารางสอนและงานทะเบียน

1.2 ใช้ในงานบริหารของครู คือ ใช้ช่วยงานของครูในด้านต่าง ๆ เช่น งานเก็บข้อมูลเนื้อหาวิชาเรียน ใช้พิมพ์เอกสารการสอน และคิดคะแนนนักเรียน เป็นต้น

2. การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการบริการ ได้แก่ งานห้องสมุด การให้บริการค้นหาเอกสาร และข้อมูลเกี่ยวกับวิชาการต่าง ๆ

3. การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน ซึ่งแบ่งเป็นหลายลักษณะ คือ

3.1 การสอนเพื่อให้รู้จักคอมพิวเตอร์ เรียนรู้เรื่องของคอมพิวเตอร์โดยตรง เช่น สอนให้ผู้เรียนรู้ประวัติและความเป็นมาของคอมพิวเตอร์ รู้จักระบบการทำงาน สามารถสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อย่างง่าย ๆ ได้ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เป็น เข้าใจภาษาของคอมพิวเตอร์ เข้าใจถึง

ความสามารถและประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ ก็อาจเป็นการสอนให้รับรู้ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เพื่อสามารถอยู่ในสังคมคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งอาจเรียกว่า เป็นการสอนเพื่อให้รู้จักคอมพิวเตอร์ (computer literacy)

3.2 การใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการเรียนการสอน (Computer Managed Instruction: CMI) เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาจัดระบบการเรียนการสอน โดยบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลการเรียนของนักเรียน วิเคราะห์ลักษณะและพฤติกรรมของนักเรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถ และความถนัดของตนเอง

3.3 การใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อการเรียนการสอน คือ คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นโปรแกรมการเรียนการสอน เรียกว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer Assisted Instruction: CAI)

2.6 ความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศ

เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) มาจากการผสมคำระหว่างสารสนเทศ (Information) กับคำว่าเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งมีนักวิชาการได้ให้ความหมายไว้หลายท่าน ดังนี้

ครรชิต มาลัยวงศ์ (2540 : 17) เทคโนโลยีสารสนเทศ คือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บ ประมวลผล และเผยแพร่สารสนเทศ ซึ่งรวมแล้วคือเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม

ชัยพจน์ รักราม (2545: 61) ได้กล่าวถึง ICT (Information and Communication Technology) หรือเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ว่าเป็นการใช้ระบบเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารที่รวมเอา อุปกรณ์ 2 สิ่งมาใช้คือ “คอมพิวเตอร์” ที่ช่วยทำให้การประมวลผลข้อมูล (data) ให้มีความรวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ เป็นสารสนเทศ (Information) ที่มีความหมาย ในการบริหาร จัดการ แล้วใช้ “อุปกรณ์ทางการสื่อสาร” ช่วยทำให้โยงไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อยู่ไกล (Remote Area) ออกไปได้ เช่น การรับส่งและแลกเปลี่ยนเอกสารทางอิเล็กทรอนิกส์ ของกรมศุลกากร (EDI Electronic Data Interchange) ห้องสมุดอิเล็กทรอนิกส์ (e-Library) การค้าอิเล็กทรอนิกส์ (e-commerce) การตลาดอิเล็กทรอนิกส์ (e-marketing) ธนาคารอิเล็กทรอนิกส์ (e-bank) ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) จนถึงเงินอิเล็กทรอนิกส์ (e-money) เป็นต้น

สุดใจ เหง้าสีไพร (2546 :335-336) เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ หมายถึง เป็นเทคโนโลยีที่อาศัยระบบ องค์ประกอบ คุณลักษณะ หน้าที่การทำงาน และประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ในการสร้างผลิตผลหรือแสดงผลลัพธ์ที่มนุษย์ต้องการ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ช่วยให้เราสามารถจัดเก็บ บันทึกและประมวลผลข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง เมื่อนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้งานประสานสัมพันธ์กับเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคมช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ในการแสวงหา วิเคราะห์ จัดเก็บ จัดการและ

เผยแพร่ข่าวสารข้อมูลมากยิ่งขึ้น และเรียกเทคโนโลยีที่เกิดจากการรวมกันนี้ว่า “เทคโนโลยีสารสนเทศหรือไอที” (Information Technology)

จากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปความหมายของเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา หรือ Information and Communication Technology for Education (ICT ED) ได้ว่า หมายถึง การนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ และเครือข่ายโทรคมนาคม นำมาเชื่อมต่อกัน สำหรับใช้ในการในการสร้างผลิตผลหรือแสดงผลลัพธ์ที่มนุษย์ต้องการ และช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ในการแสวงหา วิเคราะห์ จัดเก็บ จัดการและเผยแพร่ข่าวสารข้อมูลมากยิ่งขึ้น

2.7 เทคโนโลยีสารสนเทศกับการศึกษา

เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) หมายถึง เทคโนโลยีทุกด้านที่เข้ามารวมกันในกระบวนการจัดเก็บ สร้างและสื่อสารสารสนเทศ ครอบคลุมเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกจัดเก็บประมวลผล คำนวณ ส่งและรับข้อมูล รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการข้างต้น เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล บันทึกและคั่นคืน เครื่องมือสื่อสารข้อมูล อุปกรณ์สื่อสารและโทรคมนาคม (สุชาติ กิระนันท์. 2544 : 23)

ครรชิต มัลลียงศ์ (2540: 43-48) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการศึกษา ว่าปัจจุบันการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางจนทำให้เกิดเทคโนโลยีย่อยหลายสาขาที่สำคัญ และน่าจะนำมาประยุกต์ทางด้านการศึกษาได้ มีดังต่อไปนี้

1. การสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วย (Computer Assisted Instruction: CAI) เป็น การประยุกต์ที่มีผู้สนใจมานานหลายทศวรรษ นั่นคือ หลังจากที่เริ่มมีผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ออกขาย ก็มีนักวิจัย สนใจค้นคว้าหาวิธีที่จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกันแล้ว อย่างไรก็ตามในระยะแรกนั้นแนวคิดในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้งานด้านนี้มีน้อย การเขียนโปรแกรมยังเป็นเรื่องยาก อีกทั้งยังไม่มีเทคนิคสำหรับสร้างภาพกราฟิก หรือการประยุกต์เสียงและภาพเคลื่อนไหว ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง ราคาถูกลงกว่าเดิม นักเทคโนโลยีและนักการศึกษาหลายคนมองเห็นว่า CAI น่าจะเป็นคำตอบสำหรับการพัฒนาการเรียนการสอนในศตวรรษหน้า

2. ระบบสื่อประสม (Multimedia) เป็นระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์แสดงได้ทั้งข้อความ ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ได้พร้อมกัน ระบบมัลติมีเดียเกิดขึ้นหลังจากที่มีผู้คิดทำแผ่นวงจรเสียง (Sound Card) ไปใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทำให้สามารถทำงานกับเสียงในแบบต่าง ๆ ได้ สำหรับการนำภาพกราฟิก ทำให้อุปกรณ์รุ่นใหม่สามารถแสดงภาพได้ละเอียดและแสดงเป็นสีต่าง ๆ ได้หลายสี ส่วนการสร้างภาพเคลื่อนไหวได้นั้น เกิดจากความสามารถในการบีบอัดข้อมูลภาพจำนวนมากให้กินเนื้อที่เก็บน้อยลง ถ้าไม่มีความสามารถนี้เราจะต้องใช้หน่วยความจำขนาดใหญ่มากจึงจะสามารถแสดงภาพที่เคลื่อนไหวเพียงไม่กี่วินาที ซึ่งจะไม่เป็นประโยชน์ในทาง

ปฏิบัติ ปัจจุบันได้มีการประยุกต์ระบบสื่อประสมใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย ทั้งในงานประชาสัมพันธ์ งานนันทนาการ และงานการศึกษา สำหรับงานการศึกษานั้น มัลติมีเดียช่วยให้การจัดทำโปรแกรม บทเรียนน่าสนใจมากขึ้น ใช้ได้ผลิตผลิตมากขึ้น

3. ระบบสารสนเทศ (Information System) เป็นระบบสำหรับรับข้อมูลต่าง ๆ ที่เข้ามาสู่หน่วยงานเพื่อดำเนินการที่เกี่ยวข้อง เช่น จัดทำเอกสารธุรกิจ จัดทำรายงานต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการบริหารและตัดสินใจของผู้บริหาร ระบบสารสนเทศมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อหน่วยงานและบริษัททุกประเภท เพราะนอกจากจะช่วยในการประมวลผลและจัดทำ รายงานแล้ว หากจัดเป็นระบบให้จะสามารถช่วยในด้าน การปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงได้รวดเร็วและถูกต้อง นอกจากนั้นยังประหยัดแรงงาน และทรัพยากรได้อีกด้วยระบบสารสนเทศที่มีประโยชน์ในการศึกษา ได้แก่ ระบบสารสนเทศสถาบัน หรือระบบสารสนเทศโรงเรียน ซึ่งน่าจะมีหน้าที่สำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้ ลงทะเบียนนักศึกษา เก็บเงินค่าลงทะเบียนและค่าบำรุงต่าง ๆ ตรวจสอบและคำนวณผลสอบ จัดทำบัญชีต่าง ๆ ของสถาบัน จัดระบบบัญชีพัสดุ จัดระบบบุคลากร จัดทำสถิติต่าง ๆ เกี่ยวกับการศึกษา ให้บริการห้องสมุด เป็นต้น

4. ระบบฐานข้อมูล (Database System) การบันทึกข้อมูลไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ นั้น ปัจจุบันนิยมเก็บเป็นฐานข้อมูล ซึ่งต้องมีซอฟต์แวร์ชุดหนึ่งทำหน้าที่จัดการข้อมูลผู้ใช้ และการสืบค้นข้อมูลให้ผู้ใช้ ซอฟต์แวร์นี้เรียกว่า ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) การเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลจะปลอดภัย นอกจากนี้ฐานข้อมูลยังทำให้ข้อมูลเป็นระบบที่ผู้ใช้จากฝ่ายต่าง ๆ สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ด้วยความมั่นใจในความปลอดภัย และทำให้ผู้บริหารมีความเชื่อมั่นว่าข้อมูลที่ได้รับนั้นถูกต้องด้วย การนำซอฟต์แวร์จัดการฐานข้อมูลมาใช้ในสถาบันศึกษาจะมีประโยชน์ในการสร้างฐานข้อมูล ดังต่อไปนี้ ฐานข้อมูลนักศึกษา ฐานข้อมูลอาจารย์ ฐานข้อมูลหลักสูตร ฐานข้อมูลนักศึกษาเก่า ฐานข้อมูลหนังสือและสิ่งพิมพ์ในห้องสมุด ฐานข้อมูลอุปกรณ์และเครื่องมือสอน เป็นต้น

5. ระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) เป็นเครือข่ายที่มีแม่ข่ายคอมพิวเตอร์ทั่วโลกมาต่อเชื่อมกันเป็นจำนวนมาก กล่าวกันว่าเวลานี้มีคอมพิวเตอร์ขนาดต่าง ๆ ต่อเชื่อมกับระบบอินเทอร์เน็ตหลายสิบล้านเครื่อง ทำให้ระบบอินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายสื่อสารที่ใหญ่โตมาก ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ที่เชื่อมกับระบบอินเทอร์เน็ตในกรุงเทพมหานคร อาจส่งข่าวสารถึงเพื่อนที่อยู่ไนโตะเกียว นิวยอร์ก ซิดนีย์ หรือเมืองอื่น ๆ ได้ในเวลาเดียวกันและโดยเสียเงินค่าสื่อสารเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ข้อมูล ข่าวสารที่ส่งไปนั้นจะเดินทางไปถึงโต๊ะทำงานของผู้รับอย่างรวดเร็ว และอาจทันที ถ้าหากว่าผู้รับนั้นกำลังใช้งานคอมพิวเตอร์อยู่ ระบบอินเทอร์เน็ตนั้น เป็นสมบัติของชาวโลก ไม่มีใครเป็นเจ้าของ แต่มีการต่อเชื่อมกับระบบนั้น จำเป็นจะต้องอาศัยตัวกลางสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งก็คือระบบโทรศัพท์ภายในประเทศ และวงจรสื่อสารที่จะส่งออกไปนอกประเทศ

3. หลักฐานแสดงความเที่ยงตรง

3.1 ความหมายของความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบเป็นอีกคุณสมบัติหนึ่ง ที่สำคัญที่สุดของเครื่องมือวัดทุกชนิด ซึ่งนักวัดผลการศึกษาก็ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

อนาสตาซี (Anastasi. 1968: 29) ได้ให้ความหมายของความเที่ยงตรงของแบบทดสอบว่าเป็นระดับที่แทนแบบทดสอบวัดได้จริงในสิ่งที่ต้องการจะวัด

สแตนเลย์ (Stanley. 1972: 101) ได้กล่าวว่า ความเที่ยงตรงของการวัด หมายถึง การวัดนั้นตรงตามหน้าที่ที่จะวัดได้ดีเพียงใด หรือระดับที่การวัดสามารถบรรลุจุดมุ่งหมายบางอย่าง

ทักแมน (Tuckman. 1975: 114) กล่าวว่า ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ หมายถึง แบบทดสอบฉบับหนึ่งวัดในสิ่งที่เราต้องการให้วัด หรือตรงตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดหรือไม่

ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539: 259) ได้กล่าวไว้ว่า ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง หมายถึง คุณภาพของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตรงตามทฤษฎีต่าง ๆ ของโครงสร้างนั้น หรือวัดได้ครอบคลุมตามลักษณะโครงสร้างของแบบทดสอบมาตรฐาน

บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ (2547: 172-173) สรุปได้ว่า เครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรง หมายถึง เครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดในสิ่งที่ผู้วัดต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น ในแนวคิดเดิมจึงถือว่า ความเที่ยงตรง เป็นคุณภาพของเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญของเครื่องมือทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ แบบทดสอบความถนัด มาตราวัดทัศนคติ จริยธรรม และบุคลิกภาพ เครื่องมือวัดทุกฉบับจะต้องมีคุณภาพด้านความเที่ยงตรง จึงจะเชื่อได้ว่าเป็นเครื่องมือวัดที่ดีและผลที่ได้จากการวัดจะถูกต้องตรงตามที่ต้องการการวัดใด ๆ จะไร้ประโยชน์เมื่อเครื่องมือที่ใช้วัดนั้นขาดความเที่ยงตรง และความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด แบ่งเป็นหลายชนิดขึ้นอยู่กับตัวแปรเกณฑ์ที่ใช้เทียบ

ส่วนแนวคิดปัจจุบัน ได้ให้ความหมายของความเที่ยงตรงตามมาตรฐานทางเทคนิคสำหรับประเมินคุณภาพของเครื่องมือวัด ซึ่งคณะกรรมการร่วมประกอบด้วยสมาชิกของสามสมาคมคือ สมาคมวิจัยการศึกษาอเมริกัน สมาคมจิตวิทยาอเมริกัน และสภาการวัดผลการศึกษานาชาติของสหรัฐอเมริกา ได้เสนอไว้ในหนังสือ "Standards for Educational and Psychological Testing" ที่พิมพ์ในปี 1985 ให้ความหมายความเที่ยงตรงไว้ว่า ความเที่ยงตรงเป็นลักษณะสำคัญที่สุดที่ใช้ในการประเมินเครื่องมือวัด ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับการลงความเห็น (Inference) จากคะแนนที่วัดได้อย่างเหมาะสม อย่างมีความหมาย และให้ประโยชน์ ส่วนการตรวจสอบความเที่ยงตรง (Validation) เป็นกระบวนการในการรวบรวมพยานหลักฐาน (Evidence) เพื่อสนับสนุนการลงความเห็นดังกล่าว และสามารถเก็บรวบรวมหลักฐานได้หลายวิธี ความเที่ยงตรงจึงขึ้นอยู่กับปริมาณ และชนิดของหลักฐานที่สามารถสนับสนุนการลงความเห็นของผู้วัดจากข้อมูลที่วัดได้

ความเที่ยงตรง หมายถึง ระดับของหลักฐานที่สามารถสนับสนุน การลงความเห็นจากข้อมูลที่วัดจากเครื่องมือวัดนั้น ซึ่งเป็นการลงความเห็นจากข้อมูลเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดเฉพาะ

ครั้งนั้น ความเที่ยงตรงจึงมีความหมายเดียว (Unitary Concept) แต่การลงความเห็นและการตรวจสอบความเที่ยงตรงอาจมีได้หลายชนิด ซึ่งแบ่งตามหลักฐานพยานอาจแบ่งได้เป็นสามชนิดตามแนวคิดแบบเก่า คือ หลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity Evidence) หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ (Criterion Validity Evidence) และหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity Evidence)

3.2 ชนิดของหลักฐานแสดงความเที่ยงตรง

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547: 173-178) กล่าวว่า หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงสามารถแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้หลายชนิด ในที่นี้จะแบ่งเป็นสามชนิดคือ 1) หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหา 2) หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ และ 3) หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง สำหรับหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ อาจแบ่งออกเป็นหลักฐานความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity Evidence) และหลักฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ (Predictive Validity Evidence)

3.2.1 หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง การลงความเห็นเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของเครื่องมือวัดกับเนื้อหาของเกณฑ์ ถ้ามีความสอดคล้องกันมาก แสดงว่า มีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหามาก เพราะเนื้อหาของเครื่องมือวัดครอบคลุมเนื้อหาที่เป็นตัวเกณฑ์นั่นเอง กล่าวได้ว่า หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเป็นหลักฐานที่แสดงให้เห็นการสุมเนื้อหามาสร้างเครื่องมือวัดว่า เนื้อหาของเครื่องมือวัดที่สุมเลือกมานั้นเป็นตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของตัวเกณฑ์ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เนื้อหาของเครื่องมือวัดเป็นตัวแทนของมวลประชากรของเนื้อหาหรือประชากรพฤติกรรมที่ต้องการวัดเพียงไร คำว่า “เนื้อหา” ซึ่งเป็นตัวเกณฑ์ของความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ยังหมายถึง พฤติกรรมแสดงออกตามเนื้อหานั้นด้วย

หลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหา จึงเป็นการแสดงความเที่ยงตรง ทั้งต่อรายละเอียดของเนื้อหาสาระวิชาและความเที่ยงตรงต่อพฤติกรรมคาดหวังในเนื้อหาสาระวิชานั้นด้วยการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหาในความหมายนี้ จึงต้องมีตารางกำหนดลักษณะเฉพาะ (Table of Specification) ของเนื้อหาและพฤติกรรมการเรียนการสอน แล้วเขียนข้อคำถามต่าง ๆ ให้ครอบคลุมเนื้อหา และชนิดของพฤติกรรมที่ต้องการวัด

3.2.2 หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเกณฑ์

หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ของเครื่องมือวัด เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนผลการวัดจากเครื่องมือที่สร้างกับค่าที่วัดได้จากเกณฑ์ภายนอก ถ้าเกณฑ์ภายนอกนั้นเป็นเกณฑ์ที่วัดได้ในปัจจุบัน ก็เรียกว่า หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity Evidence) แต่ถ้าเป็นเกณฑ์ที่เก็บรวบรวมได้ในอนาคต ก็เรียกว่า หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ (Predictive Validity Evidence) การแสดงหลักฐานความ

เที่ยงตรงทั้งสองชนิดนี้ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นกับค่าที่วัดได้จากตัวเกณฑ์

3.2.2.1 หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามสภาพ

หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามสภาพเป็นการหาระดับความสัมพันธ์ หรือระดับความสอดคล้องระหว่างคะแนนการวัดของเครื่องมือวัดในปัจจุบันกับตัวเกณฑ์ในปัจจุบัน หรือสภาพที่แท้จริงในปัจจุบันของนักเรียน

การแสดงผลฐานความเที่ยงตรงตามสภาพนี้ มีปัญหาในแง่การแปลความหมายอยู่มาก เพราะดัชนีที่ใช้วัดระดับความสัมพันธ์เป็นค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่วัดกับตัวเกณฑ์ ถ้าตัวเกณฑ์ที่วัดได้นั้นเป็น “ตัวเกณฑ์ที่แท้จริง” ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จะแปลความหมายได้มั่นใจว่าตรงกับเกณฑ์นั้นเพียงไร แต่ถ้าค่าวัดที่แทนตัวเกณฑ์นั้นมีความเที่ยงตรงต่ำกล่าวคือ ค่าวัดตัวเกณฑ์ที่ได้มาไม่สามารถเป็นตัวแทนที่ดีของตัวเกณฑ์แล้ว ก็ยากที่จะแปลความหมายของความเที่ยงตรงนี้ได้ ค่าความเที่ยงตรงตามสภาพนี้จึงมีความหมายดีก็ต่อเมื่อ ค่าวัดทั้งคู่เป็นตัวแทนที่ดีของตัวแปรนั้น การแสดงผลฐานความเที่ยงตรงตามสภาพจึงจะมีความหมายดี การที่ได้ค่าความเที่ยงตรงระหว่างตัวแปรคู่นี้ต่ำอาจมีความหมายได้หลายอย่าง เช่น ค่าวัดจากตัวเครื่องมือวัดไม่ตรงหรือตัวเกณฑ์มีค่าวัดไม่ตรง หรือไม่ตรงทั้งคู่ ดังนั้น การแสดงผลฐานความเที่ยงตรงตามสภาพจึงต้องคำนึงถึงลักษณะของเกณฑ์ที่ใช้ว่า มีความเกี่ยวข้องกันหรือไม่เพียงไร

3.2.2.2 หลักฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์

หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของเครื่องมือวัด ที่ต้องการหาความเที่ยงตรงกับตัวเกณฑ์ที่เกิดขึ้นในอนาคตว่า มีความสัมพันธ์กันเพียงไร เพื่อที่จะเอาผลการวัดจากเครื่องมือไปพยากรณ์ผลความสำเร็จในอนาคต

อย่างไรก็ตาม มักมีข้อโต้แย้งอยู่เสมอในการเลือกใช้เกณฑ์เพื่อพิจารณาความสำเร็จเนื่องจากตัวพยากรณ์แต่ละตัวมีสหสัมพันธ์กับคะแนนเกณฑ์แต่ละตัวแตกต่างกัน ทำให้การแสดงผลฐานค่าความเที่ยงตรงตามพยากรณ์มีความแตกต่างกัน และไม่มีการแสดงผลฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ใดดีที่สุด ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้การสะสมการแสดงผลฐานความเที่ยงตรงสูง จึงจะแปลความหมายได้ด้วยความมั่นใจและนำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพสูง ความเที่ยงตรงตามพยากรณ์จะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับความสอดคล้องกันระหว่างค่าจากเครื่องมือวัดกับคะแนนของตัวเกณฑ์ ฉะนั้น ถ้าตัวใดไม่มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นต่ำก็จะทำให้ค่าการแสดงผลฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ต่ำไปด้วย

3.2.3 หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้างเป็นการแสดงผลฐานความเที่ยงตรงว่า เครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะประจำตามโครงสร้างทางทฤษฎีที่สมมุติขึ้นนั้นได้เพียงใด คำว่า “โครงสร้าง” (Construct) ในที่นี้หมายถึง ตัวประกอบ หรือองค์ประกอบ (Factor) จึงเรียกความเที่ยงตรงตามโครงสร้างนี้อีกอย่างหนึ่งว่า “หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามองค์ประกอบ” แต่ละโครงสร้างจะต้องเกี่ยวกับทฤษฎี ซึ่งอธิบายและพยากรณ์

พฤติกรรมของมนุษย์ การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างจึงเป็นการหาความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบที่วัดในเครื่องมือวัด และองค์ประกอบที่ต้องการวัดว่า วัดองค์ประกอบเดียวกันหรือไม่ นั่นคือ วัดลักษณะทางจิตวิทยาหรือคุณสมบัติตามที่ต้องการหรือไม่ และปริมาณที่วัดแต่ละองค์ประกอบเป็นสัดส่วนสอดคล้องกับที่ต้องการหรือไม่ ถ้าจะสร้างเครื่องมือวัดให้มีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง จะต้องให้คำนิยามปฏิบัติการ (Operational Definition) ของคำนั้นโดยอาศัยทฤษฎีใดทฤษฎีหนึ่งเป็นหลัก แล้วจึงสร้างเครื่องมือวัดสิ่งนั้นตามคำนิยามปฏิบัติการ ความหมายของคำว่า นิยามปฏิบัติการ ประกอบด้วยสามส่วน คือ คุณลักษณะ (Trait) ที่ต้องการวัด สิ่งเร้าหรือสถานการณ์ที่จะกระตุ้นให้คุณลักษณะนั้นแสดงออกมา และการตอบสนองแสดงออกที่สามารถสังเกตเห็นได้ เมื่อสามารถให้คำนิยามปฏิบัติการในสิ่งที่ต้องการจะทดสอบได้แล้ว จึงสร้างข้อคำถามขึ้นตามนิยามปฏิบัติการที่ให้นั้น และนำผลจากการสอบไปคำนวณหาค่าการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงต่อไป

หลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง จึงมีลักษณะคล้ายกับหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหา และหลักฐานความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ แต่ความแตกต่างอยู่ที่หลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างต้องสะสมรายละเอียดจากหลาย ๆ แหล่งต่าง ๆ กันมากกว่า เพื่อนำมารวมเป็นคำบรรยายพฤติกรรมได้อย่างกว้างขวางกว่า คงทนกว่า และมีลักษณะความเป็นนามธรรมมากกว่า การกำหนดเกณฑ์เพียงเกณฑ์เดียวจึงไม่เพียงพอที่จะอธิบายคุณลักษณะของโครงสร้างได้ จึงต้องอาศัยรายละเอียดที่มากกว่า หรือต้องอาศัยเกณฑ์หลายเกณฑ์

จากที่กล่าวมา ในเรื่องการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง ด้วยวิธีเปรียบเทียบจากกลุ่มที่ต่างกัน

3.3 วิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547: 178-195) กล่าวว่า iva เนื่องจากหลักฐานความเที่ยงตรงของค่าวัดจากเครื่องมือวัดเป็นความสัมพันธ์ หรือความสอดคล้องระหว่างค่าวัดของเครื่องมือวัดนั้น กับสิ่งที่ต้องการวัดหรือตัวเกณฑ์ ดังนั้น การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรง จึงเป็นการหาความสัมพันธ์หรือความสอดคล้องระหว่างค่าวัดของตัวแปรทั้งสอง วิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงจึงขึ้นอยู่กับชนิดของค่าวัดที่ได้จากตัวแปรทั้งสอง ดังนี้

3.3.1 วิธีการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหาเป็นการแสดงหรือหาว่า เครื่องมือวัดนั้น สามารถวัดได้ตรงและครอบคลุมเนื้อหาวิชา การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงมาน้อยเพียงใด โดยการเทียบกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร หรือตารางกำหนดข้อสอบ (Test Blueprint) ซึ่งกำหนดตัวอย่างหัวข้อเนื้อหาสาระวิชาและพฤติกรรมจากเนื้อหาสาระวิชาทั้งหมด และถือว่าเป็นตัวแทนที่ดีแล้ว

หลักในการเทียบเคียงข้อสอบกับตารางวิเคราะห์หลักสูตร ควรยึดเกณฑ์

ต่อไปนี้

3.3.1.1 ข้อคำถามแต่ละข้อวัดเนื้อหาสอดคล้อง กับตารางวิเคราะห์
หลักสูตร หรือไม่

3.3.1.2 ข้อคำถามแต่ละข้อเป็นตัวแทนที่ดีของเนื้อหาวิชาหรือไม่

3.3.1.3 ข้อคำถามแต่ละข้อมีตัวแปรอื่น ที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน
หรือไม่ เช่น คำถามกำกวม ใช้ศัพท์ยาก ความเหมาะสมกับวัย เป็นต้น

3.3.1.4 เครื่องมื่อวัดนั้นมีจำนวนข้อเหมาะสมเพียงพอที่จะเป็นตัวแทน
ของเนื้อหาวิชาหรือไม่

การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวัด สามารถพิจารณา
จากความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ของวิชา (ซึ่งจะครอบคลุมทั้งเนื้อหาและพฤติกรรม
ที่ต้องการวัด) โดยคำนวณจากดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ ค่า IOC ที่มี
ค่า .5 ขึ้นไป แสดงว่า ข้อสอบวัด หรือเป็นตัวแทนจุดประสงค์ของวิชา

3.3.2 วิธีการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามเกณฑ์

การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ของ
ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดที่ต้องการกับค่าที่วัดได้จากเกณฑ์ ซึ่งสามารถคำนวณได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับ
กับค่าที่วัดได้ ซึ่งอาจใช้สูตร Pearson Product Moment (เมื่อข้อมูลเป็นคะแนนทั้ง 2 ชุด) หรือ
Spearman Rank Order (เมื่อข้อมูลเป็นการจัดอันดับ) ซึ่งแยกตามเกณฑ์เป็นการแสดงผลหลักฐาน
ความเที่ยงตรงตามสภาพ และการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามพยากรณ์ ดังนี้

3.3.2.1 วิธีการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามสภาพ

3.3.2.2 การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์

เป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ใช้พยากรณ์ (X) เช่น คะแนน
จากแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน กับตัวแปรเกณฑ์ (Y) เช่น ผลการเรียนเมื่อจบปริญญาตรี
(G.P.A) การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ต้องเก็บค่าวัดจากตัวแปรที่ใช้พยากรณ์ไว้
จนกว่าจะได้ตัวแปรเกณฑ์ แล้วจึงหาความสัมพันธ์กัน (r_{xy}) เป็นค่าความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ โดย
ใช้สูตร Pearson Product Moment

3.3.3 วิธีการแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างเป็นการแสดงผลหลักฐานความ
เที่ยงตรงว่า เครื่องมื่อวัดนั้นสามารถวัดขอบเขตความหมาย หรือคุณลักษณะประจำตามโครงสร้าง
ทางทฤษฎีที่สมมุติขึ้นนั้นได้เพียงใด การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างสามารถทำได้
หลายวิธีการ ดังนี้

3.3.3.1 วิธีพิจารณาเทียบกับโครงสร้างที่กำหนด

เครื่องมือวัดผลการเรียนที่เขียนข้อสอบวัดตามตารางลักษณะเฉพาะ หรือ
ตารางวิเคราะห์หลักสูตร สามารถแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างได้โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ
วิเคราะห์ว่า ข้อสอบแต่ละข้อเขียนวัดได้ตรงตามพฤติกรรมในตารางวิเคราะห์หลักสูตรหรือไม่ และ
จำนวนข้อสอบเหล่านั้นมีสัดส่วนเป็นไปตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร การใช้ดุลพินิจดังกล่าวสามารถ

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้มีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของการวัดด้านสติปัญญา

3.3.3.2 วิธีเปรียบเทียบจากกลุ่มที่ต่างกัน

การศึกษาว่าเครื่องมือวัดโครงสร้างของสิ่งที่จะวัดได้โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันสองกลุ่มที่รู้แจ้งชัดว่า กลุ่มหนึ่งมีคุณลักษณะในสิ่งที่ต้องการวัด ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งไม่มีคุณลักษณะในสิ่งนั้น แล้วเปรียบเทียบคะแนนที่ได้จากทั้งสองกลุ่ม แล้วใช้ t-test ทดสอบ นำค่า t-test ที่คำนวณได้ไปเทียบกับ ค่า t ที่เปิดจากตารางการแจกแจงของ t ที่มีชั้นความอิสระ เท่ากับ $n_1 + n_2$ ซึ่งใช้เป็นค่าเกณฑ์เทียบ ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าเกณฑ์เทียบ แสดงว่า คะแนนที่ได้จากทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็สามารถสรุปว่า เครื่องมือนั้นมีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามโครงสร้างสูง

3.3.3.3 วิธีเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน

ค่าสหสัมพันธ์ของเครื่องมือวัด กับเครื่องมือมาตรฐานที่วัดคุณลักษณะเดียวกันสามารถบ่งชี้ หลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างได้ ดังนั้น ในการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง จึงสามารถทำได้โดยนำเครื่องมือวัดที่ต้องการกับเครื่องมือวัดในคุณลักษณะเดียวกันที่เป็นมาตรฐานแล้วไปสอบกับกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน แล้วหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลสองชุด

3.3.3.4 วิธีการวิเคราะห์หลายลักษณะหลายวิธี (Multitrait-Multimethods)

การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างต่างจากการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเกณฑ์ที่ต้องใช้หลักฐานต่าง ๆ มากกว่า โดยอาศัยสมมติฐานที่ว่า ถ้าเครื่องมือวัดกับเกณฑ์มีลักษณะร่วมกันจะมีค่าสหสัมพันธ์กันสูง และถ้าเครื่องมือวัดกับเกณฑ์มีลักษณะต่างกันจะมีค่าสหสัมพันธ์กันต่ำ นำมาวิเคราะห์พร้อมกัน ซึ่งแคมเบลและฟิสก์ (Cambell and Fiske) ได้พัฒนาแนวคิดนี้ให้เหมาะสมเรียกว่า การวิเคราะห์หลายลักษณะ หลายวิธีการ โดยใช้วิธีการเทียบความเที่ยงตรงร่วม (Convergent Validity) กับความเที่ยงตรงแยก (Divergent Validity) ซึ่งความเที่ยงตรงร่วมควรมีค่าสูงกว่า และความเที่ยงตรงแยกควรมีค่าต่ำกว่า แต่ค่าความเที่ยงของเครื่องมือวัดแต่ละวิธีควรมีค่าสูงสุด

ถ้าใช้เครื่องมือวัดต่างวิธีกันวัดลักษณะเดียวกัน เช่น ใช้มาตรประเมินค่า (วิธีที่ 1) กับการสังเกต (วิธีที่ 2) ในการวัดความขยันเหมือนกัน ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ต้องมีค่าสูงเรียกว่า ความเที่ยงตรงร่วม

ถ้าใช้เครื่องมือวัดต่างวิธีกันวัดลักษณะต่างกัน เช่น ใช้มาตรประเมินค่า (วิธีที่ 1) วัดความขยัน (ลักษณะ A) และใช้การสังเกต (วิธีที่ 2) วัดความอดทน (ลักษณะ B) ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ต้องมีค่าต่ำกว่า เรียกว่า ความเที่ยงตรงแยก

ถ้าใช้เครื่องมือวัดเดียวกันวัดลักษณะต่างกัน เช่น ใช้มาตรประเมินค่า (วิธีที่ 1) วัดความขยัน (ลักษณะ A) และใช้มาตรประเมินค่า (วิธีที่ 1) วัดความอดทน (ลักษณะ B) ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ต้องมีค่าต่ำกว่า เรียกว่า ความเที่ยงตรงแยก

ถ้าใช้เครื่องมือวัดเดียวกันวัดลักษณะเดียวกันซ้ำสองครั้ง เช่น ใช้มาตรประเมินค่า (วิธีที่ 1) วัดความขยัน (ลักษณะ A) ซ้ำกันสองครั้ง หรือใช้การสังเกต (วิธีที่ 2) วัดความอดทน (ลักษณะ B) ซ้ำกันสองครั้ง หรือใช้การสังเกต (วิธีที่ 2) วัดความสม่ำเสมอ (ลักษณะ C) ซ้ำกันสองครั้ง ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ต้องมีค่าสูงที่สุดมากกว่าสหสัมพันธ์ชนิดอื่น เรียกว่า ความเชื่อมั่น

3.3.3.5 วิธีการหาค่าความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด

การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างดังกล่าวไปแล้ว จะอาศัยสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัดกับเกณฑ์ภายนอกที่ยอมรับ สำหรับวิธีนี้จะอาศัยความสอดคล้องภายในเครื่องมือวัด โดยไม่ใช้เกณฑ์ภายนอก ซึ่งสามารถพิจารณาจากดัชนีต่าง ๆ ดังนี้

1) พิจารณาจากดัชนีอำนาจจำแนกรายข้อ เพราะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกสูง เป็นข้อสอบที่วัดในทิศทางเดียวกันกับส่วนรวม ถือว่ามีหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างภายในสูง

2) พิจารณาจากระดับความสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนส่วนย่อยภายในเครื่องมือวัดกับคะแนนรวม

3) พิจารณาจากค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดที่ หาด้วยสูตรความสอดคล้องภายใน เช่น สูตร KR-20 หรือสูตร แอลฟา ของครอนบัท (Cronbach's Coefficient-Alpha) ดังนั้น เครื่องมือวัดใดมีค่าความเชื่อมั่นสูง ก็สามารถสรุปว่า มีหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างภายในสูงได้

3.3.3.6 วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis)

การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างที่ตรงประเด็นมากที่สุด คือ วิเคราะห์องค์ประกอบ เพราะวิธีการทางสถิติที่สามารถตรวจชี้ ลักษณะประจำทางจิตวิทยาเนื่องจากตัวแปรต่าง ๆ เมื่อนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จะพบว่า มีตัวแปรบางคู่มีความสัมพันธ์กันสูงหรือบางที่ก็พบว่า มีกลุ่มตัวแปรบางกลุ่มมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันสูง นั้นแสดงว่าตัวแปรเหล่านั้นวัดบางสิ่งบางอย่างที่เป็นองค์ประกอบร่วมกัน การวิเคราะห์องค์ประกอบ เป็นการจัดสมรรถภาพ หรือคุณลักษณะต่าง ๆ ทางจิตวิทยาที่วัดได้ให้เป็นหมวดหมู่ตามโครงสร้าง ซึ่งค่าน้ำหนักองค์ประกอบแรกก่อนหมุนแกน จะเป็นค่าที่แสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามโครงสร้างได้

สุทธิพงศ์ บุญผดุง (2541: 10-13) ได้ศึกษาสูตรการหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของ ไฮเซนและบอร์นสเตเดตต์ (Heise and Bohrnstedt. 1970: 109, 111 – 113) ซึ่งไฮเซนและบอร์นสเตเดตต์ ได้เสนอวิธีหาค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ โดยใช้ทฤษฎีตัวประกอบร่วม (Common Factor Theory) ในรูปของการหาสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างคะแนนจริงของคุณลักษณะที่ได้ T_k กับคะแนนองค์ประกอบ S_k เมื่อคะแนนจริงของคุณลักษณะ (Traits) สัมพันธ์กันแบบออร์โธโกนอล (Orthogonal : $pT_1S_2=0$) นั่นคือ แต่ละคุณลักษณะ (T_1T_2) ไม่มีความสัมพันธ์กัน และการหาน้ำหนักองค์ประกอบของค่าตามข้อที่ i จากองค์ประกอบที่ k สามารถหาได้จาก การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) จากการหมุนแกน

แบบมุมฉาก ด้วยวิธีแวนริแมกซ์ (Varimax) และสกัดองค์ประกอบด้วยวิธี PC (Principal Component Analysis) โดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม SPSS

สูตรสำหรับหาค่าความเที่ยงตรง ที่สุทธิพงศ์ บุญผดุง (2541: 10 -13) ได้ศึกษาจากสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตเดิร์ต (Heise and Bohrnstedt. 1970: 109, 111 – 113) มีดังนี้

$$\rho_{T_k S_k} = \frac{\sum S_i f_{ik}}{\sqrt{\sum \sum \text{Cov}(x_i, x_j)}}$$

เมื่อ $\rho_{T_k S_k}$	แทน	ค่าความเที่ยงตรง
S_i	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำถามข้อที่ i
f_{ik}	แทน	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของคำถามข้อที่ i จากองค์ประกอบที่ k
$\text{Cov}(x_i, x_j)$	แทน	ค่าความแปรปรวนร่วมกันระหว่างคำถามข้อที่ i กับคำถามข้อที่ j

จากวิธีดังกล่าว ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการคำนวณค่าความเที่ยงตรงด้วยสูตร $\rho_{T_k S_k}$ ไฮเซนและบอร์นสเตเดิร์ต (Heise and Bohrnstedt. 1970 : 109, 111 – 113)

3.4 องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

หลักฐานแสดงค่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดอาจมีค่าไม่คงที่ อาจมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มากระทบ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบด้านตัวเครื่องมือวัด ได้แก่
 - 1.1 ความยาวของเครื่องมือวัด
 - 1.2 คำชี้แจงในการตอบเครื่องมือวัดไม่ชัดเจน
 - 1.3 การใช้ภาษาและศัพท์ที่สูงหรือยากเกินไป
 - 1.4 ความยากง่ายไม่พอเหมาะ
 - 1.5 ข้อคำถามไม่ดี คลุมเครือ กำกวม
 - 1.6 การเรียงข้อคำถามที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม
2. องค์ประกอบด้านตัวกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เครื่องมือวัด
 - 2.1 ความแตกต่างของกลุ่มตัวอย่าง
 - 2.2 ความเป็นตัวแทนที่ดีของกลุ่มตัวอย่าง
 - 2.3 อารมณ์ ความกลัว วิตกกังวล ตื่นเต้น การขาดการสนใจในการตอบ
3. องค์ประกอบด้านวิธีดำเนินการสอบและการให้คะแนน

เครื่องมือวัดบางชนิด เช่น เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ การไม่เคร่งครัดเวลาในการเก็บเครื่องมือวัด การอธิบายเพิ่มเติมเมื่อมีข้อสงสัย การทำเสียงดังในระหว่างการสอบ รวมทั้ง

การให้คะแนนแบบทดสอบแบบอัตนัย การไม่ปฏิบัติตามคำสั่งชี้แจงที่กำหนดไว้ สิ่งเหล่านี้มีผลทำให้เครื่องมือวัดมีความเที่ยงตรงต่ำทั้งสิ้น

4. องค์ประกอบด้านรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัด

ค่าความเที่ยงตรงขึ้นอยู่กับการเลือกใช้สูตรสหสัมพันธ์ ที่สอดคล้องกับรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัดกับเกณฑ์ ดังนั้น จะต้องเลือกใช้สูตรที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงข้อตกลงเบื้องต้นของสูตรว่า กำหนดไว้อย่างไรด้วย

4. หลักฐานแสดงความเชื่อมั่น

4.1 ความหมายของความเชื่อมั่น

นักการศึกษาและนักจิตวิทยา ได้ให้ความหมายของความเชื่อมั่นไว้ต่างๆ กัน ดังนี้

อนาสตาซี (Anastasi. 1968: 105) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการสอบบุคคลเดียวกันแต่ต่างเวลาและโอกาสกัน

เคอเรนเจอร์ (Kerlinger. 1986: 405) ให้ความหมายไว้ 3 ลักษณะ คือ 1) หมายถึงเครื่องมือที่ใช้วัดแล้ววัดอีก ได้ผลเหมือนเดิม 2) หมายถึงเครื่องมือที่วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของสิ่งที่ต้องการวัดนั้น 3) หมายถึงความคลาดเคลื่อนในการวัดของเครื่องมือ

นันแนลลี (Nunnally. 1964: 59) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นสัดส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงกับความแปรปรวนของคะแนนที่ได้จากการทดสอบ

ลอร์ด และโนวิก (Lord and Novick. 1968: 198) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบซ้ำ และคะแนนที่ได้จากการตอบแบบทดสอบทั้งสองครั้งเป็นอิสระไม่ขึ้นกับความคลาดเคลื่อนของการวัดใดๆ

กรอนลันด์ (Gronlund. 1976: 105) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นเป็นความคงที่ของคะแนนในการทดสอบหรือความคงที่จากการประเมินครั้งแรกและครั้งอื่นๆ

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2547: 198) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง ระดับของความสอดคล้องของผลการวัด หรือคำตอบของนักเรียนที่ได้จาก 1) การตอบคำถามเดียวกันสองครั้ง 2) การตอบคำถามที่คล้ายคลึงกันสองคำถามในเวลาเดียวกัน หรือในช่วงเวลาที่ต่างกัน หรือ 3) การตรวจให้คะแนนคำตอบเดียวกันของผู้ตรวจสองคนหรือมากกว่าสองคน และทำนองเดียวกับความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น หมายถึง ผลของการวัดหรือคะแนนซึ่งไม่ได้หมายถึงตัวเครื่องมือวัดโดยตรง

อนันต์ ศรีโสภ (2524: 61) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความแปรปรวนของคะแนนจริงและความแปรปรวนของคะแนนผลการสอบ

จากความหมายของความเชื่อมั่นที่ได้กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่นเป็นผลของการวัดปลอดจากความคลาดเคลื่อน มีความคงที่ของคะแนนที่ได้จากการวัด จากผู้สอบกลุ่มเดียวกันด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน เครื่องมือวัดที่มีความเชื่อมั่นสูง ไม่ว่าจะนำไปวัดกับ

บุคคลกลุ่มเดียวกันก็ครั้งก็ตามจะได้ค่าคงที่เช่นเดิม ถ้าเครื่องมือวัดที่มีค่าความเชื่อมั่นต่ำ ค่าที่ได้จากการวัดกับกลุ่มเดียวกันสองครั้งด้วยเครื่องมือวัดชุดเดียวกันมีค่าคลาดเคลื่อน

4.2 ชนิดของความเชื่อมั่นของการวัด

บุญเชิด ภิบุญอนันตพงษ์ (2547: 200-201) กล่าวว่า ความเชื่อมั่นของการวัดอาจแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้หลายแบบ ถ้าแบ่งตามระดับของความคู่ขนานแล้ว อาจจำแนกเป็นสามชนิด คือ 1) ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงมาตรฐานเดิม 2) ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสมมูล และ 3) ความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ แต่ถ้าแบ่งตามลักษณะการสอบวัด สามารถจำแนกตามสัมประสิทธิ์ของการคำนวณได้สามชนิด ดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ของความคงตัว (Coefficient of Stability) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองชุด ที่ได้จากการสอบซ้ำด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกัน ดังนั้น คะแนนสองชุดจึงเป็นคะแนนของแบบทดสอบที่คู่ขนานกันอย่างแท้จริง หรือคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม (Classical Parallel)

2. สัมประสิทธิ์ของความสมมูล (Coefficient of Equivalent) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองชุด ที่ได้จากการสอบด้วยแบบทดสอบคู่ขนานกันสองฉบับ แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติไม่สามารถสร้างแบบทดสอบที่คู่ขนานกันในระดับมาตรฐานเดิมหรือคู่ขนานกันอย่างแท้จริงได้ ดังนั้น คะแนนจากแบบทดสอบสองฉบับที่ตั้งใจให้มีความคู่ขนานกันนั้น จึงมีความคู่ขนานระดับคะแนนจริงสมมูล (Essentially Tau-Equivalent) คือ ยอมผ่อนปรนให้คะแนนจริงของแบบทดสอบสองฉบับต่างกัน ได้เท่ากับค่าคงที่ ($T_1 - T_2 = C_{12}$ หรือ $T_1 = T_2 + C_{12}$) และความยากง่ายของสองฉบับต่างกัน และค่าอำนาจจำแนกรายข้อของสองฉบับต่างกันได้เล็กน้อย บางทีเรียกแบบทดสอบคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูลว่าแบบทดสอบทางเลือก (Alternate Forms)

3. สัมประสิทธิ์ของความสอดคล้องภายในฉบับ (Coefficient of Stability) เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่เกิดจากการคำนวณสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสองส่วนหรือหลาย ๆ ส่วนภายในฉบับเดียวกัน ที่ได้จากการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวและสอบครั้งเดียว

4.3 วิธีการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของการวัด

ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่นมีวิธีต่าง ๆ หลายวิธี ซึ่งในแต่ละวิธีทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนไม่เหมือนกัน การที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายและลักษณะของคะแนนที่ได้จากการทดสอบนั้น

เฟอร์กูสัน (Ferguson, 1966: 366) ได้กล่าวว่า มีวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 4 วิธี ดังนี้

1. วิธีสอบซ้ำ (Test-Retest Method) หรือเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของความคงที่ (Coefficient of Stability) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปทดสอบกับคน ๆ เดียวหรือคน

กลุ่มเดียวกันซ้ำสองครั้งในช่วงเวลาที่แตกต่างกันพอสมควร คะแนนที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งนี้มีความสัมพันธ์กัน ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. วิธีใช้แบบทดสอบคู่ขนาน (Parallel-Forms Method) เป็นการนำแบบทดสอบที่มีลักษณะคู่ขนานกันหรือเท่าเทียมกัน โดยมีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนเท่ากันไปทดสอบในเวลาเดียวกันหรือในเวลาที่แตกต่างกัน คะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งสองฉบับมีสหสัมพันธ์และสหสัมพันธ์ที่ได้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-Half Method) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับบุคคลกลุ่มเดียวแล้วแบ่งครึ่งแบบทดสอบเป็นชุดคะแนนของข้อดีและข้อคู่ นำคะแนนทั้ง 2 ชุด ไปหาค่าความสัมพันธ์ จากนั้นปรับขยายด้วยสูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown) ค่าที่ได้ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งสองฉบับ

4. วิธีวัดความคงที่ภายในของแบบทดสอบ (Internal-Consistency Method) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับบุคคลกลุ่มหนึ่ง และนำไปหาสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยวิธีของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson)

อนาสตาซี (Anastasi. 1968: 105-133) กล่าวว่า การประมาณค่าความเชื่อมั่นมี 4 แบบ คือ

1. สัมประสิทธิ์ของความคงตัว เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบซ้ำในเวลาที่แตกต่างกันได้คะแนนสองชุด นำคะแนนสองชุดไปหาสหสัมพันธ์โดยวิธีอย่างง่าย (Product Moment Correlation) ซึ่งค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2. สัมประสิทธิ์ของความสมมูล เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะเป็นคู่ขนานกัน คือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนน จากคะแนนแบบทดสอบทั้งสองฉบับมาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3. สัมประสิทธิ์ของความคงตัวและความสมมูล เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบสองฉบับที่มีลักษณะคู่ขนานกัน คือ มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบเท่ากัน ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกันในเวลาเดียวกัน โดยเว้นช่วงเวลาระหว่างการทำแบบทดสอบฉบับที่ 1 และฉบับที่ 2 พอสมควร จากนั้นนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสองมาหาค่าสหสัมพันธ์ ค่าที่ได้เป็นสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

4. สัมประสิทธิ์ของความคงที่ภายใน เป็นค่าที่ได้จากการนำแบบทดสอบฉบับเดียว สอนกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งเพียงครั้งเดียวและแบ่งครึ่ง ซึ่งนิยมแบ่งข้อดีและข้อคู่ นำคะแนนจากการแบ่งครึ่งแบบทดสอบทั้งสองชุดมาหาค่าสหสัมพันธ์ แล้วปรับขยายเป็นความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตรปรับขยายของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown)

เมห์เรนส์ และเลห์แมน (Mehrens and Lehmann. 1984: 271-272) ได้กล่าวถึงการประมาณค่าความเชื่อมั่นว่า มีวิธีการดังนี้

1. วิธีวัดความคงตัว (Measures of stability)
2. วิธีวัดความสมมูล (Measures of equivalence)
3. วิธีใช้วัดความสมมูลและความคงตัว (Measures of equivalence and stability)
4. วิธีวัดความสอดคล้องภายใน (Measures of Internal-consistency)
 - 4.1 วิธีแบ่งครึ่งแบบทดสอบ (Split-Half)
 - 4.2 วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson estimates)
 - 4.3 วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient alpha)
 - 4.4 วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's analysis of variance

procedure)

5. ความเชื่อมั่นของผู้ให้คะแนน (Score (Judge) reliability)

แอลเลน และเยน (Allen and Yen. 1979: 88) กล่าวว่า วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกันจะได้ค่าความเชื่อมั่นที่ต่างกัน สำหรับแบบทดสอบที่อาศัยความเร็วควรใช้แบบสอบซ้ำหรือแบบทดสอบคู่ขนาน เพราะการวัดความสอดคล้องภายในอาจทำให้ค่ามากกว่าความจริง ส่วนการใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha) และวิธีของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) จะให้ค่าที่ต่ำกว่าความเป็นจริงและใช้กับแบบทดสอบที่มีลักษณะเป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) เท่านั้น เพราะสูตรเหล่านี้มีพื้นฐานมาจากความเป็นเอกพันธ์ของข้อสอบ ถ้าเป็นข้อสอบที่วัดคุณลักษณะที่แตกต่างกันการหาความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha) และคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) จะไม่เหมาะสมเพราะได้ค่าต่ำกว่าที่ควร

อนันต์ ศรีโสภา (2524: 49-57) กล่าวว่า ในการคำนวณค่าความเชื่อมั่นมีวิธีต่าง ๆ หลายวิธีซึ่งในแต่ละวิธีทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนไม่เหมือนกัน การที่จะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายและลักษณะของคะแนนที่ได้จากการทดสอบวิธีหาค่าความเชื่อมั่นโดยทั่วไปมี 4 แบบ

1. แบบสอบซ้ำ (Measures of Stability)

เป็นการวัดความคงที่ของแบบทดสอบ โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งสองครั้งในเวลาที่แตกต่างกัน และนำผลการทดสอบทั้งสองครั้งนี้มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยวิธี Pearson Product Moment Correlation การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีนี้ มีความคลาดเคลื่อนที่เห็นได้ชัด คือ ช่วงระยะเวลาที่ทดสอบครั้งแรกและทดสอบครั้งหลัง ความแตกต่างของช่วงระยะเวลาทดสอบนี้ นักเรียนจะอาศัยความจำจากการสอบครั้งแรก ทำให้คะแนนสอบครั้งหลังสูงขึ้น และมีค่าความเชื่อมั่นสูง

2. แบบใช้ข้อสอบคล้ายกัน (Measures of Equivalence)

เป็นการหาความเชื่อมั่นโดยใช้แบบทดสอบสองชุดที่มีเนื้อหา ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากัน ทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งในวันเดียวกัน แล้วนำผลการสอบทั้งสองฉบับนี้มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หรือค่าความเชื่อมั่น การหาค่าความเชื่อมั่นวิธีนี้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความแตกต่างของสเกล หรือความแตกต่างของข้อสอบสองฉบับ การที่จะสร้างให้มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากันนั้น ในทางปฏิบัติทำได้ยากมาก

3. แบบใช้ข้อสอบคล้ายกันและสอบซ้ำ (Measures of Equivalence and Stability)

เป็นการหาความเชื่อมั่น โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวกันในเวลาต่างกัน แล้วนำคะแนนผลการสอบทั้งสองมาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงคะแนนจากวิธีนี้ อาจเนื่องมาจากความไม่คงที่ของนักเรียนและตัวข้อสอบ ค่าความเชื่อมั่นที่ได้โดยวิธีนี้ จะมีค่าต่ำกว่าสองวิธีแรก

4. แบบวัดความคงที่ภายใน (Measures of Internal Consistency)

เป็นการหาค่าความเชื่อมั่น โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนเพียงครั้งเดียว แล้วนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวม การหาค่าความเชื่อมั่นวิธีนี้ แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

4.1 แบบแบ่งครึ่งจำนวนข้อสอบ (Split-half)

เป็นวิธีคำนวณค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยนำแบบทดสอบฉบับเดียวไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่งครั้งเดียว แล้วแบ่งแบบทดสอบออกเป็นสองชุด นำคะแนนของทั้งสองชุดมาหาค่าสัมประสิทธิ์ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับย่อยที่แยกไปหรือเป็นค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบครึ่งหนึ่งของแบบทดสอบฉบับเดิม ถ้าหากต้องการทราบค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับแล้วนำคะแนนทั้ง 2 ชุด ไปหาความสัมพันธ์ จากนั้นปรับขยายด้วยสูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown) ค่าที่ได้คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

4.2 Kuder – Richardson

เป็นการหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตรของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ประกอบด้วย KR-20 และ KR-21 การคำนวณค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR-21 จะได้ค่าต่ำกว่าการคำนวณโดยใช้สูตร KR-20 ทั้งนี้เนื่องจาก KR-21 ใช้ค่าเฉลี่ย (mean) ของข้อสอบทุกข้อแทนความแปรปรวนของข้อสอบแต่ละข้อ การหาความเชื่อมั่นวิธีนี้ เป็นการแก้ปัญหาการตัดแบบทดสอบออกเป็นแบบทดสอบย่อยสองฉบับให้ Equivalence form กันได้

4.3 Hoyt's analysis of variance

เป็นการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) วิธีนี้ให้ค่าความเชื่อมั่นเหมือนกับ KR-20

บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์ (2547: 202-237) ได้กล่าวถึงวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นของการวัด แบ่งเป็นสองประเภท คือ ความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแบบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced) และแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced) ดังนี้

1. ความเชื่อมั่นของการวัดแบบอิงกลุ่ม อาจแบ่งเป็นวิธีต่าง ๆ ดังนี้

1.1 วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบวัดซ้ำ (Test-retest)

การหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดแบบวัดซ้ำ เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความคงตัวของคะแนนการสอบสองครั้ง ดังนั้น การหาความเชื่อมั่นวิธีนี้จึงต้องนำเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้นสอบซ้ำนักเรียนกลุ่มเดียวกันสองครั้งในเวลาใกล้เคียงกัน โดยเว้นช่วงเวลาให้เหมาะสมไม่ควรนานเกิน 6 เดือน ระยะเวลาสมควรเว้นระยะประมาณหนึ่งสัปดาห์ ถึง หนึ่งเดือน ดังนั้น

สิ่งสำคัญในการหาค่าความเชื่อมั่นแบบนี้คือ “ช่วงเวลาของการสอบสองครั้ง” ถ้าระยะเวลาระหว่างการสอบครั้งแรกกับครั้งหลังกระชั้นชิดเกินไป ผู้สอบอาจจำคำตอบที่สอบครั้งแรกได้หรือถ้าปล่อยเวลาให้ล่วงเลยไปหลาย ๆ เดือน แล้วจึงสอบครั้งที่สอง จะทำให้ผู้สอบเกิดการเรียนรู้มากขึ้น ดังนั้นระยะเวลาจึงมีผลต่อความเชื่อมั่นมาก การหาค่าความเชื่อมั่นแบบสอบวัดซ้ำกับผู้สอบกลุ่มเดิม จึงเป็นการหาค่าความคงตัว (Stability) ของคะแนน เป็นการดูว่า ผลการตอบของผู้ตอบสองครั้งมีความสอดคล้องกันหรือสัมพันธ์กันเพียงใด โดยนำคะแนนการสอบทั้งสองครั้งมาคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้ คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดฉบับนั้นนั่นเอง

1.2 วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบคู่ขนาน (Parallel Forms)

การหาค่าความเชื่อมั่นแบบคู่ขนาน เป็นการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความสมมูลกันระหว่างแบบทดสอบสองฟอร์มที่ตั้งใจสร้างขึ้นมาให้มีความคู่ขนานกัน แต่ในทางปฏิบัติจะไม่สามารถสร้างแบบทดสอบสองฟอร์มให้คู่ขนานกันอย่างแท้จริง ส่วนมากแบบทดสอบที่สร้างขึ้นจะมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูลเท่านั้น การหาค่าความเชื่อมั่นแบบคู่ขนาน หรือแบบคะแนนจริงสมมูลต้องนำเครื่องมือวัดสองฉบับที่มีคะแนนจริงสมมูลกัน ไปทดสอบกับผู้สอบกลุ่มเดียวกัน แล้วหาความสัมพันธ์ของคะแนนสองชุด ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จะบ่งบอกถึงการวัดความเป็นคู่ขนานของเครื่องมือวัด

1.3 วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบแบ่งส่วนภายในฉบับ (Part-Test Reliability)

การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดวิธีการนี้ ใช้เครื่องมือวัดหรือแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพียงฉบับเดียว นำไปสอบกับนักเรียนกลุ่มเดียวเพียงครั้งเดียว จากนั้นจึงนำคะแนนของเครื่องมือวัดมาแบ่งเป็นส่วน ๆ โดยทั่วไปนิยมแบ่งเป็นสองส่วน (Split-Half) กับแบ่งเป็นหลายส่วน (Multiparts) และส่วนที่แบ่งภายในแต่ละส่วนอาจมีระดับความคู่ขนานต่างกันสามแบบ คือ แบบมาตรฐานเดิม แบบคะแนนจริงสมมูล และแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดจากการแบ่งส่วนภายในฉบับมีสูตรต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 วิธีหาค่าความเชื่อมั่นแบบแบ่งสองส่วน (Split-Half)

1.3.1.1 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบมาตรฐานเดิม สามารถคำนวณได้จากสูตรสเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown)

1.3.1.2 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูล สามารถคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับได้โดยไม่ต้องไปหาค่าความเชื่อมั่นครึ่งฉบับแล้วปรับขยายมาเป็นการเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรความเชื่อมั่นสามสูตร คือ สูตรของรูลอน (Rulon), สูตรของฟลานาแกน (Flanagan) และสูตรของกัตต์แมน (Guttman)

1.3.1.3 วิธีแบ่งสองส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ พิจารณาจากความยาวของเครื่องมือวัด เมื่อใช้จำนวนข้อคำถามเป็นความยาว (Nominal Lengths) ของเครื่องมือวัด คำนวณได้จากสูตร ราชู (Raju) เมื่อใช้ผลการสอบจริงเป็นตัวชี้บอกความยาว (Functional or Effective Lengths) ของเครื่องมือวัด เช่น แบบทดสอบที่ประกอบด้วยคำถามสองข้อ ข้อแรกคะแนนเต็ม 40 คะแนน อีกข้อหนึ่งคะแนนเต็ม 20 คะแนน ในลักษณะนี้ความ

ยาวของเครื่องมือวัดจึงไม่เหมาะที่จะใช้จำนวนข้อ นักวัดผลบางท่านเรียกว่า ไม่ทราบความยาว (Unknown Lengths) คำนวณได้จากสูตร เฟลด์-ราชู (Feldt-Raju)

1.3.2 วิธีแบ่งหลายส่วน (Multiparts)

1.3.2.1 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบมาตรฐาน เดิม ใช้สูตรของ สเปียร์แมน-บราวน์ (Spearman-Brown)

1.3.2.2 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูล แยกพิจารณา 2 กรณี คือ

1.3.2.2.1 เครื่องมือวัดให้คะแนนแบบสองค่า เช่น แบบทดสอบเลือกตอบ แบบทดสอบถูกผิด หรือแบบทดสอบเติมคำ เมื่อตอบถูก ให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน หรือแบบสอบถามบางเรื่องที่ให้เลือกตอบว่า ใช่หรือไม่ใช่ ถ้าใช่ให้ 1 ถ้าไม่ใช่ให้ 0 การหาค่าความเชื่อมั่นคำนวณได้จากสูตร คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตร KR-20 ใช้สำหรับคำนวณค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดที่ให้คะแนนแบบสองค่าเป็น 0 หรือ 1 และ KR-21 เป็นสูตรที่ปรับมาจากสูตร KR-20 โดยสมมติว่า ข้อสอบแต่ละข้อมีความยากเท่ากัน ข้อแตกต่างระหว่างสูตร KR-20 และสูตร KR-21 คือ การหาค่าความเชื่อมั่นของสูตร KR-21 มีข้อสมมุติเพิ่มว่า ข้อคำถามแต่ละข้อต้องมีความยากเท่ากัน ดังนั้น ไม่ต้องหาค่าความยากรายข้อ ทำให้การหาคำนวณง่ายขึ้นและหาได้รวดเร็ว เพราะเพียงแต่คำนวณค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ของกลุ่ม และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับซึ่งเป็นค่าสถิติของเครื่องมือวัด ที่ต้องคำนวณไว้ก่อนแล้ว ทำให้ค่าความเชื่อมั่นที่คำนวณด้วยสูตร KR-21 ได้ค่าประมาณที่ต่ำกว่าความเป็นจริงเสมอ

1.3.2.2.2 ถ้าเครื่องมือวัดนั้นให้คะแนนหลายค่า เช่น มาตรฐานประเมินค่า (Rating Scale) บุคลิกภาพฉบับหนึ่ง ให้คะแนนเป็นหลายค่าเมื่อข้อความนั้นตรงตามลักษณะของผู้ตอบจากน้อยสุดไปหามากสุดจะได้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4 และ 5 หรือแบบทดสอบอัตนัยฉบับหนึ่งมีคำถาม 5 ข้อแต่ละข้อคะแนนเต็ม 10 คะแนน ดังนั้น แต่ละข้อสามารถให้คะแนนหลายค่าตั้งแต่ 0 ถึง 10 คะแนน ในกรณีนี้ การหาค่าความเชื่อมั่นคำนวณได้จากสูตร สัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient-Alpha) หรือสูตรของครอนบัค (Cronbach)

1.3.3 วิธีแบ่งหลายส่วนกรณีส่วนย่อยมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสัมพันธ์

1.3.3.1 เมื่อใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาว (Nominal Lengths) ของเครื่องมือวัด โดยแบ่งเครื่องมือวัดเป็นส่วน ๆ เท่ากับจำนวนข้อ หรือแต่ละส่วนมีความยาวเท่ากัน 1 ข้อ และแต่ละข้อให้คะแนนเป็นสองค่า คือ ตอบถูก ได้ 1 ตอบผิด ได้ 0 สามารถคำนวณจากสัมประสิทธิ์ r_B (Coefficient r_B) ของบุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2538: 51) ซึ่งพัฒนามาจากสัมประสิทธิ์ r_{L2} ของ Liou สูตร r_B คล้ายกับสูตร KR-20 แต่ใช้ข้อตกลงแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ ดังนั้น สูตร r_B จึงเป็นสูตรปรับขยายสูตร KR-20 ข้อสังเกต สัมประสิทธิ์ r_B คำนวณค่าความเชื่อมั่นได้สูงกว่าสูตร KR-20 เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า การละเมิดข้อตกลงของความคู่ขนานมีผลต่อการหาค่าความเชื่อมั่น

1.3.3.2 เมื่อใช้จำนวนข้อเป็นตัวกำหนดความยาว (Nominal Lengths) ของเครื่องมือวัดคำนวณได้จากสูตร ราชู (Raju) สูตรนี้ใช้หาค่าความเชื่อมั่นเมื่อแบ่งเครื่องมือวัดออกเป็นหลาย ๆ ส่วน แต่ละส่วนมีจำนวนข้อหรือความยาวไม่เท่ากัน ราชู (Raju) ตั้งชื่อสูตรนี้ว่า สัมประสิทธิ์เบต้าเค (Coefficient- β_k) ถ้าแต่ละส่วนมีจำนวนข้อเท่ากันแล้วค่าสัมประสิทธิ์เบต้าเคจะเท่ากับสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค ดังนั้น สัมประสิทธิ์เบต้าเคจึงเป็นสูตรทั่วไปของสัมประสิทธิ์แอลฟา

1.3.3.3 เมื่อใช้ผลการสอบจริงเป็นตัวชี้บอกความยาว (Functional or Effective Lengths) ของเครื่องมือวัด หรือไม่ทราบความยาว (Unknown Lengths) คำนวณได้จากสูตร เฟลด์-ราชู (Feldt-Raju) สูตรทั่วไปที่แบ่งส่วนย่อยเป็น K ส่วน

2. ความเชื่อมั่นของการวัดแบบอิงเกณฑ์ แบ่งเป็นวิธีต่าง ๆ ดังนี้

2.1 วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นในการตัดสินใจแนกความรอบรู้

ค่าความเชื่อมั่นของการตัดสินใจแนกความรอบรู้ อาจนิยามในรูปของความสอดคล้องในการตัดสินใจแนกความรอบรู้ จากการสอบด้วยแบบทดสอบฉบับเดียวกันสองครั้ง หรือจากการสอบด้วยแบบสอบคู่ขนานสองฉบับ แล้วนำผลการสอบไปแจกแจง และหาค่าสัดส่วนของความสอดคล้องในการตัดสินใจแนกความรอบรู้จากผลการสอบทั้งสองครั้งหรือสองฉบับ สามารถคำนวณได้สองสูตร คือ สูตร P_0 แฮมเบิลตันและโนวิก (Hambleton and Novick) และสูตรสัมประสิทธิ์-แคปปา (K) สวามินาธาน แฮมเบิลตันและอัลจินา (Swaminathan, Hambleton and Algina) ปรับแก้สูตร P_0 โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa-K) ของโคเฮน (Cohen)

2.2 วิธีประมาณค่าความเชื่อมั่นของคะแนนแบบทดสอบอิงเกณฑ์

เป็นการหาค่าความสอดคล้องของฟังก์ชันการสูญเสียด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนน สามารถคำนวณได้จากสูตร ลิวิงสตัน (Livingston), ราชู (Raju)

4.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่น

บุญเชิด ภิบุญอนันตพงษ์ (2547: 237-242) กล่าวไว้ว่า ในการคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละวิธีอย่างระมัดระวัง นอกจากนั้น ยังต้องพิจารณาถึงปัจจัยประกอบอื่น ๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่น จนทำให้ค่าความเชื่อมั่นมีค่าสูงหรือต่ำเกินจริงได้ ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่นมี ดังนี้

1. พิสัยของความสามารถในกลุ่มตัวอย่าง สัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นเป็นค่าที่ได้จากการวัดในแต่ละครั้งว่าสามารถวัดลำดับที่ของคนในกลุ่มหนึ่ง ๆ ได้คงเส้นคงวาเพียงใด

2. ระดับความสามารถของนักเรียนในกลุ่ม สิ่งที่มีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่นที่เกิดจากตัวนักเรียนเองอีกแบบหนึ่ง คือ ระดับความสามารถของนักเรียน

3. ระดับความยากรายข้อ ความยากของข้อสอบมีอิทธิพลต่อค่าความเชื่อมั่นในแง่ที่ทำให้การกระจายของคะแนนมีมากน้อยต่างกัน การกระจายของคะแนนมากจะทำให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าคะแนนที่มีการกระจายน้อย เนื่องจากข้อสอบที่ง่ายมาก นักเรียนส่วนใหญ่ทำถูก คะแนนของ

แต่ละคนจะไม่แตกต่างกัน ทำนองเดียวกันข้อสอบที่ยากเกินไปนักเรียนส่วนใหญ่จะทำผิดเหมือนกัน คะแนนของแต่ละคนจึงไม่แตกต่างกัน ทำให้คะแนนมีการกระจายแคบ และเป็นเหตุให้ค่าความเชื่อมั่นลดต่ำลง

4. ความยาวของเครื่องมือวัด ความยาวหรือจำนวนข้อของเครื่องมือวัดมีผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่น โดยที่เครื่องมือวัดใดมีจำนวนข้อน้อยกว่าจะมีค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่า ถ้ามีจำนวนข้อมากกว่าจะมีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่า

5. ความคล้ายคลึงของเนื้อหาที่ออกข้อสอบ ข้อสอบที่วัดลักษณะเดียวกันทั้งหมดทั้งฉบับ หรือมีเนื้อหาข้อสอบคล้ายคลึงกัน จะมีค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าข้อสอบที่มีเนื้อหาที่แตกต่างกันมาก ๆ

6. แบบทดสอบแบบเร่งรีบ (Speed test) แบบทดสอบประเภทนี้ประกอบด้วยข้อสอบที่ง่าย ๆ แต่มีมากข้อ ผู้ตอบต้องอาศัยความรวดเร็วในการตอบคำถาม ซึ่งส่วนมากแล้วนักเรียนสามารถตอบถูกทุกข้อที่ทำทัน นั่นคือ ตอบถึงข้อใดก็มักจะได้คะแนนเท่านั้นเสมอ ดังนั้น การสอบแต่ละครั้งจะมีคะแนนเส้นคงวา หรือคงเดิมเสมอ ทำให้เครื่องมือวัดประเภทนี้มีค่าความเชื่อมั่นสูง

7. ตัวอย่างประชากรที่ใช้ทดลอง จะมีผลกระทบต่อค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่นำมาทดลองมีจำนวนน้อยเกินไปหรือในบางครั้งไม่เป็นตัวแทนของประชากร

8. ความเป็นปรนัย (Objectivity) ในที่นี้หมายถึง ความกระจำจัด แม่นยำ และปลอดจากความคลาดเคลื่อน เครื่องมือวัดที่มีความเป็นปรนัยสูงจึงเป็นเครื่องมือที่มีลักษณะสำคัญ คือ 1) ความแจ่มชัดในตัวเครื่องมือวัด ผู้สอบทุกคนเข้าใจคำถามตรงกัน และตรงกับ ความมุ่งหมายของเครื่องมือวัด คำอธิบายหรือคำชี้แจงในการตอบชัดเจน รู้ชัดว่าต้องการถามอะไร ไม่กำกวม ไม่กวน ไม่พลิกแพลงเล่นภาษา 2) ความชัดเจนในการตรวจให้คะแนน มีเกณฑ์ในการให้คะแนนไว้กระจำจัด มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนว่า การตอบถูกอย่างไรจะได้คะแนนเท่าไร ไม่ว่าใครมาตรวจจะได้คะแนนตรงกัน เพราะมีเกณฑ์ในการให้คะแนนอย่างเดียวกัน เช่น ตอบถูกได้ 1 คะแนน ผิดได้ 0 และ 3) มีความกระจำจัดในการตีความหมายคะแนน เช่น คะแนนจากการเดาคนที่ทำคะแนนได้สูงกว่าเป็นผู้มีความสามารถจริงสูงกว่าผู้ได้คะแนนน้อย กล่าวคือ มีอำนาจจำแนกสูง คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับความยากของเครื่องมือวัดด้วย ดังนั้น การแปลความหมายของคะแนนแบบอิงกลุ่มจึงต้องเปรียบเทียบอันดับภายในกลุ่มมากกว่าที่จะพึ่งเล็งคะแนนดิบ คะแนนแบบอิงเกณฑ์ก็ต้องเป็นตัวแทนที่จะเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงคุณลักษณะของบุคคลในเรื่องที่วัด กล่าวคือ เครื่องมือวัดเป็นตัวแทนกลุ่มง่าย กลุ่มของพฤติกรรมย่อย (Domain of behavior) ดังนั้น คะแนนที่เป็นปรนัยในแนวอิงเกณฑ์จึงเป็นคะแนนที่บ่งระดับของคุณลักษณะหรือความสามารถในเรื่องที่เครื่องมือวัดนั้นวัด

5. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่มีหลักการเชิงวิชาการ มีวิธีการวิเคราะห์ซับซ้อน เป็นวิธีการที่มีอำนาจสูง และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ และพฤติกรรมศาสตร์จนได้รับการยกย่องว่าเป็นวิธีการที่เยี่ยมยอดทางการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทั้งปวง คือ การวิเคราะห์

องค์ประกอบ (เพ็ญภา กลุณชาติ. 2547: 62; อ้างอิงจาก Kerlinger. 1973: 659) ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) เป็นชื่อทั่วไปที่ใช้เรียกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีวิธีการ และเป้าหมายการวิเคราะห์ต่างกัน คือ การวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์องค์ประกอบร่วม การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเหล่านี้ไม่ว่าวิธีใดวิธีหนึ่งต่างก็เป็นวิธีการที่มีประโยชน์ต่อนักวิจัยทั้งสิ้น

งลักษณ์ วิรัชชัย (2542: 122) กล่าวถึง การวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นวิธีการอธิบายข้อมูลให้ง่ายขึ้นด้วยการลดจำนวนตัวแปร (variable reduction) โดยการพยายามหาโครงสร้างตัวประกอบจำนวนน้อย ๆ ที่จะแทนตัวแปรจำนวนมาก ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก การวิจัยทางสังคมศาสตร์ และการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์นั้น เรามุ่งเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นลักษณะภายในที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงหรืออาจเรียกว่าตัวแปรแฝง และต้องศึกษาคุณลักษณะดังกล่าวนี้จากพฤติกรรมการแสดงออกของบุคคล โดยการวัดหรือการสังเกตพฤติกรรมเหล่านั้น แทนคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา ในทางปฏิบัตินักวิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลได้เป็นตัวแปรสังเกตได้หลายตัว และใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้องค์ประกอบอันเป็นคุณลักษณะที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา กล่าวได้ว่า วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ที่ช่วยให้นักวิจัยสร้างองค์ประกอบจากตัวแปรหลายๆ ตัวแปรโดยรวมกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นองค์ประกอบเดียวกัน และแต่ละองค์ประกอบ คือ ตัวแปรแฝงอันเป็นคุณลักษณะที่ผู้วิจัยต้องการศึกษา

งลักษณ์ วิรัชชัย (2542: 122) กล่าวว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

1. เพื่อสำรวจระบุ หรือศึกษาว่า องค์ประกอบร่วมที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยที่จำนวนองค์ประกอบร่วมที่หาได้ จะมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนตัวแปรซึ่งเป็นการลดจำนวนตัวแปรลง และได้องค์ประกอบหลัก ๆ เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis Model) การวิเคราะห์ในลักษณะนี้ทำให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจลักษณะของข้อมูล และสะดวกในการแปลความหมาย

2. เพื่อต้องการทดสอบสมมุติฐานเกี่ยวกับแบบแผน โครงสร้างขององค์ประกอบว่า องค์ประกอบแต่ละตัว ประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละตัวควรมีน้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับองค์ประกอบมากน้อยเพียงใด ตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่ หรือสรุปได้ว่า เพื่อต้องการทดสอบว่าองค์ประกอบอย่างนี้ ตรงกับโมเดลหรือตรงกับทฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่ โมเดลนี้เรียกว่า Confirmatory Factor Analysis Model

แซทฟีวส์ และโคลลิน (เพ็ญภา กลุณชาติ. 2547: 63; อ้างอิงจาก Chatfield and Collins. 1980: 89) กล่าวว่า ในปัจจุบันนักวิจัยเริ่มใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis Model: CFA) แทนการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจมากขึ้น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก องค์ประกอบเชิงสำรวจมีรูปแบบวิเคราะห์หลากหลาย และได้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่สอดคล้องกัน นอกจากนี้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจยังมีข้อดลงเบื้องต้นที่เข้มงวดและไม่ตรงตามความเป็นจริง เช่น ข้อดลงเบื้องต้นที่ว่า ตัวแปรสังเกตได้ทุกตัวเป็นผลมา

จากองค์ประกอบร่วมทุกตัว ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรไม่สัมพันธ์กัน รวมทั้งสเกลองค์ประกอบที่สร้างขึ้นแปลความหมายได้ยาก เพราะในบางครั้งสเกลองค์ประกอบเกิดจากการสุ่มตัวแปรที่ไม่น่าจะมีองค์ประกอบร่วมกัน จุดอ่อนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจนี้ ทำให้ Long (1983: 12) กล่าวว่า สำหรับนักวิจัยหลายคนใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเป็น GIGO model (Garbage In and Garbage Out model) และเสนอว่า ถ้าทำได้นักวิจัยไม่ควรใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจเลย

5.1 เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีการปรับปรุงจุดอ่อนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจได้เกือบทั้งหมด โดยข้อดกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมีความสมเหตุสมผลตรงตามความเป็นจริงมากกว่าการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ นักวิจัยต้องมีทฤษฎีสนับสนุนในการกำหนดเงื่อนไขบังคับ ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ และเมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วยังมีการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์อีกด้วย รวมทั้งยังมีการตรวจสอบโครงสร้างของโมเดลว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตัวอย่างหลาย ๆ กลุ่มหรือไม่ (เนงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 122)

5.2 วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

วัตถุประสงค์ของการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันมี 3 ประการ (เนงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 122) คือ

1. นักวิจัยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบนี้ เพื่อตรวจสอบทฤษฎีที่ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์องค์ประกอบ
2. ใช้เพื่อสำรวจและระบุองค์ประกอบ
3. ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างตัวแปรใหม่ แต่เทคนิคนี้สามารถใช้วิเคราะห์ข้อมูลโดยมีข้อดกลงเบื้องต้นน้อยกว่าเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ เช่น ส่วนที่เป็นความคลาดเคลื่อนอาจสัมพันธ์กันได้

5.3 ขั้นตอนของการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน

โจเรสกอก และซอร์บอม (Joreskog and Sorbom. 1989: 16) ได้เสนอขั้นตอนการใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน มีดังต่อไปนี้

1. การเตรียมเมทริกซ์สหสัมพันธ์
2. การสกัดองค์ประกอบขั้นต้น
3. การหมุนแกน
4. การสร้างสเกลองค์ประกอบ

โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ (Multiple Group Structural Equation Model) เป็นโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นหรือโมเดลลิสเรล (Linear Structural Relationship or LISREL model) ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับประชากรหลายกลุ่ม วิธีการนี้มีข้อดกลงเบื้องต้น

ว่ากลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระจากกัน และได้มาโดยการสุ่มจากกลุ่มประชากรแต่ละกลุ่ม (Joreskog and Sorbom. 1989: 16)

จุดเด่นที่สำคัญของการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ สรุปได้ 5 ประการคือ

1. การวิเคราะห์โมเดลลิสเรลที่เป็นโมเดลการวัด (Measurement Model) ตามหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) ในการประมาณค่าตัวแปรแฝง ตามโมเดลความสัมพันธ์โครงสร้างเชิงเส้นระหว่างตัวแปรสังเกตได้กับตัวแปรแฝง มีการนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาร่วมวิเคราะห์ด้วย โดยไม่ต้องกำหนดข้อตกลงว่าตัวแปรวัดโดยไม่มี ความคลาดเคลื่อน

2. มีการผ่อนคลายข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับเทอมความคลาดเคลื่อนหลายข้อ เช่น ยอมให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ เป็นต้น ทำให้ข้อมูลตามสภาพความเป็นจริง สอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของสถิติวิเคราะห์ และผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากขึ้น

3. มีกระบวนการตรวจสอบความตรงของโมเดลหรือความสอดคล้องระหว่างโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ชัดเจน และผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ค่าประมาณพารามิเตอร์ รวมทั้งมีการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าพารามิเตอร์ทุกค่าด้วย (นงลักษณ์ วิรัชชัย.2542; อ้างอิงจาก Joreskog and Sorbom. 1989 : 16)

จุดเด่นทั้ง 3 ประการ นี้เป็นจุดเด่นของการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลทั่วไป

4. มีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลแต่ละกลุ่มประชากร ค่าพารามิเตอร์นี้เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในโมเดลทั้งที่เป็นตัวแปรสังเกตได้และตัวแปรแฝงซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการอธิบายความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างตัวแปร และเป็นประโยชน์ในการพัฒนาตัวบ่งชี้

5. มีการทดสอบความไม่แปรเปลี่ยน (Invariance) ของค่าพารามิเตอร์ในโมเดลระหว่างกลุ่มประชากรที่แตกต่างกันมีความคงที่ทุกกลุ่มประชากรหรือไม่ ผลการทดสอบจะเป็นเครื่องมือยืนยันว่า โมเดลลิสเรลแต่ละกลุ่มประชากร เป็นโมเดลรูปแบบเดียวกันและมีค่าพารามิเตอร์เท่ากันหรือไม่ (Bollen. 1989: 104 และ Joreskog and Sorbom. 1989:18)

จุดเด่นที่สำคัญทั้งสอง ในประการที่ 4 และ 5 นี้ ทำให้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุ มีประโยชน์มากในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบหรือทดสอบความไม่แปรเปลี่ยนของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มประชากรที่มีลักษณะต่างกันได้ เป็นอย่างดี ทั้งนี้เนื่องจากในสภาพปรากฏการณ์การวิจัยทางสังคมศาสตร์ กลุ่มประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย มักจะมีความแตกต่างกันในหลายคุณลักษณะ เช่น เชื้อชาติ ศาสนา วัฒนธรรม สถานภาพทางเศรษฐกิจ สังคม องค์กร พื้นที่ ภาควิชาศาสตร์ เป็นต้น ในสถานการณ์ที่ผู้วิจัยต้องการทราบว่าค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสเรล สำหรับประชากรกลุ่มหนึ่งมีค่าแตกต่างจากค่าพารามิเตอร์ในโมเดลลิสเรลสำหรับประชากรกลุ่มอื่นหรือไม่ การวิเคราะห์ลิสเรลโดยใช้โมเดลสมการโครงสร้างกลุ่มพหุจึงมีประโยชน์อย่างยิ่ง (วรณี แกมเกตุ. 2540: 43)

5.4 การตรวจสอบความตรงของโมเดล (Validation of the model)

ขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์โมเดลลิสเรลอีกขั้นตอนหนึ่ง คือ การตรวจสอบความตรงของโมเดลลิสเรลที่เป็นสมมุติฐานการวิจัย หรือการประเมินผลความถูกต้องของโมเดล หรือการตรวจสอบความกลมกลืนระหว่างข้อมูลเชิงประจักษ์กับโมเดล โปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าสถิติที่ช่วยตรวจสอบความตรงของโมเดล 5 วิธี (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 53 ; อ้างอิงจาก Joreskog and Sorbom. 1989: 23-28) ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและสหสัมพันธ์ของค่าประมาณพารามิเตอร์ (Standard Errors and Correlations of Estimates) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะมีค่าประมาณพารามิเตอร์ ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ค่าสถิติที่ และสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณ ถ้าค่าประมาณที่ได้ไม่มีนัยสำคัญ แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีขนาดใหญ่ และโมเดลการวิจัยอาจจะยังไม่ดีพอ ถ้าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าประมาณมีค่าสูงมากเป็นสัญญาณแสดงว่า โมเดลการวิจัยใกล้จะไม่เป็นบวกแน่นอน (Non-Positive Definite) และเป็นโมเดลที่ไม่ดีพอ

2. สหสัมพันธ์พหุคูณ และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ (Multiple Correlations and Coefficients of Determination) ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรลจะให้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ และสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สำหรับตัวแปรสังเกตได้ แยกทีละตัว และรวมทุกตัวรวมทั้งสัมประสิทธิ์การพยากรณ์ของสมการโครงสร้างด้วย ค่าสถิติเหล่านี้ควรมีค่าสูงสุดไม่เกินหนึ่งและค่าที่สูงกว่าแสดงว่า โมเดลมีความตรง

3. ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit Measures) ค่าสถิติในกลุ่มนี้ใช้ตรวจสอบความตรงของโมเดลเป็นภาพรวมทั้งโมเดล ไม่ใช่เป็นการตรวจสอบเฉพาะค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวเหมือนค่าสถิติสองประเภทแรก ในทางปฏิบัตินักวิจัยควรใช้สถิติวัดระดับความกลมกลืนตรวจสอบความตรงของโมเดลทั้งโมเดล แล้วตรวจสอบความตรงของพารามิเตอร์แต่ละตัวโดยพิจารณาค่าสถิติสองประเภทแรกด้วย เพราะในบางกรณีแม้ว่าค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนจะแสดงว่า โมเดลกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แต่อาจจะมีพารามิเตอร์บางค่าไม่มีนัยสำคัญก็ได้ นอกจากนี้ ค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนยังใช้ประโยชน์ในการเปรียบเทียบโมเดลที่แตกต่างกัน สองโมเดลได้ด้วยว่า โมเดลใดมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์มากกว่ากัน ค่าสถิติในกลุ่มนี้สำหรับโปรแกรมลิสเรลมี 4 ประเภท (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 53; อ้างอิงจาก Joreskog and Sorbom. 1989: 23-28) ดังต่อไปนี้

3.1 ค่าสถิติ ไค-สแควร์ (Chi-Square Statistics) เป็นค่าสถิติใช้ทดสอบสมมุติฐานทางสถิติว่า ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์ การคำนวณค่าไค-สแควร์คำนวณจากผลคูณขององศาอิสระกับค่าของฟังก์ชันความกลมกลืน ถ้าค่าสถิติ ไค-สแควร์มีค่าสูงมากแสดงว่า ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ โมเดลลิสเรลไม่มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ถ้าสถิติไค-สแควร์ มีค่าต่ำมาก และยังมีค่าใกล้เคียงศูนย์มากเท่าไร แสดงว่า โมเดลลิสเรลสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

การใช้ค่าสถิติไค-สแควร์เป็นค่าสถิติวัดระดับความกลมกลืนต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะข้อดกลงเบื้องต้นของค่าสถิติไค-สแควร์ มี 4 ประการ คือ

1. ตัวแปรภายนอกสังเกตได้ต้องมีการแจกแจงปกติ
2. การวิเคราะห์ข้อมูลต้องใช้เมทริกซ์ ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมในการคำนวณ

3. ขนาดของกลุ่มตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ เพราะฟังก์ชันของความกลมกลืนจะมีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ต่อเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่เท่านั้น

4. ฟังก์ชันความกลมกลืนมีค่าเป็นศูนย์จริงตามสมมุติฐานที่ใช้ทดสอบไค-สแควร์ ดังนั้น การวิเคราะห์โมเดลลิสเรล นักวิจัยควรตรวจสอบข้อมูลก่อนว่ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ตัวแปรภายนอกมีการแจกแจงแบบปกติ และใช้เมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมลิสเรล

3.2 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืน (Goodness of Fit index: GFI) ดัชนี GFI เป็นดัชนีที่โจเรสกอก และซอบอม (Joreskog and Sorbom, 1989: 23-28) พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์จากค่าไค-สแควร์ ในการเปรียบเทียบระดับความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล หลักการพัฒนา GFI คือ การนำไค-สแควร์มาพิจารณา ถ้าค่าไค-สแควร์มีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับองศาอิสระ นักวิจัยปรับโมเดลใหม่แล้ววิเคราะห์ข้อมูลอีกครั้ง ค่าไค-สแควร์ที่ได้ใหม่นี้ถ้ามีค่าลดลงมากกว่าค่าแรก แสดงว่า โมเดลใหม่มีค่าความสอดคล้อง กับข้อมูลเชิงประจักษ์ดีขึ้น ดัชนี GFI เป็นอัตราส่วนของผลต่างระหว่างฟังก์ชันความกลมกลืนจากโมเดลก่อนปรับและหลังปรับโมเดล กับฟังก์ชันความกลมกลืนก่อนปรับโมเดล

ดัชนี GFI จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และเป็นค่าที่ไม่ขึ้นกับขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าดัชนี GFI เข้าใกล้ 1 แสดงว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.3 ดัชนีวัดระดับความกลมกลืนที่ปรับแก้แล้ว (Adjusted Goodness of Fit Index: AGFI) เมื่อนำดัชนี GFI มาปรับแก้ โดยคำนึงถึงขนาดขององศาความเป็นอิสระ ซึ่งรวมทั้งจำนวนตัวแปรและขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จะได้ค่าดัชนี AGFI ที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับดัชนี GFI

3.4 ดัชนีรากของค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนที่เหลือ (Root Mean Squared Residual: RMR) ดัชนี RMR เป็นดัชนีที่ใช้เปรียบเทียบระดับความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของโมเดลสองโมเดล เฉพาะกรณีที่เป็นการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน ในขณะที่ดัชนี GFI และ AGFI สามารถใช้เปรียบเทียบได้ทั้งกรณีข้อมูลชุดเดียวกันและข้อมูลต่างชุดกัน ดัชนี RMR บอกขนาดของส่วนที่เหลือโดยเฉลี่ย จากการเปรียบเทียบระดับความกลมกลืนของโมเดลสองโมเดล กับข้อมูลเชิงประจักษ์ และจะใช้ได้ต่อเมื่อตัวแปรภายนอกและตัวแปรสังเกตได้ เป็นตัวแปรมาตรฐานเพราะค่าดัชนีแปลความหมายสัมพันธ์กับขนาดของความแปรปรวน และความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปร ค่าของดัชนี RMR ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า โมเดลมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

4. การวิเคราะห์เศษเหลือหรือความคลาดเคลื่อน (Analysis of Residuals) ในการใช้โปรแกรมลิสเรล นักวิจัยควรวิเคราะห์เศษเหลือควบคู่กับดัชนีตัวอื่นที่กล่าวแล้ว ผลจากการวิเคราะห์มีหลายแบบ แต่ละแบบใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ดังนี้

4.1 เมทริกซ์เศษเหลือ หรือความคลาดเคลื่อนในการเทียบความกลมกลืน โปรแกรมจะหาค่าความคลาดเคลื่อนทั้งในรูปคะแนนดิบ และคะแนนมาตรฐาน ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน คือ ผลหารระหว่างความคลาดเคลื่อนกับความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนนั้น ถ้าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูล ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนควรมีค่าไม่เกิน 2 ถ้ามีค่าเกิน 2 ต้องปรับโมเดล

4.2 กิวพล็อต เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าควอนไทล์ปกติ ถ้าได้เส้นกราฟที่มีความชันมากกว่าเส้นทแยงมุม อันเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบแสดงว่าโมเดลมีความสอดคล้องกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

5. ดัชนีดัดแปรโมเดล (Model Modification Indices) ดัชนีตัวนี้เป็นประโยชน์มากในการปรับโมเดล ดัชนีดัดแปรโมเดลเป็นค่าสถิติเฉพาะสำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัว มีค่าเท่ากับไค-สแควร์ ที่จะลดลงเมื่อกำหนดให้ค่าพารามิเตอร์ตัวนั้นเป็นพารามิเตอร์อิสระ หรือมีการผ่อนคลายข้อกำหนดเงื่อนไขบังคับของพารามิเตอร์นั้น ข้อมูลที่ได้นี้เป็นประโยชน์มากสำหรับนักวิจัยในการตัดสินใจปรับโมเดลลิสเรลให้ดีขึ้น (นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2542: 57)

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยต่างประเทศ

ครอสส์ และแกเออร์ (นงนุช วรรณหะ. 2514: 8; อ้างอิงจาก Cross and Gaier. 1955 : 193-206) ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยสร้างแบบทดสอบขึ้นเรียกว่า The Balance Problems Test (BPT) เพื่อใช้วัดและเปรียบเทียบความชอบในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาในขอบเขตที่กำหนดให้ ระหว่างนักเรียนกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง กับกลุ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ ในการศึกษาใช้เกณฑ์ (Criterion) 5 ชนิดด้วยกัน คือ ระดับการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Level) เกรดเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ (Average Mathematics Grade) เกรดเฉลี่ยตลอดปีการศึกษา (Yearly Average Grade) ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ (Physical Science Achievement) และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษา (Social Science Achievement) นอกจากนี้ ยังได้ศึกษาการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยในวิชาคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับตัวแปรอีก 2 ชนิด คือ ความถนัดด้านภาษา (Language) และความถนัดที่ไม่เกี่ยวกับภาษา (Non-Language) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 39 คน ซึ่งมีความรู้พื้นฐานในวิชาการต่างกัน ปรากฏผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ดังนี้ นักเรียนที่ได้เรียนวิชาคณิตศาสตร์หลายวิชา จะชอบใช้หลักการใน BPT แก้ปัญหา ($r = .71$)

มากกว่าใช้ข้อเท็จจริง ($r = -.61$) การใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการต้องอาศัยเวลามากด้วย ($r = .20$) ถ้าพิจารณาคำตอบที่ถูกต้องแล้ว จะพบว่า ใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงส่วนน้อย ($r = -.29$) ส่วนการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยในการเรียนคณิตศาสตร์ คะแนนน้ำหนัก (weigh) ในการทำ BPT (ซึ่งเป็นคะแนนของจำนวนคำตอบถูกจากการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการอย่างเดียว) เป็นตัวพยากรณ์ได้ดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวพยากรณ์อีก 2 ชนิด คือ ความถนัดด้านภาษาและความถนัดที่ไม่เกี่ยวกับภาษา นอกจากนี้ จำนวนคำตอบถูกจากการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการยังมีสหสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ($r = .61$) สูงกว่าค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษา ($r = .32$) ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริงกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาสังคมศึกษาสัมพันธ์กันในทางลบ ($r = -.60$) สูงกว่า ค่าสหสัมพันธ์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ($r = -.37$)

นอร์ตัน (Norton. 1972: 204-A) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 4, 5 และ 6 โดยคัดมาจากโรงเรียนในเมืองออสติน (Austin) รัฐเท็กซัส (Texas) ในการศึกษาครั้งนี้ ความสามารถในการแก้ปัญหาพิจารณาจากคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบซึ่งแบ่งเป็นห้าตอน ตามลำดับขั้นของการแก้ปัญหา คือ ทำความเข้าใจกับปัญหา กำหนดปัญหา หาวิธีแก้ไข วิเคราะห์ข้อมูล พิสูจน์ปัญหา ผลปรากฏว่า ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสัมพันธ์กับความรู้ความสามารถที่มีอยู่แล้ว

ชอร์ (Shaw. 1977: 5337-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาถึงการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดแก้ปัญหา ที่สามารถส่งผลถึงทักษะการคิดแก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษา โดยฝึกกระบวนการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เน้นทักษะการแก้ปัญหาให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนสูงด้านทักษะการคิดแก้ปัญหาทั้งวิชาวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นการแสดงให้เห็นว่า ทักษะในการคิดแก้ปัญหาสามารถสอนโดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ และกระบวนการเหล่านั้นจะถ่ายทอดไปยังเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้

พุท (Putt. 1979: 5382-A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เมื่อมีกระบวนการแก้ปัญหาต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนแรกได้รับการสอนกลวิธีในการแก้ปัญหา ห้องเรียนที่สองให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงจากการแก้ปัญหา ที่ไม่ได้รับการสอนในห้องเรียน ใช้เวลาทำการทดลอง 4 สัปดาห์ แล้ววัดผลในการแก้ปัญหาผลการวิจัยพบว่า การแก้ปัญหาทั้งสองแบบของนักเรียนทั้งสองห้องไม่แตกต่างกัน

6.2 งานวิจัยในประเทศ

นนุช วรรณวาทะ (2514: 14-72) ได้วิจัยถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสัมพันธ์ทางบวก กับการ

เลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ

จิตนา ราชรองเมือง (2516: 76-82) ได้วิจัยถึงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดแบบสืบสวน สอบสวน วิธีการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ ความคิดแบบสืบสวนสอบสวน ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับวิธีการแก้ปัญหา โดยอาศัยหลักการมากกว่าวิธีการแก้ปัญหา อาศัยข้อเท็จจริง และความคิดแบบสืบสวน สอบสวน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหา (ไม่คำนึงถึงวิธีการ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ

วรรณดี วรรณศิลป์ (2522: 1-36) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ในเขตกรุงเทพมหานคร ผลการศึกษพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตลอดทั้งภาคเรียนสูงและต่ำ มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อนันต์ จันทร์ทวี (2525: 1-37) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดแก้ปัญหา กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบทดสอบวัดพฤติกรรม การคิดแก้ปัญหา 4 ด้าน คือ ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคำนวณ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายเลือกใช้แนวคิดแก้ปัญหาด้านการวิเคราะห์สูงสุด ส่วนนักเรียนหญิงเลือกใช้ด้านความรู้ความจำสูงสุด และทั้งสองเพศเลือกใช้แนวการคิดแก้ปัญหาทางด้านการนำไปใช้ต่ำสุด

มานัส เพ็ญโรจน์ (2527: 49-57) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนจากการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะแนะให้ค้นพบด้วยตนเอง และการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะบอกเล่า กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม จังหวัดชัยนาท โดยให้กลุ่มทดลองเรียนจากการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะแนะให้ค้นพบด้วยตนเอง ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนจากการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะบอกเล่า ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้วยความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนที่เรียนจากการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะแนะให้ค้นพบด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่เรียนจากการใช้ภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะบอกเล่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มิ่ง เทพครเมือง (2539: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจสอบหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบการคิดเอกชนัยด้านสัญลักษณ์ 6 ฉบับ ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2538 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาจังหวัดเชียงราย จำนวน 586 คน ผลการศึกษพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดเอกชนัยทางสัญลักษณ์ทั้ง 6 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .742 ถึง .8144 และค่าความ

เที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า แบบทดสอบแต่ละฉบับมีความเที่ยงตรงในการวัดองค์ประกอบการคิดเอกชนัยทางสัญลักษณ์แบบหน่วย แบบกลุ่ม แบบความสัมพันธ์ แบบระบบ แบบการแปลงรูป และแบบการประยุกต์โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แบบทดสอบทั้ง 6 ฉบับมีความเที่ยงตรงในการวัดองค์ประกอบการคิดเอกชนัยทางสัญลักษณ์ร่วมกัน โดยมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นพดล กองศิลป์ (2540: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแสดงหลักฐานของความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ ของแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจทางภาษาแบบประยุกต์ตามโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงสำรวจและวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด ตามวิธีการของโจเรสกอก และซอร์บอม (Joreskog and Sorbom: 1989) และคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตรของเฟลด์ – ราชู (Feldt – Raju) กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 900 คน ผลการศึกษาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง ของแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจทางภาษาประยุกต์ทั้ง 5 ฉบับ คือ การให้ทางเลือก การทดสอบเครื่องมือเครื่องใช้ การตั้งคำถามให้ตรงกับเนื้อเรื่อง การมองเห็นความบกพร่องและการมองเห็นปัญหา โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ พบว่า แบบทดสอบแต่ละฉบับวัดองค์ประกอบร่วมกัน 1 องค์ประกอบโดยมีน้ำหนักร่วมกันอยู่ระหว่าง .548 ถึง .713 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างที่ได้จากการวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า แบบทดสอบทั้ง 5 ฉบับ มีความเที่ยงตรงในการวัดองค์ประกอบความรู้ความเข้าใจทางภาษาแบบประยุกต์ โดยมีน้ำหนักองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์มีค่าอยู่ระหว่าง .784 ถึง .887

สนอง ตรงเที่ยง (2540: 61–63) ได้ศึกษาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบวัดการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป และแบบทดสอบวัดการประเมินค่าทางภาษาแบบการแปลงรูปตามทฤษฎีโครงสร้างทางปัญญาของกิลฟอร์ด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดนนทบุรี จำนวน 610 คน ผลการศึกษาพบว่า ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบจากการวิเคราะห์เชิงสำรวจพบว่าแบบทดสอบทั้งสองฉบับวัดองค์ประกอบร่วมกัน คือ องค์ประกอบการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป และองค์ประกอบการประเมินค่าทางภาษาแบบการแปลงรูป สำหรับการวิเคราะห์เชิงยืนยันด้วยวิธีความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า แบบทดสอบฉบับถอดรหัส ฉบับการสลับที่ตัวอักษร และฉบับการตัดสินใจถูกต้องของนิพจน์ วัดองค์ประกอบด้านการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแบบทดสอบฉบับตัดสินใจการใช้ประโยชน์ของสิ่งของ และฉบับการเปรียบเทียบประโยคที่ใช้บรรยายภาพ วัดองค์ประกอบด้านการประเมินค่าทางภาษาแบบการแปลงรูปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แบบทดสอบการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูปจำนวน 3 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์

คือ .740 .749 และ .763 ตามลำดับ แบบทดสอบการประเมินค่าทางภาษาแบบการแปลงรูป จำนวน 2 ฉบับ มีค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ คือ .717 และ .742 ตามลำดับ

สุภาพร บุญหนัก (2544: 73) ได้ศึกษาและพัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ โดยวิธีการแก้ปัญหา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยใช้ชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีการแก้ปัญหา หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีความสัมพันธ์ กับวิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียน และการแก้ปัญหาของแต่ละบุคคลนั้นมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ วุฒิภาวะทางสมอง ประสบการณ์ ความสนใจ ความพร้อม แรงจูงใจ อารมณ์ และสภาพแวดล้อม สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียนรู้จักคิด รู้จักวิธีการแก้ปัญหา รู้จักพิสูจน์หาข้อสรุป มีการวางแผนในการแก้ปัญหา ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียน กระบวนการ ทดสอบเพื่อการคัดกรองผู้ที่มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา ด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มาใช้ในการดำเนินการทดสอบ จะสามารถดำเนินการได้สะดวกรวดเร็วและแม่นยำ ในการวัด ประเมินผู้เรียนต้องมีเครื่องมือวัดที่มีคุณภาพ ซึ่งมีดัชนีบ่งชี้คุณภาพของเครื่องมือวัดที่สำคัญ ได้แก่ ดัชนีความง่าย ดัชนีอำนาจจำแนก ดัชนีความเที่ยงตรงและดัชนีความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด ประเมิน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 660 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ซึ่งเลือกมาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ระดับชั้นเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) จำนวน 186 คน

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

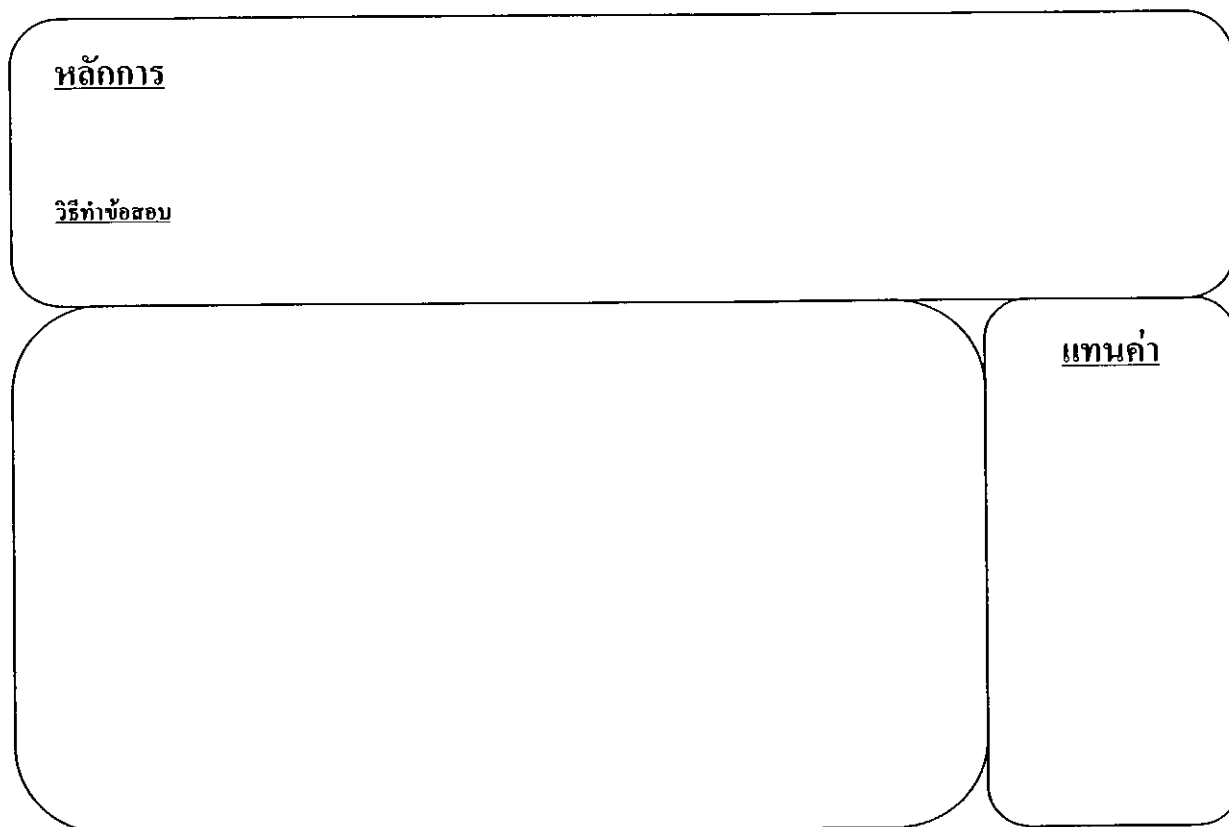
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น “แบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา” ตามแนวของครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier, 1955: 193–206) มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ลักษณะของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ซึ่งใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายใน (Local Area Network: LAN) และจัดเก็บแบบทดสอบที่เครื่องแม่ข่ายหรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) ในการทดสอบกับนักเรียนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเวิร์กสเตชัน (Workstation) ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายภายใน แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น แบ่งเป็น 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ รวมทั้งหมดจำนวน 30 ข้อ ในแต่ละตอนของข้อคำถามอาจแก้ปัญหาได้ 2 วิธี คือ การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการเดียวกัน หรือโดยอาศัยข้อเท็จจริง นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่งหรือใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน

1.2 ส่วนประกอบของแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นหลักการ ส่วนที่เป็นข้อเท็จจริง และส่วนที่เป็นข้อคำถามและการตอบ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ส่วนประกอบของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนที่เป็นหลักการ เป็นส่วนที่แสดงข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหาในข้อต่าง ๆ ในแต่ละตอน ซึ่งข้อความหรือกฎความสัมพันธ์นี้เรียกว่า “หลักการ” ถูกซ่อนไว้เมื่อต้องการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาให้เลือก “หลักการ” กำหนดไว้ อยู่ส่วนบนของจอภาพ

2. ส่วนที่เป็นข้อเท็จจริง เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดและตัวเลข เพื่อให้นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหาเฉพาะข้อ ซึ่งตัวเลขแทนสัญลักษณ์นี้เรียกว่า “ข้อเท็จจริง” ถูกซ่อนไว้เมื่อต้องการนำมาใช้ในการแก้ปัญหาให้เลือก “แทนค่า” กำหนดไว้อยู่ส่วนล่างขวามือของจอภาพในระดับเดียวกับข้อคำถามแต่ละข้อ

3. ส่วนที่เป็นข้อคำถามและการตอบ เป็นส่วนที่แสดงคำถามในแต่ละข้อ และปุ่มสำหรับเลือกตอบ เพื่อให้นักเรียนเลือกคำตอบและบันทึกคำตอบลงในระบบคอมพิวเตอร์ กำหนดไว้ว่าอยู่ส่วนล่างซ้ายมือของจอภาพในระดับเดียวกับข้อเท็จจริง

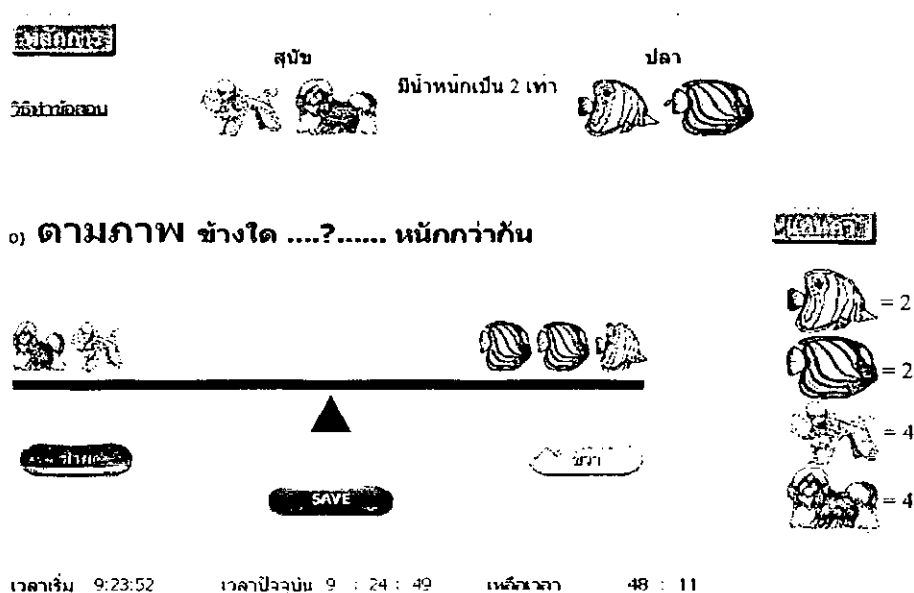
ในการแก้ปัญหา นักเรียนต้องการใช้วิธีใด ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์คลิกที่ปุ่ม “หลักการ” หรือ “ข้อเท็จจริง” เพื่อเปิดข้อมูลรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ และถ้านักเรียนไม่เข้าใจวิธีทำแบบทดสอบในแต่ละลักษณะให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ปุ่ม “วิธีทำข้อสอบ” เพื่อดูตัวอย่างและคำอธิบายวิธีการทำแบบทดสอบแต่ละลักษณะ ในการใช้แบบทดสอบแต่ละลักษณะ (ดูภาคผนวก ข)

1.3 ตัวอย่างแบบทดสอบ

แบบทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำแนกตามลักษณะคำถามได้ 5 แบบ ดังนี้

1.3.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยมีข้อคำถามดังนี้

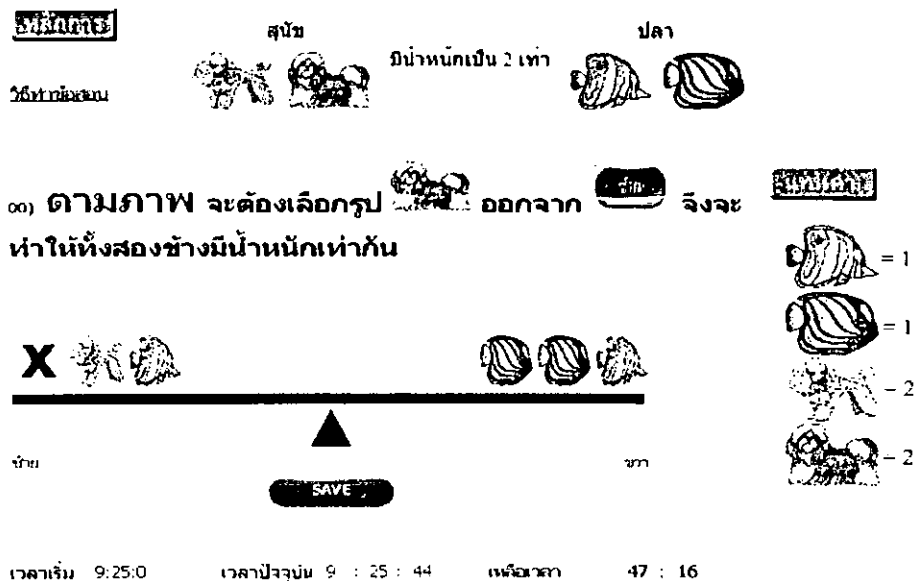
“ตามภาพ ข้างใด ? หนักกว่ากัน” ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ลักษณะคำถามแบบที่ 1

1.3.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยมีข้อคำถามดังนี้

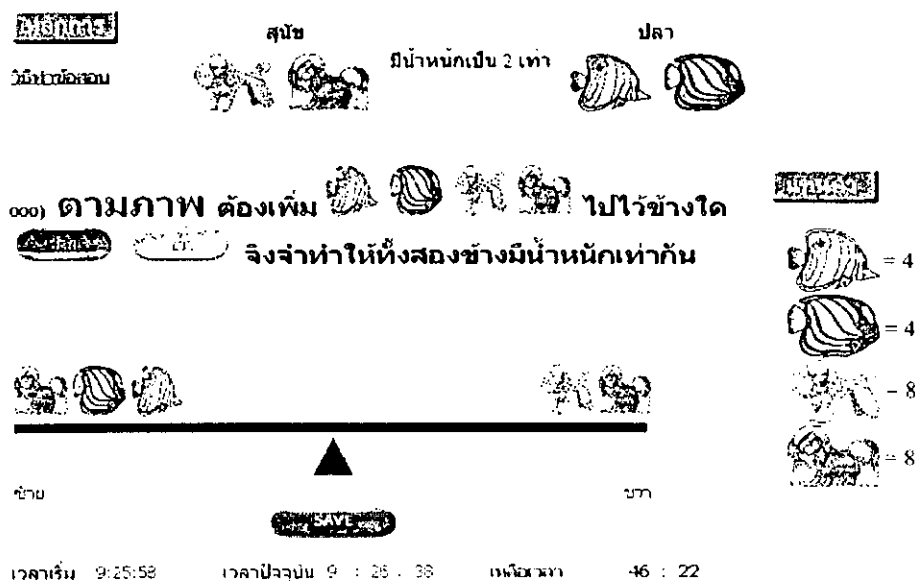
"ตามภาพ จะต้องเลือกภาพ ? ออกจาก ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน" ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ลักษณะคำถามแบบที่ 2

1.3.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยมีข้อคำถามดังนี้

"ตามภาพ ต้องเพิ่ม ? ไปไว้ข้างใด ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน" ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 ลักษณะคำถามแบบที่ 3

1.3.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยมีข้อคำถามดังนี้

"ตามภาพ จะต้องย้ายภาพใด ? ไปไว้ข้างใด ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน" ดังแสดงในภาพประกอบ 5

ข้อสังเกต

น้ำหนักของ
ตุ้มน้ำหนัก
ตุ้ม
มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า
ปลา

0000) ตามภาพ จะต้องย้าย  ไปที่  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

ซ้าย                 

1.4 การจัดเรียงแบบทดสอบ

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ แบ่งเป็น 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ จำนวน 30 ข้อ ซึ่งในแต่ละตอนประกอบด้วยลักษณะข้อคำถาม 5 แบบ ที่ทำการจัดเรียงแบบทดสอบส่วนที่เป็นหลักการจากระดับซับซ้อนน้อยไปหาระดับความซับซ้อนมากขึ้น ดังนี้

ตอนที่ 1 “ผลไม้ แดงโม, แคนตาลูป มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ มังคุด, แอปเปิ้ล”

ตอนที่ 2 “สุนัขมีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของลิง และลิงมีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ แมว”

ตอนที่ 3 “สุนัขมีน้ำหนักเป็น 3 เท่าของแมว และลิงมีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ แมว”

ตอนที่ 4 “สุนัขมีน้ำหนักมากกว่าลิงอยู่ 1 หน่วย และลิงมีน้ำหนักมากกว่า 1 หน่วย”

ตอนที่ 5 “สุนัข มีน้ำหนักมากกว่าลิงอยู่ 1 หน่วย และลิงมีน้ำหนักมากกว่าแมวอยู่ 1 หน่วย และแมวมีน้ำหนักมากกว่า 1 หน่วย”

ตอนที่ 6 “สุนัขมีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของลิง และลิงมีน้ำหนักมากกว่าแมวอยู่ 1 หน่วย และแมวมีน้ำหนักมากกว่า 2 หน่วย”

1.5. เกณฑ์การตรวจให้คะแนน

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหานี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา โดยแบ่งออกเป็น 4 วิธี ดังนี้

ตาราง 1 วิธีการตรวจให้คะแนน แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์

การตรวจให้คะแนน	ตอบถูกโดยอาศัย			ตอบผิด
	หลักการ อย่างเดียว	ข้อเท็จจริง อย่างเดียว	หลักการ + ข้อเท็จจริง	
1 วิธีถ่วงน้ำหนัก	2	0	1	0
2 วิธีตอบถูกตามหลักการ	1	0	0	0
3 วิธีการแก้ปัญหา	2	1	.5	0
4 วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	1	1	1	0

วิธีที่ 1 “การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก” (เขียนย่อว่า “วิธีถ่วงน้ำหนัก”) คะแนนชุดนี้เป็นการตรวจให้คะแนนข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 0 คะแนน และถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการพร้อมกับอาศัยข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 1 คะแนน พิสัยของคะแนนมีค่าจาก 0 ถึงสูงสุด 60 คะแนน

วิธีที่ 2 “การตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการ” (เขียนย่อว่า “วิธีตอบถูกตามหลักการ”) คะแนนชุดนี้เป็นการตรวจให้คะแนนข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 0 คะแนน และถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการพร้อมกับอาศัยข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 0 คะแนน พิสัยของคะแนนมีค่าจาก 0 ถึงสูงสุด 30 คะแนน

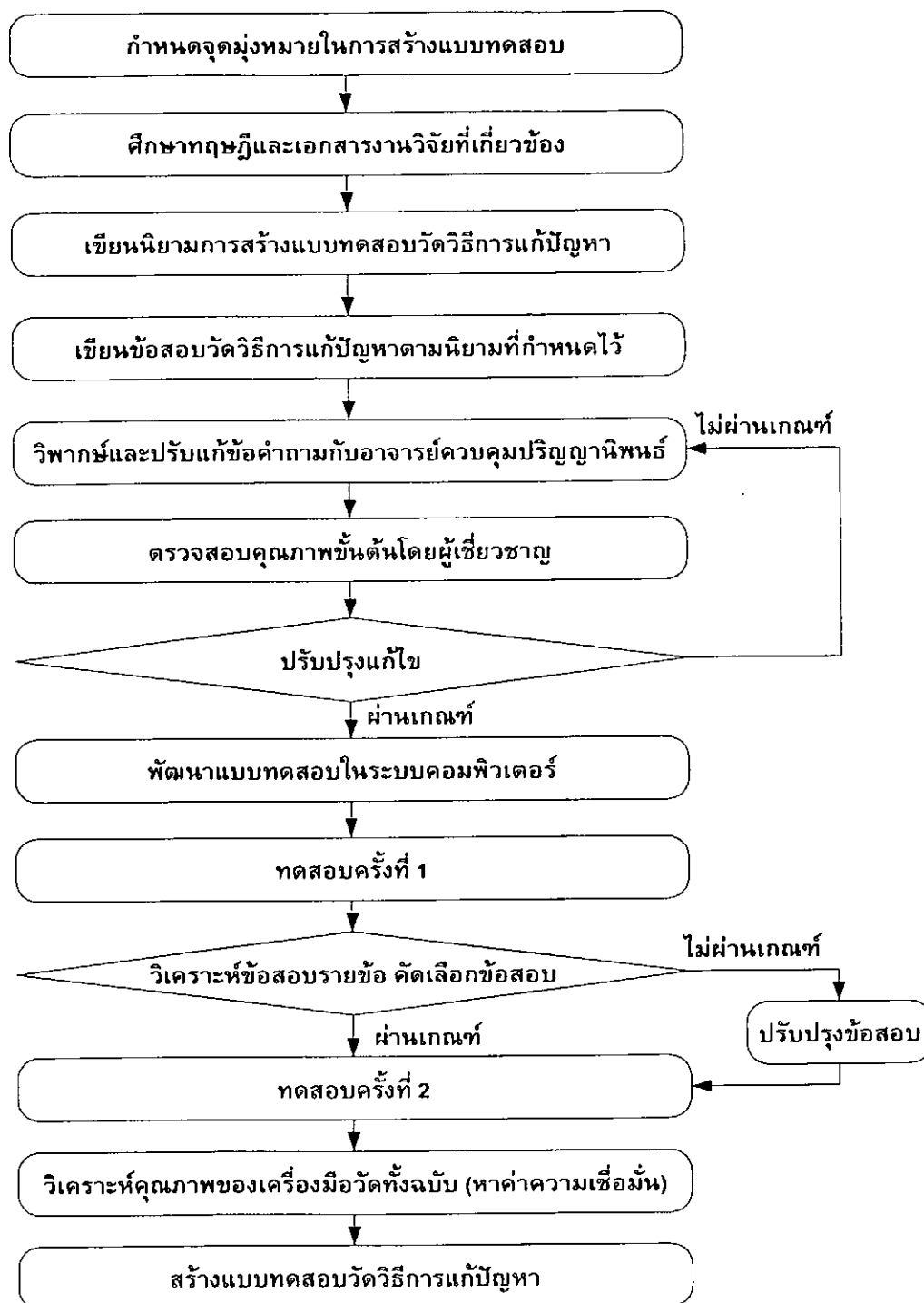
วิธีที่ 3 “การตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา” (เขียนย่อว่า “วิธีการแก้ปัญหา”) คะแนนชุดนี้เป็นการตรวจให้คะแนนข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน และถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการและอาศัยข้อเท็จจริงร่วมกันให้ .5 คะแนน พิสัยของคะแนนมีค่าจาก 0 ถึงสูงสุด 60 คะแนน

วิธีที่ 4 “คะแนนที่ตรวจด้วยวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก” (เขียนย่อว่า “วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก”) คะแนนชุดนี้เป็นการตรวจให้คะแนนข้อคำถามทั้งหมด 30 ข้อ ตอบถูกไม่ว่าจะอาศัยวิธีการใดให้ 1 คะแนน คือ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวให้ 1 คะแนน และถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการและอาศัยข้อเท็จจริงร่วมกันให้ 1 คะแนน พิสัยของคะแนนมีค่าจาก 0 ถึงสูงสุด 30 คะแนน

จากวิธีการตรวจให้คะแนน ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า วิธีที่ 1 “วิธีถ่วงน้ำหนัก” เป็นการประเมินผลลัพ์ของกลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มในการแก้ปัญหา โดยอาศัยหลักหรือข้อเท็จจริงร่วมกัน วิธีที่ 2 “วิธีตอบถูกตามหลักการ” เป็นการประเมินผลลัพ์ของกลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มในการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการอย่างเดียว วิธีที่ 3 “วิธีการแก้ปัญหา” เป็นการประเมินผลลัพ์ของกลุ่มตัวอย่างที่มีแนวโน้มในการแก้ปัญหาที่เลือกวิธีใดมาแก้ปัญหา ส่วนวิธีที่ 4 “จำนวนข้อที่ตอบถูก” เป็นการประเมินผลลัพ์ถูกหรือผิด

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับขั้น ดังนี้



ภาพประกอบ 7 ขั้นตอนดำเนินการสร้างเครื่องมือ

การพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ผู้วิจัยได้ดำเนินขั้นตอนตามแผนผังข้างต้น ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ตามแนวของครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206) โดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเพื่อแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น และเพื่อศึกษาวิธีตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ว่าวิธีใดเที่ยงตรงและเหมาะสม

2. ศึกษาทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามาตามแนวของครอสส์และแกเออร์ (งนุช วรรณหะ. 2514: 3; อ้างอิงจาก Cross and Gaier. 1955: 193–206) ที่ได้สร้างแบบทดสอบขึ้นฉบับหนึ่ง เรียกว่า The Balance Problems Test (BPT) รวมทั้งเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวัดการแก้ปัญหา จากผลการศึกษาได้ผลว่าในการแก้ปัญหามีความเกี่ยวข้องกับวิธีการแก้ปัญหา คือการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ (Principle) และโดยอาศัยข้อเท็จจริง (Facts)

3. เขียนนิยามการสร้างแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา คือ

- 3.1 วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการ
- 3.2 วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง
- 3.3 แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา
- 3.4 วิธีถ่วงน้ำหนัก
- 3.5 วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ
- 3.6 วิธีการแก้ปัญหา
- 3.7 วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
- 3.8 ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้
- 3.9 ความถนัดทางการเรียน
- 3.10 หลักฐานความเที่ยงตรง
- 3.11 หลักฐานความเชื่อมั่น
- 3.12 การวิเคราะห์องค์ประกอบ
- 3.13 ผู้เชี่ยวชาญ

4. เขียนข้อสอบวัดวิธีการแก้ปัญหตามนิยามที่กำหนดไว้ ในข้อ 3 จำนวน 40 ข้อ โดยแบ่งข้อสอบออกเป็น 8 ตอน ปรีกษาประธานและกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ แก้ไขจัดรูปแบบ และลำดับขั้นตอนในการทดสอบ โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ จัดพิมพ์แบบทดสอบเพื่อดำเนินการตรวจสอบคุณภาพขั้นต้น

5. ตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ นำแบบทดสอบทั้ง 8 ตอน ที่สร้างขึ้นไปตรวจสอบคุณภาพขั้นต้น โดยพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เป็นผู้พิจารณาข้อสอบเป็นรายข้อว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามคำนิยามหรือไม่ พร้อมทั้งปรับปรุงภาษา ให้เหมาะสมกับระดับของนักเรียน

6. ปรับปรุงแก้ไข ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยให้เป็นไปตามหลักการที่กำหนดเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ นำผลการพิจารณาแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC) แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .5 ขึ้นไป พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง .80 – 1.0 จำนวน 40 ข้อ แล้วนำมาพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา

7. พัฒนาแบบทดสอบในระบบคอมพิวเตอร์ โดยการสร้างข้อคำถาม และติดตั้งระบบเพื่อดำเนินการทดสอบ ดังนี้

7.1 เซิร์ฟเวอร์ (Server) นำคอมพิวเตอร์มาติดตั้งระบบปฏิบัติการ เพื่อจะเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บข้อมูลและโปรแกรมที่ใช้งานในระบบ Network รวมทั้งควบคุมการทำงานของระบบให้เป็นไปอย่างถูกต้อง และติดตั้งระบบอื่นๆ เพื่อให้รองรับการดำเนินการทดสอบ

7.2 พัฒนาแบบทดสอบโดยใช้โปรแกรมภาษาประเภทสคริปต์ (Script) ที่สามารถติดต่อ (Interaction) กับผู้ใช้ ด้วยภาษา PHP (Hypertext Preprocessor) ซึ่งเป็นภาษาที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในเว็บเพจอยู่ตลอดเวลา (Dynamic Language) และเป็นภาษาที่ประมวลผลคำสั่งต่างๆ ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ เสร็จแล้วจึงส่งผลลัพธ์มายังไคลเอนต์ตามที่ร้องขอ (server-side script language) และใช้ฐานข้อมูล MySQL เพื่อจัดเก็บวิธีการแก้ปัญหของนักเรียนแต่ละบุคคล ได้แก่ วิธีที่นักเรียนเลือกใช้ในการแก้ปัญหา คำตอบที่นักเรียนเลือก และคะแนนในการแก้ปัญหของนักเรียนแต่ละบุคคล

8. ทดสอบครั้งที่ 1 โดยนำแบบทดสอบทั้ง 8 ตอน ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จากข้อ 7 ดำเนินการทดสอบกับนักเรียนซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดรายข้อ และปัญหาในการดำเนินการทดสอบ

9. วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบ โดยนำผลการสอบทั้ง 8 ตอน มาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก คือ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงอย่างเดียวให้ 0 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยทั้งหลักการและข้อเท็จจริงให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน นำมาวิเคราะห์หาค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก แล้วคัดเลือกข้อสอบแต่ละตอนจำนวน 5 ข้อ ดังนี้

9.1 เพื่อหาจุดบกพร่องของแบบทดสอบ เช่น การใช้ภาษาในข้อคำถาม การใช้คำถาม และการดำเนินการทดสอบ

9.2 เพื่อแสดงหลักฐานค่าความยาก การวิเคราะห์หาค่าความยากครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 1 ของแบบทดสอบมาวิเคราะห์แสดงหลักฐานค่าความยากรายข้อ โดยใช้สัดส่วนจำนวนผู้ตอบเพื่อคัดเลือกข้อสอบที่ดี คือ มีค่าความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 พบว่ามีข้อที่ง่ายมาก (.81 – 1.00) ตัดออกมี 7 ข้อ มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 33 ข้อ โดยข้อที่ค่อนข้างยาก (.20 - .39) มี 1 ข้อ ข้อที่ยากง่ายพอเหมาะ (.5) มี 2 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างง่าย (.51 - .60) มี 7 ข้อ และข้อที่ง่าย (.61 - .80) มี 23 ข้อ

9.3 เพื่อแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนก การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 1 มาวิเคราะห์แสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายข้อกับคะแนนรวมข้ออื่น ๆ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่ดี คือ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป พบว่า มีจำนวนข้อที่ตัดออกทั้งหมด 1 ข้อ มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 39 ข้อ โดยข้อที่จำแนกได้บ้าง ($.20 \leq r \leq .39$) มี 3 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ปานกลาง ($.40 \leq r \leq .59$) มี 10 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ดี ($.60 \leq r \leq .69$) มี 21 ข้อ และข้อที่จำแนกได้ดีมาก ($.80 \leq r$) มี 5 ข้อ ปรับปรุงแก้ไขแล้วคัดเลือกข้อสอบไว้ 35 ข้อ

10. ทดสอบครั้งที่ 2 โดยนำแบบทดสอบทั้ง 7 ตอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 100 คน เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวัดรายข้อและทั้งฉบับ

11. วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือวัดทั้งฉบับ การวิเคราะห์หาค่าความยากครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 2 จากแบบทดสอบทั้ง 7 ตอน มาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก คือ ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวได้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงอย่างเดียวได้ 0 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยทั้งหลักการและข้อเท็จจริงได้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน และนำมาวิเคราะห์ ดังนี้

11.1 เพื่อแสดงหลักฐานค่าความยากรายข้อ โดยใช้สัดส่วนจำนวนผู้ตอบ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่ดี คือ มีค่าความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 พบว่า มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 35 ข้อ โดยข้อที่ยาก (.20 - .39) มี 9 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างยาก (.40 - .49) มี 10 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างง่าย (.51 - .60) มี 15 ข้อ และข้อที่ง่าย (.61 - .80) มี 1 ข้อ

11.2 เพื่อแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายข้อกับคะแนนรวมข้ออื่น ๆ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่ดี คือ มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป พบว่า มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 35 ข้อ โดยข้อที่จำแนกได้บ้าง ($.20 \leq r \leq .39$) มี 4 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ปานกลาง ($.40 \leq r \leq .59$) มี 14 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ดี ($.60 \leq r \leq .69$) มี 17 ข้อ

11.3 เพื่อแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น การวิเคราะห์ตอนนี้ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 2 มาตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี และนำมาวิเคราะห์หลักฐานค่าความเชื่อมั่น แยกเป็นรายตอนและรวมทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_ω) และสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) เมื่อพิจารณาหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี โดยวิธีวิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_ω) มีค่าอยู่ระหว่าง .7871 ถึง .9555 และวิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .8026 ถึง .9560

12. สร้างแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ให้เป็นไปตามหลักการที่กำหนดเพื่อนำไปเก็บข้อมูล โดยนำแบบทดสอบที่มีคุณภาพทั้ง 6 ตอน ไปเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิจัยต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ขอนหนังสือจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับโรงเรียนที่ผู้วิจัยเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียน เพื่อกำหนดวันเวลา ในการทดสอบ
3. จัดเตรียมระบบ แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบและตอบลงในคอมพิวเตอร์ เพื่อดำเนินการทดสอบ วางแผนดำเนินการทดสอบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดสอบ
4. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ดำเนินการสอบอธิบายให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ
5. อธิบายและสาธิต วิธีการทำแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา
6. หลังจากดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่าง ทำการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด
7. นำผลจากการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน และสถิติเพื่อทดสอบโครงสร้างสมมุติฐาน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ ได้แก่
 - 1.1 คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)
 - 1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงพื้นผิว (Face Validity) ของแบบทดสอบโดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร (บุญเชิด ภิญโญนนต์พงษ์. 2545: 95)

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

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ
กับนิยามศัพท์เฉพาะ

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 วิเคราะห์รายข้อ (Item Analysis)

1) การหาค่าความยาก (P) วิเคราะห์โดยใช้สัดส่วนจำนวนผู้ตอบ
(บุญเชิด ภิญโญนนต์พงษ์. 2526: 89)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยาก
R แทน จำนวนคนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก
N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบข้อนั้นทั้งหมด

2) การหาค่าอำนาจจำแนก (r) ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อคำถามกับคะแนนรวมจากข้ออื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด คำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product – Moment Correlation) r_{xy} (บุญเชิด ภิญโญนนต์พงษ์. 2547: 165)

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ N แทน จำนวนคนในกลุ่ม
X แทน คะแนนของข้อคำถาม
Y แทน คะแนนผลรวมของข้ออื่น ๆ ที่เหลือทุกข้อ

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

2.3.1 วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสมมูล โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient-Alpha) ของครอนบัค (Cronbach) (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 220)

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด
 K แทน จำนวนส่วนย่อยหรือจำนวนข้อคำถามของเครื่องมือวัด
 S_i^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนแต่ละส่วนย่อยหรือแต่ละข้อ
 S_x^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับของเครื่องมือวัด

2.3.2 วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ โดยใช้สูตร เฟลด์-ราจู (Feldt-Raju) (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 228)

$$r_{tt} = \left[\frac{1}{1 - \sum \lambda_i^2} \right] \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_x^2} \right]$$

$$\lambda_1 = \frac{\sum S_{1i}}{S_x^2}$$

...

$$\lambda_k = \frac{\sum S_{ki}}{S_k^2}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดหรือแบบทดสอบ
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละตอน
 S_x^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ

2.4 หาค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ จากคะแนนรายข้อกับคะแนนรวมจากข้ออื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient) r_{xy} (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2547: 165)

$$r_{xy} = \frac{N\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ N แทน จำนวนนักเรียน หรือจำนวนข้อมูล
 X แทน คะแนนรายข้อ
 Y แทน คะแนนผลรวมทั้งฉบับ

2.5 การหาความเที่ยงตรงด้วยวิธีเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2522: 227)

$$Z = \frac{Z_{r1} - Z_{r2}}{\sqrt{\frac{1}{(N_1 - 3)} + \frac{1}{(N_2 - 3)}}}$$

เมื่อ Z แทน คะแนนมาตรฐานของโค้งปกติ
 Z_{r1}, Z_{r2} แทน คะแนนมาตรฐานที่แปลงมาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามตารางของฟิชเชอร์
 N_1, N_2 แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ทำแบบทดสอบแต่ละรูปแบบ

2.6 การหาความเที่ยงตรงวิธีวิเคราะห์ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตรดต์ (Heise and Bohrnstedt. 1970 :109, 111-113) มีดังนี้

$$\rho_{T_k S_k} = \frac{\sum S_i f_{ik}}{\sqrt{\sum \sum \text{Cov}(x_i, x_j)}}$$

เมื่อ $\rho_{T_k S_k}$ แทน ค่าความเที่ยงตรง
 S_i แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำถามข้อที่ i
 f_{ik} แทน ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของคำถามข้อที่ i จากองค์ประกอบที่ k
 $\text{Cov}(x_i, x_j)$ แทน ค่าความแปรปรวนร่วมกันระหว่างคำถามข้อที่ i กับคำถามข้อที่ j

2.7 การหาความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับ ด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จลิสเรล (LISREL 8.54)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

MA	แทน	ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์
SC	แทน	ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
TH	แทน	ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย
SO	แทน	ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
CV	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
P	แทน	ค่าความยากง่าย
r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
IOC	แทน	ค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ
r_{xy}	แทน	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)
R^2	แทน	กำลังสองของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
r_α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์แบบคะแนนจริงสมมูล
r_{F-R}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์แบบคะแนนจริงสัมพันธ์
b	แทน	ค่าน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรอิสระในรูปคะแนนดิบ
SE_M	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด
$pT_k S_k$	แทน	ค่าความเที่ยงตรงของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหา
S_i	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคำถามข้อที่ i
f_{ik}	แทน	ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของคำถามข้อที่ i จากองค์ประกอบที่ k
$Cov(x_i, x_j)$	แทน	ค่าความแปรปรวนร่วมกันระหว่างคำถามข้อที่ i กับคำถามข้อที่ j
χ^2	แทน	ค่าจาก χ^2 - distribution
Z	แทน	คะแนนมาตรฐานที่แปลงมาจากสหสัมพันธ์ (r_{xy}) ตามตารางของฟิชเชอร์

Z _{MA-SC}	แทน	ค่าสถิติเปรียบเทียบระหว่างสหสัมพันธ์ ของคะแนนการแก้ปัญหา กับผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เปรียบเทียบกับ วิทยาศาสตร์
Z _{MA-TH}	แทน	ค่าสถิติเปรียบเทียบระหว่างสหสัมพันธ์ ของคะแนนการแก้ปัญหา กับผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เปรียบเทียบกับ ภาษาไทย
Z _{MA-SO}	แทน	ค่าสถิติเปรียบเทียบระหว่างสหสัมพันธ์ ของคะแนนการแก้ปัญหา กับผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เปรียบเทียบกับ สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
Z _{N-V}	แทน	ค่าสถิติเปรียบเทียบระหว่างสหสัมพันธ์ ของคะแนนความถนัดทาง การเรียนด้านจำนวน เปรียบเทียบกับด้านภาษา

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS 10.0.1 และ LISREL 8.54 นำเสนอเป็นลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ

ตอนที่ 2 หลักฐานการแสดงความคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

2.2 การแสดงหลักฐานคุณภาพรายข้อเบื้องต้น (การทดสอบครั้งที่ 1)

2.2.1 การแสดงหลักฐานค่าความยาก

2.2.2 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนก

2.3 การแสดงหลักฐานคุณภาพเครื่องมือ (การทดสอบครั้งที่ 2)

2.3.1 การแสดงหลักฐานค่าความยาก

2.3.2 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนก

2.3.3 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น

ตอนที่ 3 การแสดงหลักฐานคุณภาพเครื่องมือที่ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง

3.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

3.1.1 วิธีการเปรียบเทียบกับตัวเกณฑ์

3.1.2 วิเคราะห์ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตดต์ (Heise and Bohrnstedt)

3.1.3 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) โดยใช้

โปรแกรมสำเร็จลิสเรล (LISREL 8.54)

3.2 การแสดงหลักฐานความเชื่อมั่น

3.2.1 วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสมมูล โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา

(Coefficient-Alpha : r_α)

3.2.2 วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ โดยใช้สูตรเฟลด์-ราจู

(Feldt-Raju : r_{F-R})

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ

1.1 จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์แจกแจงจำนวน และ หาค่าร้อยละของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามระดับชั้น เพศ ปรากฏผลดังแสดงผลในตาราง 2

ตาราง 2 จำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

ระดับชั้น	เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ประถมศึกษาปีที่ 4	นักเรียนหญิง	31	16.67
	นักเรียนชาย	31	16.67
ประถมศึกษาปีที่ 5	นักเรียนหญิง	31	16.67
	นักเรียนชาย	31	16.67
ประถมศึกษาปีที่ 6	นักเรียนหญิง	31	16.67
	นักเรียนชาย	31	16.67
รวมจำนวนกลุ่มตัวอย่าง		186	100.00

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 2 พบว่า จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 186 คน จำแนกเป็น นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 62 คน คือ นักเรียนหญิงจำนวน 31 คน นักเรียนชายจำนวน 31 คน เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 62 คน คือ นักเรียนหญิงจำนวน 31 คน นักเรียนชายจำนวน 31 คน เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 62 คน คือ นักเรียนหญิงจำนวน 31 คน นักเรียนชายจำนวน 31 คน

1.2 ค่าสถิติพื้นฐาน การตรวจให้คะแนน 4 วิธี

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ทำการทดสอบกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 จำนวน 186 คน นำมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และ วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่น และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการวัด ปรากฏผลดังแสดงผลในตาราง 3

ตาราง 3 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี

คะแนนการแก้ปัญหาที่ใช้ วิธีการตรวจให้คะแนน	X_{Max}	$\bar{X}$	$\bar{X} (\%)$	SD	CV	r_α	SE_M
วิธีถ่วงน้ำหนัก	60	23.44	39.07	14.93	1.57	.9324	1.0944
วิธีตอบถูกตามหลักการ	30	8.95	29.83	7.76	1.15	.9298	.5687
วิธีการแก้ปัญหา	60	26.13	43.55	11.01	2.37	.8751	.8073
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	30	19.95	66.50	5.02	3.97	.7839	.3679

ผลการวิเคราะห์ตาราง 3 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของการตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธีมีค่าอยู่ระหว่าง 8.95 ถึง 26.13 โดยวิธีการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ 26.13 รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่า 23.44 วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า 19.95 ส่วนวิธีตอบถูกหลักการมีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด มีค่า 8.95 เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีค่าอยู่ระหว่าง 5.02 ถึง 14.93

ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีค่าอยู่ระหว่าง .7839 ถึง .9751 โดยวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด คือ .9324 รองลงมาคือวิธีตอบถูกตามหลักการ มีค่า .9298 วิธีการแก้ปัญหา มีค่า .8751 ส่วนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าความเชื่อมั่นต่ำที่สุด มีค่า .7839 แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

1.3 สถิติพื้นฐานของคะแนนผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลคะแนนผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ ของกลุ่มตัวอย่างที่เรียนผ่านมาในชั้นประถมศึกษาปีที่ 3, 4 และ 5 ของปีการศึกษา 2546 มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 สถิติพื้นฐานของคะแนนผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ (N= 186)

ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้	$\bar{X}$	SD
คณิตศาสตร์ (MA)	77.826	11.796
ภาษาไทย (TH)	76.460	8.296
วิทยาศาสตร์ (SC)	75.177	11.142
สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม (SO)	82.446	7.668

ผลการวิเคราะห์ตาราง 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ มีค่า 77.826 กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย มีค่า 76.460 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีค่า 75.177 กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม มีค่า 82.446 เมื่อพิจารณาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้มีค่า 11.796, 8.296, 11.142, และ 7.668 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 หลักฐานการแสดงคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

การดำเนินการตอนนี้ เป็นการประเมินแบบทดสอบเบื้องต้น ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 8 ตอน จำนวน 40 ข้อ พร้อมทั้งคำนิยามนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดผล จำนวน 5 คน เป็นผู้พิจารณาข้อสอบเป็นรายข้อว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามคำนิยามหรือไม่ พร้อมทั้งให้ปรับปรุงแก้ไขภาษา ให้เหมาะสมกับกลุ่มนักเรียนที่ศึกษานำผลการพิจารณาแบบทดสอบของผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (IOC) โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง แล้วคัดเลือกเฉพาะข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .5 ขึ้นไป จำนวนทั้งหมด 40 ข้อ ผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง .80 ถึง 1.00 จำนวน 40 ข้อ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา มีหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

2.2 การแสดงหลักฐานคุณภาพรายข้อเบื้องต้น (การทดสอบครั้งที่ 1)

2.2.1 การแสดงหลักฐานค่าความยาก

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 1 ของแบบทดสอบจำนวน 40 ข้อ ที่ทดสอบกับนักเรียนจำนวน 30 คน นำมาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความยากรายข้อ โดยใช้สัดส่วนจำนวนผู้ตอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 การแสดงหลักฐานค่าความยากของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=30) ของการทดสอบครั้งที่ 1

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	ค่าความยาก (P)						รวม
	ยาก	ค่อนข้าง ยาก	พอเหมาะ	ง่าย	ง่าย	ง่ายมาก	
	.20 - .39	.40 - .49	.50	.51 - .60	.61 - .80	.81 - 1.00	
รวมทั้งฉบับ	0	1	2	7	23	7	40

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 พบว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 40 ข้อ มีจำนวนข้อที่ตัดออกทั้งหมด 7 ข้อ เพราะง่ายมาก มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 33 ข้อ โดยข้อที่ค่อนข้างยากมี 1 ข้อ ข้อที่ยากง่ายพอเหมาะมี 2 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างง่ายมี 7 ข้อ และข้อที่ง่ายมี 23 ข้อ แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มากกว่าครึ่งหนึ่งง่าย รองลงมาเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย ที่เหลือนอกนั้นเป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยากและยากง่ายพอเหมาะ

2.2.2 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนก

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 1 ของแบบทดสอบจำนวน 40 ข้อ ที่ทดสอบจากนักเรียนจำนวน 30 คน นำมาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายข้อกับคะแนนรวมข้ออื่น ๆ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=30) ของการทดสอบครั้งที่ 1

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	จำนวน	จำนวนข้อที่คัดเลือกไว้				
	ข้อที่ตัด	จำแนกได้บ้าง	จำแนกได้	จำแนกได้ดี	จำแนก ดีมาก	รวม
	ออก					
	$r \leq .19$	$.20 \leq r \leq .39$	$.40 \leq r \leq .59$	$.60 \leq r \leq .79$	$.80 \leq r$	
รวมทั้งฉบับ	1	3	10	21	5	40

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 พบว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 40 ข้อ มีจำนวนข้อที่ตัดออกทั้งหมด 1 ข้อ มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 39 ข้อ โดยข้อที่จำแนกได้บ้างมี 3 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ปานกลาง 10 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ดี 21 ข้อ และข้อที่จำแนกได้ดีมากมี 5 ข้อ แสดงว่า ข้อสอบส่วนใหญ่มากกว่าครึ่งหนึ่งมีค่าอำนาจจำแนกได้ดี รองลงมาเป็นข้อสอบที่จำแนกได้บ้าง ที่เหลือนอกนั้นเป็นข้อสอบที่จำแนกได้ดีมากและจำแนกได้บ้างพอ ๆ กัน

2.3 การแสดงหลักฐานคุณภาพเครื่องมือ (การทดสอบครั้งที่ 2)

2.3.1 การแสดงหลักฐานค่าความยาก

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบครั้งที่ 2 ของแบบทดสอบจำนวน 35 ข้อที่ได้ปรับปรุงข้อคำถาม ตัวเลือก ให้เหมาะสม นำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 100 คน นำมาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก นำมาวิเคราะห์หาค่าความยากรายข้อ โดยใช้สัดส่วนจำนวนผู้ตอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 การแสดงหลักฐานค่าความยากของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	ค่าความยาก (P)						รวม
	ค่อนข้าง		ยากง่าย	ค่อนข้าง			
	ยาก	ยาก	พอเหมาะ	ง่าย	ง่าย	ง่ายมาก	
	.20 - .39	.40 - .49	.50	.51 - .60	.61 - .80	.81 - 1.00	
รวมทั้งฉบับ	9	10	0	15	1	0	35

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 7 พบว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำนวน 35 ข้อ ที่ทดสอบกับนักเรียนจำนวน 100 คน มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 35 ข้อ โดยข้อที่ยากมี 9 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างยากมี 10 ข้อ ข้อที่ค่อนข้างง่าย 15 ข้อ และข้อที่ง่าย 1 ข้อ แสดงว่า ความยากของข้อสอบมีระดับความยากที่กระจายตั้งแต่ยาก ค่อนข้างยาก และค่อนข้างง่าย

2.3.2 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนก

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยนำคะแนนผลการสอบครั้งที่ 2 จากแบบทดสอบจำนวน 35 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียนจำนวน 100 คน นำมาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก นำมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อ โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์รายข้อกับคะแนนรวมข้ออื่น ๆ แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	จำนวน ข้อที่ตัด ออก	จำนวนข้อที่คัดเลือกไว้				รวม
		จำแนกได้บ้าง	จำแนกได้	จำแนกได้ดี	จำแนก ดีมาก	
		ปานกลาง				
	$r \leq .19$	$.20 \leq r \leq .39$	$.40 \leq r \leq .59$	$.60 \leq r \leq .79$	$.80 \leq r$	
รวมทั้งฉบับ	0	4	14	17	0	35

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 8 พบว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ที่มีจำนวน 35 ข้อ มีจำนวนข้อที่คัดเลือกไว้ทั้งหมด 35 ข้อ โดยข้อที่จำแนกได้บ้างมี 4 ข้อ ข้อที่จำแนกได้ปานกลาง 14 ข้อ และข้อที่จำแนกได้ดี 17 ข้อ แสดงว่า ข้อสอบมีค่าอำนาจจำแนกได้ดี และจำแนกได้ปานกลางพอ ๆ กัน ที่เหลือออกนั้นเป็นข้อสอบที่จำแนกได้บ้าง

2.3.3 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 35 ข้อ จากตาราง 8 นำมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก นำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น แยกเป็นรายตอน และรวมทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) และสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี (N=100) ของการทดสอบครั้งที่ 2

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	N	วิธีถ่วงน้ำหนัก		วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ		วิธีการแก้ปัญหา		วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	
		r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}
ตอนที่ 1	5	.8154	.8160	.9062	.9064	.8605	.8631	.3620	.3646
ตอนที่ 2	5	.8073	.8130	.9489	.9491	.9098	.9102	.3824	.3844
ตอนที่ 3	5	.7960	.8002	.9312	.9318	.8855	.8862	.4913	.4944
ตอนที่ 4	5	.7447	.7480	.9340	.9341	.8910	.8914	.3856	.3919
ตอนที่ 5	5	.6502	.6527	.9238	.9239	.8464	.8466	.1454	.1458
ตอนที่ 6	5	.8028	.8070	.9425	.9427	.8902	.8904	.5876	.5968
ตอนที่ 7	5	.6780	.6904	.9062	.9064	.8605	.8631	-.2584	-.2678
รวมทั้งฉบับ	7	.9318	.9343	.9555	.9560	.9383	.9393	.7871	.8026

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 9 พบว่า หลักฐานค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารายตอนที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี วิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง -.2584 ถึง .9489 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ ตอนที่ 2 มีค่าสูงสุด คือ .9489 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 7 มีค่าต่ำที่สุด มีค่า -.2584 ส่วนวิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง -.2678 ถึง .9491 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ ตอนที่ 2 มีค่าสูงสุด คือ .9491 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 7 มีค่าต่ำที่สุด มีค่า -.2678 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วหลักฐานค่าความเชื่อมั่น วิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูง รองลงมาคือวิธีการแก้ปัญหา วิธีถ่วงน้ำหนัก ส่วนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นต่ำสุด

เมื่อพิจารณาหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งฉบับที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี วิธีวิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .7871 ถึง .9555 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด คือ .9555 รองลงมาคือวิธีการแก้ปัญหา มีค่า .9383 วิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่า .9318 ส่วนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .7871 ส่วนวิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .8026 ถึง .9560 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด คือ .9560 รองลงมาคือวิธีการแก้ปัญหา มีค่า .9393 วิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่า .9343 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .8026 แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับ มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นของคะแนนอยู่ในเกณฑ์สูง

ตอนที่ 3 การแสดงหลักฐานคุณภาพเครื่องมือที่ศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง

3.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปจากการทดสอบครั้งที่ 2 แล้วคัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 186 คน และนำผลมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี นำเสนอหลักฐานความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา 3 วิธี ได้แก่ วิธีการเปรียบเทียบ วิธีวิเคราะห์ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตรดต์ และวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ตามลำดับดังต่อไปนี้

3.1.1 การแสดงความเที่ยงตรงด้วยการเปรียบเทียบ

การวิเคราะห์ตอนนี้เป็น การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงด้วยการทดสอบสมมุติฐาน ที่ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับตัวเกณฑ์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากกว่าตัวเกณฑ์ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ และสมมุติฐานที่ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับตัวเกณฑ์ความถนัดทางการเรียน ด้านจำนวน มากกว่าตัวเกณฑ์ความถนัดทางการเรียนด้านภาษา โดยนำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีในตอน 3.1 นำคะแนนแต่ละวิธีไปหาความสัมพันธ์กับคะแนนเกณฑ์ผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา และภาษาไทย และกับคะแนนเกณฑ์ความถนัดด้านจำนวนและด้านภาษา แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของความสัมพันธ์ โดยการแปลงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r_{xy}) เป็นคะแนนมาตรฐาน (Z) ตามตารางพิชเชอร์ แล้วทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติซี (Z-test) ปรากฏผลดังตาราง 10

ตาราง 10 ค่าสถิติเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี
กับผลการเรียนรู้ และความถนัดทางการเรียน

คะแนนการแก้ปัญหาที่ใช้ วิธีการตรวจให้คะแนน	ผลการเรียนรู้			ความถนัดทางการเรียน
	Z _{MA-SC}	Z _{MA-TH}	Z _{MA-SO}	Z _{N-V}
วิธีถ่วงน้ำหนัก	2.286*	2.095*	2.927**	1.664*
วิธีตอบถูกตามหลักการ	2.506**	1.779*	2.401**	1.081
วิธีการแก้ปัญหา	2.468**	1.578*	2.516**	1.464
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.928	.928	2.344*	2.229*

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 10 เป็นดังนี้

ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหา กับผลการเรียนรู้ พบว่า

1) คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์มากกว่าวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกวิธีการตรวจให้คะแนน (Z มีค่า 2.286, 2.506, 2.468 ตามลำดับ) ยกเว้นวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักที่มีความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกัน

2) คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์มากกว่าภาษาไทย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกวิธีการตรวจให้คะแนน (Z มีค่า 2.095, 1.779, 1.578 ตามลำดับ) ยกเว้นวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักที่มีความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกัน

3) คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับคณิตศาสตร์มากกว่าสังคมศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกวิธีการตรวจให้คะแนน (Z มีค่า 2.927, 2.401, 2.516, 2.344 ตามลำดับ)

ผลการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหา กับคะแนนความถนัดทางการเรียน ด้านจำนวนเทียบกับด้านภาษา พบว่า คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับความถนัดทางการเรียนด้านจำนวนมากกว่าด้านภาษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก และวิธีถ่วงน้ำหนัก (Z มีค่า 1.664, 2.229 ตามลำดับ) ยกเว้นวิธีตอบถูกตามหลักการและวิธีการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ไม่แตกต่างกัน

3.1.2 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตรดต์

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีในตอนที่ 3.1 นำคะแนนมาหาค่าความแปรปรวนร่วมระหว่างข้อคำถาม ($Cov(x_i, x_j)$), ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานรายข้อ (S_i), วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงสำรวจ (Exploratory Factor Analysis) ด้วยโปรแกรม SPSS จากการหมุนแกนแบบหมุนจาก ด้วยวิธีแวนริแมกซ์ (Varimax) และสกัดองค์ประกอบด้วยวิธี PC (Principal Component Analysis) หาค่าน้ำหนักองค์ประกอบรายข้อ (f_{ik}) นำมาคำนวณหาค่าความเที่ยงตรง (Construct validity) ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตรดต์ (Heise and Bohrnstedt. 1970 : 109, 111 – 113) ปรากฏผลดังตาราง 11

ตาราง 11 ค่าความเที่ยงตรงด้วยสูตรไฮเซนและบอร์นสเตรดต์ของแบบวัดวิธีการแก้ปัญหา

คะแนนการแก้ปัญหาที่ใช้ วิธีการตรวจให้คะแนน	$\Sigma Cov(x_i, x_j)$	$\Sigma S_i f_{ik}$	$\rho T_k S_k$
วิธีถ่วงน้ำหนัก	122.387	10.610	.959
วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ	33.118	6.103	1.061
วิธีการแก้ปัญหา	69.947	6.315	.755
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	25.182	3.017	.601

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 11 พบว่า หลักฐานค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี มีค่าอยู่ระหว่าง .601 ถึง 1.061 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าความเที่ยงตรงสูงสุด คือ 1.061 รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่า .959 วิธีการแก้ปัญหามีค่า .755 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำสุดมีค่า .601 ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นหลักฐานแสดงว่าแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา มีความเที่ยงตรงสูง

3.1.3 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis)

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันออกเป็น 2 อันดับ คือ การวิเคราะห์อันดับแรก (First Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานว่า ข้อคำถามที่วัดในแต่ละตอนมีค่าความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด และการวิเคราะห์อันดับที่สอง (Second Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานคุณลักษณะที่วัดวิธีการแก้ปัญหา มีค่าความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด ซึ่งในแต่ละอันดับแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ จำแนกเป็นรายตอน และจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน จำแนกเป็นรายตอน

การวิเคราะห์ตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์อันดับแรก (First Order) ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธีในตอนที่ 3.1 นำมาคำนวณค่าสหสัมพันธ์รายข้อในแต่ละตอน แล้วนำมาสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์คะแนนดิบ (Correlation Matrix) มาวิเคราะห์เพื่อแสดงความเที่ยงตรง โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกด้วยโปรแกรมลิสเรล (LISREL 8.54) จำแนกเป็นรายตอน ด้วยการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่ได้จากการวัด และหาค่าความเชื่อมั่น (R^2) คำนวณหาค่าองค์ประกอบ (b) ของคะแนนแต่ละข้อคำถาม รวมทั้งดัชนีแสดงความกลมกลืนของโมเดลแต่ละตอนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปรากฏผลแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกเป็นรายตอน (N=186)

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	วิธีถ่วงน้ำหนัก		วิธีตอบถูกตามหลักการ		วิธีการแก้ปัญหา		วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	
	b	R^2	b	R^2	b	R^2	b	R^2
ตอนที่ 1	.500-.860	.250-.750	.508-.726	.259-.527	.315-.722	.099-.521	.064-.948	.004-.898
ตอนที่ 2	.510-.780	.260-.610	.446-.801	.199-.642	.217-.781	.047-.611	.047-.853	.002-.728
ตอนที่ 3	.480-.750	.230-.560	.487-.824	.238-.679	.331-.687	.109-.373	.082-.922	.006-.850
ตอนที่ 4	.540-.780	.290-.610	.480-.760	.230-.580	.394-.565	.156-.319	.191-.626	.036-.392
ตอนที่ 5	.100-.670	.011-.390	.003-.621	.000-.437	.289-.544	.083-.290	.119-.518	.110-.720
ตอนที่ 6	.493-.757	.243-.573	.306-.813	.094-.661	.149-.751	.022-.564	.031-.402	.013-.520

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 12 พบว่า

หลักฐานค่าความเชื่อมั่นของการวัด พิจารณาจากค่าขอบเขตอันดับต่ำของความเชื่อมั่น (Squared Multiple Correlation : R^2) รายข้อจำแนกเป็นรายตอน วิธีถ่วงน้ำหนัก มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .011 - .750 โดยตอนที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 4, 2, 3, 6 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีตอบถูกตามหลักการ มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .000 ถึง .679 โดยตอนที่ 3 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 2, 1, 4, 6 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีการแก้ปัญหา มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .022 ถึง .679 โดยตอนที่ 2 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 6, 1, 3, 4 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .002 ถึง .898 โดยตอนที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 3, 2, 6, 4 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาหลักฐานค่าความเชื่อมั่นโดยรวมแล้ว วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เป็นการแสดงค่าความเที่ยงตรงรวมที่เกิดจากความสัมพันธ์ของข้อคำถามที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน

สำหรับค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) รายข้อจำแนกเป็นรายตอน วิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง -.100 ถึง .860 โดยตอนที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 4, 2, 3, 6 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีตอบถูกหลักการ มีค่าอยู่ระหว่าง -.003 ถึง .824 โดยตอนที่ 3 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 6, 2, 4, 1 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีการแก้ปัญหา มีค่าอยู่ระหว่าง -.287 ถึง .781 โดยตอนที่ 2 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 1, 3, 6, 4 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง -.119 ถึง .948 โดยตอนที่ 1 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือตอนที่ 3, 2, 6, 4 และตอนที่ 5 มีค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบโดยรวมแล้ว วิธีตอบถูกตามหลักการมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด ซึ่งวัดองค์ประกอบเดียวกัน

เนื่องจากผลลัพธ์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแบบวัดทั้ง 30 ข้อ ที่จำแนกเป็นรายตอน ๑ ละ 5 ข้อ สำหรับการทดสอบค่าไค-สแควร์นั้น ได้ปรับค่าพารามิเตอร์โดยเปลี่ยนให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ เพื่อให้ค่าไค-สแควร์ไม่นับสำคัญทางสถิติ หมายความว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีความกลมกลืน

3.1.3.2 การทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นลักษณะข้อคำถาม

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ในตอนที่ 3.1 นำมาแบ่งเป็น 6 ส่วนย่อย จำแนกเป็นรายตอนในแต่ละองค์ประกอบ แล้วนำคะแนน 6 ส่วนย่อยของแต่ละองค์ประกอบ มาทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปรากฏว่า โมเดลของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยพิจารณาค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (modification indices) ตามวิธีการของโจเรสกอกและเซอร์บอม (Joreskog and Sorbom, 1989: 21) ปรากฏผลดังตาราง 13

ตาราง 13 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำแนกเป็นรายตอนที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี

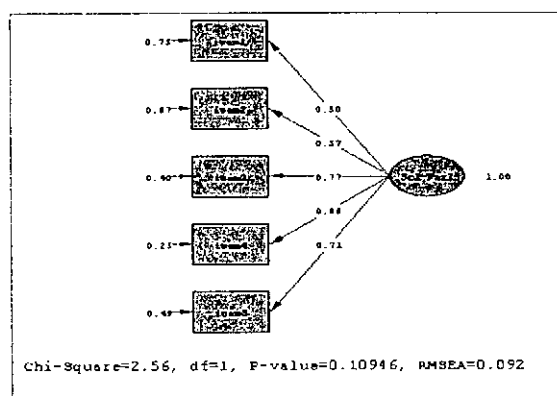
แบบทดสอบวัด วิธีการแก้ปัญหา	วิธีถ่วงน้ำหนัก			วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ			วิธีการแก้ปัญหา			วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก		
	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI
ตอนที่ 1	2.56	.11	.99	8.06	.08	.98	14.06	.02	.97	8.86	.12	.98
ตอนที่ 2	.63	.89	1.00	2.67	.61	.99	4.31	.23	.99	4.57	.21	.99
ตอนที่ 3	.50	.97	1.00	3.72	.44	.99	2.56	.06	.99	4.53	.47	.99
ตอนที่ 4	3.66	.45	.99	4.63	.09	.99	11.11	.05	.98	10.01	.07	.98
ตอนที่ 5	5.92	.21	.99	9.82	.08	.98	11.11	.05	.98	6.82	.23	.98
ตอนที่ 6	4.361	.49	.99	10.71	.05	.98	9.63	.08	.98	.53	.77	1.00

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 13 พบว่า หลักฐานการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์จำแนกเป็นรายตอนที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ค่าไค-สแควร์ (Chi-Square : χ^2) มีค่าอยู่ระหว่าง .50 ถึง 14.06 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาตามวิธีการตรวจให้คะแนนโดยรวม พบว่า วิธีการแก้ปัญหามีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก และวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำสุด (ตามเกณฑ์พิจารณาความกลมกลืนค่า p มีค่ามากกว่า .01 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญ) แสดงว่า โมเดลของการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืนอยู่ในระดับดี ผลการทดสอบดังกล่าวเป็นหลักฐานแสดงว่าแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามีความเที่ยงตรงในการวัด

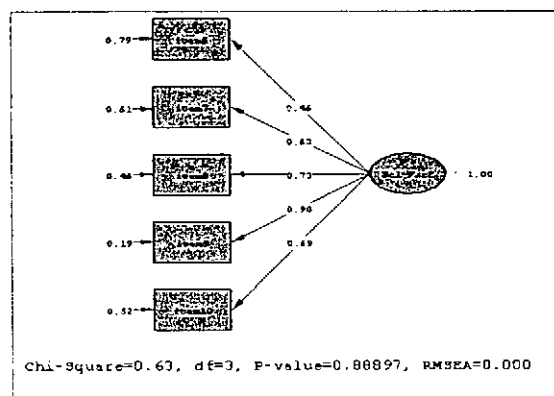
เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาลำดับรายตอน 6 ตอน และวิธีการตรวจให้คะแนน 4 วิธี มีค่า GFI มากกว่า .90 ทุกค่า เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า โมเดลของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาลำดับรายตอน ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

เพื่อให้เห็นเด่นชัด ผู้วิจัยจึงนำเสนอโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นตอน ดังต่อไปนี้

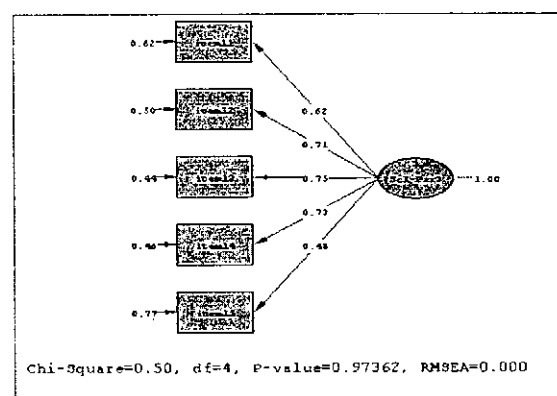
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 8



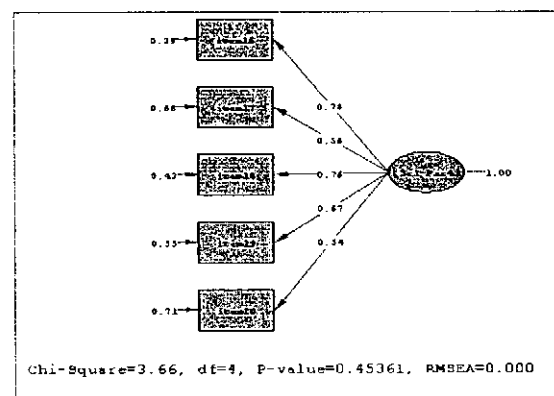
ตอนที่ 1



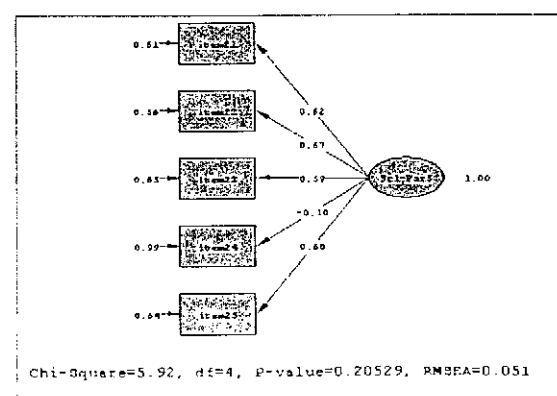
ตอนที่ 2



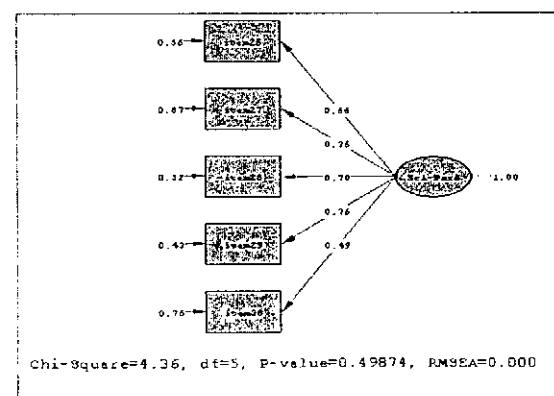
ตอนที่ 3



ตอนที่ 4



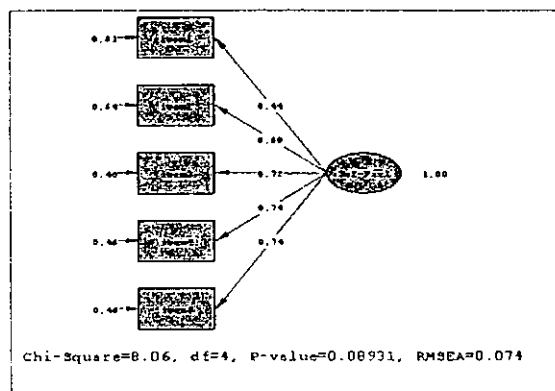
ตอนที่ 5



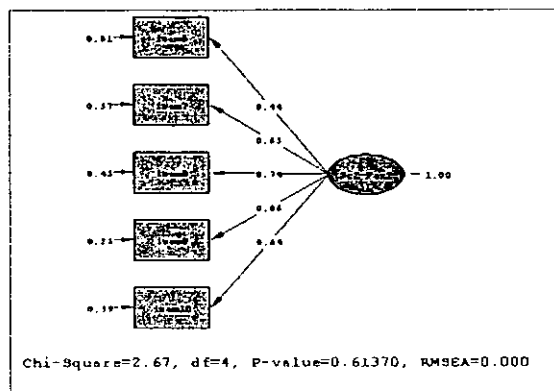
ตอนที่ 6

ภาพประกอบ 8 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน

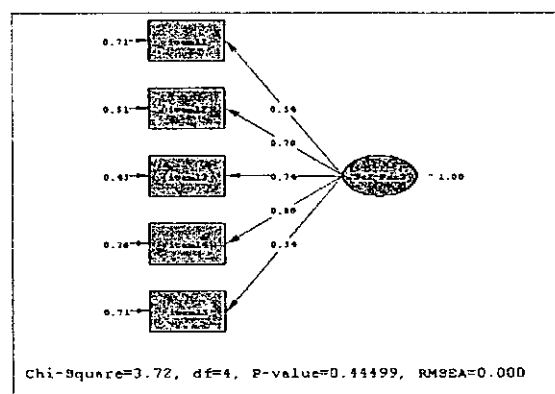
โมเดลวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการจำแนกเป็นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 9



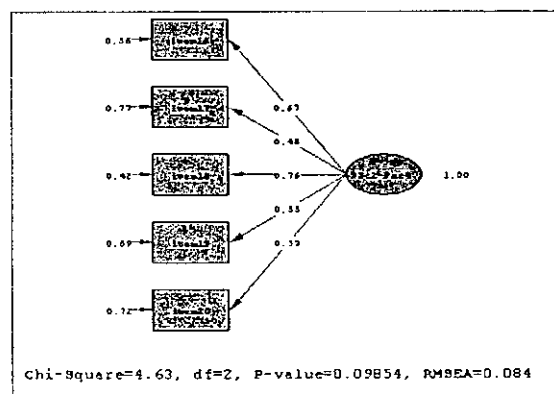
ตอนที่ 1



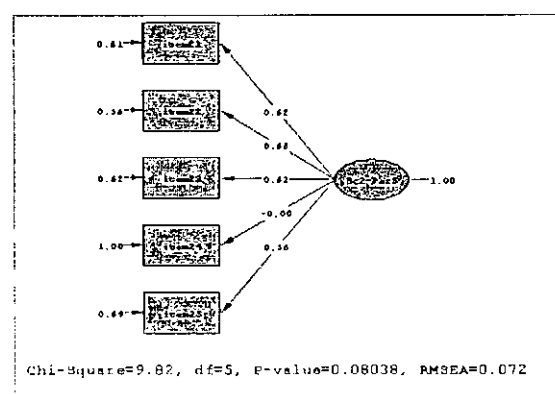
ตอนที่ 2



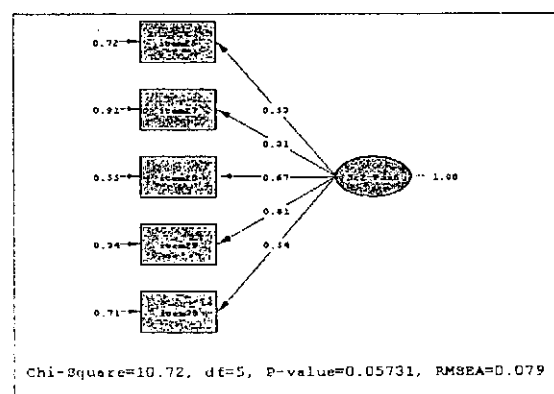
ตอนที่ 3



ตอนที่ 4



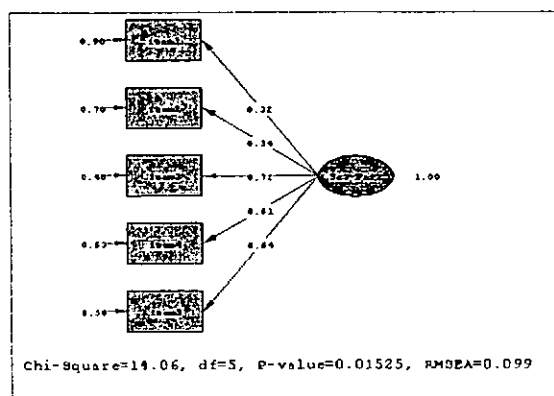
ตอนที่ 5



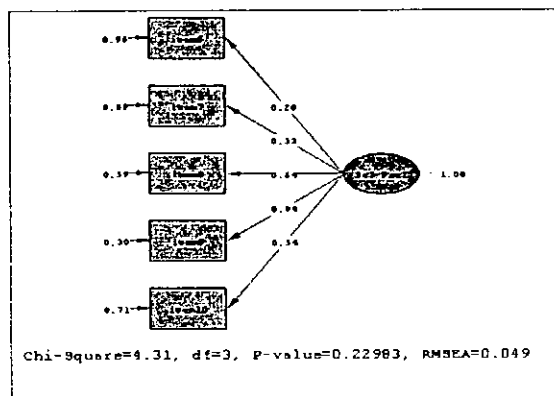
ตอนที่ 6

ภาพประกอบ 9 โมเดลการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการจำแนกเป็นตอน

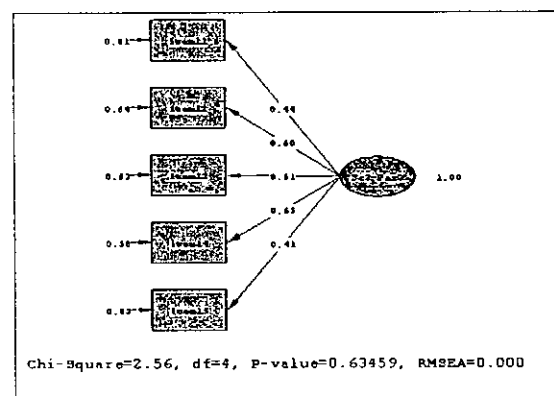
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 10



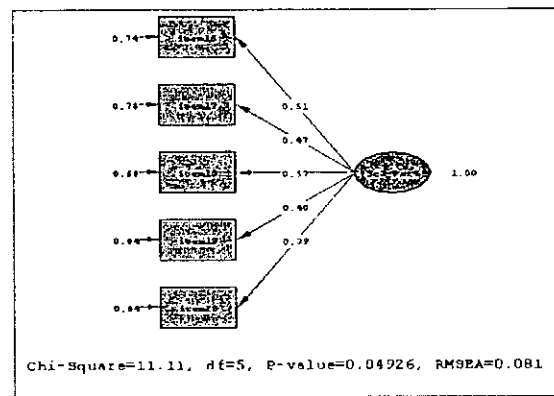
ตอนที่ 1



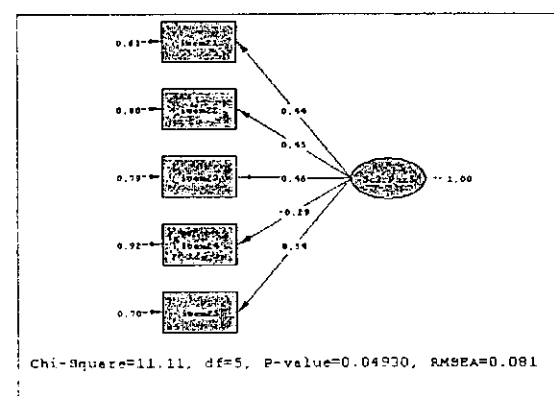
ตอนที่ 2



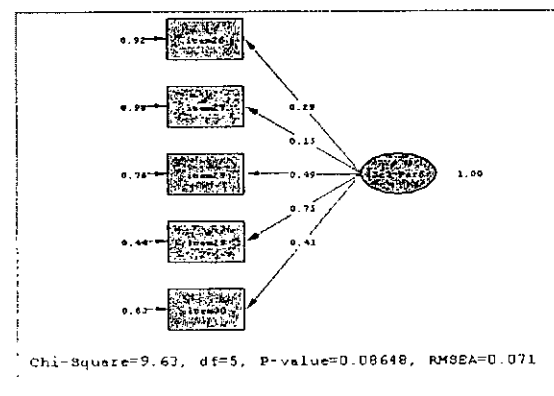
ตอนที่ 3



ตอนที่ 4



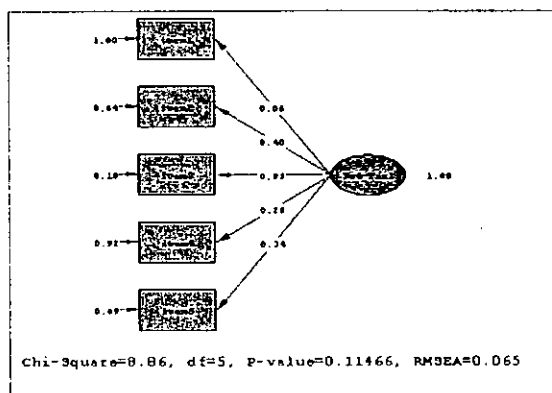
ตอนที่ 5



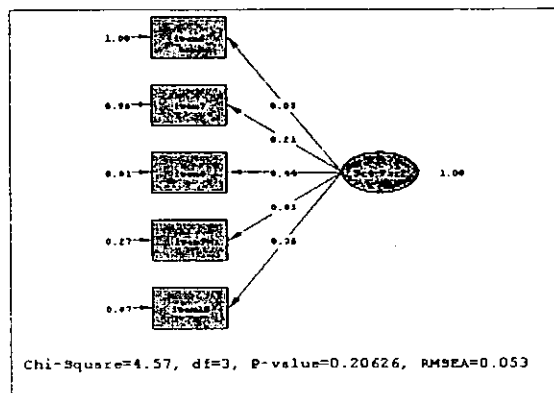
ตอนที่ 6

ภาพประกอบ 10 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นตอน

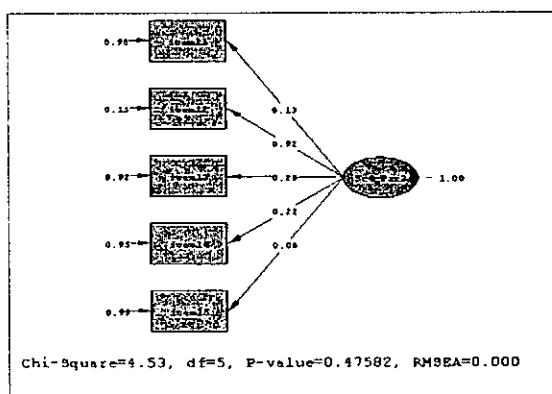
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 11



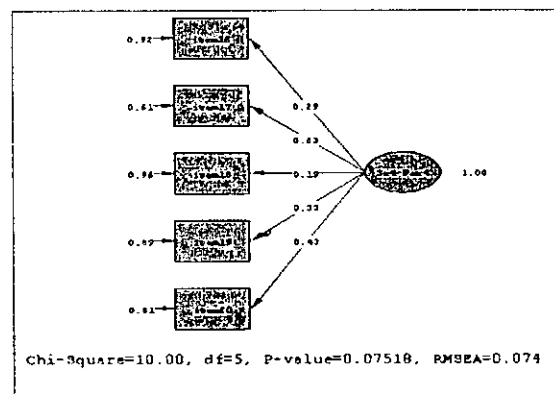
ตอนที่ 1



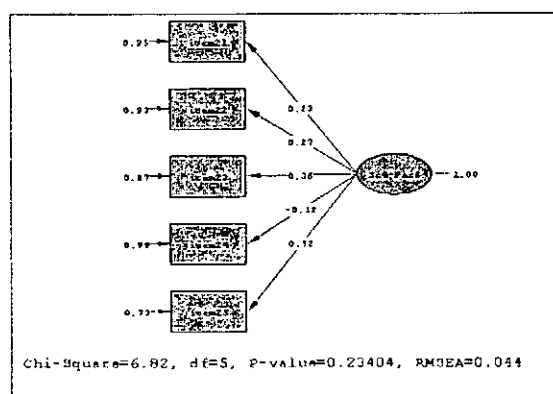
ตอนที่ 2



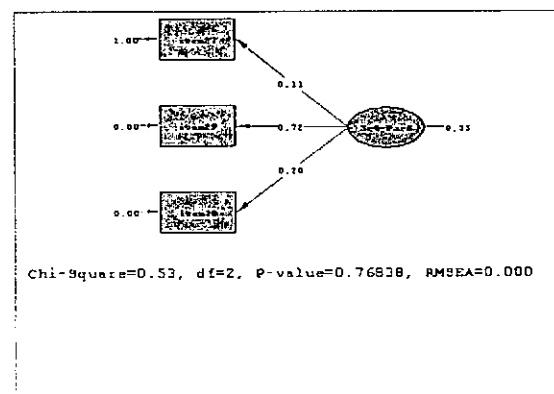
ตอนที่ 3



ตอนที่ 4



ตอนที่ 5



ตอนที่ 6

ภาพประกอบ 11 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกเป็นตอน

3.1.3.3 จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ในตอนที่ 3.1 จากแบบทดสอบจำนวน 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ ที่มีลักษณะข้อคำถามเกี่ยวกับความสมดุลที่ถามแตกต่างกัน 5 ลักษณะ คือ 1) หนักกว่า "จากภาพข้างใด ? หนักกว่ากัน" 2) ภาพใดออก "จะต้องเลือกภาพ ? ออกจาก ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน" 3) เพิ่มภาพใด "ต้องเพิ่ม ? ไปไว้ข้างใด ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน" และ 4) เป็นกี่เท่า "ข้างซ้าย มีน้ำหนักเป็น ? กี่เท่าของ ข้างขวา" นำมาคำนวณค่าสหสัมพันธ์ของข้อคำถามแต่ละลักษณะ นำมาสร้างเมตริกซ์สหสัมพันธ์ที่คะแนนดิบ (Correlation Matrix) แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อแสดงความเที่ยงตรงด้วยวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก โดยใช้โปรแกรมลิสเรล (LISREL 8.54) จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม และทำการปรับโมเดลให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปรากฏผลแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม (N=186)

ลักษณะ ข้อคำถาม	วิธีถ่วงน้ำหนัก		วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ		วิธีการแก้ปัญหา		วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	
	b	R ²	b	R ²	b	R ²	b	R ²
หนักกว่า	.560-.770	.310-.590	.430-.730	.180-.530	.210-.640	.042-.410	.389-.317	.003-.172
ภาพใดออก	.280-.900	.080-.810	.350-.680	.100-.460	.270-.600	.072-.360	.265-.571	.070-.326
เพิ่มภาพใด	.460-.800	.210-.650	.430-.810	.180-.660	.380-.670	.140-.450	.110-.640	.012-.400
ย้ายภาพใด	.068-.834	.004-.696	.099-.890	.009-.790	.102-.754	.011-.569	.170-.580	.016-.340
เป็นกี่เท่า	.428-.772	.183-.522	.350-.790	.120-.630	.270-.720	.071-.510	.130-.890	.017-.780

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 14 พบว่า

หลักฐานค่าความเชื่อมั่นของการวัด พิจารณาจากค่าขอบเขตขั้นต่ำของความเชื่อมั่น (Squared Multiple Correlation :R²) รายข้อจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม วิธีถ่วงน้ำหนัก มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .004 ถึง .810 โดยลักษณะข้อคำถาม "ภาพใดออก" มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ "ย้ายภาพใด" "หนักกว่า" "เพิ่มภาพใด" และ "เป็นกี่เท่า" มีค่าต่ำสุด, วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .009 ถึง .790 โดยลักษณะข้อคำถาม "ย้ายภาพใด" มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ "เพิ่มภาพใด" "เป็นกี่เท่า" "หนักกว่า" และ "ภาพใดออก" มีค่าต่ำสุด, วิธีการแก้ปัญหา มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .011 ถึง .569 โดยลักษณะข้อคำถาม "ย้ายภาพใด" มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ "เป็นกี่เท่า" "เพิ่มภาพใด" "หนักกว่า" และ "ภาพใดออก" มีค่าต่ำสุด, วิธีไม่

ถ่วงน้ำหนัก มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง .003 ถึง .780 โดยลักษณะข้อคำถาม “เป็นกี่เท่า” มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ “เพิ่มภาพใด” “ย้ายภาพใด” “ภาพใดออก” และ “หนักกว่า” มีค่าต่ำสุด เมื่อพิจารณาหลักฐานค่าความเชื่อมั่นโดยรวมแล้ว วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป็นการแสดงค่าความเที่ยงตรงรวมที่เกิดจากความสัมพันธ์ของข้อคำถาม ที่วัดคุณลักษณะเดียวกัน

สำหรับค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) รายข้อจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม วิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง .068 ถึง .900 โดยลักษณะข้อคำถาม “หนักกว่า” มีช่วงของค่าน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ “เป็นกี่เท่า” “เพิ่มภาพใด” “ภาพใดออก” และ “ย้ายภาพใด” มีช่วงของค่าน้ำหนักมากที่สุด, ตอบถูกหลักการ มีค่าอยู่ระหว่าง .099 ถึง .890 โดยลักษณะข้อคำถาม “หนักกว่า” มีช่วงของค่าน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ “ภาพใดออก” “เพิ่มภาพใด” “เป็นกี่เท่า” และ “ย้ายภาพใด” มีช่วงของค่าน้ำหนักมากที่สุด, วิธีการแก้ปัญหา มีค่าอยู่ระหว่าง -.102 ถึง .754 โดยลักษณะข้อคำถาม “หนักกว่า” มีช่วงของค่าน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ “เพิ่มภาพใด” “ภาพใดออก” “เป็นกี่เท่า” และ “ย้ายภาพใด” มีช่วงของค่าน้ำหนักมากที่สุด, วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่าอยู่ระหว่าง -.389 ถึง .580 โดยลักษณะข้อคำถาม “หนักกว่า” มีช่วงของค่าน้ำหนักน้อยที่สุด รองลงมาคือ “ภาพใดออก” “ย้ายภาพใด” “เพิ่มภาพใด” และ “เป็นกี่เท่า” มีช่วงของค่าน้ำหนักมากที่สุด เมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักองค์ประกอบโดยรวมแล้ว วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือตอบถูกตามหลักการ ตามวิธีการแก้ปัญหา และไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด ซึ่งวัดองค์ประกอบเดียวกัน

เนื่องจากผลลัพธ์ค่าน้ำหนักองค์ประกอบของแบบวัดทั้ง 30 ข้อ ที่จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม 5 ลักษณะ ๑ ละ 6 ข้อ สำหรับการทดสอบค่าไค-สแควร์นั้น ได้ปรับค่าพารามิเตอร์โดยเปลี่ยนให้เป็นพารามิเตอร์อิสระ เพื่อให้ค่าไค-สแควร์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ หมายความว่า โมเดลการวัดมีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

3.1.3.4 การทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นลักษณะข้อคำถาม

การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ในตอนที่ 3.1 นำมา แบ่งเป็น 5 ส่วนย่อยจำแนกเป็นลักษณะข้อคำถามในแต่ละองค์ประกอบ นำคะแนน 5 ส่วนย่อยของแต่ละองค์ประกอบมาทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ปรากฏว่า โมเดลของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยพิจารณาค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (modification indices) ตามวิธีการของโจเรสกอกและเซอร์บอม (Joreskog and Sorbom, 1989: 21) ปรากฏผลดังตาราง 15

ตาราง 15 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ของแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถามที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี

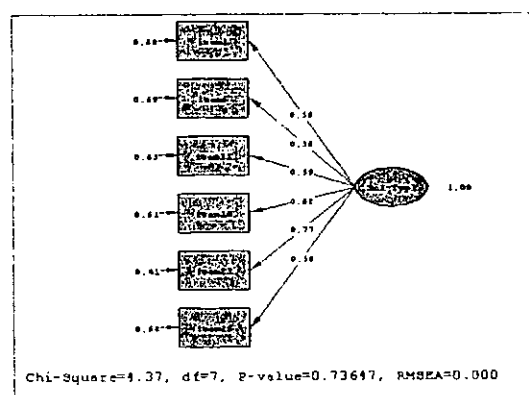
แบบทดสอบวัด วิธีการแก้ปัญหา ลักษณะคำถาม	วิธีถ่วงน้ำหนัก			วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ			วิธีการแก้ปัญหา			วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก		
	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI	χ^2	p	GFI
แบบที่ 1	4.37	.74	.99	5.43	.61	.99	2.69	.91	1.00	12.87	.17	.98
แบบที่ 2	12.62	.05	.98	8.71	.27	.98	10.12	.26	.98	19.01	.06	.97
แบบที่ 3	14.69	.01	.99	11.19	.19	.98	11.63	.17	.98	9.52	.30	.98
แบบที่ 4	13.48	.14	.98	4.81	.78	.99	14.91	.09	.97	11.15	.19	.98
แบบที่ 5	18.38	.03	.97	7.38	.50	.99	12.56	.13	.98	8.54	.29	.98

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 15 พบว่า หลักฐานการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์จำแนกตามลักษณะข้อคำถามที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 2.69 ถึง 19.01 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาตามวิธีการตรวจให้คะแนนโดยรวม พบว่า วิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีตอบถูกต้องหลักการมีค่าต่ำสุด (ตามเกณฑ์พิจารณาความกลมกลืนค่า p มีค่ามากกว่า .01 ซึ่งมีค่าแตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญ) แสดงว่า โมเดลการวัดกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีความกลมกลืนอยู่ในระดับดี ผลการทดสอบดังกล่าวเป็นหลักฐานแสดงว่าแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามีความเที่ยงตรงในการวัด

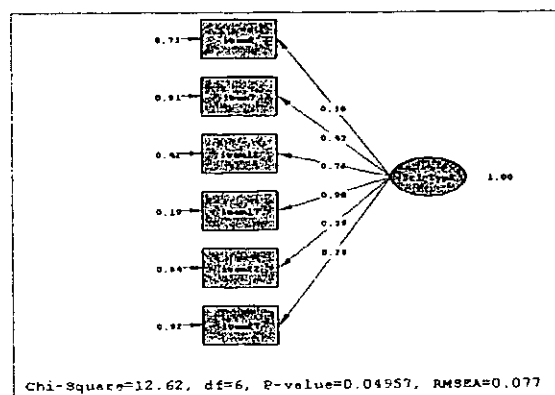
เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม 5 แบบ และวิธีการตรวจให้คะแนน 4 วิธี มีค่า GFI มากกว่า .90 ทุกค่า เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า โมเดลการวัดของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะคำถาม ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีความกลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

เพื่อให้เห็นเด่นชัด ผู้วิจัยจึงนำเสนอโมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังต่อไปนี้

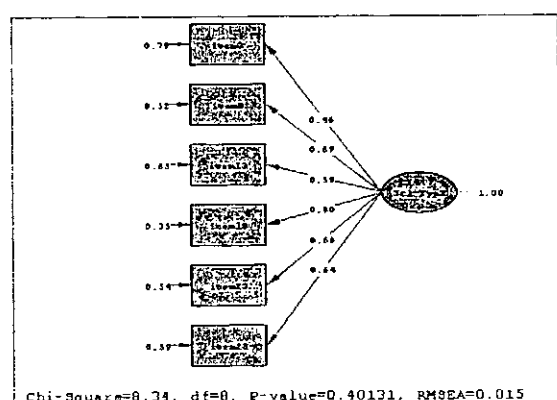
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 12



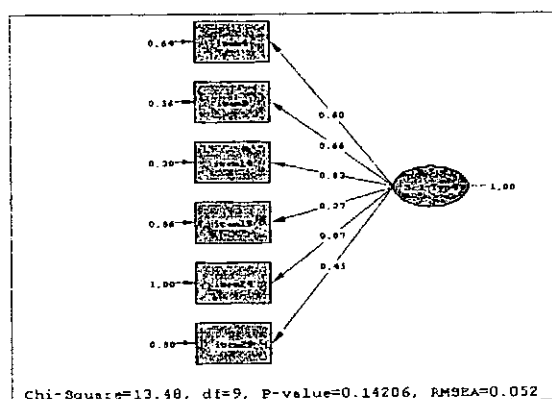
ลักษณะคำถามแบบที่ 1



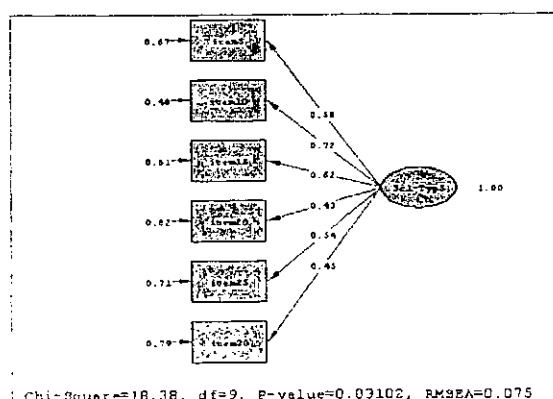
ลักษณะคำถามแบบที่ 2



ลักษณะคำถามแบบที่ 3



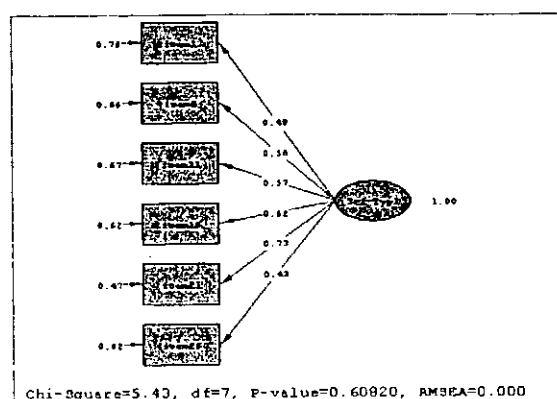
ลักษณะคำถามแบบที่ 4



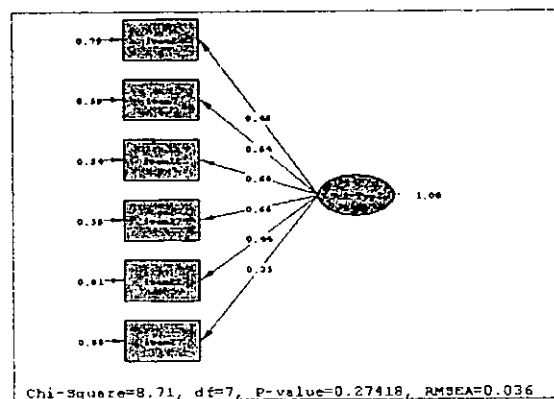
ลักษณะคำถามแบบที่ 5

ภาพประกอบ 12 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

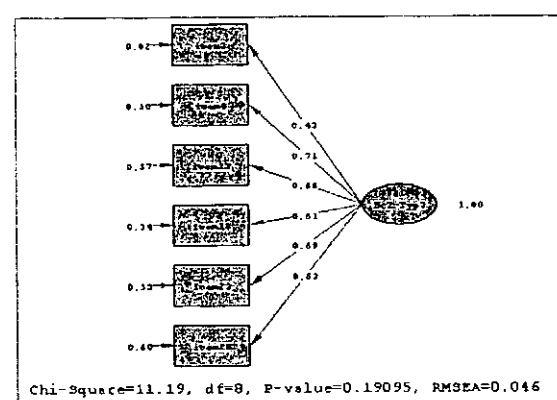
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกต้องตามหลักการจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 13



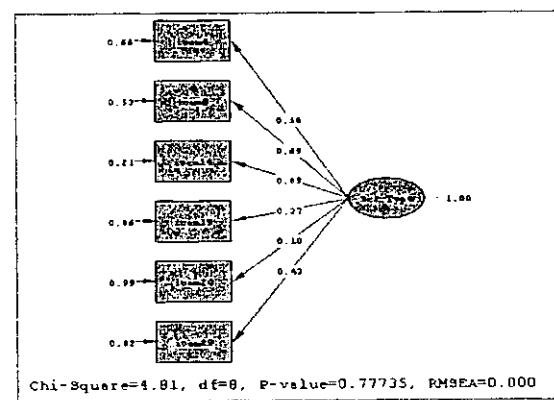
ลักษณะคำถามแบบที่ 1



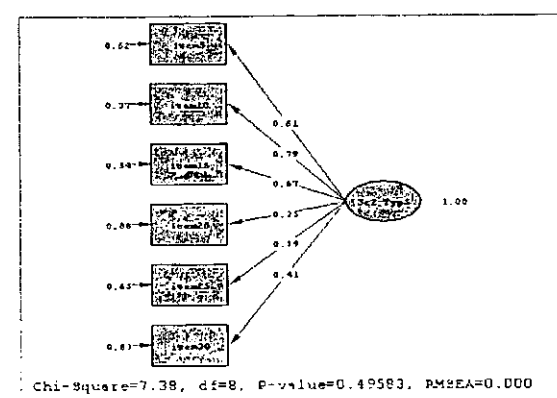
ลักษณะคำถามแบบที่ 2



ลักษณะคำถามแบบที่ 3



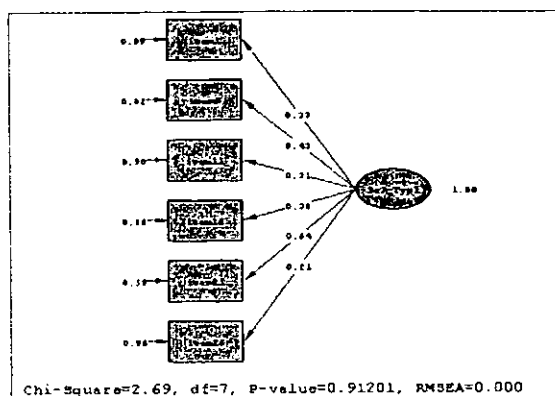
ลักษณะคำถามแบบที่ 4



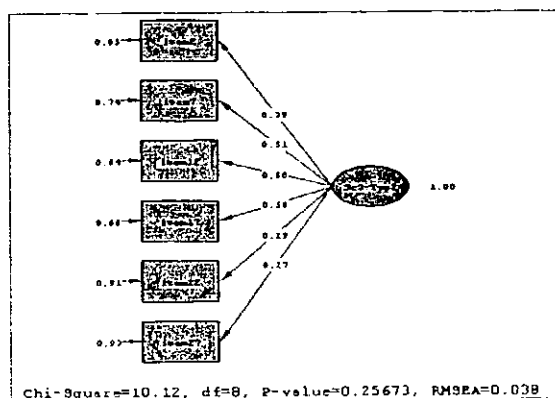
ลักษณะคำถามแบบที่ 5

ภาพประกอบ 13 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกต้องตามหลักการจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

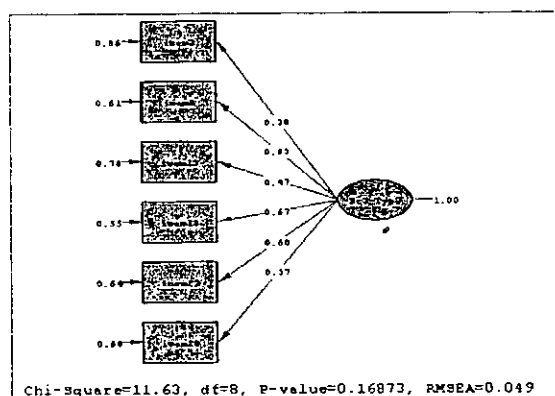
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 14



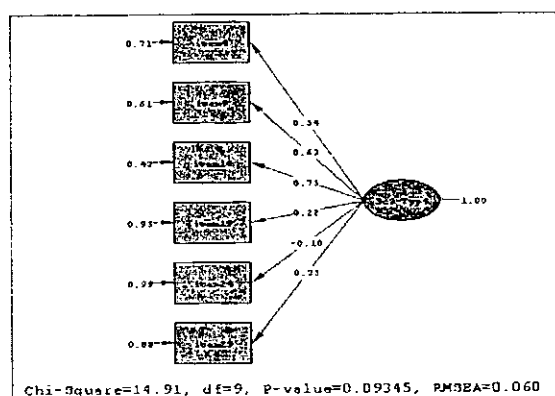
ลักษณะคำถามแบบที่ 1



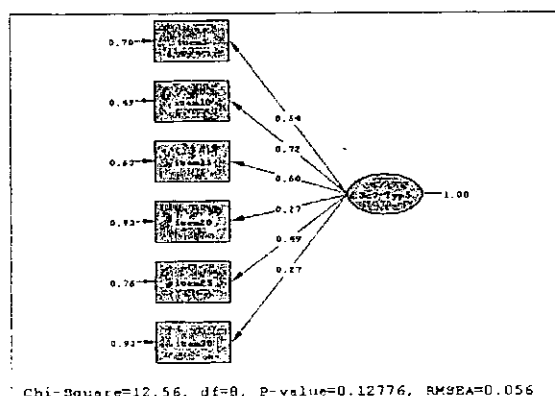
ลักษณะคำถามแบบที่ 2



ลักษณะคำถามแบบที่ 3



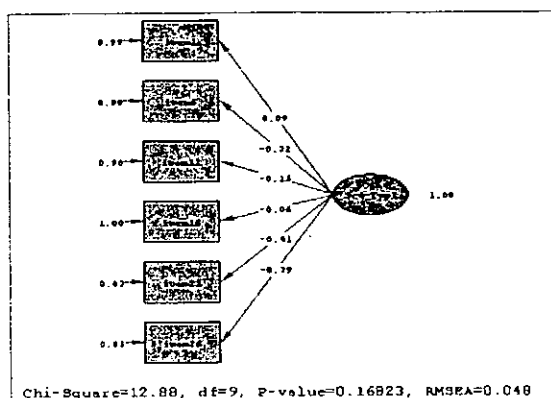
ลักษณะคำถามแบบที่ 4



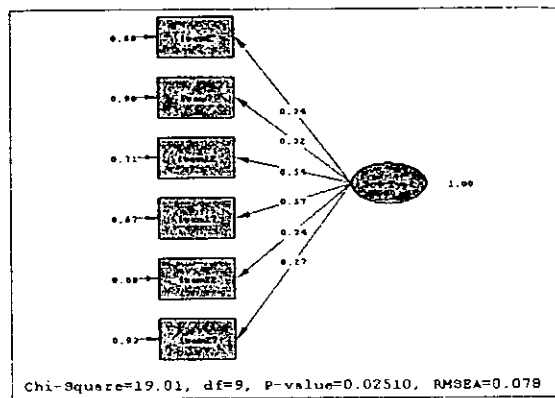
ลักษณะคำถามแบบที่ 5

ภาพประกอบ 14 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรก ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

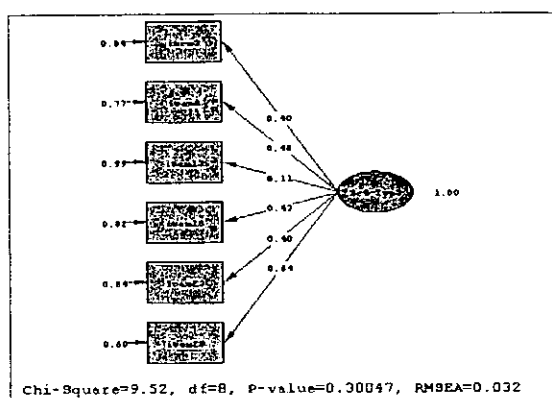
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 15



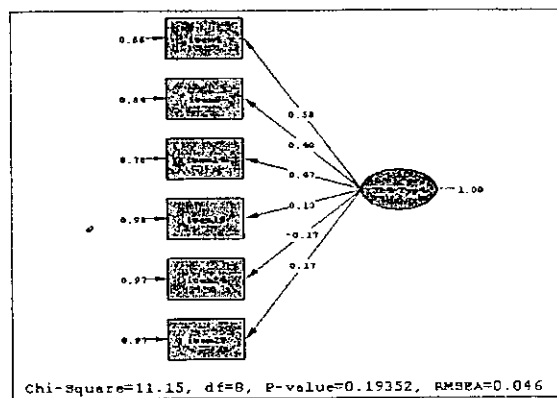
ลักษณะคำถามแบบที่ 1



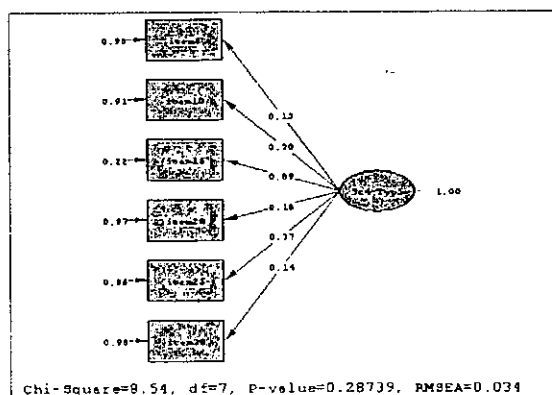
ลักษณะคำถามแบบที่ 2



ลักษณะคำถามแบบที่ 3



ลักษณะคำถามแบบที่ 4



ลักษณะคำถามแบบที่ 5

ภาพประกอบ 15 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกของโมเดลแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

3.1.4 การวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน อันดับที่สอง

3.1.4.1 การทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำแนกเป็นรายตอน

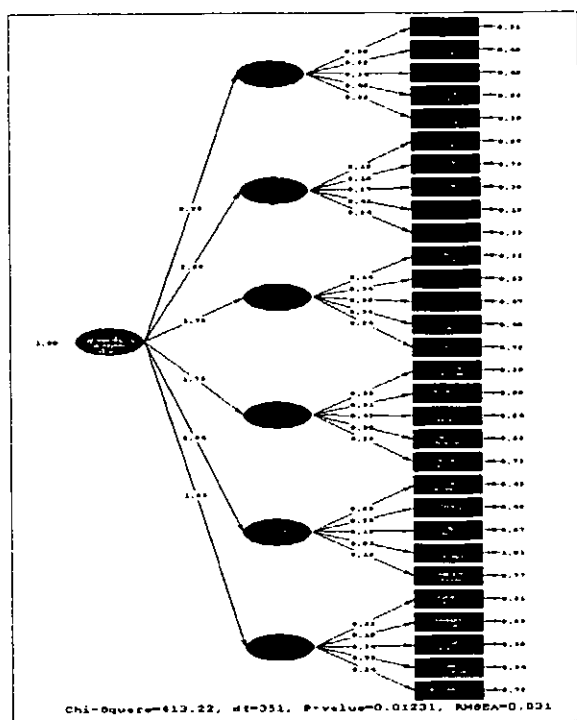
การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ในตอนที่ 3.1 นำมาแบ่งเป็น 6 ส่วนย่อยตามตอนของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา แล้วนำคะแนน 6 ส่วนย่อยของแต่ละองค์ประกอบ นำมาทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์หองค์ประกอบอันดับที่สอง (Second Order) ปรากฏว่า โมเดลของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยพิจารณาค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (modification indices) ตามวิธีการของโจเรสกอก และเซอร์บอม (Joreskog and Sorbom, 1989: 21) และเกณฑ์พิจารณาความกลมกลืนค่า p ควรมีค่ามากกว่า .01, ค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (GFI) ควรมีค่ามากกว่า .90, ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSEA) ควรมีค่าต่ำกว่า .05 ผลปรากฏผลดังตาราง 16

ตาราง 16 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกเป็นรายตอน ด้วยการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยัน อันดับที่สอง

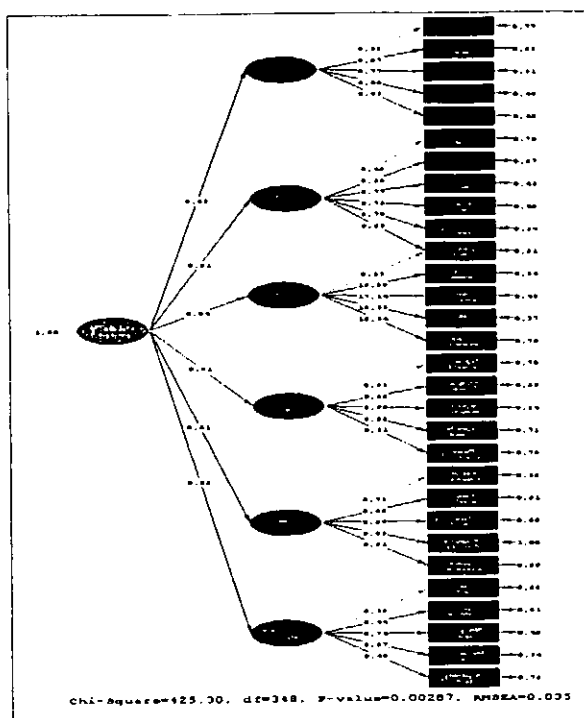
ค่าสถิติที่ใช้ ในการทดสอบ	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้อง หลักการ	วิธีการแก้ปัญหา	วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
χ^2	413.22	425.30	410.98	429.90
Probability level (p)	.012	.003	.016	.002
GFI	.870	.870	.870	.870
RMSEA	.031	.035	.030	.035

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 16 พบว่า วิธีถ่วงน้ำหนัก ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 413.22 ($p=.012$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .870, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .031 และวิธีการแก้ปัญหา มีค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 410.98 ($p=.016$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .870, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .030 เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีการแก้ปัญหาสามารถยอมรับได้ว่ากลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่วนวิธีตอบถูกต้องหลักการ ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 425.30 ($p=.003$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .870, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .035 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 429.90 ($p=.002$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .870, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .035 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก โมเดลไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

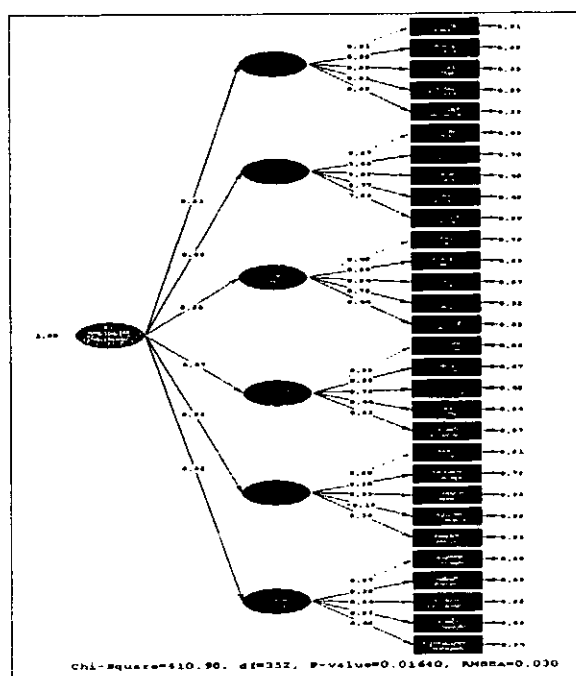
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สองของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนน 4 วิธี จำแนกเป็นรายตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 16



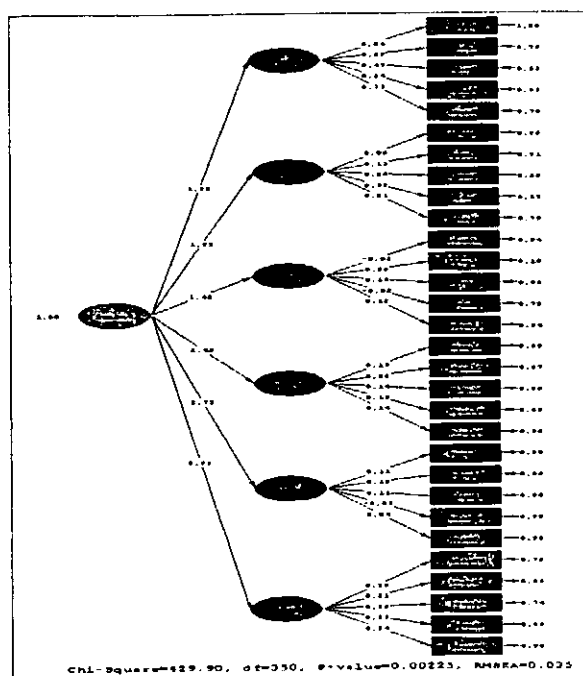
วิธีถ่วงน้ำหนัก



วิธีตอบถูกตามหลักการ



วิธีการแก้ปัญหา



วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก

ภาพประกอบ 16 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหามองให้คะแนน 4 วิธีจำแนกเป็นรายตอน

3.1.4.2 การทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

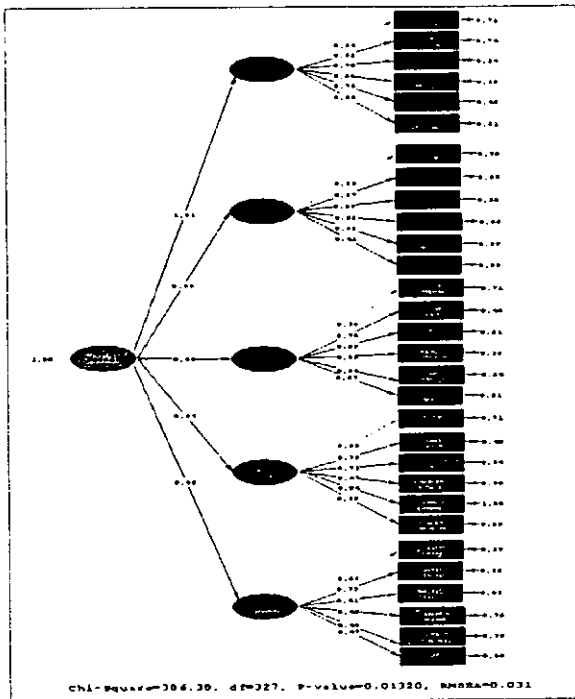
การวิเคราะห์ตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนจากการตรวจให้คะแนนแต่ละวิธี ในตอนที่ 3.1 นำมา แบ่งเป็น 5 ส่วนย่อยตามลักษณะข้อคำถามของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา นำคะแนน 5 ส่วนย่อยของแต่ละองค์ประกอบ นำมาทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบอันดับที่สอง (Second Order) ปรากฏว่า โมเดลของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี ไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการปรับโมเดลใหม่ โดยพิจารณาค่าดัชนีปรับแต่งโมเดล (modification indices) ตามวิธีการของโจเรสกอก และเซอร์บอม (Joreskog and Sorbom, 1989:21) และเกณฑ์พิจารณาความกลมกลืนค่า p ควรมีค่ามากกว่า .01, ค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (GFI) ควรมีค่ามากกว่า .90, ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSEA) ควรมีค่าต่ำกว่า .05 ผลปรากฏผลดังตาราง 17

ตาราง 17 ค่าสถิติจากการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับที่สอง

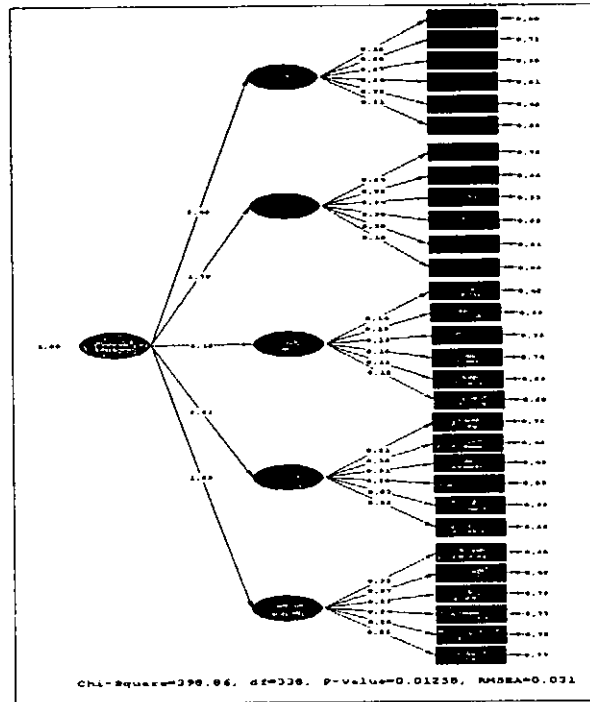
ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องหลักการ	วิธีการแก้ปัญหา	วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
χ^2	386.38	398.86	498.79	850.89
Probability level (p)	.013	.012	.000	.000
GFI	.880	.874	.850	.770
RMSEA	.031	.031	.047	.079

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 17 พบว่า วิธีถ่วงน้ำหนัก ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 386.38 ($p=.013$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .880, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .031 และวิธีตอบถูกต้องหลักการ ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 398.86 ($p=.012$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .874, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .031 เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน วิธีถ่วงน้ำหนักและวิธีตอบถูกต้องหลักการ สามารถยอมรับได้ว่ากลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่วนวิธีการแก้ปัญหา ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 498.79 ($p=.000$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .850, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .047 สำหรับวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ค่าไค-สแควร์ (χ^2) มีค่า 850.89 ($p=.000$) เมื่อพิจารณาค่าสถิติ GFI มีค่า .770, และค่าสถิติ RMSEA มีค่า .079 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก โมเดลไม่กลมกลืนกับข้อมูลเชิงประจักษ์

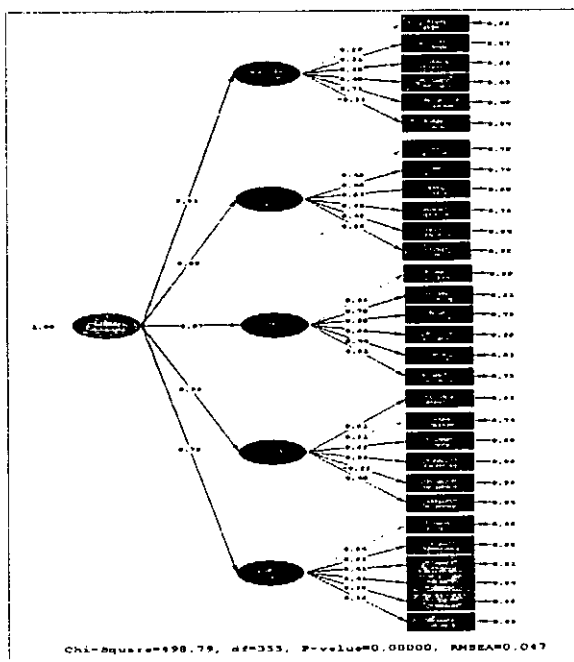
โมเดลวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสองของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่
ตรวจให้คะแนน 4 วิธี จำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ดังแสดงในภาพประกอบ 17



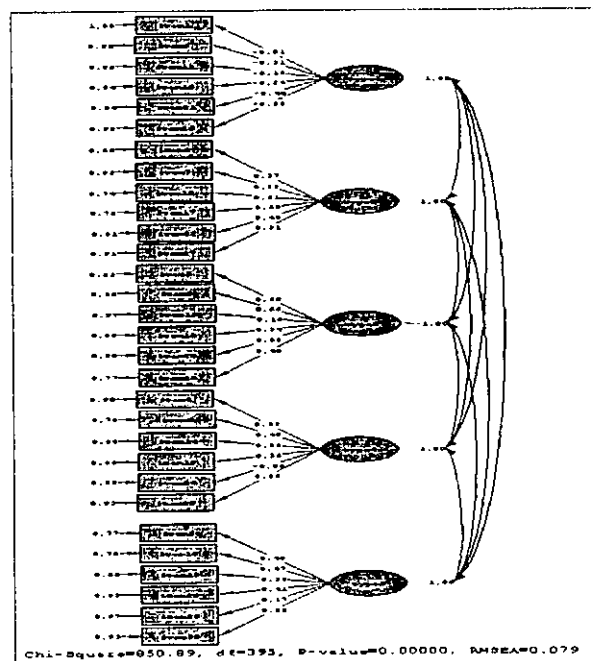
วิธีถ่วงน้ำหนัก



วิธีตอบถูกตามหลักการ



วิธีการแก้ปัญหา



วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก

ภาพประกอบ 17 โมเดลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับสอง ของโมเดลแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหามองให้คะแนน 4 วิธีจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

3.2 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์หัตถอนนี้ ผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปจากการทดสอบครั้งที่ 2 แล้วคัดเลือกไว้จำนวน 30 ข้อ นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 186 คน และนำผลมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี นำคะแนนที่ตรวจได้ในแต่ละวิธีมาวิเคราะห์หลักฐานค่าความเชื่อมั่น แยกเป็นรายตอน และรวมทั้งฉบับโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) และสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 18

ตาราง 18 การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (N=186)
ของการทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

แบบทดสอบ วัดวิธีการ แก้ปัญหา	N	วิธีถ่วงน้ำหนัก		วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ		วิธีการแก้ปัญหา		วิธีไม่ถ่วง น้ำหนัก	
		r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}	r_α	r_{F-R}
ตอนที่ 1	5	.8186	.8190	.7955	.7958	.7068	.7996	.4944	.5172
ตอนที่ 2	5	.8021	.8041	.7863	.7895	.6609	.7375	.4396	.4419
ตอนที่ 3	5	.7760	.7788	.7845	.7884	.6510	.7746	.3469	.3516
ตอนที่ 4	5	.7796	.7838	.7401	.7494	.5753	.6905	.4587	.4727
ตอนที่ 5	5	.6214	.6434	.6224	.6462	.3505	.4746	.2550	.2571
ตอนที่ 6	5	.7321	.7382	.7123	.7213	.5144	.6281	.3761	.3797
รวมทั้งฉบับ	6	.8958	.8971	.8967	.8988	.8464	.8559	.7740	.7752

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 18 พบว่า หลักฐานค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารายตอนที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี วิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .2550 ถึง .8186 โดยวิธีถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 1 มีค่าสูงสุด คือ .8186 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 5 มีค่าต่ำที่สุด มีค่า .2550 ส่วนวิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .2571 ถึง .8190 โดยวิธีถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 2 มีค่าสูงสุด คือ .8190 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ตอนที่ 5 มีค่าต่ำที่สุด มีค่า .2571 เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วหลักฐานค่าความเชื่อมั่นวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา ส่วนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าหลักฐานความเชื่อมั่นต่ำสุด แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารายตอน มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่สูง

เมื่อพิจารณาหลักฐานค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี วิเคราะห์โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .7740 ถึง .8967 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด คือ .8967 รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่า .8958

วิธีการแก้ปัญหา มีค่า .8464 และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .7740 ส่วนหลักฐานค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี วิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .7752 ถึง .8988 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุดคือ .8988 รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่า .8971 วิธีการแก้ปัญหา มีค่า .8559 ส่วนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .7752 แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับ มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา มุ่งที่จะแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น สรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อแสดงหลักฐานคุณภาพรายข้อ ได้แก่
 - 1.1 ค่าความยากง่ายรายข้อ
 - 1.2 ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
2. เพื่อแสดงหลักฐานคุณภาพทั้งฉบับ ได้แก่
 - 2.1 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง
 - 2.2 การแสดงหลักฐานความเชื่อมั่น
3. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 660 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4, 5 และ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ซึ่งเลือกมาด้วยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยใช้ระดับชั้นเรียนเป็นชั้น (Strata) และมีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) จำนวน 186 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. ขอหนังสือจาก บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับโรงเรียนที่ผู้วิจัยเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่าง
2. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียน เพื่อกำหนดวันเวลา ในการทดสอบ
3. จัดเตรียมระบบแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อดำเนินการสอบ วางแผนดำเนินการสอบ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบ
4. นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ดำเนินการสอบอธิบายให้กลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ
5. อธิบายและสาธิต วิธีการทำแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา
6. หลังจากดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่าง ทำการตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด
7. นำผลจากการทดสอบมาวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน และสถิติเพื่อตรวจสอบโครงสร้างสมมติฐาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็น “แบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา” ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ในการกำหนดสถานการณ์และดำเนินการทดสอบ โดยใช้ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในโรงเรียน (Local Area Network: LAN) และแบบทดสอบจะถูกจัดเก็บที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ (Server) ส่วนการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเวิร์กสเตชัน (Workstation) ที่นำมาเชื่อมต่อกับระบบเครือข่ายภายใน แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นประกอบด้วย ข้อคำถาม 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ รวมทั้งหมด จำนวน 30 ข้อ ในแต่ละตอนของข้อคำถามอาจจะแก้ปัญหาได้โดยวิธีการที่ต่างกัน 2 วิธี คือ การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการเดียวกัน หรือการแก้ปัญหาโดยอาศัยข้อเท็จจริง นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือจะใช้ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น ที่ทำการทดสอบกับนักเรียนจำนวน 100 คน มีคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้ ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าอยู่ระหว่าง .212 ถึง .776 และค่าความเชื่อมั่นรวมทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ด้วยวิธีวิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสมมูลโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient-Alpha : r_{α}) มีค่า .9555, .9383, .9318, และ .7871 ตามลำดับ และวิธีวิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสัมพันธ์โดยใช้สูตรเฟลด์-ราจู (Feldt-Raju : $r_{F.R}$) มีค่า .9560, .9393, .9343, และ .8026 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้น ดังนี้

1. หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ คือ คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. หาค่าสถิติคุณภาพของเครื่องมือรายข้อ

2.1 ค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจ

2.2 วิเคราะห์รายข้อ คือ ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก

3. หาค่าสถิติคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ

3.1 หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

3.1.1 วิธีการเปรียบเทียบกับตัวเกณฑ์ คือ ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้ และ ความถนัดทางการเรียน

3.1.2 วิธีวิเคราะห์ด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตดต์ (Heise and Bohrnstedt)

3.1.3 วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จผลิสเรล (LISREL 8.54)

3.2 หลักฐานแสดงความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

3.2.1 ค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสมมูลโดยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α)

3.2.2 ค่าความเชื่อมั่นแบบคะแนนจริงสัมพันธ์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R})

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ตามแนวของครอสส์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206) โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ ซึ่งมีจุดมุ่งที่จะแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น และศึกษาวิธีตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และ วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ว่าวิธีใดมีความถูกต้องเที่ยงตรงและเหมาะสมในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา สรุปได้ดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนการแก้ปัญหา ที่ได้จากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง นำมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี เป็นดังนี้ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) วิธีการแก้ปัญหามีค่าเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก และวิธีตอบถูกต้องหลักการมีค่าต่ำที่สุด มีค่า 26.13, 23.44, 19.95, และ 8.95 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของการตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีค่าอยู่ระหว่าง 5.02 ถึง 14.93

ส่วนค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี เป็นดังนี้ วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกต้องหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .9324, .9298, .8751, และ .7839 ตามลำดับ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

2. แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้น นำมาวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ด้วยการตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่าความยากรายข้ออยู่ระหว่าง .22 ถึง .63 โดยแบบทดสอบทั้งฉบับมีระดับความยากที่กระจายตั้งแต่ยาก ก่อนข้งยากและก่อนข้งง่าย, ส่วนค่าอำนาจจำแนกรายข้อมีค่าอยู่ระหว่าง .21 ถึง .77 โดยค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบส่วนมากมีค่าอำนาจจำแนกได้ดี และจำแนกได้ปานกลางพอ ๆ กัน ที่เหลือนอกนั้นเป็นข้อสอบที่จำแนกได้บ้าง

ส่วนหลักฐานค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับ ที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี นำมาวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .7871 ถึง .9555 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแก้ปัญหา วิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .9555, .9383, .9318, และ .7871 ตามลำดับ ส่วนวิธีวิเคราะห์ด้วยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .8026 ถึง .9560 โดยวิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีการแก้ปัญหา วิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .9560, .9393, .9343, และ .8026 ตามลำดับ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับมีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

3. หลักฐานแสดงความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ

3.1 ค่าสถิติเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี กับผลการเรียนรู้ พบว่า คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์ กับคณิตศาสตร์มากกว่าวิทยาศาสตร์, กับคณิตศาสตร์มากกว่าภาษาไทย, และกับคณิตศาสตร์มากกว่าสังคมศึกษา

และกับความถนัดทางการเรียน พบว่า คะแนนการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับความถนัดทางการเรียนด้านจำนวนมากกว่าด้านภาษา ซึ่งเป็นไปตามโครงสร้างสมมุติฐานในการตรวจสอบความเที่ยงตรง แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหามีความเที่ยงตรงในการวัดสูง

3.2 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง คำนวณด้วยสูตรของไฮซันและบอร์นสเตรเดต์ พบว่าหลักฐานค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี วิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าความเที่ยงตรงสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำสุด มีค่า 1.061, .959, .755, และ .601 แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหที่ตรวจให้คะแนนทั้ง 4 วิธี มีความเที่ยงตรงอยู่ในเกณฑ์สูง

3.3 การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับของแบบทดสอบ ด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จลิสเรล

ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันออกเป็น 2 อันดับ คือ การวิเคราะห์อันดับแรก (First Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานว่า ข้อคำถามที่วัดในแต่ละตอนมีค่าความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด และการวิเคราะห์อันดับที่สอง (Second Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานคุณลักษณะที่วัดวิธีการแก้ปัญหา มีค่าความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด ซึ่งในแต่ละอันดับแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ จำแนกเป็นรายตอน และจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

3.3.1 การวิเคราะห์อันดับแรก (First Order) ผู้วิจัยดำเนินการโดยนำคะแนนของแต่ละวิธีการตรวจให้คะแนน มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยการตรวจสอบความสอดคล้อง

ของข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยแบบทดสอบ ในแต่ละตอน และหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) ของแต่ละข้อคำถาม รวมทั้งดัชนีแสดงความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ จำแนกเป็นรายตอน และจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ค่าดัชนีวัดความกลมกลืนของโมเดล ได้แก่ ค่าไค-สแควร์ (χ^2) ค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (GFI) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSEA) ของข้อมูลจากแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาทุกตอนและทุกวิธีการตรวจให้คะแนน โดยทุกตอนมีค่าไค-สแควร์ แตกต่างจากศูนย์อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืน

ค่าน้ำหนักองค์ประกอบ (b) ซึ่งเป็นค่าความเที่ยงตรงของข้อคำถามของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา รายข้อจำแนกเป็นรายตอน วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่าตั้งแต่ -.100 ถึง .860, -.003 ถึง .824, -.287 ถึง .781, และ -.119 ถึง .948 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว วิธีตอบถูกตามหลักการมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด

สำหรับรายข้อจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่าตั้งแต่ .068 ถึง .900, .099 ถึง .890, -.102 ถึง .754, และ -.389 ถึง .580 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าโดยรวมต่ำสุด

แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา รายข้อจำแนกเป็นรายตอน และรายข้อจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม ที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี มีความเที่ยงตรงในการวัด

3.3.2 การวิเคราะห์อันดับที่สอง (Second Order) เป็นการวิเคราะห์เพื่อแสดงหลักฐานว่า คุณลักษณะที่วัดวิธีการแก้ปัญหา มีค่าความเที่ยงตรงมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยดำเนินการโดยนำคะแนนแต่ละตอนที่วัดองค์ประกอบการแก้ปัญหา มาวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน ด้วยการตรวจสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ และหาค่าน้ำหนักองค์ประกอบ ซึ่งเป็นค่าความเที่ยงตรงของคะแนนแต่ละวิธีการตรวจให้คะแนน ซึ่งในแต่ละอันดับแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ จำแนกเป็นรายตอน และจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จำแนกเป็นรายตอน พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา มีค่า 413.24 ($p=.012$) และ 410.98 ($p=.016$) เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีการแก้ปัญหา สามารถยอมรับได้ว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืน ส่วนวิธีตอบถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า 425.30 ($p=.003$) และ 429.90 ($p=.002$) ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่กลมกลืน

ส่วนค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (GFI) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา วิธีตอบ ถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า .870, .870, .870, .870 ตามลำดับ มีค่าเข้าใกล้ 1.00 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSEA) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา วิธีตอบ ถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า .031, .030, .035, และ .035 ตามลำดับ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไม่แตกต่างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีความกลมกลืน

ส่วนจำแนกตามลักษณะข้อคำถาม พบว่า ค่าไค-สแควร์ (χ^2) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบ ถูกตามหลักการ มีค่า 386.38 ($p=.013$) และ 398.86 ($p=.012$) เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีตอบ ถูกตามหลักการ สามารถยอมรับได้ว่า ไม่แตกต่างกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืน ส่วนวิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า 498.79 ($p=.00$) และ 850.89 ($p=.00$) ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน จึงพิจารณาได้ว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ไม่แตกต่างกับข้อมูลเชิงประจักษ์ไม่กลมกลืน

ส่วนค่าดัชนีวัดความกลมกลืน (GFI) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา วิธีตอบ ถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า .880, .874, .850, .770 ตามลำดับ มีค่าเข้าใกล้ 1.00 ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSEA) วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา วิธีตอบ ถูกตามหลักการ และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก มีค่า .031, .031, .047, และ .079 ตามลำดับ มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไม่แตกต่างกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันทั้งสองอันดับดังกล่าว จึงเป็นหลักฐาน แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีความเที่ยงตรงในการวัด

4. การแสดงหลักฐานค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา นำมาตรวจให้คะแนน 4 วิธี ที่ได้จากการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง พบว่า คะแนนรายตอน ที่ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .2550 ถึง .8186, และวิธีวิเคราะห์ด้วยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าอยู่ระหว่าง .2571 ถึง .8190, พิจารณาโดยรวมแล้วหลักฐานค่าความเชื่อมั่นวิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบ ถูกตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าหลักฐานความเชื่อมั่นต่ำสุด แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับมีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูงทุกวิธีการตรวจให้คะแนน

ส่วนคะแนนรวมทั้งฉบับ ที่ใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) โดยวิธีตอบ ถูกตามหลักการมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .8967, .8958, .8464 และ .7740 ตามลำดับ ส่วนวิธีวิเคราะห์โดยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) โดยวิธีตอบ ถูกตามหลักการมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำที่สุด มีค่า .8988, .8971, .8559, .7752 ตามลำดับ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหารวมทั้งฉบับมีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูง

เมื่อพิจารณาวิธีการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ทั้งรายตอนและรวมทั้งฉบับ วิธีถ่วงน้ำหนัก ให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีอื่นๆ

อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อพัฒนาแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ตามแนวของ ครอสม์และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206) โดยมีจุดมุ่งหมายเฉพาะเพื่อแสดง หลักฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น และศึกษาวิธีตรวจให้คะแนน 4 วิธี คือ วิธีถ่วงน้ำหนัก วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก ว่าวิธีใดมีความถูกต้องเที่ยงตรงและ เหมาะสมในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากค่าความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่นข้างต้น ผลการวิจัยสามารถนำมาอภิปราย ได้ดังนี้

1. การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ พบว่า คะแนนการแก้ปัญหามี ความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้คณิตศาสตร์มากกว่าวิทยาศาสตร์ และมีความสัมพันธ์กับความถนัด ด้านจำนวนมากกว่าด้านภาษา และในการตรวจให้คะแนน วิธีถ่วงน้ำหนัก และวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ มีความสัมพันธ์สูงกว่าวิธีอื่น ๆ ซึ่งเป็นไปตามโครงสร้างสมมุติฐานในการตรวจสอบความเที่ยงตรง ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ธรรมชาติของวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้หลักการ และเหตุผลในการ คำนวณ (ณัฐพล แยมฉิม. 2547: 1) และในการตรวจให้คะแนน มีการกระจายของคะแนนสูงกว่าวิธี อื่น ๆ ทั้งนี้เป็นการแสดงหลักฐานว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา มีหลักฐานค่าความเที่ยงตรง อยู่ในเกณฑ์สูง

ในการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงคำนวณด้วยสูตรของไฮเซนและบอร์นสเตดต์ (Heise and Bohrnstedt) พบว่า การตรวจให้คะแนน วิธีตอบถูกต้องตามหลักการมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีถ่วง น้ำหนัก วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำสุด มีค่า 1.061, .959, .755, และ .601 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงทุกค่า ยกเว้นวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าไม่สูงมากนัก ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ทุก วิธีการตรวจให้คะแนน มีการกระจายของคะแนนมากแต่วิธีไม่ถ่วงน้ำหนักการกระจายของคะแนน น้อย จึงส่งผลให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ

ส่วนการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างภายในฉบับ ผู้วิจัยใช้วิธีวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยทำการวิเคราะห์ทั้งอันดับแรก (First Order) และอันดับที่สอง (Second Order) ซึ่งผลการวิจัยพบว่า โดยรวมไม่ว่าจะจัดองค์ประกอบเป็นรายตอน หรือจัดองค์ประกอบตาม ลักษณะข้อคำถาม โดยไม่คำนึงถึงวิธีการตรวจให้คะแนน ไม่เดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความ กลมกลืน ซึ่งทั้งรายตอนและตามลักษณะข้อคำถามให้ผลสอดคล้องกัน เมื่อพิจารณารายละเอียดลง ไปสู่การตรวจให้คะแนน พบว่า การตรวจให้คะแนน 4 วิธี วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับ แรก ไม่เดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีความกลมกลืนกันทุกตอนและทุกลักษณะข้อคำถาม ทั้งนี้เป็น เพราะว่า คะแนนในแต่ละชุด มาจากข้อคำถามในแต่ละตอน ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาลักษณะข้อคำถาม เป็นหลัก เนื่องจากในแต่ละตอนของคำถาม ประกอบด้วยข้อคำถามครบทุกลักษณะ ผลการ วิเคราะห์ทั้งรายตอนและลักษณะข้อคำถาม ให้ผลสอดคล้องกันและเป็นพยานหลักฐานสนับสนุน ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ส่วนการทดสอบความกลมกลืนของโมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์ พบว่า การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก ทั้งรายตอนและลักษณะ เป็นไปตามเกณฑ์ของความกลมกลืน มีความเที่ยงตรงในการวัด สามารถสรุปได้ว่า โมเดลกับข้อมูลเชิงประจักษ์มีความกลมกลืน ซึ่งเป็นไปตามโครงสร้างสมมุติฐาน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ในการวิเคราะห์แบบจำลองโครงสร้างนั้นกำหนดข้อตกลงเบื้องต้นว่าตัวแปรต่าง ๆ ในรูปแบบจำลองทางทฤษฎีมีการนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาร่วมวิเคราะห์ด้วย และยอมให้ความคลาดเคลื่อนมีความสัมพันธ์กันได้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2542: 122) และในแต่ละลักษณะ ประกอบด้วยข้อคำถามจากแต่ละตอน

2. การแสดงหลักฐานความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ พบว่า คะแนนรายตอน ที่วิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) มีค่าอยู่ระหว่าง .2550 ถึง .8186, และคะแนนรวมทั้งฉบับ มีค่า .8967, .8958, .8464 และ .7740 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) คะแนนรายตอนมีค่าอยู่ระหว่าง .2571 ถึง .8190, และคะแนนรวมทั้งฉบับ มีค่า .8988, .8971, .8559, และ .7752 ตามลำดับ การที่วิธีวิเคราะห์ด้วยแบบคะแนนจริงสัมพันธ์โดยใช้สูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) นั้นมีค่าสูงกว่าวิธีวิเคราะห์ด้วยแบบคะแนนจริงสมมูลโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) เล็กน้อย ซึ่งสนับสนุนตามทฤษฎีความเชื่อมั่นที่ว่า สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) เป็นการวิเคราะห์ตามข้อตกลงของความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสมมูล (Tau-Equivalent) กล่าวคือ 1) วัดเนื้อหาหรือคุณลักษณะเดียวกัน 2) รูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนจริง $T_{11} = T_{12} + C_{12}$ 3) ความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบ (X) กับคะแนนอื่น ๆ เท่ากัน 4) ความแปรปรวนร่วมของคะแนนสอบ (X) กับคะแนนเกณฑ์ (Y) เท่ากัน ส่วนสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) เป็นการวิเคราะห์ตามข้อตกลงของความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ (Conjeneric) ที่มีการผ่อนปรนข้อตกลงมากกว่า โดยต้องการเพียงแต่รูปแบบความสัมพันธ์ของคะแนนจริง $T_{11} = b_{12}T_{12} + C_{12}$ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, 2547: 199) การที่ค่าความเชื่อมั่นคำนวณจากสูตรเฟลด์-ราซ (r_{F-R}) มีค่าสูงกว่านั้น เนื่องจากการแบ่งส่วนแต่ละตอน สะท้อนให้เห็นว่าการแบ่งคะแนนเป็นส่วนๆ แบบนี้ น่าจะมีความคู่ขนานแบบคะแนนจริงสัมพันธ์ เมื่อไม่เป็นไปตามข้อตกลงแบบคะแนนจริงสมมูล จึงทำให้ค่าที่คำนวณจากสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (r_α) ได้ค่าต่ำกว่าความเป็นจริง และการที่ตอนที่ 1 มีค่าสูงกว่าตอนที่ 2 และตอนอื่นๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ความตั้งใจในการทำข้อสอบของนักเรียนอาจลดลง โดยช่วงแรกนักเรียนมีความตั้งใจสูง และข้อคำถามมีความซับซ้อนมากขึ้นในตอนท้าย จึงมีผลกระทบทำให้ค่าความเชื่อมั่นลดลง

เมื่อพิจารณาเป็นรายตอน ค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนน วิธีถ่วงน้ำหนักมีค่าสูงสุด รองลงมาคือวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ วิธีการแก้ปัญหา และวิธีไม่ถ่วงน้ำหนักมีค่าต่ำสุด ให้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่าวิธีอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่า การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก มีการกระจายของคะแนนสูงกว่าวิธีอื่น ๆ แสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาทั้งรายตอนและรวมทั้งฉบับ มีหลักฐานค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์สูงทุกวิธีการตรวจให้คะแนน

สรุปจากผลดังกล่าว จึงเป็นหลักฐานแสดงว่า แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีคุณภาพในการวัดวิธีการแก้ปัญหา ของนักเรียนระดับประถมศึกษา

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะไว้ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.1 ในการแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง และความเชื่อมั่น การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่าสูง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก มีค่าสูงกว่าวิธีตรวจให้คะแนนวิธีอื่น ๆ ดังนั้น การนำผลการวิจัยไปใช้ ควรใช้การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก (ถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการเพียงอย่างเดียวจะให้ 2 คะแนน ถ้าตอบถูกโดยอาศัยข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวจะให้ 0 คะแนน และถ้าตอบถูกโดยอาศัยหลักการพร้อมกับอาศัยข้อเท็จจริงร่วมกันจะให้ 1 คะแนน) (ครอสส์ และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206))

1.2 ในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ควรพิจารณาระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนร่วมด้วย เพราะนักเรียนที่เก่งจะอาศัยหลักการในการแก้ปัญหามากกว่านักเรียนที่อ่อน และการตรวจให้คะแนนแบบ ตอบถูกให้ค่าเป็น 1 ตอบผิดให้ค่าเป็น 0 (สำหรับแบบวัดวิธีการแก้ปัญหา) จะทำให้ค่าความเชื่อมั่นต่ำและไม่สามารถแยกนักเรียนที่เก่งกับอ่อนได้ ดังนั้น การนำผลการวิจัยไปใช้ ควรมีการกำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนน โดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนัก

2. ข้อเสนอแนะในการสร้างแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการดำเนินการทดสอบ

2.1 ในการวิจัยครั้งนี้ การทดสอบผ่านระบบเครือข่ายภายใน ช่วยลดเวลาในการตรวจให้คะแนน และสามารถแจ้งผลการทดสอบให้นักเรียนเมื่อทำแบบทดสอบเสร็จ และนักเรียนมีความสนใจ และสนุกในการทำแบบทดสอบครั้งนี้ ดังนั้น ผู้บริหารสถานศึกษาควรสนับสนุน ส่งเสริมให้รายวิชาต่าง ๆ มีการประยุกต์การทดสอบย่อยผ่านระบบเครือข่ายภายใน เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน ลดเวลาในการเฉลยคำตอบของครู และแจ้งผลการทดสอบ เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียน และการทดสอบของนักเรียน

2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เพียงแต่ขนาดของรูปภาพเป็นหลัก ส่วนองค์ประกอบด้านอื่น ๆ ไม่ได้นำมาพิจารณาร่วมด้วย ในการสร้างแบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ตามรูปแบบของครอสส์ และแกเออร์ (Cross and Gaier. 1955: 193–206) ครั้งต่อไป 1) ควรพิจารณาองค์ประกอบด้านอื่น ๆ ร่วมด้วย เพื่อให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง เช่น น้ำหนักของรูปภาพ (ในสภาพความเป็นจริง แดงโม มีน้ำหนักมากกว่า ส้ม), ประเภทของรูปภาพ, เวลาในการแก้ปัญหาในแต่ละข้อ (นักเรียนที่ใช้การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการจะใช้เวลามากกว่า นักเรียนที่อาศัยข้อเท็จจริง) เป็นต้น 2) ควรพิจารณาเกณฑ์การให้คะแนนแบบอื่น เช่น ถ้านักเรียนเลือกข้อเท็จจริงก่อนแล้วถึงเลือกหลักการ การตรวจให้คะแนนควรกำหนดเกณฑ์อย่างไร หรือจะให้ค่าน้ำหนักคะแนนแต่ละวิธีเท่าใดถึงถูกต้องเหมาะสม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กุลยา นิมสกุล. (2532). ความรู้พื้นฐานทางคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: พลิทส์เซ็นเตอร์.
- ครรชิต มาลัยวงศ์. (2540). ทักษะไอที. กรุงเทพฯ: ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- จิตนา ราชรองเมือง. (2516). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดแบบสืบสวน-สอบสวน
วิธีการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม.
(การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยพจน์ รักราม. (2545). จาก IT มาเป็น ICT. วารสารวิชาการ, 5(3) มีนาคม, 60-62.
- ดวงแก้ว สวามิภักดิ์. (2535). รู้จักคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- ทักษิณา สนวนานนท์. (2530). คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ : อรุณสภา.
- มนุช วรรณวาทะ. (2514). ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์กับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง.
ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยวิชาการศึกษา
ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2542). โมเดลลิเรล : สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ:
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพดล กองศิลป์. (2540). การแสดงหลักฐานของความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและค่าความเชื่อมั่น
แบบคะแนนจริงสัมพันธ์ ของแบบทดสอบวัดความรู้ความเข้าใจทางภาษาแบบประยุกต์
ตามโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์. (2547). การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่).
กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2545). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การวัดประเมินการเรียนรู้.
ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2538). แบบทดสอบคะแนนจริงสัมพันธ์ : การวิเคราะห์ทางสถิติ.
ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2521). ทฤษฎีการทดสอบ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประพัฒน์ อุกโยภาส. (2531). รู้จักไอบีเอ็ม พีซีด้วยตนเอง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

- ปรีชา เยาว์เย็นผล. (2537). "หน่วยที่ 12 การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์, ประมวลสาระชุด
 วิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางคณิตศาสตร์ หน่วยที่ 12-15."
 กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พรรณี ชูทัย. (2528). จิตวิทยาการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ: วรวิมการพิมพ์.
- เพ็ญภา กุลนาคดล. (2547). การศึกษาและการพัฒนา การปฏิบัติหน้าที่ของสมาชิกครอบครัว
 ในครอบครัวของผู้ป่วยโรคซึมเศร้า. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (จิตวิทยาการให้คำปรึกษา).
 กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐพล แยมฉิม. (2547). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยบางประการกับความสามารถใน
 การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม.
 (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
 ถ่ายเอกสาร.
- มิ่ง เทพครเมือง. (2539) . การตรวจสอบหลักฐานความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ
 การคิดเอกละดับด้านสัญลักษณ์ 6 ฉบับ ตามทฤษฎีของกิลฟอร์ด. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม.
 (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
 ถ่ายเอกสาร.
- มานัส เพ็ญโรจน์. (2527). การศึกษาเปรียบเทียบการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยและความสามารถในการ
 ในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนจากภาพประกอบ
 คำบรรยายในลักษณะบอกเล่าและภาพประกอบคำบรรยายในลักษณะแนะให้ค้นพบ
 ด้วยตนเอง. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- วรรณ แกมเกตุ. (2540). การพัฒนาตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการใช้ครู: การประยุกต์ใช้โมเดล
 สมการโครงสร้างกลุ่มพหุ และโมเดลเอ็มทีเอ็มเอ็ม. วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต
 (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรรณดี วรรณศิลป์. (2522). ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์
 ทางเรียน ของนักเรียนชั้น ม.ศ.2. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์
 มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วาสนา สุขกระสานดี. (2541). โลกของคอมพิวเตอร์และสารสนเทศ. กรุงเทพฯ :
 โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมเจตน์ ไวยาการณ์. (2530). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการใช้เหตุผล.
 ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สนอง ตรงเที่ยง. (2540). การแสดงหลักฐานของความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างของแบบทดสอบ
วัดการประเมินค่าทางสัญลักษณ์แบบการแปลงรูป และแบบทดสอบวัดการประเมินค่า
ทางภาษาแบบการแปลงรูปตามทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด.
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. (2544). มาตรฐานการศึกษา
เพื่อการประเมินคุณภาพนอก: ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: จุฬทอง.
- (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: พรักหวานกราฟฟิค.
สุชาติ กิระนันท์. (2541). เทคโนโลยีสารสนเทศสถิติ : ข้อมูลในระบบสารสนเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 4.
กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุดใจ เหมาสีไพร. (2546). เอกสารประกอบการสอนวิชา พฐ 504: พื้นฐานทางเทคโนโลยี
ของการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุทธิพงศ์ บุญแดง. (2541). การสร้างแบบทดสอบวัดลักษณะความรับผิดชอบสำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การแสดงผลหลักฐานความเที่ยงตรง ความไม่เที่ยงตรง
และความเชื่อมั่น. ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ:
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาพร บุญหนัก. (2544). การพัฒนาชุดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีการแก้ปัญหา
เรื่องความเท่ากันทุกประการเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เสรี ทองลอย. (2547). เตรียมสอบชิงแชมป์การคิดและแก้ปัญหา ชุด 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัย
ราชภัฏพระนคร.
- อนันต์ จันทร์ทวี. (2525). แนวคิดแก้ปัญหาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์วิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยม
ศึกษาปีที่ 4. ใน ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.
- อนันต์ ศรีโสภณ. (2524). การวัดและประเมินผลการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- อรพันธุ์ ประสิทธิ์รัตน์. (2530). พื้นฐานทางเทคโนโลยีในการศึกษา.
กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- Allen, M. J. & Yen, W. M. (1979). *Introduction to Measurement Theory*.
Monterey: Calif Brooks/Cole.
- Anastasi, Anne. (1968). *Psychological Testing*. New York: Macmillan Company.
- Baroody, Arthur J. (1993). Problem Solving, Reasoning, and Communication, K-8. In
Helping Children Think Mathematically. New York: Macmillan Publishing Company.
- Bell, Frederick H. (1978). *Teaching and Learning Mathematics (in Secondary Schools)*.
Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown Company Publishers.
- Branca, N.A. (1980). Problem Solving as a Goal, Process, and Basic Skill. In S. Krulik and
R.E. Reys(Eds.). In *Problem Solving in School Mathematics: 1980 Yearbook*.
PP.3-8. Reston, VA:NCTM
- Bruner, J. S. & R. R. Diver. (1966). *Studies in Cognitive Growth*. New York: John Wiley
and Sons.
- Charles, Randall & Frank K. Lester. (1982). *Teaching Problem Solving: What, Why & How*.
New York: Dale Seymour Publications.
- Cross, K. Patricia & Gaier, Eugene L. (1955, April). Techniue in Problem Solving as a
Predictor of Educational Achievemen. *The Journal of Educational Psychology*.
4(46): 193-206.
- Ferguson, George A. (1966). *Statistical Analysis in Psychology and Education*
3nd ed. New York : Mcc Graw-Hill Book Company.
- Gagne', Robert M. and L.J. Briggs. (1974). *Principles of Instructional Design*.
New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Gagne', Robert M. (1977). *The Conditions of Learning and Theory of Instruction*.
3rd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Gronlund, Norman E. (1976). *Measurement and Evaluation in Teaching*. 3rd ed.
New york: McMillan.
- Guilford, J. P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New Work: McGraw-Hill.
- Heinig, Ruth Beall. (1981). *Creative Dramatics for the Classroom Teacher*. New Jersey:
Prentice-Hall.
- Heise, D.R. and Bohrnstedt, G.W. (1970). "Validity Invalidity and Reliability,"
Sociological Methodology. San Francisco : Jossey Bass.
- Hilgard, Ernest R. (1957). *Introduction to Psychology*. New york: Harcourt, Brace
and World Inc.

- Johnson, Donovan A. & Rising, Gerald R. (1967). *Guidelines for Teaching Mathematics*.
Belmont, California: Wadsworth Publishing Company Inc.
- Joreskog, K.G. and Sorbom, D. (1989). *LISREL 7: User's Reference Guide*.
Chicago : Scientific Software, Inc.
- Kerlinger, Fred N. (1986). *Foundations of Behavioral Research*. Tokyo :
CBB Publishing Japan Ltd.,
- Krulik, Stephen & Reys, Robert E. (1980). *Problem Solving in School Mathematics*.
Reston, Virginia: The National Council of Teachers of Mathematics Inc.
- Krulik, Stephen & Rudnick, Jesse A. (1993). *Reasoning and Problem Solving:
A Handbook for Elementary School Teachers*. Boston: Allyn and Bacon Inc.
- Lester, F. K. (1978). *Mathematical Problem Solving in the Elementary School:
Some Education and Psychological Considerations*. Columbus, Ohio:
ERIC/SMEAC.
- ✓ Lord, F. M. and Novick, M. R. (1968). *Statistical Theories of Mental Test Scores*. Reading,
MA: Addison-Wesley.
- Long, J.S. (1983). *Confirmatory Factor Analysis*. Beverly Hills, California
: Sage Publications, Inc.
- Mehrens, W. A. & Lehmann, Irvin J. (1984). *Measurement and Evaluation in Education
and Psychology*. 3rd ed. Tokyo: CBS college publishing.
- Norton, R. T. (1972, July) A Developmental Study in Assessing Children Ability to Solve
Problems in Science. *Dissertation Abstracts International*. 23(1): 204-A.
- Nunnally, Jum C. (1964). *Education Measurement and Evaluation*. New Work:
McGraw-Hill.
- ✓ Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *The Psychology of the Child*. Translated by Helen Weaver.
New York: Basic Books.
- ✓ Polya, George. (1985). *How to Solve It*. Princeton: University Press.
- ✓ Putt, John Ian. (1979, March). An Exploratory Investigation of Two Methods of Instruction
in Mathematical Problem Solving at the Fifth Grade Level. *Dissertation Abstracts
International*. 39(9): 5382-A.
- Reys, Robert E., Marilyn N. Suydam & Lindquist, Mary Montgomery. (1992).
Helping Children Learn Mathematics. 3rd ed. Boston: Allyn and Bacon Inc.
- ✓ Shaw, Terry J. (1977, March). The Effect of Problem Solving Training in Science
upon Utilization of Problem-Solving Skills in Science an Social Studies.
Dissertation Abstracts International. 38(9): 5337-A.

- Stanley, Julian C. & Hopkins, Kenneth D. (1972). *Educational and Psychological Evaluation*. 5th ed. EnGlewood Cliff: Prentice-Hall.
- Stollburg, R. J. (1956, September). Problem Solving, the Precious Gem in Science Teaching. *Science Teacher*. (23): 225-228.
- Thorndike, Robert L. (1950). How Children Learn the principle and Techniques of Problem-Solving. In *Learning and Instruction*. PP.192-216. Chicago: The National Society of the Study of Education.
- Tuckman, Bruce W. (1975). *Measurement Educational Outcomes : Fundamentals of Testing*. New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
คุณภาพของเครื่องมือ

ตาราง 19 ค่าสถิติพื้นฐานคะแนนการแก้ปัญหาที่ตรวจให้คะแนน 4 วิธี ของแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา (N=186)

การตรวจให้คะแนน	เพศ	ระดับชั้น					
		ป.4		ป.5		ป.6	
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
วิธีถ่วงน้ำหนัก	หญิง	24.26	12.43	21.87	13.47	29.03	16.27
	ชาย	21.45	11.97	24.65	16.62	19.35	17.19
	รวม	22.85	12.18	23.26	15.07	24.19	17.30
วิธีตอบถูกตามหลักการ	หญิง	8.23	5.22	8.03	7.07	12.48	9.34
	ชาย	6.94	5.53	9.74	8.94	8.26	8.73
	รวม	7.58	5.37	8.89	8.04	10.37	9.22
วิธีการแก้ปัญหา	หญิง	24.35	7.81	24.39	10.14	30.97	12.98
	ชาย	23.85	8.12	27.97	12.90	25.23	11.95
	รวม	24.10	7.90	26.18	11.65	28.10	12.70
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	หญิง	20.03	5.58	19.26	4.86	20.52	3.78
	ชาย	20.71	5.73	20.81	5.21	18.39	4.63
	รวม	20.37	5.62	20.03	5.06	19.45	4.33

ตาราง 20 ค่าสถิติพื้นฐานการแจกแจงวิธีการแก้ปัญหา (N=186)

การแก้ปัญหาโดยอาศัย	เพศ	ป.4		ป.5		ป.6	
		$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD	$\bar{X}$	SD
เปิดหลักการ	หญิง	13.42	7.63	13.10	10.58	17.90	12.20
	ชาย	11.03	7.69	14.32	11.69	13.10	12.20
		12.23	7.69	13.71	11.08	15.5	12.34
เปิดข้อเท็จจริง	หญิง	16.58	7.63	16.90	10.58	12.10	12.20
	ชาย	18.97	7.69	15.68	11.69	16.90	12.20
		17.77	7.69	16.29	11.08	14.5	12.34

ตาราง 21 การแสดงดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
1	0	1	1	1	1	4	0.8
2	0	1	1	1	1	4	0.8
3	0	1	1	1	1	4	0.8
4	0	1	1	1	1	4	0.8
5	0	1	1	1	1	4	0.8
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	1	5	1
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1
11	1	1	1	1	1	5	1
12	1	1	1	1	1	5	1
13	1	1	1	1	1	5	1
14	1	1	1	1	1	5	1
15	1	1	1	1	1	5	1
16	1	1	1	1	1	5	1
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	1	1	1	1	5	1
19	1	1	1	1	1	5	1
20	1	1	1	1	1	5	1

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อ	ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
21	1	1	1	1	1	5	1
22	1	1	1	1	1	5	1
23	1	1	1	1	1	5	1
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	1	1	1	5	1
26	1	1	1	1	1	5	1
27	1	1	1	1	1	5	1
28	1	1	1	1	1	5	1
29	1	1	1	1	1	5	1
30	1	1	1	1	1	5	1
31	1	1	1	1	1	5	1
32	1	1	1	1	1	5	1
33	1	1	1	1	1	5	1
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	1	1	5	1
36	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	1	5	1
38	1	1	1	1	1	5	1
39	1	1	1	1	1	5	1
40	1	1	1	1	1	5	1

ตาราง 22 ค่าความยากง่าย (P) แบบถ่วงน้ำหนัก

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง
1	.67	.52	.67
2	.60	.43	.54
3	.50	.53	.52
4	.47	.60	.66
5	.70	.60	.59
6	.67	.24	.37
7	.60	.35	.38
8	.90	.52	.49
9	.93	.55	.56
10	.80	.47	.57
11	.80	.53	.55
12	.77	.41	.38
13	.73	.52	.56
14	.90	.53	.59
15	.70	.31	.52
16	.80	.51	.50
17	.50	.22	.26
18	.77	.56	.66
19	.73	.32	.44
20	.73	.38	.42

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง
21	.73	.43	.46
22	.60	.27	.41
23	.77	.42	.47
24	.67	.45	.19
25	.60	.30	.35
26	.83	.48	.55
27	.73	.49	.31
28	.57	.52	.50
29	.67	.44	.56
30	.67	.39	.46
31	.83	.63	
32	.90	.40	
33	.70	.56	
34	.90	.60	
35	.73	.57	
36	.73		
37	.57		
38	.57		
39	.80		
40	.70		

ตาราง 23 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหา

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง
1	.7901	.6183	.4964
2	.8581	.5462	.5180
3	.7330	.6465	.5545
4	.8145	.7096	.5298
5	.7779	.6878	.6012
6	.8212	.5008	.5033
7	.8071	.5910	.4482
8	.8440	.7334	.6936
9	.5480	.7070	.6845
10	.5677	.7286	.6556
11	.5860	.6882	.6646
12	.5733	.5874	.5853
13	.7224	.6246	.6005
14	.6406	.7766	.6709
15	.6107	.4257	.4358
16	.7413	.6816	.6321
17	.5297	.5022	.4973
18	.7380	.6621	.7579
19	.7629	.4033	.4815
20	.6005	.5218	.4577

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก (r)		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบกลุ่มตัวอย่าง
21	.7437	.6801	.7044
22	.7295	.3938	.5084
23	.6776	.5163	.5275
24	.5294	.4695	.0123
25	.6219	.3451	.4419
26	.7948	.5547	.6037
27	.4104	.7703	.3280
28	.5892	.7481	.5470
29	.5874	.5340	.5587
30	.6008	.4220	.4323
31	.6008	.6262	
32	.5797	.2121	
33	.6218	.2805	
34	.6889	.7096	
35	.7286	.4250	
36	.7856		
37	.0590		
38	.3396		
39	.3572		
40	.2325		
ค่าความ เชื่อมั่นที่ วิเคราะห์ตาม แบบคะแนน จริงสมมูล	.9661	.9492	.9324

ตาราง 24 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดสอบครั้งที่ 1

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีการตรวจให้คะแนน		
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ	วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
1	.7901	.7278	.7365
2	.8581	.8201	.8041
3	.7330	.7778	.5493
4	.8145	.7909	.5630
5	.7779	.8228	.6512
6	.8212	.8032	.6092
7	.8071	.8119	.7627
8	.8440	.8774	.4906
9	.5480	.7145	.3039
10	.5677	.7833	.3441
11	.5860	.7387	.4599
12	.5733	.7479	.5268
13	.7224	.8278	.6469
14	.6406	.8541	.2615
15	.6107	.6535	.5819
16	.7413	.8442	.4987
17	.5297	.6361	.4861
18	.7380	.8168	.6478
19	.7629	.8247	.5308
20	.6005	.6535	.6021

ตาราง 24 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีการตรวจให้คะแนน		
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ	วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
21	.7437	.8151	.6559
22	.7295	.7736	.6803
23	.6776	.7892	.6291
24	.5294	.5583	.5336
25	.6219	.7835	.6150
26	.7948	.8233	.4219
27	.4104	.7580	.5219
28	.5892	.7650	.2559
29	.5874	.6881	.4504
30	.6008	.6491	.5169
31	.6008	.7342	.453
32	.5797	.7207	.3375
33	.6218	.6366	.5475
34	.6889	.7179	.3375
35	.7286	.734	.32
36	.7856	.8686	.5042
37	.0590	.5264	.0043
38	.3396	.6864	.0646
39	.3572	.6681	.1537
40	.2325	.7071	-.0284
ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์ ตามแบบคะแนนจริงสมมูล	.9661	.9814	.9280

ตาราง 25 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดสอบครั้งที่ 2

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีตรวจให้คะแนน			
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ	วิธีแก้ปัญหา	วิธีไม่ถ่วง น้ำหนัก
1	.6183	.6479	.5510	.2626
2	.5462	.6935	.6304	.3132
3	.6465	.6986	.6170	.3609
4	.7096	.7706	.7049	.3381
5	.6878	.7859	.7413	.3468
6	.5008	.8571	.7913	.1718
7	.5910	.8518	.7844	.2711
8	.7334	.8764	.7940	.2732
9	.7070	.8236	.7006	.3938
10	.7286	.8059	.7319	.4693
11	.6882	.7658	.6787	.2307
12	.5874	.8490	.7844	.4059
13	.6246	.8193	.7202	.2976
14	.7766	.8505	.7516	.3346
15	.4257	.7797	.6856	.3484
16	.6816	.7693	.6821	.2021
17	.5022	.7825	.6886	.3276
18	.6621	.8447	.7778	.3913
19	.4033	.8280	.7768	.3063
20	.5218	.7451	.6266	.3069

ตาราง 25 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีการตรวจให้คะแนน			
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ	วิธีแก้ปัญหา	ไม่ถ่วงน้ำหนัก
21	.6801	.8372	.7350	.2870
22	.3938	.7886	.6671	.1934
23	.5163	.7632	.6427	.3019
24	.4695	.7199	.6203	.2052
25	.3451	.7476	.5929	.2312
26	.5547	.7718	.6532	.2487
27	.7703	.7144	.6143	.6391
28	.7481	.7456	.6322	.6146
29	.5340	.7086	.6214	.2769
30	.4220	.6572	.5464	.2680
31	.6262	.6479	.5510	.0386
32	.2121	.6935	.6304	.0842
33	.2805	.6986	.6170	.2150
34	.7096	.7706	.7049	.3381
35	.4250	.7859	.7413	.0401
ค่าความเชื่อมั่นที่				
วิเคราะห์ตามแบบ	.9492	.9815	.9695	.7926
คะแนนจริงสมมูล				
ค่าความเชื่อมั่นที่				
วิเคราะห์ตามแบบ	.9510	.9816	.9699	.7976
คะแนนจริงสัมพันธ์				

ตาราง 26 การแสดงหลักฐานค่าอำนาจจำแนกและหลักฐานความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบ
วัดวิธีการแก้ปัญหา ของการทดลองสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีการตรวจให้คะแนน			
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตาม หลักการ	วิธีแก้ปัญหา	วิธีไม่ถ่วง น้ำหนัก
1	.4964	.4258	.2288	.0115
2	.5180	.5115	.4340	.3172
3	.5545	.5221	.4794	.4355
4	.5298	.5338	.4457	.2932
5	.6012	.6067	.5519	.3632
6	.5033	.4702	.2964	.2275
7	.4482	.5174	.3731	.1401
8	.6936	.7006	.6042	.4013
9	.6845	.6549	.5948	.4833
10	.6556	.6197	.5287	.3786
11	.6646	.6156	.4562	.2134
12	.5853	.5989	.4805	.4324
13	.6005	.6369	.4674	.1832
14	.6709	.7071	.5665	.2768
15	.4358	.4742	.3677	.3698
16	.6321	.5397	.3309	.2700
17	.4973	.5033	.3795	.4087
18	.7579	.7444	.6108	.3262
19	.4815	.4678	.3638	.4139
20	.4577	.4412	.3457	.3194

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก วิธีการตรวจให้คะแนน			
	วิธีถ่วงน้ำหนัก	วิธีตอบถูกต้องตามหลักการ	วิธีแก้ปัญหา	วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก
21	.7044	.6453	.5152	.3283
22	.5084	.4757	.3964	.4137
23	.5275	.5262	.3480	.2601
24	.0123	.0385	.1741	.0499
25	.4419	.4756	.3369	.1941
26	.6037	.5019	.2972	.2344
27	.3280	.3452	.2689	.3017
28	.5470	.5753	.4269	.2681
29	.5587	.5394	.4418	.2583
30	.4323	.4478	.3445	.2113
ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสมมูล	.9324	.9298	.8751	.7839
ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์ตามแบบคะแนนจริงสัมพัทธ์	.9344	.9321	.8997	.7876

ตาราง 27 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิธีการตรวจให้คะแนนกับคะแนนเกณฑ์ผลการเรียนรู้
แปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน

วิธีการตรวจให้คะแนน	คณิตศาสตร์		วิทยาศาสตร์		ภาษาไทย		สังคม	
	(r_{MA})	(Z_{MA})	(r_{SC})	(Z_{SC})	(r_{TH})	(Z_{TH})	(r_{SO})	(Z_{SO})
วิธีถ่วงน้ำหนัก	.383**	.406	.162*	.167	.182*	.187	.100	.100
วิธีตอบถูกตามหลักการ	.326**	.337	.075	.075	.148*	.151	.086	.086
วิธีการแก้ปัญหา	.377**	.394	.135	.136	.224**	.229	.128	.131
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.391**	.412	.305**	.315	.304**	.315	.165*	.167

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 28 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์วิธีการตรวจให้คะแนนกับคะแนนเกณฑ์ความถนัดทางการเรียน
แปลงเป็นคะแนนมาตรฐาน

วิธีการตรวจให้คะแนน	จำนวน		ภาษา	
	(r_N)	(Z_N)	(r_V)	(Z_V)
วิธีถ่วงน้ำหนัก	.304**	.315	.140	.141
วิธีตอบถูกตามหลักการ	.231**	.234	.119	.121
วิธีการแก้ปัญหา	.290**	.299	.145*	.146
วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.375**	.394	.160*	.161

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ตาราง 29 ค่าสถิติเปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการแก้ปัญหาวิธีการตรวจให้คะแนน 4 วิธี

เปรียบเทียบสหสัมพันธ์ของคะแนนการ แก้ปัญหาวิธีการตรวจให้คะแนน	ผลการเรียนรู้กลุ่มสาระ				ความถนัดทางการเรียน	
	Z_{MA}	Z_{SC}	Z_{TH}	Z_{SO}	Z_N	Z_V
วิธีถ่วงน้ำหนัก-วิธีตอบถูกตามหลักการ	.660	.344	.880	.134	.775	.191
วิธีถ่วงน้ำหนัก-วิธีการแก้ปัญหา	.115	.402	.297	.297	.153	.048
วิธีถ่วงน้ำหนัก-วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.057	1.224	1.416	.641	.756	.191
วิธีตอบถูกตามหลักการ-วิธีการแก้ปัญหา	.545	.746	.583	.430	.622	.239
วิธีตอบถูกตามหลักการ-วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.717	1.569	2.296*	.775	1.530	.383
วิธีการแก้ปัญหา-วิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก	.172	.823	1.712*	.344	.909	.143

ตาราง 30 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
1	1	.500	.077	6.420	.250	$\chi^2 = 2.560$ df = 1 P-value = .109
	2	.570	.084	6.760	.330	
	3	.770	.087	8.910	.600	
	4	.860	.110	7.900	.750	
	5	.710	.087	8.170	.510	
2	6	.510	.076	6.750	.260	$\chi^2 = .630$ df = 3 P-value = .880
	7	.630	.077	8.130	.390	
	8	.630	.077	8.140	.400	
	9	.770	.077	9.910	.590	
	10	.780	.074	10.630	.610	
3	11	.620	.072	8.560	.380	$\chi^2 = .500$ df = 4 P-value = .973
	12	.710	.072	9.790	.500	
	13	.750	.069	10.790	.560	
	14	.730	.069	10.570	.550	
	15	.480	.079	6.080	.230	
4	16	.780	.073	10.680	.610	$\chi^2 = 3.660$ df = 4 P-value = .453
	17	.560	.073	7.730	.320	
	18	.760	.069	10.930	.570	
	19	.670	.077	8.680	.450	
	20	.540	.073	7.420	.290	

ตาราง 30 (ต่อ)

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
5	21	.620	.080	7.750	.390	$\chi^2 = 5.920$ df = 4 P-value = .205
	22	.670	.081	8.240	.440	
	23	.590	.080	7.380	.350	
	24	-.100	.092	-1.130	.011	
	25	.600	.080	7.490	.360	
6	26	.664	.074	8.881	.441	$\chi^2 = 4.360$ df = 5 P-value = .498
	27	.359	.080	4.458	.129	
	28	.696	.074	9.374	.485	
	29	.757	.073	10.292	.573	
	30	.493	.078	6.298	.243	

ตาราง 31 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกต้องตามหลักการ

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
1	1	.508	.076	6.683	.259	$\chi^2 = 8.060$ df = 4 P-value = .089
	2	.649	.072	8.934	.421	
	3	.719	.071	10.144	.516	
	4	.726	.070	10.273	.527	
	5	.711	.071	10.005	.505	
2	6	.446	.076	5.835	.199	$\chi^2 = 2.670$ df = 4 P-value = .614
	7	.546	.074	7.355	.298	
	8	.789	.068	11.550	.623	
	9	.801	.068	11.769	.642	
	10	.651	.071	9.098	.424	

ตาราง 31 (ต่อ)

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
3	11	.552	.074	7.431	.304	$\chi^2 = 3.720$ df = 4 P-value = .445
	12	.662	.074	9.273	.439	
	13	.740	.069	10.635	.547	
	14	.824	.067	12.178	.679	
	15	.487	.075	6.443	.238	
4	16	.670	.088	7.610	.440	$\chi^2 = 4.630$ df = 2 P-value = .098
	17	.480	.088	5.420	.230	
	18	.760	.091	8.400	.580	
	19	.550	.110	5.040	.310	
	20	.530	.081	6.560	.280	
5	21	.621	.081	7.609	.385	$\chi^2 = 9.820$ df = 5 P-value = .080
	22	.621	.081	8.105	.437	
	23	.617	.081	7.566	.381	
	24	-.003	.087	-.038	.000	
	25	.556	.082	6.774	.309	
6	26	.529	.077	6.817	.280	$\chi^2 = 10.720$ df = 5 P-value = .057
	27	.306	.081	3.780	.094	
	28	.670	.076	3.780	.449	
	29	.813	.075	10.823	.661	
	30	.536	.077	6.915	.287	

ตาราง 32 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกเป็นรายตอน (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
1	1	.315	.083	3.792	.099	$\chi^2 = 14.060$ df = 5 P-value = .015
	2	.544	.079	6.836	.296	
	3	.722	.077	9.293	.521	
	4	.610	.078	7.763	.372	
	5	.645	.078	8.253	.416	
2	6	.217	.083	2.588	.047	$\chi^2 = 4.310$ df = 3 P-value = .229
	7	.402	.082	4.927	.162	
	8	.654	.079	8.273	.427	
	9	.781	.079	9.786	.611	
	10	.584	.079	7.394	.342	
3	11	.447	.085	5.277	.200	$\chi^2 = 2.560$ df = 4 P-value = .635
	12	.552	.083	6.588	.304	
	13	.611	.084	7.286	.373	
	14	.687	.085	8.131	.373	
	15	.331	.086	3.841	.109	
4	16	.505	.095	5.296	.255	$\chi^2 = 11.110$ df = 5 P-value = .049
	17	.468	.094	4.940	.219	
	18	.565	.097	5.822	.319	
	19	.401	.094	4.255	.161	
	20	.394	.094	4.180	.156	

ตาราง 32 (ต่อ)

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
5	21	.440	.099	4.434	.194	$\chi^2 = 11.110$ df = 5 P-value = .049
	22	.448	.099	4.502	.200	
	23	.459	.099	4.603	.211	
	24	-.289	.098	-2.952	.083	
	25	.544	.103	5.276	.290	
6	26	.286	.091	3.129	.082	$\chi^2 = 9.630$ df = 5 P-value = .086
	27	.149	.091	1.684	.022	
	28	.488	.097	5.003	.238	
	29	.751	.119	6.319	.564	
	30	.407	.093	4.361	.166	

ตาราง 33 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสรล
จำแนกเป็นรายตอน (N=186)-การตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
1	1	.064	.078	.825	.004	$\chi^2 = 8.860$ df = 5 P-value = .115
	2	.401	.097	4.152	.161	
	3	.948	.163	5.802	.898	
	4	.284	.084	3.263	.081	
	5	.337	.091	3.708	.114	
2	6	.047	.085	5.500	.002	$\chi^2 = 4.570$ df = 3 P-value = .206
	7	.212	.088	2.405	.045	
	8	.436	.104	4.200	.190	
	9	.853	.159	5.379	.728	
	10	.362	.096	3.754	.131	

ตาราง 33 (ต่อ)

ตอนที่	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
3	11	.129	.095	1.357	.016	χ^2 = 4.530 df = 5 P-value = .475
	12	.922	.401	2.301	.850	
	13	.278	.140	1.982	.077	
	14	.220	.120	1.829	.048	
	15	.082	.086	.946	.006	
4	16	.289	.103	2.807	.083	χ^2 = 10.000 df = 5 P-value = .075
	17	.626	.135	4.649	.392	
	18	.191	.102	1.880	.036	
	19	.334	.104	3.204	.112	
	20	.432	.111	3.879	.186	
5	21	.230	.122	1.886	.053	χ^2 = 6.820 df = 5 P-value = .234
	22	.273	.125	2.185	.074	
	23	.356	.138	2.571	.126	
	24	-.119	.118	-1.010	.014	
	25	.518	.177	2.924	.269	
6	26					χ^2 = .530 df = 2 P-value = .768
	27	.110	.100	1.080	.013	
	28	.350	.170	2.020	.120	
	29	.720	.330	2.190	.520	
	30	.200	.120	1.690	.041	

ตาราง 34 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีถ่วงน้ำหนัก

ลักษณะข้อคำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
หนักกว่า	1	.560	.077	7.280	.320	$\chi^2 = 4.370$ df = 7 P-value = .736
	6	.560	.077	7.240	.310	
	11	.590	.079	7.520	.350	
	16	.620	.078	7.950	.390	
	21	.770	.076	10.160	.590	
	26	.560	.083	6.760	.320	
ภาพไดออก	2	.500	.091	5.470	.250	$\chi^2 = 12.620$ df = 6 P-value = .049
	7	.430	.081	5.330	.190	
	12	.760	.100	7.310	.580	
	17	.900	.140	6.610	.810	
	22	.390	.080	4.930	.160	
	27	.280	.076	3.700	.080	
เพิ่มภาพใด	3	.460	.077	5.950	.210	$\chi^2 = 8.340$ df = 8 P-value = .401
	8	.690	.071	9.780	.480	
	13	.590	.073	8.020	.350	
	18	.800	.067	11.940	.650	
	23	.680	.071	9.560	.460	
	28	.640	.072	8.960	.410	
ย้ายภาพใด	4	.600	.075	7.948	.360	$\chi^2 = 13.480$ df = 9 P-value = .140
	9	.663	.074	8.880	.440	
	14	.834	.073	11.374	.696	
	19	.368	.079	4.634	.135	
	24	.068	.082	.829	.004	
	29	.450	.078	5.757	.202	

ตาราง 34 (ต่อ)

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
เป็นก็เท่า	5	.567	.078	7.382	.331	$\chi^2 = 18.380$ df = 9 P-value = .030
	10	.772	.075	9.549	.522	
	15	.623	.077	8.080	.388	
	20	.428	.088	5.301	.183	
	25	.541	.078	6.872	.292	
	30	.453	.080	5.641	.205	

ตาราง 35 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีตอบถูกหลักการ

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
หนักกว่า	1	.490	.081	6.080	.240	$\chi^2 = 5.430$ df = 7 P-value = .608
	6	.580	.079	7.300	.340	
	11	.570	.083	6.920	.330	
	16	.620	.081	7.580	.380	
	21	.730	.079	9.220	.530	
	26	.430	.088	4.870	.180	
เพิ่มภาพใด	2	.460	.080	5.710	.210	$\chi^2 = 8.710$ df = 7 P-value = .274
	7	.640	.079	8.080	.410	
	12	.680	.076	8.910	.460	
	17	.660	.077	8.660	.440	
	22	.440	.086	5.140	.190	
	27	.350	.084	4.140	.100	

ตาราง 35 (ต่อ)

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
เพิ่มภาพใด	3	.430	.077	5.500	.180	χ^2 = 11.190 df = 8 P-value = .190
	8	.710	.069	10.250	.500	
	13	.660	.071	9.270	.430	
	18	.810	.066	12.210	.660	
	23	.690	.070	9.830	.470	
	28	.630	.071	8.870	.400	
ย้ายภาพใด	4	.580	.074	7.830	.340	χ^2 = 4.810 df = 8 P-value = .777
	9	.690	.073	9.410	.470	
	14	.890	.072	12.460	.790	
	19	.370	.078	4.760	.140	
	24	.099	.080	1.240	.009	
	29	.430	.077	5.560	.180	
เป็นกี่เท่า	5	.610	.075	8.220	.380	χ^2 = 7.380 df = 8 P-value = .495
	10	.790	.071	11.100	.630	
	15	.670	.073	9.200	.460	
	20	.350	.080	4.320	.120	
	25	.590	.075	7.900	.350	
	30	.410	.079	5.180	.170	

ตาราง 36 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีการแก้ปัญหา

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
หนักกว่า	1	.330	.100	3.310	.110	$\chi^2 = 2.690$ df = 7 P-value = .912
	6	.430	.100	4.170	.180	
	11	.310	.100	3.030	.097	
	16	.380	.100	3.660	.140	
	21	.640	.120	5.210	.410	
	26	.210	.120	1.690	.042	
ภาพไดออก	2	.390	.090	4.340	.150	$\chi^2 = 10.120$ df = 8 P-value = .256
	7	.510	.090	5.710	.260	
	12	.600	.092	6.570	.360	
	17	.580	.091	6.390	.340	
	22	.290	.091	3.230	.087	
	27	.270	.092	2.920	.072	
เพิ่มภาพใด	3	.380	.086	.140	.140	$\chi^2 = 11.630$ df = 8 P-value = .168
	8	.630	.079	.390	.390	
	13	.470	.081	.220	.220	
	18	.670	.078	.450	.450	
	23	.600	.079	.360	.360	
	28	.570	.080	.320	.320	
ย้ายภาพใด	4	.540	.082	.291	.291	$\chi^2 = 14.910$ df = 9 P-value = .093
	9	.628	.083	.395	.395	
	14	.754	.085	.569	.569	
	19	.222	.085	2.568	.048	
	24	-.102	3,086.000	-1.186	.011	
	29	.350	.084	4.140	.122	

ตาราง 36 (ต่อ)

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
เป็นที่เท่า	5	.540	.082	6.620	.300	$\chi^2 = 12.560$ df = 8 P-value = .128
	10	.720	.082	8.690	.510	
	15	.600	.082	7.380	.370	
	20	.270	.086	3.100	.071	
	25	.490	.083	5.970	.240	
	30	.270	.086	3.120	.072	

ตาราง 37 ค่าสถิติที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันอันดับแรกโดยใช้โปรแกรมลิสเรล
จำแนกตามลักษณะข้อปัญหา (N=186) การตรวจให้คะแนนวิธีไม่ถ่วงน้ำหนัก

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
หนักกว่า	1	.092	.126	.731	.008	$\chi^2 = 12.880$ df = 9 P-value = .168
	6	.317	.140	-2.266	.101	
	11	-.146	.127	-1.150	.021	
	16	-.038	.125	-.463	.003	
	21	-.415	.165	-2.512	.172	
	26	-.389	.158	-2.462	.151	
ภาพได้ออก	2	.341	.097	3.529	.116	$\chi^2 = 19.010$ df = 9 P-value = .020
	7	.319	.097	3.299	.102	
	12	.540	.101	5.332	.291	
	17	.571	.103	5.556	.326	
	22	.345	.097	3.568	.119	
	27	.265	.097	2.747	.070	

ตาราง 37 (ต่อ)

ลักษณะข้อ คำถาม	ข้อที่	b	SE	t	R ²	
เพิ่มภาพใด	3	.400	.099	4.040	.160	χ^2 = 9.520 df = 8 P-value = .300
	8	.480	.099	4.870	.230	
	13	.110	.095	1.160	.012	
	18	.430	.095	4.540	.180	
	23	.400	.094	4.270	.160	
	28	.640	.100	6.110	.400	
ย้ายภาพใด	4	.580	.130	4.620	.340	χ^2 = 11.150 df = 8 P-value = .194
	9	.400	.110	3.760	.160	
	14	.470	.110	4.150	.220	
	19	.130	.100	1.210	.016	
	24	-.170	.100	-1.640	.029	
	29	.170	.100	1.620	.028	
เป็นกี่เท่า	5	.130	.087	1.490	.017	χ^2 = 8.540 df = 7 P-value = .287
	10	.300	.100	2.940	.091	
	15	.890	.220	4.110	.780	
	20	.180	.089	1.990	.031	
	25	.370	.110	3.280	.140	
	30	.140	.087	1.680	.020	

ภาคผนวก ข
คู่มือการใช้แบบทดสอบ

คู่มือการใช้แบบทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบโดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งใช้ระบบเครือข่ายภายใน (Local Area Network: LAN) โดยมีเครื่องแม่ข่ายหรือเซิร์ฟเวอร์ (Server) เป็นแหล่งบริหารจัดการแบบทดสอบ และเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่นำมาเชื่อมต่อกันเป็นระบบเครือข่ายหรือเรียกว่าเวิร์กสเตชัน (Workstation) ซึ่งทำหน้าที่ในการแสดงข้อคำถาม และตอบสนองต่อวิธีการแก้ปัญหานักเรียน ในการจัดเก็บหรือบันทึกวิธีการแก้ปัญหาแต่ละบุคคล ถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลที่เครื่องเซิร์ฟเวอร์ สำหรับวัดวิธีการใช้แบบทดสอบมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นตอนการใช้แบบทดสอบ

ในการดำเนินการทดสอบ เมื่อหน้าจอปรากฏดังภาพ ซึ่งเป็นหน้าแรกของแบบทดสอบ เพื่อทำการตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้แบบทดสอบ ให้นักเรียนปฏิบัติตามลำดับขั้น ดังนี้

The Development Of A computerized Test To Determine Problem-Solving Skills
Of Elementary School Students

การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหานักเรียน ระดับประถมศึกษา

เลขประจำตัว: 1

รหัสผ่าน : 2

3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของงานศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาพัฒนการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

1. ให้นักเรียนป้อนเลขประจำตัว โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ช่อง "เลขประจำตัว" และป้อนเลขประจำตัวนักเรียน
2. ให้นักเรียนป้อนรหัสผ่าน โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ช่อง "รหัสผ่าน" และป้อนรหัสผ่านของนักเรียน
3. เมื่อนักเรียนป้อนเลขประจำตัวและรหัสผ่านเรียบร้อยแล้ว ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ปุ่ม "ตกลง" เพื่อตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้แบบทดสอบ

4. โปรแกรมแบบทดสอบ ดำเนินการตรวจสอบสิทธิ์ในการใช้แบบทดสอบ ถ้านักเรียนมีสิทธิ์ใช้แบบทดสอบจะพบคำชี้แจงในการทดสอบว่าวิธีการแก้ปัญหา โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ

แบบทดสอบวิธีวิธีการแก้ปัญหา

คำชี้แจง

- 1) แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความสมดุล มี 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อรวมทั้งหมด 30 ข้อ เวลาทำ 50 นาที
- 2) แต่ละตอนของข้อปัญหาสามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการที่ต่างกัน 2 วิธี คือ
 - ก) ใช้หลักการเดาสุ่ม หรือ
 - ข) ใช้ข้อเท็จจริงทั้ง 5 ข้อ (หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน)
- 3) แบบทดสอบวิธีวิธีการแก้ปัญหา จะแบ่งภาพออกเป็น 3 ส่วน
 - ก) ส่วนบน ซึ่งวงแสดง " หลักการ " ใช้สำหรับตอบข้อปัญหาได้ทั้งหมด 5 ข้อ
 - ข) ส่วนล่างด้านซ้ายมือ ซึ่งวงแสดงเป็นพื้นที่แสดงคำถามจะอนุญาติด้านซ้ายมือของผู้ตอบ
 - ค) ส่วนล่างด้านขวามือ ซึ่งวงแสดง " ข้อเท็จจริง " ใช้สำหรับข้อปัญหาแต่ละข้อ ถ้านักเรียนต้องการวิธีใด ให้คลิกปุ่มเพื่อเปิดรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ
- 4) ถ้าเลือก " หลักการ " จะสามารถแก้ไขข้อปัญหาได้ทั้ง 5 ข้อ แต่ถ้าเลือก " ข้อเท็จจริง " จะต้องใช้ทั้ง 5 ข้อ ในการแก้ปัญหา
- 5) เกณฑ์ในการให้คะแนน

ตอบถูกโดยอาศัย " หลักการ " อย่างเดียว ตอบถูกโดยอาศัย " ข้อเท็จจริง " อย่างเดียว ตอบถูกโดยอาศัย " หลักการและข้อเท็จจริง "	ให้ข้อละ 2 คะแนน ให้ข้อละ 1 คะแนน ให้ข้อละ .5 คะแนน ให้ข้อละ 0 คะแนน
--	---

เป็นทดสอบการแก้ปัญหา

5

5. เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจคำชี้แจงแล้ว ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ "เริ่มทดสอบการแก้ปัญหา"

6. เมื่อนักเรียนเลือกเริ่มทดสอบการแก้ปัญหา โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ ซึ่งแสดงข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนแก้ปัญหา และโปรแกรมแบบทดสอบ เริ่มนับเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

START

วิธีทำข้อสอบ

หลักการ

๐) ตามภาพ ข้างใด?.....หนักกว่ากัน

หลักการ



แทนค่า

เวลาเริ่ม

เวลาจบ

เวลาเริ่ม 9:23:52

เวลาปัจจุบัน 9 : 23 : 59

เหลือเวลา

49 : 1

เมื่อหน้าจอบันทึกภาพ ในการแก้ปัญหา นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหามาของแต่ละบุคคล โดยสิ่งกำหนดให้ทั้งสองวิธีนี้จะถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น เมื่อนักเรียนต้องการใช้วิธีใด ก็ให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ปุ่ม “หลักการ” หรือ “แทนค่า” เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการใช้ในการแก้ปัญหา ในกรณีที่นักเรียนเลือก “แทนค่า” ก่อน นักเรียนสามารถเลือกใช้ “หลักการ” ร่วมกันได้ โดยถือว่าได้เปิดหลักการขึ้นมาใช้ในการแก้ปัญหาร่วมด้วย และในข้อคำถามที่เหลือจากข้อนั้นเป็นต้นไปจนถึงข้อคำถามข้อสุดท้ายของในแต่ละตอน ถือว่าเป็นการเลือกใช้ “หลักการ” ในการแก้ปัญหา

ในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจวิธีทำแบบทดสอบในแต่ละลักษณะ นักเรียนสามารถดูตัวอย่างและวิธีทำแบบทดสอบ โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ “วิธีทำข้อสอบ”

2. วิธีทำข้อสอบในแต่ละลักษณะคำถาม

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยพัฒนาประกอบด้วยลักษณะคำถามที่แตกต่างกัน 5 แบบ ซึ่งในแต่ละตอน ประกอบด้วยข้อคำถามทั้ง 5 แบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1

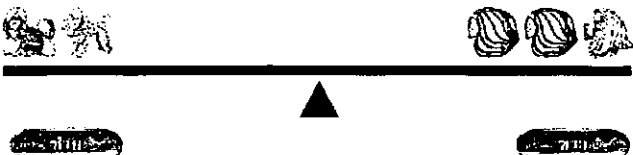
โดยมีข้อคำถามดังนี้ “ตามภาพ ข้างใด ? หนักกว่ากัน” โดยหน้าจอบันทึกภาพ

1

วิธีทำข้อสอบ

หลักการ

๑) ตามภาพ ข้างใด?..... หนักกว่ากัน



1

แทนค่า

เวลาเริ่ม 9:23:52
เวลาปัจจุบัน 9 : 23 : 59
เหลือเวลา 49 : 1

เมื่อหน้าจอบันทึกภาพ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหามาของแต่ละบุคคล ซึ่งในการแก้ปัญหาลักษณะข้อคำถามแบบที่ 1 มีลำดับขั้น ดังนี้

1. ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่

1.1. เลือกเปิด “หลักการ” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

1.2. เลือกเปิด “แทนค่า” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็น รายละเอียดและตัวเลข

1.3. เลือกเปิด “หลักการและแทนค่า” เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็น ข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเป็นรายละเอียดและตัวเลข

นักเรียนต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ “หลักการ” หรือ “แทนค่า” ถึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อนักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาเสร็จ หน้าจอปรากฏดังภาพ

สถานการณ์

วิธีทำข้อสอบ

สุนัข มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า ปลา

๑) ตามภาพ ข้างใด?.....หนักกว่ากัน

เวลาเริ่ม 9:23:52 เวลาปัจจุบัน 9 : 24 : 32 เหลือเวลา 48 : 28

2. ในการตอบคำถาม ให้นักเรียนเลือกคำตอบ “ซ้าย” หรือ “ขวา” เมื่อนักเรียนเลือก จะแสดงปุ่มคำสั่ง “Save” เพื่อให้นักเรียนบันทึกคำตอบ โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ

สถานการณ์

วิธีทำข้อสอบ

สุนัข มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า ปลา

๑) ตามภาพ ข้างใด?.....หนักกว่ากัน

3

เวลาเริ่ม 9:23:52 เวลาปัจจุบัน 9 : 24 : 42 เหลือเวลา 48 : 11

3. เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบแล้วให้เลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม “Save” เพื่อบันทึกคำตอบ และทำข้อต่อไป

2.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2

โดยมีข้อคำถามดังนี้ “ตามภาพ จะต้องเลือกรูปภาพ ? ออกจาก ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน”

ในกรณีที่ข้อคำถามก่อนหน้า นักเรียนได้เลือกเปิด “หลักการ” เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จะถือว่าในข้อคำถามในข้อต่อ ๆ ไปในตอนนี้ได้เลือกหลักการมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยจะแสดงหลักการไว้ที่ส่วนบนของจอภาพ และในกรณีที่นักเรียนยังไม่เลือกเปิด “หลักการ” ในส่วนที่เป็นหลักการในส่วนบนของจอภาพ จะถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ

1

คำถาม
 วัสดุของของ

สุนัข


มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า


ปลา


๐๐) ตามภาพ จะต้องเลือกรูปภาพ **ออก** **จาก** **ข้างใด** **จึงจะ** 1

ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน


 ซ้าย


 ขวา

เวลาเริ่ม 9:25:0
เวลาปัจจุบัน 9 : 25 : 5
เหลือเวลา 47 : 55

เมื่อหน้าจอปรากฏดังภาพ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหของแต่ละบุคคล ซึ่งในการแก้ปัญหาลักษณะข้อคำถามแบบที่ 2 มีลำดับขั้น ดังนี้

1. ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่

1.1. เลือกเปิด “หลักการ” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

1.2. เลือกเปิด “แทนค่า” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นรายละเอียดและตัวเลข

1.3. เลือกเปิด “หลักการและแทนค่า” เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเป็นรายละเอียดและตัวเลข

นักเรียนต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ “หลักการ” หรือ “แทนค่า” ถึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อนักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาเสร็จ หน้าจอปรากฏดังภาพ

ข้อ ๒ **คำถาม** **สุนัข** **มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า** **ปลา**

วิธีทำ

๐๐) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป **จาก** **ออกจาก** **ข้าง** **จึงจะ**

ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

2

ซ้าย ขวา

เวลาเริ่ม 9:25:0 เวลาปัจจุบัน 9 : 25 : 22 เหลือเวลา 47 : 38

ปลา = 1
ปลา = 1
สุนัข = 2
สุนัข = 2

2. ในการตอบคำถาม ให้นักเรียนเลือกรูปภาพที่ต้องการโดยการคลิกเมาส์ที่ภาพในข้อคำถาม เมื่อนักเรียนเลือกรูปภาพแล้ว "รูปภาพ" จะแสดงอยู่ส่วนบนของข้อคำถาม และภาพกากบาทจะแสดงแทนภาพเดิม ถือว่านักเรียนได้เลือกคำตอบ ตามนั้น

ข้อ ๓ **คำถาม** **สุนัข** **มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า** **ปลา**

วิธีทำ

๐๐) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป **จาก** **ออกจาก** **ข้าง** **จึงจะ**

ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

3

ซ้าย ขวา

เวลาเริ่ม 9:25:0 เวลาปัจจุบัน 9 : 25 : 44 เหลือเวลา 47 : 16

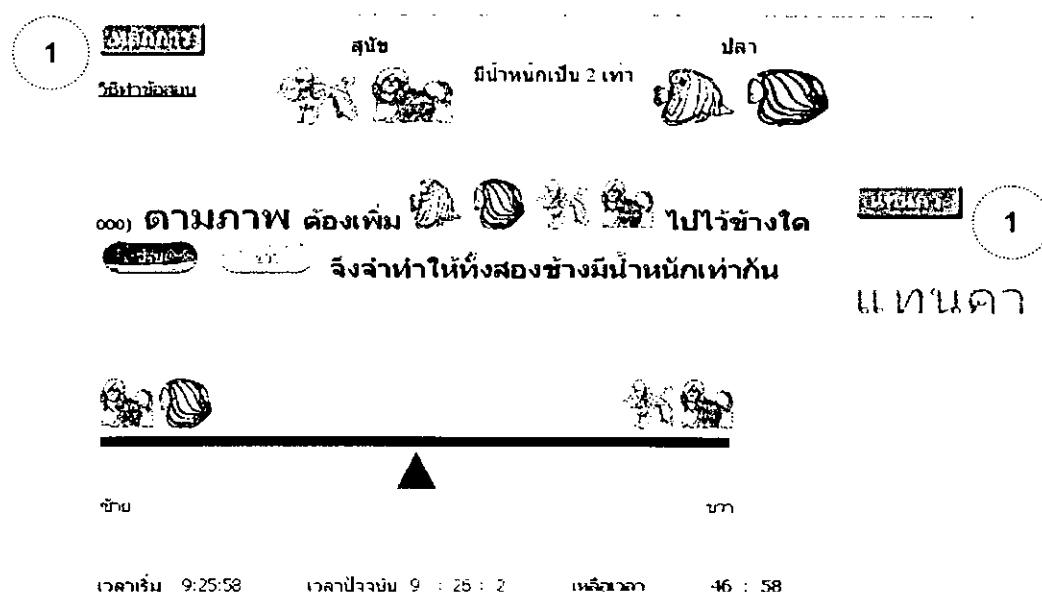
ปลา = 1
ปลา = 1
สุนัข = 2
สุนัข = 2

3. เมื่อนักเรียนเลือกรูปภาพที่เป็นคำตอบแล้ว ให้นักเรียนเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม "Save" เพื่อทำการบันทึกคำตอบ และทำข้อต่อไป

2.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3

โดยมีข้อความถาม ดังนี้ “ตามภาพ ต้องเพิ่ม ? ไปไว้ข้างใด ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน”

ในกรณีที่ข้อความถามก่อนหน้า นักเรียนได้เลือกเปิด “หลักการ” เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จะถือว่าในข้อความถามในข้อต่อ ๆ ไปในตอนนี้ได้เลือกหลักการมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยจะแสดงหลักการไว้ที่ส่วนบนของจอภาพ และในกรณีที่นักเรียนยังไม่เลือกเปิด “หลักการ” ในส่วนที่เป็นหลักการในส่วนบนของจอภาพ จะถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ



เมื่อหน้าจอปรากฏดังภาพ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหามาของแต่ละบุคคล ซึ่งในการแก้ปัญหาลักษณะข้อความถามแบบที่ 3 มีลำดับขั้น ดังนี้

1. ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่

1.1. เลือกเปิด “หลักการ” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

1.2. เลือกเปิด “แทนค่า” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นรายละเอียดและตัวเลข

1.3. เลือกเปิด “หลักการและแทนค่า” เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเป็นรายละเอียดและตัวเลข

นักเรียนต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ “หลักการ” หรือ “แทนค่า” ถึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อนักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาเสร็จ หน้าจอปรากฏดังภาพ

เลือกภาพ

สัตว์น้ำที่ชอบ

สุนัข

มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า

ปลา

2

000) ตามภาพ ต้องเพิ่ม ไปไว้ข้างใด

จึงทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

3

ซ้าย

ขวา

เวลาเริ่ม 9:25:58 เวลาปัจจุบัน 9 : 26 : 19 เหลือเวลา 46 : 41

เลือกภาพ

= 4

= 4

= 8

= 8

2. ในการตอบคำถาม ให้นักเรียนเลือกรูปภาพที่ต้องการ โดยใช้เมาส์คลิกภาพที่แสดงอยู่ในข้อคำถาม

3. ให้นักเรียนเลือกข้างที่จะนำภาพไปไว้ โดยการเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม "ซ้าย" หรือ "ขวา" เมื่อนักเรียนเลือกรูปภาพและข้างใดเสร็จแล้ว ภาพที่เลือกจะแสดงอยู่บนคานและถือนักเรียนได้เลือกคำตอบตามนั้น ดังแสดงในภาพ

เลือกภาพ

สัตว์น้ำที่ชอบ

สุนัข

มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า

ปลา

ตามภาพ ต้องเพิ่ม ไปไว้ข้างใด

จึงทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

4

SAVE

ซ้าย

ขวา

เวลาเริ่ม 9:25:58 เวลาปัจจุบัน 9 : 26 : 38 เหลือเวลา 46 : 22

เลือกภาพ

= 4

= 4

= 8

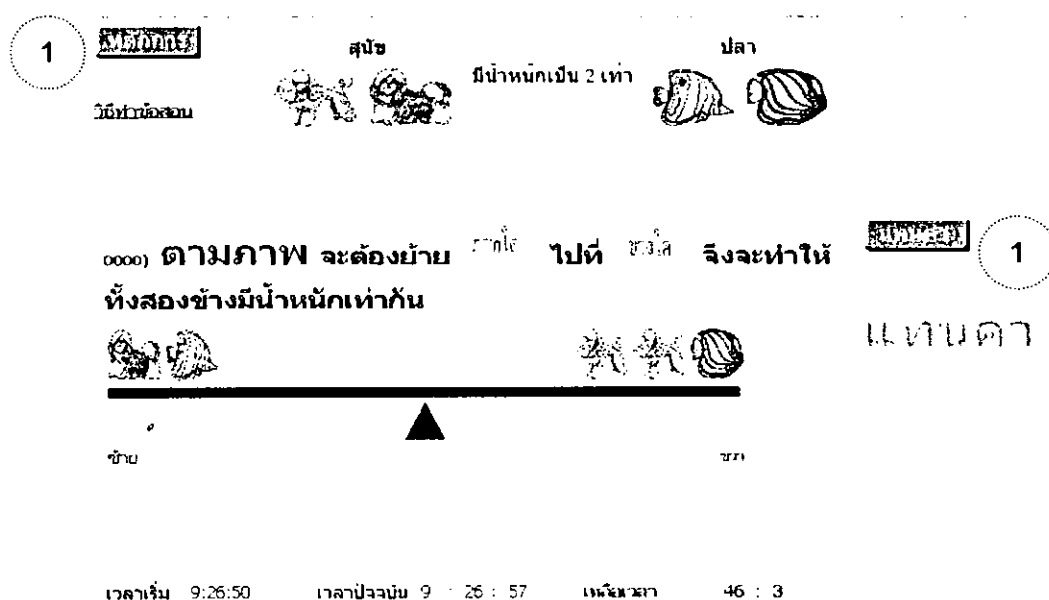
= 8

4. เมื่อนักเรียนเลือกคำตอบแล้ว ให้นักเรียนเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม "Save" เพื่อทำการบันทึกและทำข้อต่อไป

2.4. ลักษณะคำถามแบบที่ 4

โดยมีข้อความ ดังนี้ “ตามภาพ จะต้องย้ายภาพใด ? ไปไว้ข้างใด ? จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน”

ในกรณีที่ข้อความก่อนหน้า นักเรียนได้เลือกเปิด “หลักการ” เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จะถือว่าในข้อความในข้อต่อ ๆ ไปในตอนนี้ได้เลือกหลักการมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยจะแสดงหลักการไว้ที่ส่วนบนของจอภาพ และในกรณีที่นักเรียนยังไม่เลือกเปิด “หลักการ” ในส่วนที่เป็นหลักการในส่วนบนของจอภาพ จะถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ



เมื่อหน้าจอปรากฏดังภาพ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหของแต่ละบุคคล ซึ่งในการแก้ปัญหาลักษณะข้อความแบบที่ 4 มีลำดับขั้น ดังนี้

1. ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่

1.1. เลือกเปิด “หลักการ” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

1.2. เลือกเปิด “แทนค่า” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นรายละเอียดและตัวเลข

1.3. เลือกเปิด “หลักการและแทนค่า” เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเป็นรายละเอียดและตัวเลข

นักเรียนต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ “หลักการ” หรือ “แทนค่า” ถึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อนักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหาเสร็จ หน้าจอปรากฏดังภาพ

คำสั่ง **วิธีทำข้อ** **สุนัข** **มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า** **ปลา**

0000) ตามภาพ จะต้องย้าย **จากใต้** **ไปที่** **ข้างใด** จึงจะทำให้ **ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน**

2

ซ้าย ขวา

เกณฑ์

ปลา = 3

ปลา = 3

สุนัข = 6

สุนัข = 6

เวลาเริ่ม 9:26:50 เวลาปัจจุบัน 9 : 27 : 13 เหลือเวลา 45 : 47

2. ในการตอบคำถาม ให้นักเรียนเลือกรูปภาพที่ต้องการจากคานคำถาม โดยการคลิกเมาส์ที่รูปภาพ เมื่อนักเรียนเลือกรูปภาพจากข้างใดแล้ว ภาพจะแสดงอยู่ส่วนบนข้อคำถาม และจะทำการย้ายภาพที่เลือกไปไว้อีกข้างหนึ่งของคานและถือว่านักเรียนได้เลือกคำตอบ ตามนั้น ดังแสดงในภาพ

คำสั่ง **วิธีทำข้อ** **สุนัข** **มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า** **ปลา**

0000) ตามภาพ จะต้องย้าย **จากใต้** **ไปที่** **ข้างใด** จึงจะทำให้ **ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน**

3

SAVE

ซ้าย ขวา

เกณฑ์

ปลา = 3

ปลา = 3

สุนัข = 6

สุนัข = 6

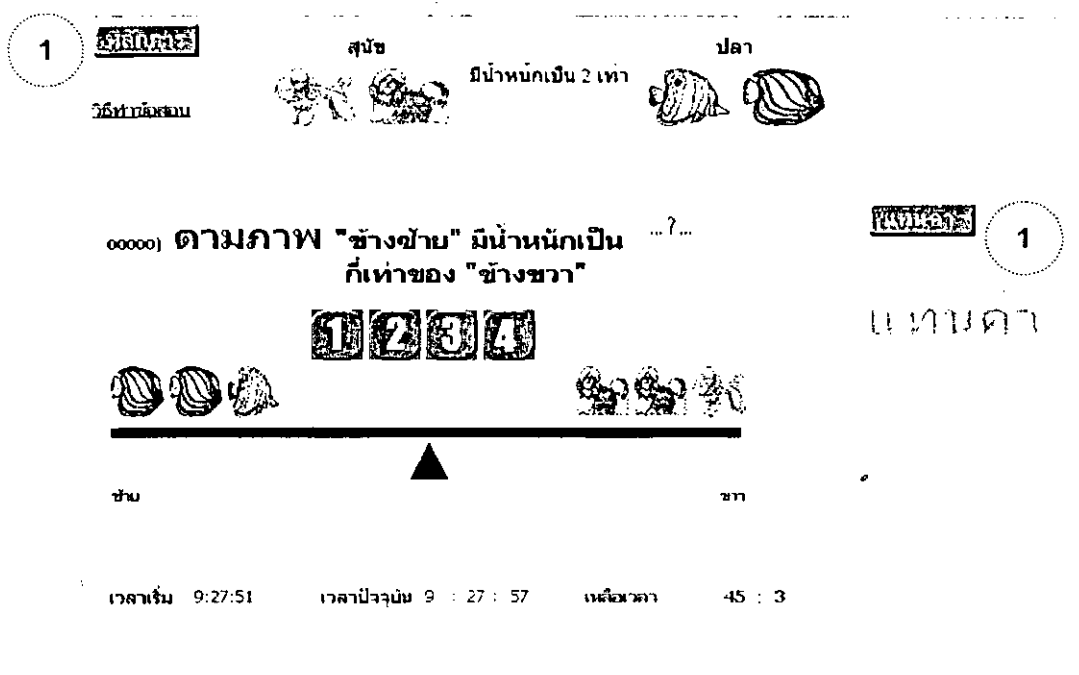
เวลาเริ่ม 9:26:50 เวลาปัจจุบัน 9 : 27 : 38 เหลือเวลา 45 : 22

3. เมื่อเลือกคำตอบแล้ว ให้นักเรียนเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม "Save" เพื่อทำการบันทึก และทำข้อต่อไป

2.5. ลักษณะคำถามแบบที่ 5

โดยมีข้อความถาม ดังนี้ “ตามภาพ ข้างซ้าย มีน้ำหนักเป็น ? กี่เท่าของ ข้างขวา”

ในกรณีที่ข้อความถามก่อนหน้า นักเรียนได้เลือกเปิด “หลักการ” เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา จะถือว่าในข้อความถามในข้อต่อ ๆ ไปในตอนนี้ได้เลือกหลักการมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยจะแสดงหลักการไว้ที่ส่วนบนของจอภาพ และในกรณีที่นักเรียนยังไม่เลือกเปิด “หลักการ” ในส่วนที่เป็นหลักการในส่วนบนของจอภาพ จะถูกซ่อนไว้หรือไม่แสดงให้เห็น โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ



เมื่อหน้าจอปรากฏดังภาพ นักเรียนมีอิสระที่จะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือ ทั้ง 2 วิธีร่วมกัน แล้วแต่วิธีการแก้ปัญหของแต่ละบุคคล ซึ่งในการแก้ปัญหาลักษณะข้อความถามแบบที่ 5 มีลำดับขั้น ดังนี้

1. ให้นักเรียนเลือกวิธีการแก้ปัญหา ได้แก่

1.1. เลือกเปิด “หลักการ” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ

1.2. เลือกเปิด “แทนค่า” อย่างเดียว เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นรายละเอียดและตัวเลข

1.3. เลือกเปิด “หลักการและแทนค่า” เป็นการแสดงสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นข้อความหรือกฎที่บอกความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเป็นรายละเอียดและตัวเลข

นักเรียนต้องเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ “หลักการ” หรือ “แทนค่า” ถึงจะทำขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา ปรากฏหน้าจอดังภาพ

ข้อสังเกต

สิ่งกีดขวาง

สุนัข

มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า

ปลา

00000) ตามภาพ "ข้างซ้าย" มีน้ำหนักเป็น ...? ...
ก็เท่าของ "ข้างขวา"

2

1 2 3 4

ข้าง

ขวา

เวลาเริ่ม 9:27:51 เวลาปัจจุบัน 9 : 28 : 13 เหลือเวลา 44 : 47

เฉลย

= 2

= 2

= 4

= 4

2. ในการตอบคำถาม ให้นักเรียนเลือกตัวเลข โดยเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปคลิกที่ปุ่มตัวเลขที่ต้องการ เมื่อนักเรียนเลือกตัวเลขแล้วจะแสดงกากบาทอยู่บนตัวเลขที่เลือก และถือว่านักเรียนได้เลือกคำตอบ ตามนั้น โดยหน้าจอปรากฏดังภาพ

ข้อสังเกต

สิ่งกีดขวาง

สุนัข

มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า

ปลา

00000) ตามภาพ "ข้างซ้าย" มีน้ำหนักเป็น ...? ...
ก็เท่าของ "ข้างขวา"

1 X 3 4

ข้าง

ขวา

3

SAVE

เวลาเริ่ม 9:27:51 เวลาปัจจุบัน 9 : 28 : 29 เหลือเวลา 44 : 31

เฉลย

= 2

= 2

= 4

= 4

3. เมื่อเลือกคำตอบแล้ว ให้นักเรียนเลื่อนตัวชี้เมาส์ไปกดปุ่ม "Save" เพื่อทำการบันทึก และทำแบบทดสอบในตอนต่อไป โดยในตอนต่อไปจะซ่อนหลักการและแทนค่าไว้ทุกครั้งที่ในการเริ่มต้นตอนใหม่

เมื่อทำแบบทดสอบครบทั้ง 6 ตอน หรือครบกำหนดเวลา 50 นาที โปรแกรมแบบทดสอบ
จะประมวลผลและเรียกผลการทดสอบของนักเรียนมาแสดง ปรากฏหน้าจอดังภาพ

ผลการทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา

นักเรียน สาริต การแก้ปัญหา

จากจำนวน : 5 ข้อ

ได้คะแนนการแก้ปัญหา

ตามวิธีการแก้ปัญหา : 2.5 คะแนน

กลับเมนูหลัก

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างแบบทดสอบ

ตัวอย่างแบบทดสอบ

แบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหา ที่ผู้วิจัยสร้างพัฒนาโดยนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ในการดำเนินการทดสอบ ซึ่งทำหน้าที่ในการแสดงข้อคำถาม และตอบสนองต่อวิธีการแก้ปัญหานักเรียน และจัดเก็บหรือบันทึกวิธีการแก้ปัญหานักเรียนแต่ละบุคคล

ตัวอย่างแบบทดสอบ เป็นภาพหน้าจอแสดงข้อคำถามทุกส่วน และจัดเรียงตามตอนของแบบทดสอบ 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อ ตามลำดับ ดังนี้

The Development Of A computerized Test to Determine Problem-Solving Skills
Of Elementary School Students

การพัฒนาแบบทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์วัดวิธีการแก้ปัญหานักเรียน ระดับประถมศึกษา

เลขประจำตัว: _____

รหัสผ่าน : _____

จุลศักดิ์ สุขสบาย

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา

คำชี้แจง

- 1) แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบการแก้ปัญหาเกี่ยวกับความสมมูล มี 6 ตอน ๆ ละ 5 ข้อรวมทั้งหมด 30 ข้อ เวลาทำ 50 นาที
- 2) แต่ละตอนของข้อปัญหาสามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการที่ต่างกัน 2 วิธี คือ
 - ก) ใช้หลักการเดียวกัน หรือ
 - ข) ใช้ข้อเท็จจริงทั้ง 5 ข้อ (หรือใช้ทั้งสองวิธีร่วมกัน)
- 3) แบบทดสอบวัดวิธีการแก้ปัญหา จะแบ่งจอภาพออกเป็น 3 ส่วน
 - ก) ส่วนบน ซึ่งจะแสดง " หลักการ " ใช้สำหรับตอบข้อปัญหาได้ทั้งหมด 5 ข้อ
 - ข) ส่วนล่างด้านซ้ายมือ ซึ่งจะแสดงคำถามจะอยู่ด้านซ้ายมือของผู้ตอบ
 - ค) ส่วนล่างด้านขวามือ ซึ่งจะแสดง " ข้อเท็จจริง " ใช้สำหรับข้อปัญหาแต่ละข้อ
 นักเรียนต้องการวิธีใด ให้คลิกปุ่มเพื่อเปิดรายละเอียดของวิธีนั้น ๆ
- 4) ถ้าเลือก " หลักการ " จะสามารถใช้แก้ปัญหาได้ทั้ง 5 ข้อ แต่ถ้าเลือก " ข้อเท็จจริง " จะต้องใช้ทั้ง 5 ข้อ ในการแก้ปัญหา
- 5) เกณฑ์ในการให้คะแนน

ตอบถูกโดยอาศัย " หลักการ " อย่างเดียว	ให้ข้อละ 2 คะแนน
ตอบถูกโดยอาศัย " ข้อเท็จจริง " อย่างเดียว	ให้ข้อละ 1 คะแนน
ตอบถูกโดยอาศัย " หลักการและข้อเท็จจริง "	ให้ข้อละ .5 คะแนน
ตอบผิด	ให้ข้อละ 0 คะแนน

เริ่มทดสอบการแก้ปัญหา

1. แบบทดสอบตอนที่ 1

1.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบรรจุรูปภาพ

เฉลย

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า



1) ตามภาพ ช่างใด?..... นั้กกว่ากัน



ช่างบี

ช่างว

เฉลย



= 2



= 2



= 4



= 4

เวลาเริ่ม 13:9:15

เวลาปัจจุบัน 13 9 26

เหลือเวลา

49 : 34

1.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบรรจุรูปภาพ

เฉลย

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า



2) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป **ช่างบี** ออกจาก **ช่างว** จึงจะ ทำให้ทั้งสองช่างมีน้ำหนักเท่ากัน



ช่าง

ช่าง

เฉลย



= 1



= 1



= 2



= 2

เวลาเริ่ม 13:9:58

เวลาปัจจุบัน 13 10 26

เหลือเวลา

48 : 34

1.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

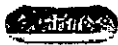
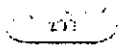
ข้อสังเกต

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า



3) ตามภาพ ต้องเพิ่ม     ไปไว้ข้างใด
  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา

เวลาเริ่ม 13:11:3

เวลาปัจจุบัน 13 : 11 : 37

เหลือเวลา

47 : 23

วิธีทำข้อสอบ



1.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

ข้อสังเกต

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า



4) ตามภาพ จะต้องย้าย  ไปที่  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา

เวลาเริ่ม 13:11:52

เวลาปัจจุบัน 13 : 11 : 56

เหลือเวลา

47 : 4

วิธีทำข้อสอบ



1.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

วิธีทำข้อสอบ

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่า



5) ตามภาพ "ข้างขวา" มีน้ำหนักเป็น ...? ... ก็เท่าของ "ข้างซ้าย"

1 2 3 4



ซ้าย

ขวา

วิธีทำข้อสอบ



= 5



= 5



= 10



= 10

เวลาเริ่ม 13:12:17

เวลาปัจจุบัน 13 : 12 : 25

เหลือเวลา

46 : 35

2. แบบทดสอบตอนที่ 2

2.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

วิธีทำข้อสอบ

วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ



และ



มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ



6) ตามภาพ ข้างใด?..... นหนักกว่ากัน



วิธีทำข้อสอบ



= 2



= 2



= 4



= 4



= 8



= 8

เวลาเริ่ม 13:12:39

เวลาปัจจุบัน 13 : 12 : 48

เหลือเวลา

46 : 12

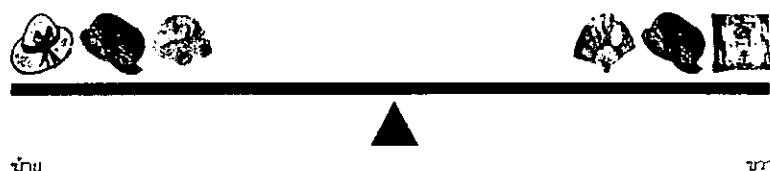
2.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

สิ่งที่ต้องรู้ มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  และ 

วิธีทำข้อสอบ

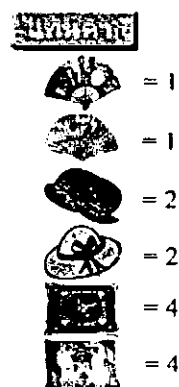
  มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  

7) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป  ออกจาก  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา



เวลาเริ่ม 13:13:14

เวลาปัจจุบัน 13 : 13 : 19

เหลือเวลา

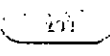
45 : 41

2.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

สิ่งที่ต้องรู้ มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  และ 

วิธีทำข้อสอบ

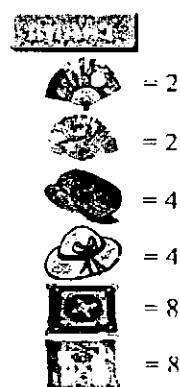
  มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  

8) ตามภาพ ต้องเพิ่ม      ไปไว้ข้างใด   จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา



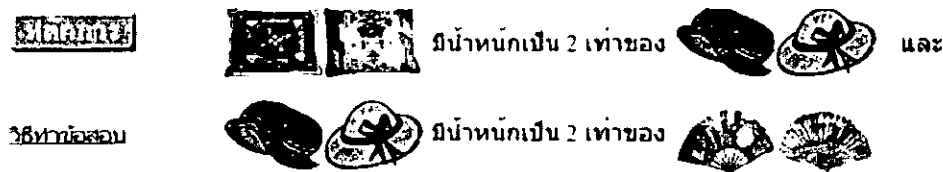
เวลาเริ่ม 13:13:47

เวลาปัจจุบัน 13 : 13 : 52

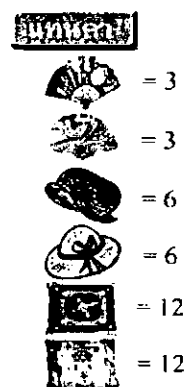
เหลือเวลา

45 : 8

2.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบันทึกภาพ



9) ตามภาพ จะต้องย้าย จากใด ไปที่ ข้างใด จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



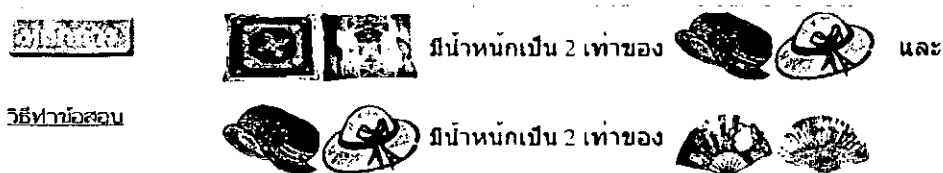
เวลาเริ่ม 13:14:31

เวลาปัจจุบัน 13 : 14 : 40

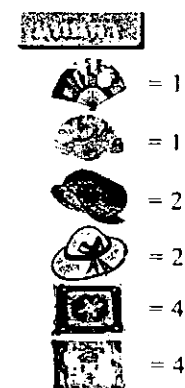
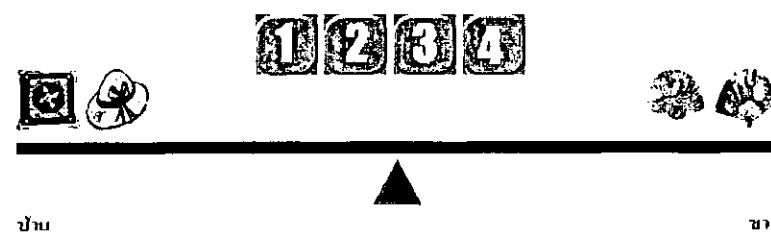
เหลือเวลา

44 : 20

2.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบันทึกภาพ



10) ตามภาพ "ข้างซ้าย" มีน้ำหนักเป็น ...?... ก็เท่าของ "ข้างขวา"



เวลาเริ่ม 13:14:56

เวลาปัจจุบัน 13 : 15 : 3

เหลือเวลา

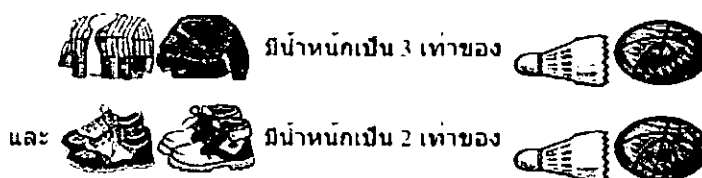
43 : 57

3. แบบทดสอบตอนที่ 3

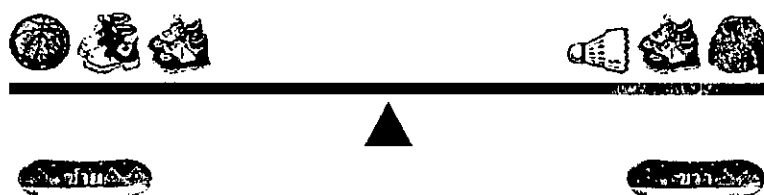
3.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ

สถานการณ์

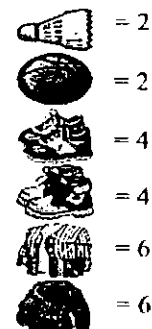
วิธีทำข้อสอบ



11) ตามภาพ ข้างใด?..... น้หนักกว่ากัน



เฉลย



เวลาเริ่ม 13:15:20

เวลาปัจจุบัน 13 : 15 : 27

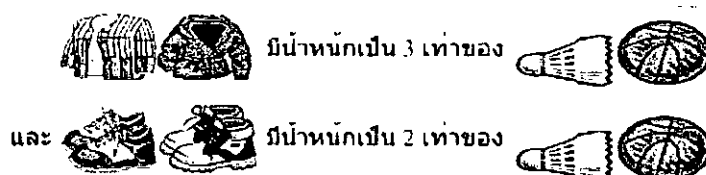
เหลือเวลา

43 : 33

3.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ

สถานการณ์

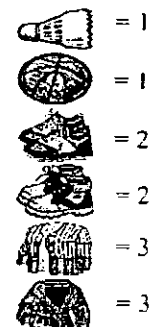
วิธีทำข้อสอบ



12) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป **หนักได้** **ออกจาก** **ข้างใด** **จึงจะ**
ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



เฉลย



เวลาเริ่ม 13:15:56

เวลาปัจจุบัน 13 : 16 : 2

เหลือเวลา

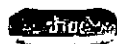
42 : 58

3.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ

วิธีทำข้อสอบ

มีน้ำหนักเป็น 3 เท่าของ  

และ   มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  

13) ตามภาพ ต้องเพิ่ม       ไปไว้ข้างใด  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

ซ้าย ขวา

 = 4
 = 4
 = 8
 = 8
 = 12
 = 12

เวลาเริ่ม 13:16:19

เวลาปัจจุบัน 13 : 16 : 25

เหลือเวลา

42 : 35

3.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ

วิธีทำข้อสอบ

มีน้ำหนักเป็น 3 เท่าของ  

และ   มีน้ำหนักเป็น 2 เท่าของ  

14) ตามภาพ จะต้องย้าย  ไปที่  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

ซ้าย ขวา

 = 2
 = 2
 = 4
 = 4
 = 6
 = 6

เวลาเริ่ม 13:16:53

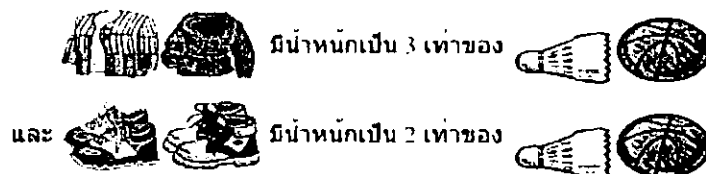
เวลาปัจจุบัน 13 : 16 : 57

เหลือเวลา

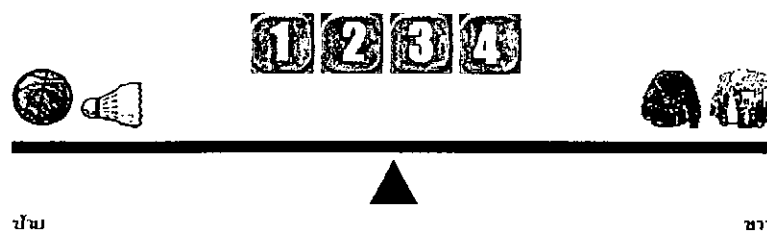
42 : 3

3.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

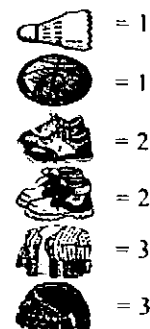
วิธีทำข้อสอบ



15) ตามภาพ "ข้างขวา" มีน้ำหนักเป็น ...?... ก็เท่าของ "ข้างซ้าย"



วิธีทำข้อสอบ



เวลาเริ่ม 13:17:11

เวลาปัจจุบัน 13 : 17 : 15

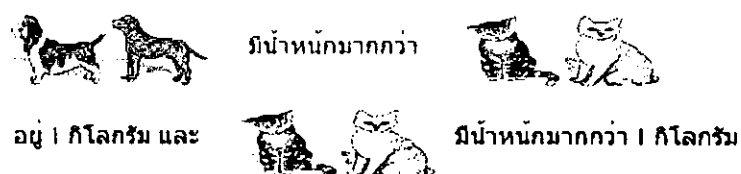
เหลือเวลา

41 : 45

4. แบบทดสอบตอนที่ 4

4.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบรรจุภาพ

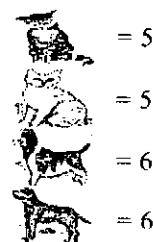
วิธีทำข้อสอบ



16) ตามภาพ ข้างใด?..... นหนักกว่ากัน



วิธีทำข้อสอบ



เวลาเริ่ม 13:17:48

เวลาปัจจุบัน 13 : 17 : 55

เหลือเวลา

41 : 5

4.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ



วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักมากกว่า



อยู่ 1 กิโลกรัม และ



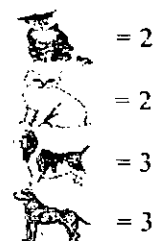
มีน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม

17) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป  ออกจาก  ข้างใด จึงจะ
ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา



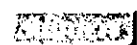
เวลาเริ่ม 13:18:22

เวลาปัจจุบัน 13 : 18 : 25

เหลือเวลา

40 : 35

4.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบอกปรากฏภาพ



วิธีทำข้อสอบ



มีน้ำหนักมากกว่า

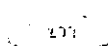


อยู่ 1 กิโลกรัม และ



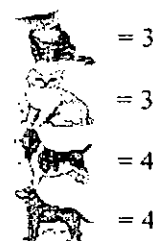
มีน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม

18) ตามภาพ ต้องเพิ่ม     ไปไว้ข้างใด
จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา



เวลาเริ่ม 13:18:52

เวลาปัจจุบัน 13 : 18 : 56

เหลือเวลา

40 : 4

4.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

3 ข้อสอบ



มีน้ำหนักมากกว่า



วิธีทำข้อสอบ

อยู่ 1 กิโลกรัม และ



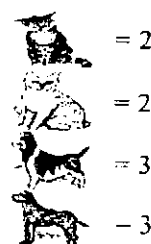
มีน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม

19) ตามภาพ จะต้องย้าย  ไปที่  จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



ซ้าย

ขวา



เวลาเริ่ม 13:19:20

เวลาปัจจุบัน 13 : 19 : 24

เหลือเวลา

39 : 36

4.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

3 ข้อสอบ



มีน้ำหนักมากกว่า



วิธีทำข้อสอบ

อยู่ 1 กิโลกรัม และ



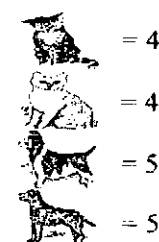
มีน้ำหนักมากกว่า 1 กิโลกรัม

20) ตามภาพ "ข้างซ้าย" มีน้ำหนักมากกว่า "ข้างขวา" อยู่ ...?... กิโลกรัม



ซ้าย

ขวา



เวลาเริ่ม 13:19:38

เวลาปัจจุบัน 13 : 19 : 42

เหลือเวลา

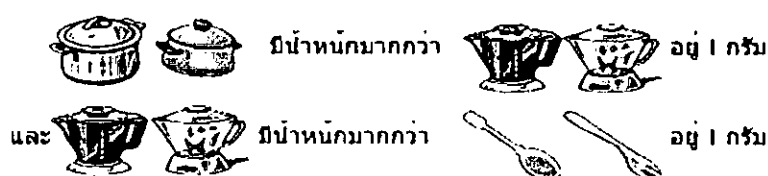
39 : 18

5. แบบทดสอบตอนที่ 5

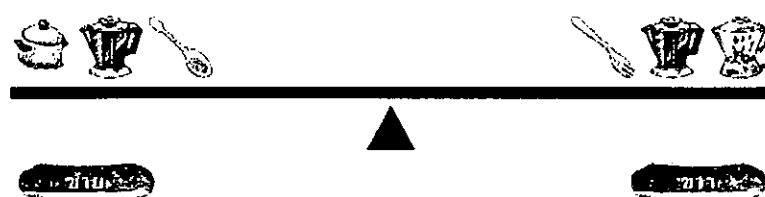
5.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบรรจุรูปภาพ

เลือกคำตอบ

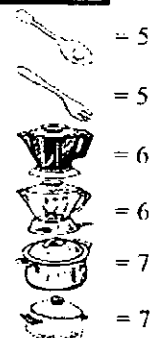
วิธีทำข้อสอบ



21) ตามภาพ ข้างใด?..... นหนักกว่ากัน



เลือกคำตอบ



เวลาเริ่ม 13:19:56

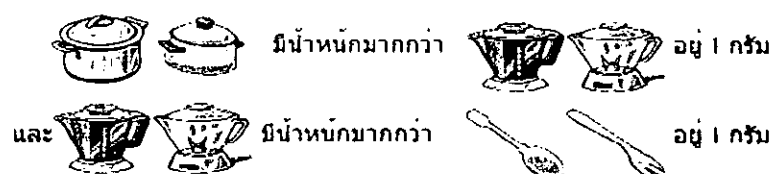
เวลาปัจจุบัน 13 : 20 : 1

เหลือเวลา 38 : 59

5.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบรรจุรูปภาพ

เลือกคำตอบ

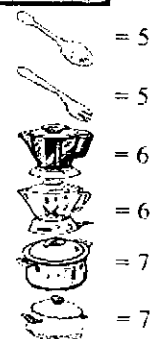
วิธีทำข้อสอบ



22) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป **น้ำหนัก** **ออกจาก** **ข้างใด** **จึงจะ**
ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



เลือกคำตอบ



เวลาเริ่ม 13:20:21

เวลาปัจจุบัน 13 : 20 : 26

เหลือเวลา 38 : 34

5.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

วิธีทำข้อสอบ

มีน้ำหนักมากกว่า อยู่ 1 กรัม

และ มีน้ำหนักมากกว่า อยู่ 1 กรัม

23) ตามภาพ ต้องเพิ่ม ไปไว้ข้างใด
จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

ซ้าย ขวา

ซ้าย ขวา

เวลาเริ่ม 13:20:48 เวลาปัจจุบัน 13 : 20 : 54 เหลือเวลา 38 : 6

5.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

วิธีทำข้อสอบ

มีน้ำหนักมากกว่า อยู่ 1 กรัม

และ มีน้ำหนักมากกว่า อยู่ 1 กรัม

24) ตามภาพ จะต้องย้าย ไปที่ ข้างใด จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน

ซ้าย ขวา

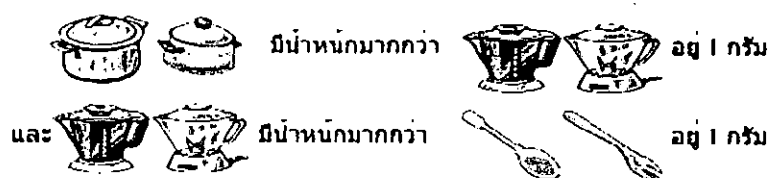
ซ้าย ขวา

เวลาเริ่ม 13:21:26 เวลาปัจจุบัน 13 : 21 : 29 เหลือเวลา 37 : 31

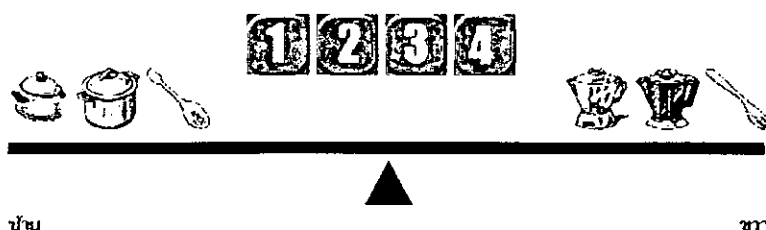
5.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบรรยายภาพ

วิธีทำข้อ

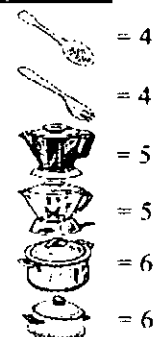
วิธีทำข้อสอบ



25) ตามภาพ "ข้างซ้าย" มีน้ำหนักมากกว่า "ข้างขวา" อยู่ ...? ... กรัม



วิธีทำข้อ



เวลาเริ่ม 13:21:50

เวลาปัจจุบัน 13 : 22 : 0

เหลือเวลา

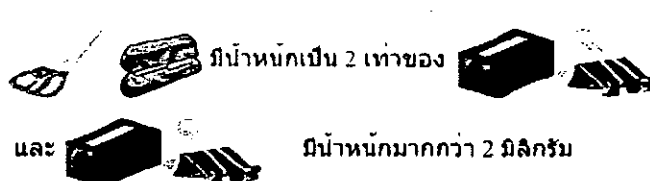
36 : 60

6. แบบทดสอบตอนที่ 6

6.1 ลักษณะคำถามแบบที่ 1 โดยหน้าจอบรรยายภาพ

วิธีทำข้อ

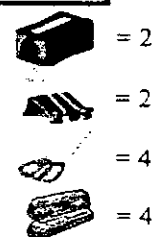
วิธีทำข้อสอบ



26) ตามภาพ ข้างใด?..... นหนักกว่ากัน



วิธีทำข้อ



เวลาเริ่ม 13:22:19

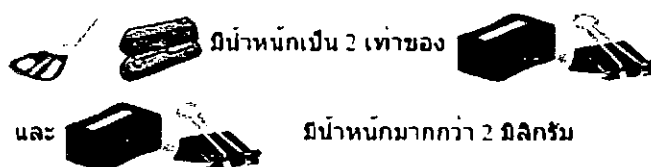
เวลาปัจจุบัน 13 : 22 : 32

เหลือเวลา

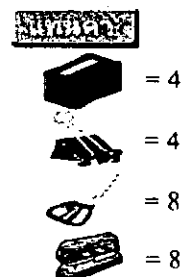
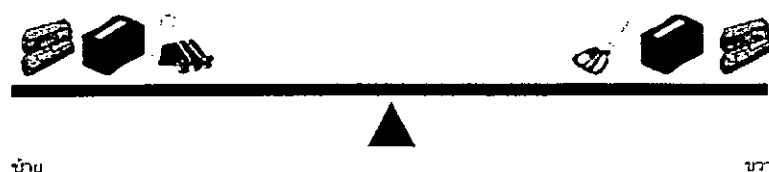
36 : 28

6.2 ลักษณะคำถามแบบที่ 2 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

วิธีทำข้อสอบ



27) ตามภาพ จะต้องเลือกรูป ^{จากใต้} ออกจาก ^{ข้างใด} จึงจะ ^{น้ำหนัก} ทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



เวลาเริ่ม 13:22:48

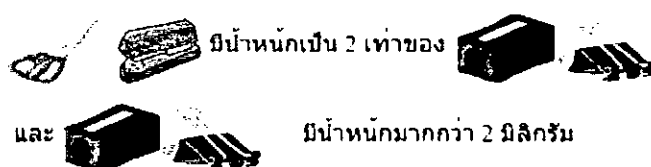
เวลาปัจจุบัน 13 : 22 : 51

เหลือเวลา

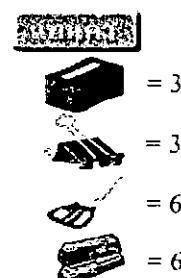
36 : 9

6.3 ลักษณะคำถามแบบที่ 3 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

วิธีทำข้อสอบ



28) ตามภาพ ต้องเพิ่ม ^{น้ำหนัก} ไปไว้ข้างใด จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



เวลาเริ่ม 13:23:50

เวลาปัจจุบัน 13 : 23 : 56

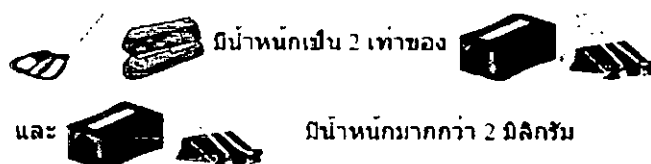
เหลือเวลา

35 : 4

6.4 ลักษณะคำถามแบบที่ 4 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

สังเกตว่า

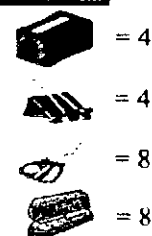
วิธีทำข้อสอบ



29) ตามภาพ จะต้องย้าย ไปที่ จึงจะทำให้ทั้งสองข้างมีน้ำหนักเท่ากัน



วิธีทำข้อสอบ



เวลาเริ่ม 13:24:21

เวลาปัจจุบัน 13 : 24 : 25

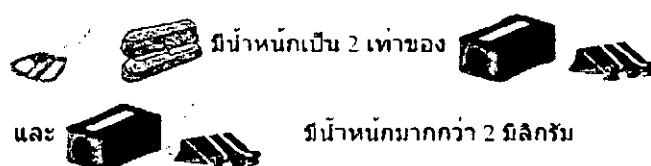
เหลือเวลา

34 : 35

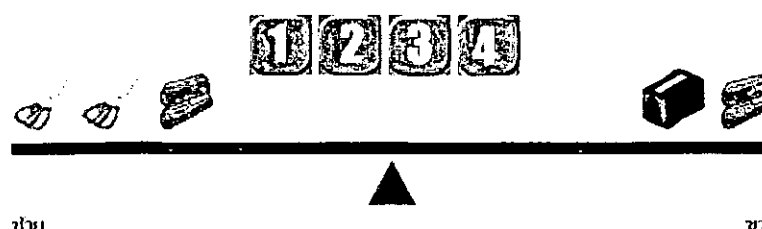
6.5 ลักษณะคำถามแบบที่ 5 โดยหน้าจอบันทึกภาพ

สังเกตว่า

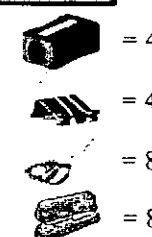
วิธีทำข้อสอบ



30) ตามภาพ "ข้างขวา" มีน้ำหนักเป็น ...?... ก็เท่าของ "ข้างซ้าย"



วิธีทำข้อสอบ



เวลาเริ่ม 13:25:32

เวลาปัจจุบัน 13 : 25 : 37

เหลือเวลา

33 : 23

ภาคผนวก จ
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. รศ.ประพนธ์ จำยเจริญ | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) |
| 2. อาจารย์ ชานูวิทย์ จรัสสุทธิอิสร | ศึกษานิเทศก์
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษานครราชสีมา เขต 1 |
| 3. อาจารย์ อรินทร์ น่วมถนนอม | อาจารย์ 2 ระดับ 7
โรงเรียนบางกะปิ |
| 4. อาจารย์ สมอง ตรงเที่ยง | อาจารย์ 2 ระดับ 7
รองผู้อำนวยการโรงเรียนเบญจมราชานุสรณ์ |
| 5. อาจารย์ มิ่ง เทพครเมือง | โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) |

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายจุลศักดิ์ สุขสบาย
วันเดือนปีเกิด	9 เมษายน 2516
สถานที่เกิด	อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	68/3 ซ.รามคำแหง 108 แขวงสะพานสูง เขตสะพานสูง กรุงเทพฯ 10240
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม)
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2531	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนหนองหินวิทยาคม
พ.ศ. 2534	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนศรีสงครามวิทยา
พ.ศ. 2538	อนุปริญญาวิทยาศาสตร (อ.วท.) วิชาเอกเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันราชภัฏเลย
พ.ศ. 2540	ครุศาสตรบัณฑิต (คบ.) วิชาเอกคอมพิวเตอร์ศึกษา สถาบันราชภัฏเพชรบุรี
พ.ศ. 2548	การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ