

การศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของผลการวิเคราะห์
ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผน
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

ปริญญาณิพนธ์
ของ
รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2547

การศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของผลการวิเคราะห์
ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผน
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

บทคัดย่อ
ของ
รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2547

รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว.(2547). การศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผน การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA). ปรินซ์นิพนธ์ กตม.(การวิจัยและสถิติ ทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะ กรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ , อาจารย์ ชาลิต รวยอาจิณ.

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่มและแบบแผนการวิเคราะห์ ความแปรปรวนร่วม จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนในสังกัดกรม สามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 1,080 คน ที่ได้จากการ สุ่มสองขั้นตอน แล้วนำมากำหนดเป็นประชากรเทียมเพื่อสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาดคือ 30 คน 45 คน 60 คนและ 90 คนขนาดละ 5 รอบ ด้วยการสุ่มแบบใส่คืน เครื่องมือที่ใช้ใน การศึกษาคือ แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความตามแนวของเธอร์สตัน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.645 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ 3 รูปแบบที่วัดเนื้อหาเดียวกัน 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบ เลือกตอบข้อ และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดข้อ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.908, 0.846, 0.835 ตามลำดับ

ผลการศึกษาพบว่า

1. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูล แบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบ พบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความ แปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่มเมื่อคำนวณจาก กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คนและ 45 คนและให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันเมื่อคำนวณจาก กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน และ 90 คน

2. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ในแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ให้ค่าอำนาจ การทดสอบมากที่สุดคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คนและ 60 คน รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน และให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยที่สุดคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน

ในแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน 60 คนและ 90 คนให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน ให้ค่า อำนาจการทดสอบน้อยที่สุด

A COMPARISON OF THE POWER OF TEST OF DATA ANALYZED BY
RANDOMIZED BLOCK DESIGN AND ANALYSIS OF COVARIANCE DESIGN

AN ABSTRACT
BY
RUNGROJ SRIJUNKEAW

Presented in partial fulfillment of requirement for
The Master of Education degree in Education Research and Statistics
at Srinakarinwirot University
May 2004

Rungroj Srijunkeaw. (2004). *A Comparison of the Power of Test Data Analyzed by Randomized Block Design and Analysis of Covariance Design*. Master Thesis. M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Boonchird Pinyoanuntapong, Mr. Chawalit Ruayajin.

This study aimed to examine and compare the power of test data analyzed by randomized block design and analysis of covariance design in different sample sizes.

The subjects comprised 1,080 Mathayom Suksa II students in schools under the Department of General Education, Bangkok Metropolitan, through two-stage random sampling. Then they were assigned as pseudo-population and selected into 4 sample sizes with 30, 45, 60, and 90 students through 5 rounds with replacement random sampling. The instrument for the study included Thurstone's rational aptitude test with 30 items and its reliability of 0.645 and 3 patterns of achievement test in Mathematics as completion, double multiple choice, and double multiple true-false choice with 30 items in each and reliability of 0.908, 0.846, 0.835, respectively.

The results revealed that :

1. The comparison effect of the power of test by randomized block design and analysis of covariance design presented ;

Analysis of covariance design gained higher power of test than that by randomized block design as calculated through sample sizes of 30 students and 45 students, and close power of test as calculated through sample sizes of 60 students and 90 students.

2. The comparison effect of the power of test between sample size showed ;

By randomized block design, it was found that most power of test included that of sample sizes of 90 students and 60 students, 45 students, and 30 students, respectively.

By analysis of covariance design, it was found that the close power of test included sample sizes of 45, 60, and 90 students whereas the lowest one included that of sample size of 30 students.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของผลการวิเคราะห์
ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผน
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

ของ

นายรุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. สุพร เข้มเฮง)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร. งาม งามพัฒน์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคามอนุเคราะห์และความกรุณาอย่างสูง จากรองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ชวลิต รวยอาจิณ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำชี้แนะแนวทาง ตรวจ แก้ไขข้อบกพร่อง จงงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณกรรมการควบคุมการสอบปริญญานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สุพรรณ เข้มเฮง และอาจารย์ ดร. งามาญ นัยพัฒน์ รวมทั้งอาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา ทุกท่านที่ได้แนะแนวทางและข้อเสนอแนะต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมวงษ์ แปลงประสพโชค อาจารย์ วิจารณ์ ดั่งไผ่ และอาจารย์ปรีชา จันทล้า ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ตรวจพิจารณาและแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย ตลอดจนช่วยผลักดันและให้กำลังใจจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู อาจารย์ทุกท่านของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งนักเรียนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณอาจารย์ณัฐพล แยมฉิม ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจอย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อมิตร คุณแม่จาย ศรีจันทร์แก้ว พระมหาประเวศ อธิเมโธ และพี่ๆ ทุกคนที่ช่วยส่งเสริมและสนับสนุนด้านการเรียน และเป็นกำลังใจให้ด้วยความรักและห่วงใย ตลอดจนคณะครู อาจารย์ที่ได้อบรมสั่งสอนจนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จด้วยดีตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดามารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	4
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
อำนาจการทดสอบ.....	8
ความหมายของอำนาจการทดสอบ.....	8
องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ.....	9
การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบ.....	11
แนวคิดหรือกรอบสำหรับการวิเคราะห์ค่าอำนาจการทดสอบ.....	11
การประมาณค่าอำนาจการทดสอบจากตาราง Cohen.....	11
การประมาณค่าอำนาจการทดสอบจาก Pearson – Hartley Chart.....	12
แบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม.....	12
รูปแบบโมเดลของการทดลองสำหรับแบบกลุ่มสุ่ม.....	14
การแบ่งส่วนของผลรวมกำลังสองทั้งหมด.....	15
ข้อมูลสูญหาย.....	18
การวัดความสัมพันธ์.....	19
อำนาจการทดสอบและการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง.....	22
การศึกษาประสิทธิภาพของตัวแปรจัดกลุ่ม.....	24
แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.....	26
ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.....	26
หลักการปรับตัวแปรร่วม.....	27

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับแบบกลุ่มสุ่ม.....	31
แนวคิดในการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.....	33
การหาอำนาจการทดสอบ.....	35
เอกสารที่เกี่ยวความถนัดด้านเหตุผล.....	36
ความหมายและทฤษฎีทางเซวาน์ปัญญา.....	36
ความหมายของความถนัด.....	39
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียร์เจท์กับการคิดหาเหตุผล.....	40
การวัดความสามารถด้านเหตุผล.....	41
เอกสารที่เกี่ยวกับแบบทดสอบ.....	44
ความหมายของแบบทดสอบ.....	44
ลักษณะของแบบทดสอบแบบเติมคำ.....	44
การสร้างแบบทดสอบแบบเติมคำ.....	46
ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ.....	48
การสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ.....	49
ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน.....	51
ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบถูก-ผิดซ้อน.....	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	53
งานวิจัยต่างประเทศ.....	53
งานวิจัยภายในประเทศ.....	54
3	
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	58
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	58
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	59
วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ.....	60
ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	62
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	63
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
การนำเสนอข้อมูลผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	72
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	91
ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	91
สมมติฐานการศึกษา.....	91
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา.....	91
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา.....	91
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	92
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	93
สรุปผลการวิจัย.....	93
อภิปรายผล.....	94
ข้อเสนอแนะ.....	96
บรรณานุกรม.....	98
ภาคผนวก.....	103
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	110

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ข้อมูลของแบบแผนกลุ่มสัมพันธ์.....	17
2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบกลุ่มสัมพันธ์จากตาราง 1.....	17
3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อำนาจจำแนก ประสิทธิภาพความสัมพันธ์ และระดับนัยสำคัญ.....	24
4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับ RBAC-p.....	32
5 ข้อมูลของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.....	34
6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจากตาราง 5.....	35
7 จำนวนโรงเรียนและห้องเรียนที่ทำการสุ่มได้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2...	58
8 ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์.....	64
9 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์ที่สุ่มมาจากประชากรเทียม ขนาด 30 คน.....	65
10 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์ที่สุ่มมาจากประชากรเทียม ขนาด 45 คน.....	66
11 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์ที่สุ่มมาจากประชากรเทียม ขนาด 60 คน.....	66
12 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์ที่สุ่มมาจากประชากรเทียม ขนาด 90 คน.....	67
13 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความถนัดด้านเหตุผลของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างศึกษา.....	73
14 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างศึกษา....	74
15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสัมพันธ์ที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน.....	75
16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสัมพันธ์ที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน.....	76
17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสัมพันธ์ที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน.....	77

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสัมพันธ์ที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน.....	78
19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน.....	80
20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน.....	82
21 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน.....	84
22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่มี กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน.....	86
23 การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ ข้อมูลแบบกลุ่มสัมพันธ์กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม.....	88
24 ค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกเติมคำ.....	105
25 ค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบซ้อน.....	106
26 ค่าความยากง่าย และอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน.....	107

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	การใช้ตารางแสดงค่าอำนาจการทดสอบของ Pearson – Hartley chart.....	23
2	แสดงลำดับขั้นในการสร้างเครื่องมือ.....	60
3	แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง	
	4 ขนาด รอบที่ 1 – 5	90

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การวิจัยส่วนใหญ่มักมีปัญหาที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของงานวิจัยหลายประการ เช่น การกำหนดประเด็นปัญหาของการวิจัย ตัวแปร แบบการวิจัย เครื่องมือ กลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการสรุปผลการวิจัย ซึ่งอาจเกิดจาก ณ จุดใดจุดหนึ่ง หรือมีจุดอ่อนไม่มากนักน้อย ซึ่งผู้วิจัยจะต้องอาศัยความรอบรู้ในวิธีวิทยาการวิจัย เนื้อหาของเรื่องที่วิจัย และเทคนิคทางสถิติเพื่อช่วยแก้ปัญหา ในการวิจัยมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำการศึกษา ตัวแปร ตัวแปรในการวิจัยคือ สิ่งที่ได้โดยสภาพทั่วไปแล้วสามารถแปรค่าได้ต่างๆ กันในประชากร หรือกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา (ศิริชัย กาญจนวาสี และคณะ. 2537 : 35)

งานวิจัยโดยส่วนใหญ่มีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่สนใจศึกษาว่ามีผลต่อตัวแปรตามหรือไม่ แต่ในความเป็นจริงมีตัวแปรอิสระมากมายที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม แต่เราไม่สนใจศึกษา หรือไม่สามารถควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อตัวแปรตามที่ศึกษานั้นได้ทุกตัวแปร หรือมีตัวแปรที่ยากแก่การควบคุมเนื่องจากหน่วยของการสุ่มใหญ่เกินไป ดังเช่น การศึกษาผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของเด็ก โดยใช้วิธีสอนที่แตกต่างกัน ย่อมเป็นไปได้ว่า ผลการเรียนของเด็กนอกจากจะเป็นผลโดยตรงจากวิธีสอนแบบต่างๆ แล้ว บางส่วนอาจเกิดจากสภาพอื่นๆ ที่แตกต่างกันของเด็ก เช่น พื้นความรู้เดิม ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ระดับสติปัญญา ความมีเหตุผล นั่นคือความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มมิได้เกิดจากการจัดกระทำ (treatment) เพียงอย่างเดียว แต่อาจเป็นเพราะความแตกต่างที่มีอยู่เดิมของกลุ่มก็เป็นไปได้ (ลัดดาวัลย์ หวังพานิช. 2528 : 239)

ดังนั้นการวิจัยทั้งหลายจึงพยายามควบคุมหรือจัดตัวแปรที่ไม่ได้ศึกษา และควบคุมความแตกต่างที่มีอยู่เดิมของกลุ่มให้เหลือเพียงตัวจัดกระทำที่ต้องการศึกษาเท่านั้น เราสามารถจัดตัวแปรอิสระที่ไม่สนใจศึกษาซึ่งเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวแปรสอดแทรก หรือตัวแปรแทรกซ้อน (Extraneous or Intervening) หรือเรียกอีกอย่างว่าตัวแปรรบกวน (Nuisance Variable) ได้ด้วยวิธีการสุ่ม (Randomization) วิธีจับคู่ (matching) หน่วยหรือบุคคลในกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามวิธีควบคุมเหล่านี้ในบางครั้งไม่สามารถทำให้กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา มีความเท่าเทียมกันทุกประการ (Campbell and Stanley.1963 : 2) วิธีแก้ไขอีกวิธีหนึ่งคือ การออกแบบแผนการวิจัย (Research design) ที่กระทำโดยวิธีการสุ่ม (Randomization) หรือการจัดกลุ่ม (Block) (สุณีัย เหมาะประสิทธิ์. 2536 : 261) และอีกวิธีคือ การเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีที่มีตัวแปรบางตัวที่ผู้วิจัยไม่มั่นใจว่าสามารถควบคุมให้เท่ากันได้ในแต่ละกลุ่ม และตัวแปรนั้นๆยังมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับคุณลักษณะที่ศึกษาอีกด้วย(ลัดดาวัลย์ หวังพานิช.2528:240)

ในการควบคุมตัวแปรรบกวนสามารถทำได้ 4 วิธี (อุทุมพร ทองอุไทย. 2519 : 5) คือ ใช้วิธีทำให้ตัวแปรรบกวนเป็นสิ่งที่คงที่สำหรับตัวอย่างทุกหน่วย ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างให้กับสภาพการทดลอง ใช้เป็นตัวแปรอิสระที่จะศึกษา และควบคุมโดยวิธีการทางสถิติ (Statistical Control)

จะเห็นได้ว่าสามวิธีแรกเป็นการควบคุมโดยตรง คือ เป็นการควบคุมการวิจัยซึ่งอาจทำได้โดยการทดลอง เช่น ใช้หน่วยทดลองที่สม่ำเสมอ เลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และนอกจากนี้ยังสามารถควบคุมโดยใช้แบบแผนที่ควบคุม หรือสามารถจัดตัวแปรรบกวนโดยการสุ่มเข้ากลุ่ม (block) เรียกว่า แบบแผนการทดลองกลุ่มสุ่ม (Randomized Block Design : RBD) เพื่อที่จะช่วยในการลดอิทธิพลของตัวแปรรบกวน คือ ต้องทำให้ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองมีน้อยที่สุดโดยการจัดเข้ากลุ่ม (block) จัดตัวแปรรบกวน เพื่อไม่ให้มีผลต่อการทดสอบการจัดกระทำ (treatment) และให้ในแต่ละกลุ่ม (block) มีความเป็นเอกพันธ์กัน หรือมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด โดยให้ระหว่างกลุ่ม (block) มีความแตกต่างกัน ซึ่งแบบแผนการทดลองกลุ่มสุ่มนี้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) มาวิเคราะห์ข้อมูลบางที่เรียกว่าวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแบบสุ่มกลุ่ม (Analysis of Variance on Randomized Block Design) ส่วนวิธีสุดท้ายใช้การควบคุมทางอ้อมโดยเลือกใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระที่ผู้วิจัยไม่สนใจศึกษา และไม่สามารถควบคุมให้เท่ากันได้ในแต่ละกลุ่ม และตัวแปรนั้นยังมีความสัมพันธ์กันสูงกับตัวแปรตามอีกด้วย ซึ่งมักเรียกตัวแปรอิสระที่ไม่สนใจศึกษาแต่มีผลต่อตัวแปรตามว่า ตัวแปรร่วม (Covariate) ซึ่งการควบคุมตัวแปรรบกวนด้วยวิธีการควบคุมทางสถิติวิธีนี้เรียกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA) เนื่องจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนั้นเป็นวิธีการผสมระหว่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการวิเคราะห์การถดถอย ดังนั้นข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนั้นเป็นข้อตกลงเบื้องต้นร่วมกันระหว่างการวิเคราะห์ความแปรปรวน กับ การวิเคราะห์การถดถอย ซึ่งเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนในแบบกลุ่มสุ่มแล้ว การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีข้อตกลงเบื้องต้นเพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน คือ ข้อตกลงของการวิเคราะห์การถดถอย

เนื่องจากตัวแบบแผนการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบคือ แบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ทั้งสองวิธีดังกล่าวเป็นตัวแบบแผน ที่มีการควบคุมตัวแปรรบกวนหรือตัวแปรร่วมที่ผู้ทำการวิจัยไม่ได้สนใจศึกษาแต่มีผลต่อตัวแปรตามเหมือนกัน โดยมีข้อแตกต่างกันที่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นการใช้ตัวแปรร่วมเป็นตัวปรับ (Adjusted) ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม ซึ่งใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ตัวแปรร่วมเพื่อจำแนกความแตกต่างออกเป็นกลุ่ม (block) และใช้ความแปรปรวนเนื่องจากกลุ่มปรับค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองนั้น (อวยพร จุฑานนท์. 2528 : 2) อย่างไรก็ตามนักสถิติบางคนเสนอว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนั้น เป็นการวิเคราะห์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงกว่าการ

วิเคราะห์ความแปรปรวนในแบบกลุ่มสุ่ม (Allen.1960 : 345 – 347) แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนั้นมีวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก (Myers J.L.1979 : 432) นอกจากนี้ Cochran และ Cox (1957) ได้แสดงผลว่าการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมกับการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม ให้ผลเท่า ๆ กัน แต่ Cox (1957 : 155) กล่าวว่า การมีประสิทธิภาพของตัวแบบแผนการวิเคราะห์มีความสัมพันธ์กับเงื่อนไขบางเงื่อนไข การวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่มมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม และจากการเปรียบเทียบแหล่งความแปรปรวนของการวิเคราะห์ความแปรปรวน และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม Wampold และ Drew (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540 : 238 อ้างอิงจาก Wampold และ Drew 1990 : 349 - 352) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนี้มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่าถ้านำตัวแบบแผนการวิเคราะห์ของทั้งสองแบบแผนมาวิเคราะห์ข้อมูลชุดเดียวกัน ผลที่ได้จะเป็นอย่างไร และแบบแผนใดจะมีประสิทธิภาพหรืออำนาจการทดสอบ สูงกว่ากัน แต่ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ศึกษาในรูปแบบแผนของการทดลอง ผู้วิจัยศึกษาเฉพาะประเด็นของวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลของทั้งสองแบบแผน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลที่ได้ของการวิเคราะห์ข้อมูลว่าแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม(RBD)กับแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ว่าแบบแผนใดมีอำนาจการทดสอบสูงกว่ากัน

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อศึกษาอำนาจการทดสอบ (Power of test) ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) และ แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน 4 ขนาด คือ 30, 45, 60 และ 90 คน
2. เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of test) ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาอำนาจการทดสอบ (Power of test) ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ว่าแบบการวิเคราะห์ข้อมูลแบบใดมีอำนาจการทดสอบสูงกว่า

กัน ผลการศึกษาดังกล่าวมีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยทางการศึกษาและบุคคลทั่วไปในการพิจารณาเลือกใช้แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 18 โรงเรียน จำนวน 211 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 8,980 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 1,080 คน สุ่มมาจากประชากรโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two – Stage Random Sampling)

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1. ตัวแปรอิสระ

3.1.1 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูล 2 แบบแผน คือ

- แบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD)
- แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

3.1.2 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบ่งเป็นขนาด 4 ขนาดคือ

- 30 คน
- 45 คน
- 60 คน
- 90 คน

3.2. ตัวแปรตาม ได้แก่ อำนาจการทดสอบ (Power of test)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม (Randomized Block Design : RBD) คือ แบบแผนที่ช่วยในการลดอิทธิพลของตัวแปรรบกวนโดยทำให้ความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองมีน้อยที่สุด โดยการเข้ากลุ่ม (block) แยกตัวแปรรบกวนเพื่อที่จะไม่ให้ไปมีผลต่อการทดสอบการจัดกระทำ (treatment) และในกลุ่ม (block) มีความเป็นเอกพันธ์ คือ มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด และระหว่างแต่ละกลุ่ม (block) มีความแตกต่างกัน

2. แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA) คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้จัดตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยวิธีการทดลองเป็นการรวมการวิเคราะห์ความถดถอยกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนเข้าด้วยกัน วิธีนี้ใช้จัดตัวแปรร่วม (covariate) เพิ่มขึ้นจากการวัดตัวแปรตามอีกอย่างน้อย 1 ตัว ตัวแปรร่วมนี้จะแหล่งความแปรปรวนที่มีได้ควบคุมด้วยการทดลองและเชื่อว่ามีผลต่อตัวแปรตามในวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนี้เป็นการปรับผลทดลองโดยจัดส่วนที่มีได้ควบคุมอันเป็นผลมาจากตัวแปรร่วมออกไป

3. อำนาจการทดสอบ คือ ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) เมื่อ H_0 เป็นเท็จ ซึ่งก็คือ $1-\beta$ นั่นเอง

4. ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ชีตความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการที่ได้ศึกษาและประสบการณ์ทั้งปวงที่ได้รับมาโดยอาศัยแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนเป็นเครื่องมือวัด

4.1 ความถนัดด้านเหตุผล หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาเหตุที่กำหนดให้แล้วประเมินและลงสรุปเรื่องราวต่างๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้วัดโดยใช้แบบทดสอบสรุปความ

4.2 แบบทดสอบความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดเหตุผลเป็นประการสำคัญ แบบทดสอบนี้จะใช้ภาษาเป็นส่วนใหญ่ เพื่อเป็นการไล่เลียงเหตุผล เรียกตามภาษาทดสอบว่า Verbal Reasoning ตัวคำถามจะเป็นแบบตรรกวิทยาจะประกอบด้วยเหตุใหญ่และเหตุย่อยเป็นตัวพิจารณา แล้วประเมินลงสรุปว่าเป็นอย่างไร

5. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค 203) เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบ 3 แบบคือ

5.1 แบบทดสอบเติมคำ (Completion Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มีข้อความหรือประโยคที่เป็นตอนนำ ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพ กำหนดให้ข้อความที่ต้องการพิสูจน์และลำดับขั้นการพิสูจน์ที่มีทั้งข้อความและเหตุผล ซึ่งจะเว้นช่องว่างไว้ในส่วนของข้อความหรือเหตุผล ที่ต้องการให้ผู้สอบเติมให้สมบูรณ์ ตามความมุ่งหมายที่ต้องการจะวัด

5.2 แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน (Double Multiple choice) หมายถึง แบบทดสอบเลือกตอบซึ่งในแต่ละข้อความคำถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งส่วนที่เป็นตอนนำ หรือตัวคำถาม (item) มีข้อความเหมือนกับข้อคำถามของแบบทดสอบเติมคำ ส่วนที่สองส่วนที่เป็นตัวคำตอบจะเขียนไว้เป็นข้อๆ มี 4 ข้อ มีทั้งส่วนที่เป็นข้อความและเหตุผล มีคำตอบถูกและผิดปนกัน ส่วนที่สามส่วนที่เป็นตัวเลือกเกิดจากการนำส่วนที่เป็นคำตอบสำหรับการพิจารณา มาผสมจัดเป็นกลุ่มตามความเหมาะสมตัวเลือกถูกเกิดจากการผสมคำตอบถูกทั้งหมดเพียงตัวเลือกเดียว

5.3 แบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน (Double Multiple true-false choice)

หมายถึง แบบทดสอบเลือกตอบซึ่งในแต่ละข้อคำถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งเป็นตอนนำหรือตัวคำถาม มีข้อความเหมือนกับข้อคำถามของแบบทดสอบเดิมคำ ส่วนที่สองส่วนที่เป็นตัวคำตอบจะเขียนเป็นข้อๆ มี 4 ข้อ มีทั้งส่วนที่เป็นข้อความและเหตุผล มีคำตอบถูกและผิดปนกัน ส่วนที่สามส่วนที่เป็นตัวเลือกโดยจะแยกพิจารณาคำตอบในแต่ละข้อว่าข้อความและเหตุผลถูกหรือผิด ตัวเลือกใดที่บอกข้อความและเหตุผลในคำตอบถูกหรือผิดเป็นจริงตัวเลือกนั้นก็จะเป็นตัวถูก การตอบจะต้องตอบทั้งที่ถูกและผิดซึ่งมีมากกว่า 1 ตัว

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จะมีอำนาจการทดสอบ (Power of test) แตกต่างกัน

2. ในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) และแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จะมีอำนาจการทดสอบ (Power of test) แตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. อำนาจการทดสอบ
 - ความหมายของอำนาจการทดสอบ
 - องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ
 - การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบ
2. แบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม
 - รูปแบบโมเดลของการทดลอง
 - การหาอำนาจการทดสอบและกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง
 - การศึกษาประสิทธิภาพของตัวแปรจัดกลุ่ม
3. แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
 - หลักการปรับตัวแปรร่วม
 - การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับแบบแผนกลุ่มสุ่ม
 - แนวคิดในการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
 - การหาอำนาจการทดสอบ
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องความถนัดด้านเหตุผล
 - ความหมายและทฤษฎีของเชาว์ปัญญา
 - ความหมายของความถนัด
 - ทฤษฎีพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์
 - การวัดความสามารถด้านเหตุผล
5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน
 - ความหมายของแบบทดสอบ
 - ลักษณะและการสร้างของแบบทดสอบเติมคำ
 - ลักษณะและการสร้างของแบบทดสอบเลือกตอบ
 - ลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน
 - ลักษณะแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - งานวิจัยต่างประเทศ / ในประเทศ

อำนาจการทดสอบ (Power of Test)

ความหมายของอำนาจการทดสอบ

ในการทดสอบสมมุติฐานนั้นผู้ทดสอบจะมีโอกาสตัดสินใจอยู่ 2 ลักษณะ คือ ปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ (Null hypothesis : H_0) กับยอมรับสมมุติฐานศูนย์ ซึ่งการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่ง ต่างก็ต้องเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนกับสภาพความเป็นจริงอยู่ ซึ่งงานทางสถิติได้ให้ความหมายของความคลาดเคลื่อน ตลอดจนศัพท์ที่เกี่ยวข้องกันกับความคลาดเคลื่อน (พิมพ์ภูกลัษณ์, 2534 : 23 อ้างอิงจาก Glass, 1970) ไว้ดังนี้คือ

ระดับความมีนัยสำคัญ คือ โอกาสที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ α

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ (H_0) ที่ถูก ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้ทดสอบสมมุติฐานปฏิเสธ H_0 เท่านั้น โอกาสที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ ผู้ใช้สถิติจะระบุไว้ล่วงหน้าที่สุดเสี่ยงในโอกาสประมาณเท่าไรซึ่งรู้จักกันโดยทั่วไปว่า คือ ระดับความมีนัยสำคัญ มักจะใช้สัญลักษณ์ α

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับ H_0 ที่ผิด ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้ทดสอบยอมรับ H_0 ทั้งๆ ที่ความจริงแล้ว H_0 นั้นผิด ผู้ใช้สถิติทดสอบอาจคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ได้เช่นเดียวกัน เมื่อเราสามารถประมาณค่าความแตกต่างระหว่างพารามิเตอร์ที่ทดสอบได้โอกาสที่อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 จะเท่ากับ β

ค่า $1-\beta$ จะเป็นค่าโอกาสของการทดสอบที่ตัดสินใจได้ถูกต้องซึ่งทางด้านสถิติจะให้ความหมายค่านี้คือ อำนาจการทดสอบ (Power of Test) สถิติทดสอบที่เหมาะสมควรจะมีความน่าเชื่อถือเข้าใกล้ 1.00 หรือ 100%

อำนาจการทดสอบ (Power of Test) คือ ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์ (H_0) เมื่อ H_0 นั้นผิด ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(1-\beta)$

ความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ β ในกรณีที่ขนาดกลุ่มตัวอย่างคงที่ โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ประเภทนี้มีส่วนเกี่ยวข้องสัมพันธ์คือ ถ้าพยายามลดขนาดของ α ก็จะเป็นการเพิ่มขนาดของ β ถ้าเพิ่มขนาดของ α ก็จะเป็นการลดขนาดของ β ดังนั้นในการทดสอบสมมุติฐาน ผู้ทดสอบจะต้องคำนึงด้วยว่าความคลาดเคลื่อนชนิดใด เป็นความคลาดเคลื่อนที่เขาต้องการจะจำกัดให้เท่ากับหรือน้อยกว่าที่ต้องการซึ่งปกติแล้ว ผู้ใช้สถิติจะนิยมกำหนดโอกาสความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นเบื้องต้น และทำกันประจำ ซึ่งมักพบเห็นได้ในรายงานการวิจัยทั่วไป ที่ระบุค่า α การเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างก็มีส่วนช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และ 2 ลงได้

องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ

1. โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (β) อำนาจของการทดสอบแปรผกผันกับโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 ถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 มากขึ้นอำนาจของการทดสอบจะลดลง และถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 น้อยลง อำนาจของการทดสอบจะมากขึ้น

2. โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (α) อำนาจของการทดสอบแปรตามกับโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 มากขึ้น อำนาจของการทดสอบจะมากขึ้น และถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 น้อยลง อำนาจของการทดสอบจะน้อยลง

3. ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง อำนาจของการทดสอบจะแปรผกผันกับความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนน้อยอำนาจของการทดสอบจะมากขึ้น

4. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อำนาจของการทดสอบจะแปรตามขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะเพิ่มอำนาจของการทดสอบด้วย

5. ขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร ภายใต้สมมติฐานศูนย์ (H_0) กับสมมติฐานทางเลือก (H_1) อำนาจของการทดสอบจะแปรตามขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้ สมมติฐานศูนย์กับสมมติฐานทางเลือก ถ้าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้สมมติฐานทางเลือกยิ่งต่างจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้สมมติฐานศูนย์มากเท่าไร จะยิ่งทำให้มีอำนาจของการทดสอบเพิ่มขึ้นมากเท่านั้น เช่น ในการทดสอบสมมติฐานต่อไปนี้

$$H_0 : \mu = 50$$

$$H_1 : \mu > 50$$

ถ้ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย 70 ย่อมมีโอกาสปฏิเสธ H_0 มากกว่ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60 ดังนั้นเมื่อมีโอกาสปฏิเสธ H_0 มากย่อมมีอำนาจของการทดสอบมากกว่า (บุญเรียง ขจรศิลป์. 2537 : 81 - 82)

การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจของการทดสอบ

การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจของการทดสอบนั้นจัดได้เป็น 2 ลักษณะดังนี้คือ

1. คำนวณหาอำนาจของการทดสอบเมื่อทราบขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
2. คำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างเมื่อกำหนดอำนาจของการทดสอบ

การหาค่าอำนาจของการทดสอบนั้นหาได้โดยตรงจากการใช้ตารางอำนาจการทดสอบของ Tang (Power Function for Analysis of Variance) (Kirk .1995 : 182 - 183)

ซึ่งจะต้องทราบค่าดังต่อไปนี้

1. ดัชนีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร ซึ่งคำนวณได้จากสูตร (Kirk. 1982 : 142)

$$\phi = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \alpha_j^2 / p}{\sigma_\varepsilon^2 / n}}$$

เมื่อ α คือ treatment effect

$\sum_{j=1}^p \alpha_j^2$ คือ ผลรวมกำลังสองของ treatment effect

p คือ ระดับตัวแปรทดลอง

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

σ_ε^2 คือ ความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวน (Error Variance)

และกรณีที่แต่ละกลุ่มทดลองมีขนาดไม่เท่ากัน ใช้สูตร

$$\phi = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p (\mu_j - \mu)^2 / p}{\sigma_\varepsilon^2}}$$

2. หาค่า ชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) ระหว่างกลุ่ม $V_1 = p-1$ และ ภายในกลุ่ม $V_2 = p(n-1)$

3. ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติหรือโอกาสที่จะเปิดให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α)

การอ่านค่าอำนาจการทดสอบจากตาราง Tang (Power Function for Analysis of Variance) (Kirk. 1995 : 816 – 823)

1. เลือกตารางให้ตรงกับค่า V_1 ซึ่งหาได้จาก $V_1 = p-1$ (ระดับตัวแปรจัดกระทำ – 1) ค่า V_1 จะปรากฏอยู่มุมซ้ายด้านบนของตาราง
2. เลือก α ให้เท่ากับระดับความมีนัยสำคัญของการวิจัย ดูที่ส่วนกลางของตาราง
3. เลือก $V_2 = p(n-1)$ ดูที่ส่วนบนของตาราง
4. คำนวณค่า ϕ จากสูตรและเลือก ϕ จากแกนนอน (X) อยู่ด้านล่างของตาราง
5. อ่านค่าที่ตัดกันของ ϕ และ V_2 ในตาราง ลากเส้นขนานกับแกน Y อ่านค่าอำนาจของการทดสอบ ($1-\beta$)

ตัวอย่างเช่น อ่านค่าอำนาจการทดสอบเมื่อ $V_1 = 3$, $V_2 = 30$, $\phi = 2$ และ $\alpha = .05$ ได้ค่าอำนาจการทดสอบ ($1-\beta$) = 0.90

แนวคิดหรือกรอบสำหรับการวิเคราะห์ค่าอำนาจการทดสอบ

Cohen (1973 : 225 – 236) ได้อธิบายส่วนประกอบสำคัญของการวิเคราะห์ค่าอำนาจการทดสอบ ดังนี้

1. การตัดสินใจ หรือ ระดับนัยสำคัญ (α)
2. ประสิทธิภาพความสัมพันธ์ (effect size)
3. อำนาจการทดสอบ ($1-\beta$)
4. ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (sample size)

การประมาณค่าอำนาจการทดสอบจากตารางของ Cohen

การประมาณค่าอำนาจการทดสอบของการทดลองสามารถแสดงได้โดยการคำนวณจากตารางของ Cohen (1988 : 289 – 354) โดยต้องคำนวณหาค่า f แทนค่า ϕ_A ซึ่งสามารถคำนวณ f^2 ได้จากสูตร

$$f^2 = \frac{\hat{\omega}_A^2}{1 - \hat{\omega}_A^2}$$

โดยหาค่า $\hat{\omega}_A^2$ ได้จากการคำนวณค่า F ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับตัวแปรทดลอง A

$$\hat{\omega}_A^2 = \frac{(a-1)(F-1)}{(a-1)(F-1) + (a)(n)}$$

เมื่อ F คือ ค่าเอฟจากการคำนวณในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

a คือ ระดับตัวแปรทดลอง

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อได้ค่า f นำไปเปิดตารางของ Cohen ซึ่งต้องกำหนดระดับนัยสำคัญ และค่า $df_{num} = a - 1$

การประมาณค่าอำนาจการทดสอบจาก Pearson – Hartley Chart

เราสามารถประมาณค่าอย่างง่ายของค่าอำนาจการทดสอบของการทดลองได้จาก Pearson – Hartley Chart โดยการประมาณค่า Omega Squared แล้วนำค่า Omega Squared ไปคำนวณหาค่า ϕ แล้วไปเปิดตาราง Pearson – Hartley Chart โดยหาได้จากสูตร (Keppel. 1991 : 87 – 88)

$$\hat{\omega}_A^2 = \frac{(a-1)(F-1)}{(a-1)(F-1) + (a)(n)}$$

การใช้ Pearson – Hartley Chart จำเป็นต้องคำนวณค่า ϕ โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\hat{\phi}_A^2 = n \frac{\hat{\omega}_A^2}{1 - \hat{\omega}_A^2}$$

แล้วนำค่า $\hat{\phi}_A$ ไปเปิดตาราง Pearson – Hartley Chart (Pearson and Hartley. 1951 : 115 – 122) โดยที่ $df_{num} = (a - 1) = V_1$ $df_{denom} = (a)(n - 1) = V_2$

แบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (Randomized Block Design : RBD)

ในการวิจัยทางพฤกษศาสตร์ ความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลอง อาจทำให้การทดลองไม่ได้ผลซึ่งมีตัวแปรปรวนที่อาจบิดบังผลของทรีทเมนต์ ดังนั้นแบบแผนกลุ่มสุ่มเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง และลดปัญหาเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างตัวอย่างได้ แบบแผนกลุ่มสุ่มนี้เป็นแบบที่เหมาะสมกับการทดลอง นอกเหนือจากมีข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ยังมีเงื่อนไขอีก 3 ประการดังนี้ (Kirk. 1995 : 254)

1. มีตัวแปรทดลอง 1 ตัว กับระดับตัวแปรทดลอง p ระดับ ซึ่ง $p \geq 2$ และระดับตัวแปรปรวน $n \geq 2$
2. การจัดกลุ่ม (block) ในแต่ละหน่วยทดลองต้องมีความเป็นเอกพันธ์กัน และความแปรปรวนภายในกลุ่มจะต้องน้อยกว่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
3. ถ้าแต่ละกลุ่มที่มี p ระดับกับหน่วยทดลอง หน่วยทดลองในแต่ละกลุ่มจะต้องสุ่มมา และมีการกำหนด p ระดับตัวแปรทดลอง ในการออกแบบที่ต้องการ n กลุ่ม ของ p ระดับ หน่วยทดลองที่เป็นเอกพันธ์ ผลรวมของหน่วยทดลองทั้งหมดจะเท่ากับ $N = np$ และถ้าลักษณะโอกาสของตัวแปรทดลองซึ่งมี p ระดับ ตัวแปรทดลองจะต้องสุ่มมาอย่างอิสระสำหรับแต่ละหน่วยทดลอง ซึ่งกรณีนี้จะต้องรับระดับการทดลองทุกระดับ และต้องไม่มีการสุ่มตามลำดับเกิดขึ้น

การจัดกลุ่มให้มีความเป็นเอกพันธ์ ซึ่งแบบแผนการทดลองนี้มีลักษณะเด่นคือ การจัดหน่วยทดลองเป็นกลุ่มที่มีความเป็นเอกพันธ์ โดยใช้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรตาม เป็นตัวแปรจัดกลุ่ม ซึ่งอาจเป็นลักษณะของหน่วยทดลอง เช่น เพศ อายุ ระดับการศึกษา ระดับสติปัญญา หรืออาจเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง เช่น ผู้สังเกต ดังนั้นการจัดกลุ่มให้มีความเป็นเอกพันธ์อาจทำได้โดย (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540 : 107)

1. ใช้ตัวอย่างที่มาจากตระกูลเดียวกัน เช่น คู่แฝดที่คลอดออกมาพร้อมกัน
2. การใช้แบบทดสอบช่วยจัดกลุ่มตามตัวแปรที่ต้องการ
3. ใช้การจับคู่
4. ใช้หน่วยทดลองซ้ำ ในทุกระดับการทดลอง (treatment)

นอกจากนี้ จรัญ จันทลักษณ์ (2527 : 166 – 167) ได้อธิบายวัตถุประสงค์ของการจัดกลุ่ม (block) ว่า เพื่อกำจัดความผันแปรที่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยที่ไม่ใช่ทรีทเมนต์ เพื่อแยกความผันแปรออกมาจากความคลาดเคลื่อน เรียกว่าเป็นการกระทำ “local control” ถ้ากลุ่ม (block) มีความสำคัญจริงและในการทดลองนั้นไม่ได้จัดกลุ่มไว้ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนสูงกว่าที่ควรจะเป็นตามปกติ แต่ในทางกลับกัน ถ้าการจัดกลุ่มไม่มีความสำคัญ แต่ผู้ทดลองจัดแบ่งกลุ่มจะมีข้อเสีย คือ

1. ถ้าการจัดกลุ่มต้องจัดพื้นที่ทดลองให้เป็นสัดส่วน จะทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณโดยใช่เหตุ
2. ทางด้านสถิติ การจัดกลุ่มจะทำให้เสีย ชั้นของความเป็นอิสระ (df) สำหรับประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

หลักในการจัดกลุ่ม ผู้ทดลองต้องพยายามจัดกลุ่มสิ่งทดลอง โดยพยายามให้ภายในกลุ่มมีความสม่ำเสมอตลอดกันหมด และระหว่างกลุ่มจะต้องต่างกันมาก การจัดกลุ่มนี้จะต้องทำอย่างมีหลักเกณฑ์ เพื่อให้กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถ้าความแตกต่างมีเพียงเล็กน้อยไม่เกินไปก็ควรปล่อยไว้รวมกับความคลาดเคลื่อนทั่วไป เพราะถือเป็นความแปรปรวนสุ่มได้ ในบางครั้งผู้ทดลองอาจจะจัดกลุ่มเพราะคิดว่าความแตกต่างควรจะมีนัยสำคัญ แต่เมื่อทำการทดลองแล้วนำผลมาทดสอบดู อาจจะพบว่าความแตกต่างไม่มีนัยสำคัญก็ได้ ในการทดลองแบบสุ่มกลุ่ม (RBD) เป็นการพยายามเอาทรีทเมนต์ทั้งหมดมาเปรียบเทียบภายใต้สภาพเดียวกัน (กลุ่มเดียวกัน) ในการทดลองที่มีจำนวนทรีทเมนต์เท่ากับ t และขนาดของกลุ่มหรือจำนวน หน่วยทดลองภายในกลุ่มเท่ากับ k ในกรณี $t = k$ การทดสอบนั้นเรียกว่า เป็นแบบกลุ่มสมบูรณ์ (complete block) หมายความว่า ขนาดของกลุ่มสามารถรับจำนวนทรีทเมนต์ได้ครบ แต่ถ้า $t > k$ คือ จำนวน ทรีทเมนต์มีมากกว่าจำนวนหน่วยทดลองภายในกลุ่ม (block) เรียกการทดลองนั้นว่าเป็นแบบกลุ่มไม่สมบูรณ์ (incomplete block) ซึ่งจะใช้เฉพาะกรณีจำเป็น เมื่อจำนวนทรีทเมนต์มีมากเกินไปกว่าจำนวนหน่วยทดลองในกลุ่ม ถ้ากลุ่มยาวจนรับทรีทเมนต์ได้หมด จะมีความผันแปรภายในกลุ่มมาก เนื่องจากกลุ่มต้องใหญ่ ดังนั้นตามหลักการซึ่งต้องการให้หน่วยทดลองภายในกลุ่มมีความสม่ำเสมอมากที่สุด จึงแบ่งกลุ่มออกและทำการทดลองแบบกลุ่มไม่สมบูรณ์ ขนาดของกลุ่ม เริ่มจากกลุ่มที่เล็กที่สุด คือมี 2 หน่วยทดลอง ซึ่งใช้ในการเปรียบเทียบ 2 ทรีทเมนต์ ในการทดสอบผลจากการเปรียบเทียบ 2 ทรีทเมนต์นี้ อาจใช้ t -test ทำการทดสอบแบบเปรียบเทียบจับคู่ได้ ซึ่งจะได้ผลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวน แล้วทดสอบแบบ F – test กรณีนี้ t เท่ากับ 2 และ k เท่ากับ 2 แต่ละกลุ่มจะมีเป็นคู่ๆ วิธีสุ่มต้องทำภายในแต่ละกลุ่ม การทำเช่นนี้ผลรวมของค่าเบี่ยงเบน จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มหนึ่งจะเท่ากับศูนย์ เกิดเป็นข้อกำหนดขึ้น เวลาจัดข้อมูลใส่ในตารางต้องจัดเป็นคู่ๆ จะใส่ตามใจชอบแบบ CRD ไม่ได้ (จรัญ จันทลักษณ์ . 2527 : 166 – 167)

รูปแบบโมเดลของการทดลองสำหรับ RBD (Kirk. 1995 : 256)

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \pi_i + \varepsilon_{ij} \quad (i = 1, \dots, n : j = 1, \dots, p)$$

เมื่อ

Y_{ij} คือ คะแนนในกลุ่มที่ i และระดับการทดลอง j

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร ($\mu_{11}, \mu_{12}, \dots, \mu_{np}$) ซึ่งเป็นค่าคงที่สำหรับคะแนนทุกตัวในการทดลอง

α_j คือ ผลของตัวแปรทดลอง (treatment) สำหรับประชากรที่ระดับ j และ มีค่าเท่ากับ $\mu_{.j} - \mu$ ซึ่งเป็นความเบี่ยงเบนของค่าเฉลี่ยรวมจากค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับ j ผลของตัวแปรทดลองนี้เป็นค่า

คงที่สำหรับคะแนนทุกตัวในระดับตัวแปรทดลอง a_j และ $\sum_{j=1}^p \alpha_j = 0$

π_i คือ ผลของตัวแปรจัดกลุ่ม (block) สำหรับประชากรที่ระดับ i และมีค่าเท่ากับ $\mu_{i.} - \mu$ ซึ่งเป็นความเบี่ยงเบนของค่าเฉลี่ยรวมจากค่าเฉลี่ยของประชากรที่ระดับ i ผลของตัวแปรจัดกลุ่มนี้เป็นตัวแปรสุ่ม นั่น คือ $NID(0, \sigma_\pi^2)$

ε_{ij} คือ ผลของความคลาดเคลื่อนที่สัมพันธ์กับ Y_{ij} และมีค่าเท่ากับ $Y_{ij} - \mu_{i.} - \mu + \mu$ ซึ่งผลของความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรสุ่ม นั่น คือ $NID(0, \sigma_\varepsilon^2)$ และเป็นอิสระจากกันกับ π_i

จากโมเดลดังกล่าว ซึ่งเรียกว่า Mixed Model หรือ Model III ซึ่งเป็นโมเดลที่นิยมใช้สำหรับ RB-p desing และผลความคลาดเคลื่อน (ε_{ij}) ในโมเดลถือว่าเป็น Residual error และ ε_{ij} มีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ij} &= Y_{ij} - [\mu + (\mu_{.j} - \mu) + (\mu_{i.} - \mu)] \\ &= Y_{ij} - \mu - \mu_{.j} + \mu - \mu_{i.} + \mu \\ &= Y_{ij} - \mu_{.j} - \mu_{i.} + \mu \end{aligned}$$

การแบ่งส่วนของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Partition of Total Sum of Squares)

ค่าของพารามิเตอร์ μ , α_j , π_i และ ε_{ij} ในโมเดลข้างต้น เป็นค่าที่ไม่ทราบค่า แต่เราสามารถประมาณค่าได้จากตัวอย่างข้อมูล ต่อไปนี้

ค่าพารามิเตอร์ของสมการโมเดล

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \pi_i + \varepsilon_{ij}$$

ตัวประมาณค่าอย่างง่ายของพารามิเตอร์

$$Y_{ij} = \bar{Y}_{..} + (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{..}) \quad \dots\dots(1)$$

Score Grand mean

Block effect

Treatment effect

Residual effect

ในส่วนของ Total Sum of Squares สำหรับแบบแผนกลุ่มสุ่มที่แสดงใน (1) ซึ่งนั่นคือ Total Sum of Squares (SSTO) ซึ่งมีด้วยกัน 3 ส่วน คือ Sum of Squares due to treatment A (SSA), Sum of Squares due to blocks (SSBL), และ Sum of Squares due to residual error (SSRES) จาก (1) ได้สมการดังนี้

$$Y_{ij} - \bar{Y}_{..} = (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{..})$$

ยกกำลังสองทั้งสองข้าง

$$(Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = [(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{..})]^2$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n [(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..}) + (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..}) + (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{..})]^2$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2 = n \sum_{j=1}^p (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..})^2 + p \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{..})^2 + \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{..})^2$$

$$\text{SSTO} = \text{SSA} + \text{SSBL} + \text{SSRES}$$

จากสูตร Sum of Squares ดังกล่าวไม่สะดวกที่จะคำนวณเพื่อหา Mean Squares ดังนั้นเพื่อให้สะดวกในการคำนวณ จึงนำเอาค่า Sum of Squares แต่ละค่าหารด้วย degree of freedom

$$\text{MSTO} = \frac{\text{SSTO}}{np - 1}$$

$$\text{MSA} = \frac{\text{SSA}}{p - 1}$$

$$\text{MSBL} = \frac{\text{SSBL}}{n - 1}$$

$$\text{MSRES} = \frac{\text{SSRES}}{(n - 1)(p - 1)}$$

สมมติฐานทางสถิติสำหรับตัวแปรทดลอง(treatment A)

$$H_0 : \mu_{.1} = \mu_{.2} = \dots = \mu_{.p}$$

หรือ $H_0 : \alpha_j = 0$, สำหรับทุกค่าของ j

$$H_1 : \mu_{.j} \neq \mu_{.j'} , \text{ สำหรับบางค่าของ j และ } j'$$

หรือ $H_1 : \alpha_j \neq 0$, สำหรับบางค่าของ j

การทดสอบสมมติฐานสำหรับตัวแปรทดลอง A โดยให้ $F = MSA / MSRES$
 สมมติฐานทางสถิติสำหรับกลุ่ม (block) เมื่อ block i ได้ถูกสุ่มมา

$$H_0 : \sigma_{\pi}^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_{\pi}^2 \neq 0$$

การทดสอบสมมติฐานสำหรับกลุ่ม (block) โดยให้ $F = MSBL / MSRES$
 แหล่งความแปรปรวนของ RBD

ตาราง 1 รูปแบบข้อมูลของแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม

Block $I = 1, 2, \dots, n$	Treatment $J = 1, 2, \dots, p$				Total	Mean
	1	2	...	p		
Block 1	Y_{111}	Y_{121}	...	Y_{1p1}	$T_{1..}$	$\bar{Y}_{1..}$
	Y_{112}	Y_{122}	...	Y_{1p2}		
	$\cdot$	$\cdot$		$\cdot$		
	$Y_{11.}$	Y_{12n}	...	Y_{1pn}		
Block 2	Y_{211}	Y_{221}	...	Y_{2p1}	$T_{2..}$	$\bar{Y}_{2..}$
	Y_{212}	Y_{222}	...	Y_{2p2}		
	$\cdot$	$\cdot$		$\cdot$		
	$Y_{21.}$	$Y_{22.}$	...	$Y_{2p.}$		
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$
Block n	Y_{n11}	Y_{n21}	...	Y_{np1}	$T_{n..}$	$\bar{Y}_{n..}$
	Y_{n12}	Y_{n22}	...	Y_{np2}		
	$\cdot$	$\cdot$		$\cdot$		
	$Y_{n1.}$	$Y_{n2.}$	...	$Y_{np.}$		
Total	$T_{.1.}$	$T_{.2.}$		$T_{.n.}$	T	$\bar{Y}$
Mean	$\bar{Y}_{.1.}$	$\bar{Y}_{.2.}$		$\bar{Y}_{.n.}$		

ตาราง 2 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบกลุ่มสุ่มของข้อมูลจากตาราง 1

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1. Treatment (A)	SSA	p -1	SSA/(p-1) = MSA	MSA / MSRES
2. Block	SSBL	n -1	SSBL/(n-1) = MSBL	MSBL / MSRES
3. Residual	SSRES	(n -1)(p -1)	SSRES/(n-1)(p-1) = MSRES	
Total	SST	np -1		

ข้อมูลสูญหาย (Missing Value)

ในการทดลองบางครั้งข้อมูลเราอาจมีค่าสังเกตสูญหาย หรือใช้ไม่ได้ไปบ้าง เช่น กลุ่มตัวอย่างอาจจะป่วย หรือตายซึ่งสาเหตุมิใช่เนื่องจากทรีทเมนต์ หรือการบันทึกผิดพลาดอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีนี้เราอาจประมาณค่าที่หายไปได้จากสูตรซึ่งคิดขึ้นโดย Yates ค่าประมาณนี้มีได้ให้ข้อเท็จจริงเพิ่มเติม หากเป็นเพียงค่าที่ช่วยให้ความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือซึ่งกระทำได้นี้ (จรัญ จันทลักษณ์. 2527 : 177 – 178)

(ก) กรณีที่มีค่าหายไปเพียงค่าเดียว เราคำนวณค่าดังนี้

$$X = \frac{rB + tT - G}{(r - 1)(t - 1)}$$

เมื่อ X คือ ค่าที่สูญหายไป

r คือ จำนวนกลุ่ม

t คือ จำนวนทรีทเมนต์

B คือ ผลรวมของค่าสังเกตในกลุ่ม (block)

T คือ ผลรวมของค่าสังเกตในทรีทเมนต์ที่มีค่าหายไป

G คือ ผลรวมยอดค่าสังเกตทั้งหมด

เมื่อได้ค่า X แล้ว ก็เอาไปใส่ในตารางแล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน โดยวิธีคำนวณปกติ แต่ df ของทั้งหมดและความคลาดเคลื่อนจะน้อยลงจากเดิมเท่ากับ 1 ค่าประมาณ X เป็นค่าที่ให้ความคลาดเคลื่อนของผลรวมกำลังสองของค่าสังเกตในการวิเคราะห์ความแปรปรวนน้อยที่สุด แต่ทรีทเมนต์ SS จะมีค่าสูงขึ้นจากที่ควรจะเป็นเท่ากับ

$$\frac{[B - (t - 1)X]^2}{t(t - 1)}$$

ซึ่งจำนวนนี้จะต้องลบออกจาก ผลรวมของค่าสังเกตในทรีทเมนต์

ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่ค่าสูญหายไปกับทรีทเมนต์อื่น ๆ เท่ากับ

$$SD = \sqrt{S^2 \left[\frac{2}{r} + \frac{t}{r(r-1)(t-1)} \right]}$$

(ข) เมื่อมีค่าสังเกตสูญหายไปจำนวนหลายค่า คำนวณค่าที่สูญหายไปทุกค่าโดยคำนวณจาก

$$(\bar{X}_i + \bar{X}_j)/2$$

โดยเว้นไว้เพียงค่าเดียว เมื่อ

$\bar{X}_i$ = ค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ที่มีค่าสังเกตสูญหายไป

$\bar{X}_j$ = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่มีค่าสังเกตสูญหายไป

การวัดความสัมพันธ์

สำหรับแบบแผนกลุ่มสุ่ม หรือแบบแผนที่ซับซ้อนมากกว่านี้ สามารถหาความสัมพันธ์ได้ 2 วิธีดังนี้ (Kirk. 1995 : 259 – 263)

$$\omega_{Y/A}^2, \rho_{IY/A} = \frac{\sigma_\alpha^2}{\alpha_\epsilon^2 + \sigma_\pi^2 + \sigma_\alpha^2} \quad \text{และ} \quad \omega_{Y/A,BL}^2, \rho_{IY/A,BL} = \frac{\sigma_\alpha^2}{\alpha_\epsilon^2 + \sigma_\alpha^2}$$

การวัด 2 ตัวแรก คือ $\omega_{Y/A}^2$ และ $\rho_{IY/A}$ เป็นความแปรปรวนของความสัมพันธ์ของตัวแปรทดลองที่เป็นผลรวมทั้งหมดในโมเดล ส่วนการวัด 2 ตัวหลังคือ $\omega_{Y/A,BL}^2$ เรียก $\omega_{Y/A,BL}^2$ ว่า Partial Omega Squared และ $\rho_{IY/A,BL}$ เรียก $\rho_{IY/A,BL}$ ว่า Partial intraclass correlation ซึ่งไม่ได้สนใจหรือละเลยตัวแปรจัดกลุ่ม (Block) และเป็นความแปรปรวนของความสัมพันธ์ของผลตัวแปรทดลองที่เป็นผลรวมของความคลาดเคลื่อน และเป็นผลของตัวแปรทดลองเครื่องหมาย dot ใน Y/A . BL เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) กับตัวแปรทดลอง A ที่ไม่สนใจผลของตัวแปรจัดกลุ่ม (Block) ในทำนองเดียวกันก็สามารถวัดความสัมพันธ์ของตัวแปรจัดกลุ่ม (Block) กับตัวแปรตาม (Y) ได้จากสูตร

$$\omega_{Y/BL}^2, \rho_{IY/BL} = \frac{\sigma_\pi^2}{\alpha_\epsilon^2 + \sigma_\pi^2 + \sigma_\alpha^2} \quad \text{และ}$$

กรณีที่ไม่นับหรือละเลยตัวแปรทดลอง A คือ

$$\omega_{Y/BL,A}^2, \rho_{IY/BL,A} = \frac{\sigma_\pi^2}{\alpha_\epsilon^2 + \sigma_\pi^2}$$

การแปรค่า ω^2 สามารถแปลค่าได้ดังนี้

$\omega^2 = .01$ มีความสัมพันธ์กันน้อย

$\omega^2 = .059$ มีความสัมพันธ์ปานกลาง

$\omega^2 = .138$ ขึ้นไป มีความสัมพันธ์กันสูง

ส่วน Cohen (1977 : 284 – 288) ได้แนะนำในการอธิบายประสิทธิภาพความสัมพันธ์ (effect size) ในการแปลค่าทางจิตวิทยาและสังคมศาสตร์ ดังนี้

$\omega^2 = .01$ มี effect size น้อย

$\omega^2 = .06$ มี effect size ปานกลาง

$\omega^2 = .15$ ขึ้นไป มี effect size สูง

ตัวประมาณค่าอย่างง่ายของความสัมพันธ์ สำหรับการออกแบบการทดลองเป็นแบบเจาะจง (Fixed effects model) หาจากสูตร

$$\hat{\omega}_{Y/A,BI}^2 = \frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\alpha_\epsilon^2 + \sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p} \quad \text{และ} \quad \hat{\omega}_{Y/BI,A}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{\pi}_i^2 / n}{\alpha_\epsilon^2 + \sum_{i=1}^n \hat{\pi}_i^2 / n}$$

เมื่อ $\alpha_\epsilon^2 = \text{MSRES}$

$$\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p = \frac{p-1}{np} (\text{MSA} - \text{MSRES})$$

$$\sum_{i=1}^n \hat{\pi}_i^2 / n = \frac{n-1}{np} (\text{MSBL} - \text{MSRES})$$

ในที่นี้ค่าคาดหวังของ $\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p$ คือ

$$\begin{aligned} E \left[\frac{p-1}{np} (\text{MSA} - \text{MSRES}) \right] &= \frac{p-1}{np} \left[\alpha_\epsilon^2 + \frac{n \sum_{j=1}^p \alpha_j^2}{p-1} \right] - \alpha_\epsilon^2 \\ &= \sum_{j=1}^p \alpha_j^2 / p \end{aligned}$$

ตัวประมาณค่าอย่างง่ายของความสัมพันธ์ สำหรับการออกแบบการทดลองเป็นรูปแบบสุ่ม (Random effect model) หาจากสูตร

$$\hat{\rho}_{IY/A,BI} = \frac{\hat{\sigma}_\alpha^2}{\hat{\sigma}_\epsilon^2 + \hat{\sigma}_\alpha^2} \quad \text{และ} \quad \hat{\rho}_{IY/BI,A} = \frac{\hat{\sigma}_\pi^2}{\hat{\sigma}_\epsilon^2 + \hat{\sigma}_\pi^2}$$

โดยที่ $\hat{\sigma}_\epsilon^2 = \text{MSRES}$

$$\hat{\sigma}_\alpha^2 = (1/n)(\text{MSA} - \text{MSRES})$$

$$\hat{\sigma}_\pi^2 = (1/p)(\text{MSBL} - \text{MSRES})$$

ตัวประมาณค่าอย่างง่ายของความสัมพันธ์ สำหรับการออกแบบการทดลองเป็นรูปแบบผสม (Mixed effect model) ที่ระดับของตัวแปรทดลองเป็นแบบเจาะจงและตัวแปรกลุ่ม (block) เป็นแบบสุ่ม หาจากสูตร

$$\hat{\omega}_{Y/A,BI}^2 = \frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\alpha_\varepsilon^2 + \sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p} \quad \text{และ} \quad \hat{\rho}_{IY/BI,A} = \frac{\hat{\sigma}_\pi^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 + \hat{\sigma}_\pi^2}$$

โดยที่ $\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = \text{MSRES}$

$$\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p = \frac{p-1}{np} (\text{MSA} - \text{MSRES})$$

$$\hat{\sigma}_\pi^2 = (1/P)(\text{MSBL} - \text{MSRES})$$

นอกจากนี้ $\hat{\omega}_{Y/A,BL}^2$ และ $\hat{\rho}_{IY/A,BL}$ ยังสามารถหาได้จากค่าสถิติ F ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระดับตัวแปรทดลอง A โดยมีข้อตกลงว่า $Y_{ij} = \mu + \alpha_j + \pi_i + \varepsilon_{ij}$ โดยใช้สูตร

$$\hat{\omega}_{Y/A,BI}^2 = \frac{(p-1)(F_A - 1)}{(p-1)(F_A - 1) + np};$$

$$\hat{\rho}_{IY/A,BI} = \frac{F_A - 1}{(n-1) + F_A}$$

และสูตรสำหรับตัวแปรจัดกลุ่ม (Block)

$$\hat{\omega}_{Y/BL,A}^2 = \frac{(n-1)(F_{BL} - 1)}{(n-1)(F_{BL} - 1) + np};$$

$$\hat{\rho}_{IY/A,BL} = \frac{F_{BL} - 1}{(p-1) + F_{BL}}$$

Partial Omega Squared สามารถหา effect size ได้โดยวิธีการวัดของ Cohen ดังนี้

สูตร
$$\hat{f}_A = \sqrt{\frac{\hat{\omega}_{Y/A,BI}^2}{1 - \hat{\omega}_{Y/A,BI}^2}}$$

ซึ่ง Cohen ได้แนะนำว่า ตัวแปรทดลองจะมีความสัมพันธ์กันสูงคือ $f = .40$ หรือค่า $\hat{f}_A = 1.0$ หรือมากกว่านั้น ซึ่งเป็นเกณฑ์การพิจารณาที่ดีแล้ว

นอกจากนี้การประมาณค่า Omega Squared หาได้จากสูตรตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังนี้ (Keppel. 1991 : 65)

$$\hat{\omega}_A^2 = \frac{SS_A - (a-1)(MS_{S/A})}{SS_T + MS_{S/A}}$$

การหาอำนาจการทดสอบ และการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ในการคำนวณหาอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม โดยที่มีตัวแปรทดลอง A และเรียกตัวแปรทดลอง A ว่า เป็นรูปแบบเจาะจง (Fixed effect) หาได้จากสูตร (Kirk.1995 : 264)

$$\begin{aligned} \hat{\phi}_A &= \sqrt{\frac{\hat{\lambda}_A}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\hat{\sigma}_\epsilon^2 / n}} \\ \text{โดยที่} \quad \hat{\lambda}_A &= \frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2}{\hat{\sigma}_\epsilon^2} \\ \sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p &= \frac{p-1}{np} (MSA - MSRES) \\ \hat{\sigma}_\epsilon^2 &= MSRES \end{aligned}$$

นำค่า $\hat{\phi}_A$ ที่ได้ไปเปิดตาราง Tang 's Chart โดยที่ $V_1 = p-1$, $V_2 = (n-1)(p-1)$

ตาราง Tang 's Chart สามารถที่จะใช้ประมาณจำนวนกลุ่ม (block) ในแบบแผนกลุ่มสุ่มได้ นั่นคือ ถ้าต้องการให้มีอำนาจการทดสอบสูง ก็สามารถประมาณจำนวนกลุ่มได้ แต่ก็จำเป็นที่จะต้องทราบสิ่งต่อไปนี้

1. จำนวนของระดับตัวแปรทดลอง (p)
2. ระดับความมีนัยสำคัญ (α)
3. อำนาจการทดสอบ ($1-\beta$)
4. ขนาดของความแปรปรวนของประชากร (σ_ϵ^2)
5. ผลรวมกำลังสองของผลตัวแปรทดลองของประชากร ($\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2$)

ค่าของ n' สามารถหาได้จากสูตร

$$\hat{\phi}_A = \sqrt{n'} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\hat{\sigma}_\epsilon^2}}$$

นำค่า $\hat{\phi}_A$ ที่ได้ไปเปิดตาราง Tang 's Chart เมื่อ $V_1 = p-1$, $V_2 = (p-1)(n'-1)$

นอกจากนี้ Keppel (1991 : 76 – 79) ได้เสนอการใช้ตารางค่าอำนาจการทดสอบในการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางค่าอำนาจการทดสอบของ Pearson – Hartley Chart ได้สร้างตารางที่สามารถประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างซึ่งจะต้องกำหนดรายละเอียดของระดับอำนาจการทดสอบ โดยหาได้จากสูตร

$$\phi_A^2 = n' \frac{\sum (\mu_i - \mu_T)^2 / a}{\sigma_{S/A}^2}$$

เมื่อ n' แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง

μ_i แทน ค่าเฉลี่ยของ treatment ของประชากร

μ_T แทน ค่าเฉลี่ยรวมของ treatment ของประชากร

a แทน จำนวน treatment A

$\sigma_{S/A}^2$ แทน ค่าความแปรปรวนของ treatment ของประชากร

แล้วนำค่า $\hat{\phi}_A$ ไปเปิดตาราง Pearson – Hartley Chart (Pearson and Hartley. 1951 : 115 – 122) โดยที่ $df_{num} = (a - 1) = V_1$ $df_{denom} = (a)(n - 1) = V$

ตัวอย่างเช่น ค่า $\phi = 1.58$, $\alpha = .05$, $df_{num} = 3$, $df_{denom} = 60$ จะได้ค่าอำนาจการทดสอบ = 0.74 ดังภาพประกอบ 1

นอกจากนี้ยังได้มีการสร้างตารางเพื่อช่วยในการคำนวณหาค่าขนาดกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) อำนาจการทดสอบ ($1 - \beta$) ประสิทธิภาพความสัมพัทธ์ (effect size : ω^2) และระดับนัยสำคัญ (α) ดังตาราง 3 (Keppel. 1991 : 72)

ตาราง 3 ขนาดกลุ่มตัวอย่าง อำนาจการทดสอบ ประสิทธิภาพความสัมพัทธ์ (ω^2) และระดับนัยสำคัญ

ω^2	POWER								
	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
$\alpha = .05$									
.01	21	53	83	113	144	179	219	271	354
.06	5	10	14	19	24	30	36	44	57
.15	3	5	6	8	10	12	14	17	22
$\alpha = .01$									
.01	70	116	156	194	232	274	323	385	478
.06	13	20	26	32	38	45	53	62	77
.15	6	8	11	13	15	18	20	24	29

การศึกษาประสิทธิภาพของตัวแปรจัดกลุ่ม

ในที่นี้จะทำการเปรียบเทียบแบบแผนการทดลอง CRD กับ RBD ว่ามีประสิทธิภาพดีกว่ากันอย่างไร ถ้าให้ E หมายถึงค่าที่บ่งชี้ว่าต้องให้หน่วยทดลองเพิ่มขึ้นกี่เท่า เพื่อให้แบบแผนการทดลองแบบ CRD กับ RBD มีความคลาดเคลื่อนเท่ากัน (ดุษฎี โยเหลา. 2535 : 34)

$$\text{ให้} \quad E = \frac{\sigma_r^2}{\sigma_b^2}$$

เมื่อ σ_r^2 คือ MSRES ของ CRD

σ_b^2 คือ MSRES ของ RBD

และ

$$\hat{E} = \frac{(n-1)\text{MSBL} + n(p-1)\text{MSRES}}{(np-1)\text{MSRES}}$$

เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนของ CRD น้อยลงต้องเพิ่มขนาดของตัวอย่างในกลุ่มทดลองโดยใช้สูตร

$$m = \hat{E} \times n$$

เมื่อ m แทน จำนวนตัวอย่างที่ต้องการในแต่ละระดับของ CRD

n แทน จำนวนตัวอย่างที่ต้องการในแต่ละระดับของ RBD

นอกจากนี้เพื่อเปรียบเทียบแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) และแบบกลุ่มสุ่ม (RBD) อาจใช้สูตรต่อไปนี้ (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช.2540 : 121)

$$\text{ประสิทธิภาพสัมพัทธ์} = \frac{MS_w}{MS_{res}}$$

เมื่อ MS_w ของแบบสุ่มสมบูรณ์จะหาจาก MS ของแบบกลุ่มสุ่มจากสูตร

$$MS_w = \frac{(n-1)MS_{BL} + n(p-1)MS_{res}}{np-1}$$

Cochran (1957 : 106 – 107) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อเสียของแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม มีดังนี้

ข้อดี

1. ค่าเฉลี่ยของการจัดกลุ่ม ได้ผลที่แม่นยำเป็นค่าที่ได้สูงกว่าการสุ่มสมบูรณ์
2. จำนวนของตัวแปรทดลอง และจำนวนของการสุ่มหน่วยทดลอง อาจจะรวมอยู่ด้วยกันกับการออกแบบนี้เหมือนเป็นการอธิบายเบื้องต้น ซึ่งแต่ละตัวแปรทดลอง จะมีบางจำนวนของกลุ่มหน่วยทดลอง ถ้าการสุ่มหน่วยทดลองที่เป็นหน่วยใหญ่หรือมีมาก ก็เป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับบางตัวแปรทดลอง แต่ละตัวแปรทดลองนี้อาจใช้เป็น 2 หน่วยทดลอง ภายในกลุ่มทุกกลุ่ม แบบแผนนี้เป็นการเตรียมที่มีการสุ่มหน่วยทดลองที่เป็นมาตรฐานถึง 2 ครั้ง ขนาดของกลุ่มเพิ่มขึ้น ซึ่งขณะที่ข้อจำกัดมีมากกว่าการสุ่มหน่วยทดลองกลุ่มเดียว ตัวแปรทดลองที่มีลักษณะคล้ายกันอาจจะสุ่มมา 2 หรือ 4 ครั้งใน 1 กลุ่ม สรุปก็คือ แบบแผนนี้ใช้ได้กับการทดลองที่มีระดับการทดลองจำนวนมาก
3. การวิเคราะห์ทางสถิติ เป็นการวิเคราะห์โดยตรง และวิเคราะห์ได้ง่าย
4. ถ้าความแปรปรวนในแผนการทดลองมีสูง ก็คือ หน่วยทดลองบางตัวมีขนาดใหญ่กว่าตัวอื่นๆ ความคลาดเคลื่อนก็ไม่ลำเอียงสำหรับการทดสอบในแบบแผนนี้ ซึ่งมีการกำหนดหน่วยทดลองของค่าเฉลี่ยของตัวแปรทดลอง

ข้อเสีย

1. มีข้อตกลงเบื้องต้นของรูปแบบการทดลองมากกว่าแบบสุ่มสมบูรณ์
2. ถ้ามีการสูญหายไปของกลุ่มตัวอย่างจะวิเคราะห์ได้ยาก

แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance : ANCOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เป็นวิธีการทางสถิติที่พยายามปรับตัวแปรตาม การปรับ (Adjustments) นี้อยู่บนฐานของความสัมพันธ์ของตัวแปรตามกับตัวแปรร่วม (Concomitant หรือ Covariate Variables) เป็นสำคัญ ANCOVA เป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับการวิเคราะห์ การกระถกถอย (ANCOVA + MR) การวิเคราะห์ความแปรปรวน วิเคราะห์เฉพาะตัวแปรตาม แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมวิเคราะห์ทั้งตัวแปรตามและตัวแปรร่วมที่เลือกสรรมาแล้วว่าเป็นตัวแปรมาปรับที่ดี ผลที่ออกมาจึงเป็นผลของการปรับตัวแปรทั้งสองหรือมากกว่าสองเข้าหากัน เพื่อผลออกมาจะได้มีความคลาดเคลื่อนน้อยและไม่ลำเอียง การเลือกตัวแปรร่วมจึงต้องศึกษาให้ดูว่าเกี่ยวข้องกับตัวแปรตามมากน้อยเพียงใด (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2540 : 352) วิธีนี้ใช้การวัดตัวแปรเพิ่มขึ้น ตัวแปรร่วมเพิ่มขึ้นจากการวัดตัวแปรตามอีกอย่างน้อย 1 ตัว การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน และเป็นสถิติที่ใช้เปรียบเทียบข้อมูล (ระดับอันตรภาค หรือ ระดับอัตราส่วน) ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มหรือมากกว่า 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระจากกัน โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ 3 ชนิดคือ ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวร่วม (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2528 : 267) ตัวแปรร่วมนี้จะแหล่งความแปรปรวนที่มีได้ควบคุมด้วยการทดลอง หรือ อาจเป็นคะแนนสอบก่อนหรือคะแนนตัวแปรอื่นที่มีความสัมพันธ์กันสูงกับตัวแปรตามก็ได้ หรือไม่สามารถกำหนดประชากรแต่ละคนเข้ากลุ่มต่างๆ อย่างสุ่มได้ และเชื่อว่ามีผลต่อตัวแปรตาม ในวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนี้เป็นการปรับผลการทดลองโดยขจัดส่วนที่มีได้ควบคุม อันเป็นผลจากตัวแปรร่วมออกไป

การเลือกตัวแปรร่วม ตัวแปรร่วมในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมควรจะได้รับเลือกอย่างระมัดระวัง การควบคุมโดยการทดลองกับโดยทางสถิติ ไม่ควรแยกออกจากกันโดยสิ้นเชิง (อุทุมพร ทองอุไทย. 2523 : 389)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

1. กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน
2. การแจกแจงของกลุ่มประชากรเป็นโค้งปกติ
3. ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเป็นเอกพันธ์
4. ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของประชากรทุกกลุ่มเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity of regression coefficient) นั่นคือ $\beta_{w1} = \beta_{w2} = \dots = \beta_{wp} = \beta_w$
5. ความสัมพันธ์ระหว่าง X กับ Y เป็นเส้นตรง
6. ตัวแปรร่วมเลือกมาอย่างปราศจากความคลาดเคลื่อน
7. การทดลองมีแหล่งความเปลี่ยนแปลงอื่น ซึ่งเชื่อว่าจะมีผลต่อตัวแปรตามและไม่

เกี่ยวข้องกับจุดหมายของการทดลอง

8. Residual แจกแจงเป็นปกติมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์

ผลเกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้น

จากข้อมูลทางการวิจัยพบว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม มีความทนทานต่อข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับการกระจายเป็นปกติ และความเท่ากันของความคลาดเคลื่อน และพบว่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดของตัวแปรร่วม ทำให้การประมาณค่า β ไม่เที่ยงตรง นอกจากนี้พบว่าความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตามมีผลต่อการศึกษาอิทธิพลของทรีทเมนต์ ซึ่งหมายความว่า ถ้าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นหรือมีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่ำ จะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมน้อยลง สำหรับข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความชัน (β) ของเส้นตรงถดถอย ก็มีผลต่อการสูญเสีย power ของการทดสอบ และทำให้การตีความผลจากการวิเคราะห์ไม่ชัดเจน เพราะลักษณะที่ไม่ขนานกันของเส้นตรงถดถอย แสดงถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมกับทรีทเมนต์ (Myer, J.L. 1979 : 408 – 409)

หลักการปรับตัวแปรร่วม

ถ้าตัวแปรตามและตัวแปรร่วม โดยกำหนด Y และ X สามารถปรับ Y ให้อิสระจาก X ได้อย่างไร การปรับที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ให้หลักของการวิเคราะห์ความถดถอย ถึงแม้ว่าผลของ X ต่อ Y จะมีใช้เชิงเส้นตรงก็ตาม เฉพาะกรณีที่เป็นเชิงเส้นตรงเท่านั้นที่ได้รับการพิจารณา (Kirk. 1995 : 711 – 717)

การคำนวณผลรวมกำลังสองทั้งหมดที่ปรับแล้ว

มีสมการถดถอยสำหรับทำนาย Y จาก X ดังนี้

$$(1) \quad \hat{Y}_{ij} = \beta_T (X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \bar{Y}_{..}$$

เมื่อ $\hat{Y}_{ij}$ คือ คະแนนที่ทำนาย

β_T คือ สมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรง สำหรับ $i = 1, \dots, n$ และ

$j = 1, \dots, p$ คู่กับคະแนน X และ Y

X_{ij} คือ ค่าตัวแปรร่วม สำหรับตัวอย่าง i ในระดับทดลอง j

$\bar{X}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรร่วม

$\bar{Y}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรทดลอง

ผลรวมของกำลังสองของส่วนที่เหลือรอบเส้นถดถอย คือ

$$(2) \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2$$

เมื่อ $(Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})$ เป็นค่าความเบี่ยงเบนของคะแนนแต่ละค่า จากคะแนนทำนายผลบวกกำลังสองของค่านี้ คือความเปลี่ยนแปลงระหว่างคะแนนตัวแปรตาม ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับเส้นถดถอยของ Y บน X ซึ่งเป็นค่าผลบวกกำลังสองที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ถ้า $\hat{\beta}_T (x_{ij} - \bar{x}_{..}) + \bar{y}_{..}$ ได้รับการแทนที่ใน $\hat{Y}_{ij}$ ในสมการ (2) ผลบวกกำลังสองของค่าที่เหลือจะเท่ากับ

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p [(\hat{Y}_{ij} - \bar{y}_{..}) - \hat{\beta}_T (x_{ij} - \bar{x}_{..})]^2 \\ &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 - 2\hat{\beta}_T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(Y_{ij} - \bar{y}_{..}) \\ &\quad + \hat{\beta}_T^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2 \end{aligned}$$

แต่

$$\hat{\beta}_T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(Y_{ij} - \bar{y}_{..})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2}$$

และ $\hat{\beta}_T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(Y_{ij} - \bar{y}_{..})$

ดังนั้น
$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 - 2\hat{\beta}_T \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(Y_{ij} - \bar{y}_{..}) \\ &\quad + \hat{\beta}_T^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2 \end{aligned}$$

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \hat{Y}_{ij})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 - \hat{\beta}_T^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$$

ในเทอมทางขวา $-\hat{\beta}_T^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2$ คือค่าปรับแล้วของผลรวมกำลังสองทั้งหมดสำหรับ Y , $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (Y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$ ซึ่งเป็นการจัดผลของตัวแปรรวมออกไป ค่าที่ปรับแล้วนี้มักจะลดลงจากค่า Y ถ้า $\hat{\beta}_T \neq 0$ ผลรวมกำลังสองของเทอมทางขวามือในสมการ (3) เรียกว่าค่าลดของผลรวมกำลังสอง ซึ่งบางทีเรียกว่า ค่าปรับแล้วของผลรวมกำลังสองทั้งหมด และใช้สัญลักษณ์ $T_{yy(\text{adj})}$ หรือ T_{adj} ค่าที่ยังไม่ได้ปรับของ Y และ X ใช้สัญลักษณ์ย่อเป็น T_{yy} และ T_{xx} และใช้ T_{yy} , T_{xx} แทนที่ SS

ความชันของ $\hat{\beta}_T$ ของเส้นถดถอยที่ใช้ในการทำนาย Y และ X ได้จาก

$$\hat{\beta}_T = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(y_{ij} - \bar{y}_{..})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2} = \frac{T_{xy}}{T_{xx}}$$

เทอม T_{xy} หมายถึง ผลรวมกำลังสองของผลคูณของ X และ Y มันสามารถที่แสดงให้เห็นถึงสัมประสิทธิ์ของ $\hat{\beta}_T$ ซึ่งเป็นเส้นตรงที่ดีที่สุดที่สอดคล้องกับเกณฑ์กำลังสองน้อยที่สุดสำหรับ np คู่ของค่าที่สังเกต ค่าปรับแล้วของผลรวมกำลังสองทั้งหมด ได้จาก

$$(4) \quad T_{yy(\text{adj})} = T_{yy} - \hat{\beta}_T^2 T_{xx} = T_{yy} - \frac{T_{xy}^2}{T_{xx}}$$

ชั้นของความเป็นอิสระสำหรับ $T_{yy(\text{adj})}$ คือ $np - 2$ เนื่องจากมีข้อกำหนดซึ่งต้องอาศัยการคำนวณหาผลรวมกำลังสองจากเส้นถดถอย

การคำนวณค่าปรับแล้วของผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม

ผลรวมกำลังสองของทั้งหมด $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$ ในแบบสุ่มสมบูรณ์สามารถแยกส่วนได้เป็นผลรวมกำลังสองของภายในกลุ่ม และระหว่างกลุ่ม ดังต่อไปนี้

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (y_{ij} - \bar{y}_{.j})^2 + n \sum_{j=1}^p (\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$$

$$T_{yy} = S_{yy} + A_{yy}$$

ในทำนองเดียวกัน ผลรวมกำลังสองของ X และผลคูณสลับของ X และ Y ก็แยกส่วนได้

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2 + n \sum_{j=1}^p (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

$$T_{xx} = S_{xx} + A_{xx}$$

และ

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(y_{ij} - \bar{y}_{..}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(y_{ij} - \bar{y}_{.j}) + n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{..})(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})$$

$$T_{xy} = S_{xy} + A_{xy}$$

ค่าที่ปรับแล้วของผลรวมกำลังสองภายในกลุ่ม ก็จะคำนวณหา $T_{yy(\text{adj})}$ ได้

$$S_{yy(\text{adj})} = S_{yy} - \hat{\beta}_w^2 S_{xx} = S_{yy} - \frac{S_{xy}^2}{S_{xx}}$$

เมื่อ $\hat{\beta}_w$ เป็นสัมประสิทธิ์การถดถอยภายในกลุ่ม ซึ่งกำหนดโดย

$$\hat{\beta}_w = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{.j})(y_{ij} - \bar{y}_{.j})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

ชั้นของความเป็นอิสระสำหรับ $S_{yy(\text{adj})}$ คือ $p(n-1)-1$

สัมประสิทธิ์ถดถอยภายในกลุ่มสำหรับระดับทดลองแต่ละระดับ

$$\hat{\beta}_{wj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{.j})(\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{.j})}{\sum_{i=1}^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{.j})^2} = \frac{S_{xyj}}{S_{xxj}}$$

สัมประสิทธิ์ถดถอย คือ

$$\hat{\beta}_{w1} = \frac{S_{xy1}}{S_{xx1}}$$

$$\hat{\beta}_{w2} = \frac{S_{xy2}}{S_{xx2}}$$

$$\hat{\beta}_{w3} = \frac{S_{xy3}}{S_{xx3}}$$

การรวมสัมประสิทธิ์ทั้งสามค่าโดยคิดน้ำหนักด้วยจะได้ $\hat{\beta}_w$

$$\hat{\beta}_w = \frac{(S_{xy1})(\hat{\beta}_{w1}) + (S_{xy2})(\hat{\beta}_{w2}) + (S_{xy3})(\hat{\beta}_{w3})}{S_{xx1} + S_{xx2} + S_{xx3}}$$

การใช้สูตรน้ำหนักนี้ ก็คือการพิจารณา S_{xxj} ซึ่งสูตรที่กระทำรัดใช้ในการคำนวณคือ

$$\text{สูตร } \hat{\beta}_w = S_{xy} / S_{xx}$$

จากข้อตกลงข้อหนึ่งในการปรับผลรวมกำลังสองภายในกลุ่มก็คือ สัมประสิทธิ์ถดถอยภายในกลุ่มซึ่งประมาณสัมประสิทธิ์ถดถอยภายในกลุ่มของประชากรร่วมกัน คือ

$$\hat{\beta}_{w1} = \hat{\beta}_{w2} = \hat{\beta}_{w3} = \hat{\beta}_w$$

สัมประสิทธิ์ถดถอยขั้นสุดท้ายที่ต้องการคือ $\hat{\beta}_B$. สัมประสิทธิ์นี้คำนวณได้จาก

$$\hat{\beta}_B = \frac{n \sum_{j=1}^p (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})}{n \sum_{j=1}^p (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2} = \frac{A_{xy}}{A_{xx}}$$

ผลรวมกำลังสองของทั้งหมดสำหรับคะแนน X , Y และ XY สามารถแบ่งส่วนเป็นผลรวมกำลังสองของระหว่างและภายในกลุ่ม สมประสิทธิ์ถดถอยทั้งหมด $\hat{\beta}_T$ เท่ากับน้ำหนักเฉลี่ยของ $\hat{\beta}_W$ และ $\hat{\beta}_B$ เมื่อ $\hat{\beta}_W$ และ $\hat{\beta}_B$ เป็นน้ำหนักโดยจะสอดคล้องกับผลรวมกำลังสองสำหรับ X นั่นคือ

$$\hat{\beta}_T = \frac{s_{xx}\hat{\beta}_W + A_{xx}\hat{\beta}_B}{s_{xx} + A_{xx}}$$

การคำนวณค่าปรับแล้วของผลรวมกำลังสองระหว่างกลุ่ม

ค่าที่ปรับแล้วของผลรวมกำลังสองที่ได้รับการปรับแล้ว คือ

$$A_{yy(adj)} = T_{yy(adj)} - S_{yy(adj)}$$

ผู้อ่านอาจสงสัยว่าทำไม $A_{yy(adj)}$ จึงใช้การลบโดยไม่หาจากสูตร

$$A_{yy(adj)} = A_{yy} - \hat{\beta}_B^2 A_{yy} = A_{yy} - \frac{A_{xy}^2}{A_{xx}}$$

จากสูตรแรกจะเห็นว่า ค่า $A_{yy(adj)}$ เป็นค่าความแตกต่างของ $T_{yy(adj)}$ กับ $S_{yy(adj)}$ การปรับค่าต้องกระทำอย่างเป็นอิสระ ฉะนั้น $\hat{\beta}_B$ จึงไม่ได้ช่วยการปรับ เพราะถ้าคำนวณจากสูตรที่สอง จะได้จากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน จึงนำมาใช้ในการทดสอบ F ไม่ได้ชั้นของความเป็นอิสระของ $A_{yy(adj)}$ คือ $p-1$ มิใช่ $p-2$ เพราะมิได้คำนวณโดยอาศัยเส้นถดถอย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับแบบกลุ่มสุ่ม (RBAC-p)

โมเดลเชิงเส้นตรงของแบบกลุ่มสุ่ม คือ

$$Y_{(adj)ij} = Y_{ij} - \beta_w(x_{ij} - \bar{x}_{..}) = \mu + \alpha_j + \pi_i + \varepsilon_{ij}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots,$$

p)

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมสำหรับ RBAC-p

Source	SS			df		SS _{adj}	F
	yy	xy	xx				
1. Treatment (A)	A_{yy}	A_{xy}	A_{xx}	$p-1$	$A_{adj} = \frac{(A_{yy} + E_{yy}) - (A_{xy} + E_{xy})^2}{A_{xx} - E_{xx}} - E_{adj}$		
2. Blocks (S)	S_{yy}	S_{xy}	S_{xx}	$n-1$			1/3

3 Residual (E)	E_{yy}	E_{xy}	E_{xx}	$(p-1)(n-1)-1$	$E_{adj} = E_{yy} - \frac{(E_{xy})^2}{E_{xx}}$
Total	tot _{yy}	tot _{xy}	tot _{xx}	np - 2	
โดยที่	$A_{yy} = [A_y] - [Y]$ $S_{yy} = [S_y] - [Y]$ $E_{yy} = [AS_y] - [A_y] - [S_y] + [Y]$ $\hat{\beta}_w = E_{xy} / E_{xx}$				
เมื่อ	$[A_y] = \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_{ij} \right)^2}{n}$ $[S_y] = \sum_{i=1}^n \frac{\left(\sum_{j=1}^p Y_{ij} \right)^2}{n}$ $[S_y] = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ij} \right)^2}{np}$ $[S_y] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p Y_{ij}^2$				

แนวคิดในการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) คล้ายๆ กับการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในส่วนของตัวแปรหลักคือ ตัวแปรร่วม (X) กับตัวแปรตาม (Y) จะแตกต่างกันออกไปที่ตอนความเกี่ยวพันของ X กับ Y แล้วนำไปปรับ (Adjusted) ค่าของ T_{yy} , A_{yy} , S_{yy} เท่านั้น ที่แปลกออกมาคือ ต้องหา T_{xy} (Sum of cross products total), A_{xy} (Sum of cross products between), S_{xy} (Sum of cross products within) จึงสามารถหา T_{adj} (adjusted sum of total), A_{adj} (adjusted sum of between), S_{adj} (adjusted sum of within)

ขั้นตอนในการหามีดังนี้

1. หาเกี่ยวกับตัวแปร X หา T_{xx} (sum of total), A_{xx} (sum of between), S_{xx} (sum of within)

$$\begin{aligned}
T_{xx} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right)^2}{np} \\
&= [AS_x] - [X] \\
A_{xx} &= \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right)^2}{np} \\
&= [A_x] - [X] \\
S_{xx} &= T_{xx} - A_{xx}
\end{aligned}$$

2. หาเกี่ยวกับตัวแปร Y หา T_{yy} , A_{yy} , S_{yy}

$$\begin{aligned}
T_{yy} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ij} \right)^2}{np} \\
&= [AS_y] - [Y] \\
A_{yy} &= \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_{ij} \right)^2}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ij} \right)^2}{np} \\
&= [A_y] - [Y] \\
S_{yy} &= T_{yy} - A_{yy}
\end{aligned}$$

3. หาเกี่ยวกับผลคูณ X กับ Y หา T_{xy} , A_{xy} และ S_{xy}

$$\begin{aligned}
T_{xy} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} y_{ij} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ij} \right)}{np} \\
&= [AS_{xy}] - [XY] \\
A_{xy} &= \sum_{j=1}^p \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^n y_{ij} \right)}{n} - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p x_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p y_{ij} \right)}{np} \\
&= [A_{xy}] - [XY]
\end{aligned}$$

$$S_{xy} = T_{xy} - A_{xy}$$

4. หาเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยที่ปรับ (Adjusted mean) ของ Y

$$T_{adj} = T_{yy} - \frac{(T_{xy})^2}{T_{xy}}$$

$$S_{adj} = S_{yy} - \frac{(S_{xy})^2}{S_{xy}}$$

$$A_{adj} = T_{adj} - S_{adj}$$

5. เขียนลงตารางเพื่อหา MS และ F

ตาราง 5 รูปแบบข้อมูลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

TREATMENT (I = 1, 2 ,..., p)						
1		2		...	p	
X	Y	X	Y	...	X	Y
X_{11}	Y_{11}	X_{21}	Y_{21}	...	X_{p1}	Y_{p1}
X_{12}	Y_{12}	X_{22}	Y_{22}	...	X_{p2}	Y_{p2}
X_{13}	Y_{13}	X_{22}	Y_{22}		X_{p3}	Y_{p3}
:	:	:	:		:	:
:	:	:	:	...	:	:
:	:	:	:	...	:	:
X_{1n}	Y_{1n}	X_{2n}	Y_{2n}		X_{pn}	Y_{pn}

ตาราง 6 รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของข้อมูลจากตาราง 5

Source	SS	df	MS	F
1. Between groups	A_{adj}	$p - 1$	$A_{adj}/p-1$	$\frac{MSA_{adj}}{MSS_{adj}}$
2. Within groups	S_{adj}	$p(n - 1)$	$S_{adj}/p(n-1)$	
3. Total	T_{adj}	$np - 2$		

การหาอำนาจการทดสอบ

จากตาราง 4.1 สามารถหาอำนาจการทดสอบได้จากสูตร

$$\hat{\phi}_A = \sqrt{\frac{\hat{\lambda}_A}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 / n}}$$

โดยที่

$$\hat{\lambda}_A = \frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}$$

$$\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p = \frac{p-1}{np} (MSA_{(adj)} - MSS_{(adj)})$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = MSS_{(adj)}$$

$$MSA_{adj} = \frac{SSA_{adj}}{p-1}$$

$$MSS_{adj} = \frac{SSS_{adj}}{(n-1)(p-1)}$$

นำค่า $\hat{\phi}_A$ ที่ได้ไปเปิดตาราง Tang 's Chart โดยที่ $V_1 = p-1$, $V_2 = (n-1)(p-1)$

ข้อดีและข้อเสียของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540 : 246) มีดังนี้

ข้อดี

1. ช่วยให้ผู้ทดลองจัดแหล่งความลำเอียงที่ไม่สามารถจัดออกไปได้โดยการควบคุมการทดลองได้อย่างน้อย 1 แหล่ง
2. ช่วยลดความคลาดเคลื่อนทางการทดลอง
3. ถ้ากลุ่มตัวอย่างไม่มีความเป็นเอกพันธ์ก่อนการทดลองอาจเก็บข้อมูลเพื่อเป็นตัวแปรร่วมได้ในขณะทดลอง

ข้อเสีย

1. การคำนวณยุ่งยากกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน
2. ข้อตกลงเบื้องต้นเข้มงวดมากกว่า ทำให้การวิจัยบางอย่างปฏิบัติไม่ได้

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความถนัดด้านเหตุผล

ความหมายและทฤษฎีทางเชาว์ปัญญา

จากความสำคัญของความสามารถทางสมองของมนุษย์ และความแตกต่างกันในความสามารถ จึงมีผู้ศึกษาหลายท่านพยายามวัดความสามารถทางสมอง ความถนัด หรือสมรรถภาพทางสมอง หรือเรียกว่า “สติปัญญา” หรือ “เชาว์ปัญญา” สำหรับความหมายได้มีผู้นิยามความหมายต่างๆ ดังนี้

บิเนต์ (อ้างอิงมาจาก Cronbach.1971 : 200) ให้ความหมายว่า เชาว์ปัญญาเป็นแนวโน้มในการใช้ความสามารถที่จะเข้าใจสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ตามลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นๆ แล้วสามารถนำเอาความเข้าใจของตนไปแก้ไข ตัดแปลง สร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาให้บรรลุเป้าหมาย ตลอดจนเป็นความสามารถในการใช้วิจารณญาณของตนเองอีกด้วย

เวคสเลอร์ (Wechsler.1958 : 7) ให้ความหมายว่า เชาว์ปัญญาเป็นผลรวมของความสามารถของบุคคลในการทำกิจกรรมต่างๆ อย่างมีเป้าหมาย คิดอย่างมีเหตุผล และปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เทอร์แมน (พรทิพย์ ศรีมณี. 2537 อ้างอิงจาก Mehrens and Lehman. 1968 : 105) ให้ความหมายว่า เชาว์ปัญญาเป็นความสามารถที่จะตัดสินใจดี มีเหตุผลดี และเข้าใจดี

การ์ดเนอร์ (Gardner.1989 : 4 – 10) ให้ความหมายว่า เป็นวิสัยความสามารถในการแก้ปัญหา หรือบันดาลผลงานที่มีคุณค่าให้สังคม

กู๊ด (Good.1959 : 293) ให้ความหมายว่า เป็นความสามารถที่จะปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้อย่างสำเร็จรวดเร็วและที่เรียนจากประสบการณ์

มอสโควิทและออเกล (พรณณวี ประยูรพรหม. 2542 : 7 อ้างอิงจาก Moskowitz and Orgel.1969 : 246 – 248) ให้ความหมายว่าเป็นประสิทธิภาพของพฤติกรรมที่บุคคลนั้นแสดงออกภายในเวลาที่กำหนดให้ตลอดจนเป็นความสามารถที่จะปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมใหม่ได้ ระดับเชาว์ปัญญาของแต่ละบุคคลสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดเชาว์ปัญญา

ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541 : 15 – 16) กล่าวว่าไว้ว่า เป็นความสามารถทางสมองที่ได้จากการฝึกฝน สัมผัสมาตั้งแต่เกิดจนถึงปัจจุบัน บางทีก็เกิดจากประสบการณ์ในการเรียนรู้การฝึกอบรมทั้งในระบบและนอกระบบ

จากนิยามของเชาว์ปัญญา หรือความสามารถทางสมอง ที่ได้กล่าวมาพอสรุปได้ว่า เชาว์ปัญญาหมายถึง ความสามารถทางสมองของบุคคลในการคิดอย่างมีเหตุผล คิดแบบ

นามธรรม หรือคิดอย่างซับซ้อน เป็นความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ โดยที่ความสามารถนี้วัดได้จากแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญา

องค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการศึกษา จึงมีการศึกษาค้นคว้า เพื่ออธิบายสภาพต่างๆ ของความสามารถของคนว่ามีโครงสร้างของความสามารถทางสมองประกอบด้วยอะไรบ้าง ทำให้เกิดทฤษฎีต่างๆ ซึ่งมีแนวความคิดที่แตกต่างกัน ดังนี้ (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ.2541 : 43 – 56)

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni-factor Theory) บางที่เรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ บีเนห์และซิมอน โดยเสนอโครงสร้างเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยคล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไปและวัดออกมาเป็นคะแนนเดียว

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Bi-factor Theory) ทฤษฎีนี้นำโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษชื่อ ชาร์ลส (Charles Spearman) ในปีค.ศ.1927 เป็นทฤษฎีที่เกิดจากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยกระบวนการทางสถิติ พบว่ากิจกรรมทางสมองทั้งหลายเมื่อวิเคราะห์ดูแล้วมีองค์ประกอบร่วมอันหนึ่ง เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) เรียกย่อๆ ว่า G - factor เนื่องจากหาสหสัมพันธ์เกี่ยวพันกันในแต่ละองค์ประกอบ (Intercorrelation) มีค่าสูง แต่สูงอย่างไม่สมบูรณ์แบบ จึงให้ชื่อองค์ประกอบอื่นย่อยๆ นี้ว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) เรียกย่อๆ ว่า S – factor

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple – factor Theory) ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางของนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ผู้นำการสร้างทฤษฎีนี้คือ เทอร์สโตน(L.L Thurstone) เสนอทฤษฎีเมื่อ ค.ศ. 1933 เขาได้ทำการวิจัยโครงสร้างทางสมองอย่างกว้างขวาง และใช้หลักการวิเคราะห์สมัยใหม่เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ทำให้สามารถแยกความสามารถทางสมองออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้หลายอย่าง โดยเชื่อว่าความสามารถทางสมองไม่ได้ประกอบด้วยความสามารถรวมเป็นแกนกลาง แต่ประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มมีหน้าที่เป็นอย่างไร โดยเฉพาะหรือทำงานร่วมกันบ้างก็ได้ องค์ประกอบย่อยๆ นี้เทอร์สโตนให้ชื่อว่า ความสามารถปฐมภูมิของสมองหรือความสามารถทางสมองขั้นพื้นฐาน (Primary Mental Ability) เขาแยกองค์ประกอบย่อยโดยยึดน้ำหนักขององค์ประกอบ (Loading Factor) เป็นสำคัญ แต่จริงๆ แล้วกลุ่มของความสามารถหรือองค์ประกอบก็ยังประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ V (Verbal), N (Number) และ S (Spatial)

เทอร์สโตนวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถของมนุษย์ได้หลายอย่างแต่ที่เห็นได้ชัดและสำคัญมี 7 องค์ประกอบ คือ

1. องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor หรือ V) เป็นความสามารถด้านการเข้าใจในภาษาและการสื่อสารทั่วไป ผู้มีองค์ประกอบด้านนี้สูงจะมีความสามารถอ่านเอาเรื่องอ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของคำศัพท์ได้เป็นอย่างดี

2. องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Word Fluency

Factor หรือ W) เป็นความสามารถที่จะใช้คำได้มากในเวลาจำกัด ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้มีความสามารถในการเจรจา การประพันธ์ร้อยแก้วร้อยกรอง ตอบโต้ทันทีทันใด ที่เรียกว่ามีปฏิภาณไหวพริบในการเจรจา

3. องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor หรือ N) องค์ประกอบนี้ส่งผลให้มีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ต่างๆ ได้ดี มีความสามารถมองเห็นความสัมพันธ์และความหมายของจำนวน และมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตได้อย่างดีอีกด้วย

4. องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor หรือ S) ซึ่งส่งผลให้เข้าใจถึงขนาดและมิติต่างๆ อันได้แก่ ความสั้น ยาว ไกล ใกล้ และพื้นที่หรือทรวดทรงที่มีขนาดและปริมาตรที่แตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่างๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตเมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

5. องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor หรือ M) เป็นความสามารถด้านความทรงจำเรื่องราว และมีสติระลึกจึ้นสามารถถ่ายทอดได้ ความจำในที่นี้อาจเป็นความจำแบบนกแก้ว หรือจำโดยอาศัยสิ่งสัมพันธ์ได้ ซึ่งถือว่าเป็นความจำในองค์ประกอบนี้ทั้งสิ้น

6. องค์ประกอบด้านการรับรู้ (Perceptual Factor หรือ P) เป็นความสามารถด้านการเห็นรายละเอียด ความคล้ายคลึงหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของต่างๆ อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

7. องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor หรือ R) บางที่ใช้ Induction หรือ General Reasoning โดยแสดงถึงความสามารถด้านวิจารณ์ญาณ หาเหตุผลค้นคว้าหาความสำคัญ ความสัมพันธ์และหลักการทั้งหลายที่สร้างกฎหรือทฤษฎี ในตอนแรกเทอร์สโตนมองในรูปอุปมาและอุปนัย ระยะเวลาหลังผู้ศึกษาด้านนี้มองว่าจะวัดเหตุผลได้ดีต้องวัดด้วยเลขคณิตเหตุผล (Arithmetic Reasoning)

4. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two – level Theory of Mental Abilities) เสนอโดยเจนเซน (Jensen) ในปีค.ศ. 1968 เจนเซนได้เสนอทฤษฎีว่าความสามารถทางสมองมีอยู่ 2 ระดับ ระดับที่ 1 เป็นความสามารถด้านการเรียนรู้และจำอย่างนกแก้ว นั่นคือเป็นความสามารถที่สั่งสมหรือเก็บสะสมข้อมูลไว้และพร้อมที่จะระลึกออกมา ระดับนี้ไม่ได้รวมการแปลงรูปหรือการจัดกระทำทางสมองแต่อย่างใด ระดับที่ 2 เป็นระดับของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้างมโนภาพ เหตุผล และการแก้ปัญหา ระดับที่ 2 นี้ดูเหมือนกับองค์ประกอบทั่วไปนั่นเอง

5. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three Factor of Intellect Model)

สร้างโดยกิลฟอร์ด (Guilford) ในปีค.ศ. 1967 มีชื่อเรียกหลายอย่าง กิลฟอร์ดได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะโดยจัดระบบของคุณลักษณะให้อยู่ในรูปใหม่เป็นลูกบาศก์รวมกัน 120 ก้อน และนิยามคุณลักษณะเป็น 3 มิติดังนี้ (Guilford. 1971 : 514)

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของความคิด (Operation) มีส่วนประกอบย่อยๆ 5 ส่วน คือ การรู้การเข้าใจ (Cognition) ความจำ (Memory) การคิดออกเนกนัย (Divergent Production) การคิดเอกนัย (Convergent Production) การคิดแบบประเมินค่า (Evaluation)

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Content) มีส่วนประกอบย่อย 4 ส่วน คือ ภาพ (Figural) สัญลักษณ์ (Symbolic) ภาษา (Semantic) พฤติกรรม (Behavioral)

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Products) มีส่วนประกอบย่อย 6 ส่วน คือ หน่วย (Units) จำพวก (Class) ความสัมพันธ์ (Relation) ระบบ (System) การแปลงรูป (Transformation) การประยุกต์ (Implication)

ความหมายของความถนัด

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาได้ให้ความหมายของความถนัดแตกต่างกันไว้ ดังนี้

ฟรีแมน (Freeman.1966 : 431) กล่าวว่า ความถนัดเป็นผลรวมของคุณลักษณะต่างๆ ที่จะชี้ให้เห็นนิสัยของแต่ละคนในการที่จะได้มาซึ่งความรู้และทักษะหรือการตอบสนอง ดังนั้นแบบทดสอบที่วัดความถนัดจึงออกแบบเพื่อวัดศักยภาพของความสามารถในกิจกรรมเฉพาะภายในพิสัยที่จำกัด

ครอนบาค (Cronbach.1970 : 38) กล่าวว่า ความถนัดทางการเรียน หมายถึงความสามารถทางสมองที่ร่วมกันทำงานเพื่อเพิ่มพูนความสำเร็จในกิจกรรมทางปัญญา

บิงแฮม (Bingham.1987 : 17) กล่าวว่า ความถนัดเป็นสภาวะที่แสดงถึงความเหมาะสมของบุคคลที่สำคัญประการแรกคือ ความพร้อมของบุคคลในการเพิ่มพูนความชำนาญให้แก่ตนเองหรือเป็นศักยภาพของบุคคลนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือความพร้อมที่จะสนใจในความสามารถของบุคคลนั้น ๆ

ซวาล แพร์ตกุล (2517 : 50) กล่าวว่า ความถนัดเป็นความสามารถของบุคคลที่จะทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง จึงให้ความหมายของความถนัดว่า ความพยายามที่จะคาดคะเนหรือพยากรณ์ภายหน้าอันเป็นเรื่องราวของอนาคตกาล โดยอาศัยของเท็จจริงในปัจจุบันเป็นรากฐานว่าเด็กสามารถไปได้ไกลเพียงใด จะเรียนรู้สิ่งนั้น สิ่งนี้ได้เท่าไร ถ้าเขาได้รับประสบการณ์การฝึกฝนที่เหมาะสม

ทองหล่อ วิภาวีน (2523 : 16 – 17) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่า

1. ความถนัด หมายถึง ปัญญาของบุคคล หรือเรียกง่ายๆ ว่าไหวพริบ หรือความ

ฉลาด หรือความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้หรือหลักวิชาไปแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นลักษณะของพลังงานความคิดที่สำคัญในการแก้ไขอุปสรรคและตัดสินใจเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้ถูกต้อง

2. ความถนัดเป็นสมรรถภาพทางสมองที่ประกอบด้วยความสามารถเฉพาะหลายด้านซึ่งความสามารถแต่ละด้านมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ดังนั้นแต่ละคนจึงแตกต่างกันในเรื่องความสามารถทางสมองอีกด้วย ฉะนั้นการวัดจึงต้องวัดความสามารถหลายด้าน ถ้าบุคคลใดมีความสามารถทางสมองด้านใดมากก็จะมี ความถนัดทางด้านนั้นด้วย

3. ความถนัดไม่ได้หมายถึงกรรมพันธุ์และพรหมลิขิต ไม่ใช่เป็นสมรรถภาพทางสมองที่ติดตัวมาแต่กำเนิด หากเป็นผลที่เกิดจากการที่ได้มีโอกาสฝึกฝน และคิดปัญหาหรือมีประสบการณ์ในด้านนั้นมากพอ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541 : 27) กล่าวว่า ความถนัดหมายถึงความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์ฝึกฝนตนเองและมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดทักษะพิเศษที่เด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติด้านนั้นได้เป็นอย่างดี

จากความหมายต่างๆ สามารถสรุปได้ว่า ความถนัดคือ ความสามารถของบุคคลที่สร้างมาจากการเรียนรู้ และประสบการณ์ ทำให้บุคคลนั้นสามารถเรียนและประกอบกรงานต่างๆ ตามความสามารถนั้นได้ประสบความสำเร็จ

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับการคิดหาเหตุผล

เพียเจต์ ได้แบ่งลำดับขั้นของการพัฒนาทางสติปัญญาของเด็ก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคิดหาเหตุผลไว้ดังนี้ (สิรินุช เอี่ยมเขียว. 2544 : 27)

ขั้นที่ 1 ขั้นการคิดก่อนสร้างสกับ พบในเด็กอายุ 2 – 4 ปี เด็กในขั้นนี้จะเรียนรู้โดยการกระทำซ้ำๆ กัน โดยใช้ประสาทสัมผัส แต่ก็ยังไม่สามารถสร้างสกับได้ จึงไม่รู้จักใช้สัญลักษณ์ เด็กจะสร้างแผนการรู้ขึ้นเอง เช่นเด็กอายุ 3 ขวบ ยังไม่มีความเข้าใจในเรื่องการเท่ากัน การจัดลำดับสิ่งของที่มีค่ากลางๆ การคิดหาเหตุผลจะมีลักษณะจากส่วนย่อยสู่ส่วนย่อย

ขั้นที่ 2 ขั้นการคิดโดยใช้ญาณ พบในเด็กอายุระหว่าง 4 – 7 ปี เด็กเริ่มมีการคิดหาเหตุผล แต่มีอย่างจำกัดและยังไม่อิสระ เด็กเริ่มเข้าใจสัญลักษณ์ และสามารถสร้างสกับได้บ้างแล้ว

ขั้นที่ 3 ขั้นการคิดด้วยรูปธรรม พบในเด็กอายุ 7 – 11 ปี ในขั้นนี้อย่างน้อยที่สุดจะมีการคิดหาเหตุผลที่สอดคล้องตามหลักตรรกศาสตร์ที่เพียเจต์เรียกว่าการใช้ตัวปฏิบัติการเด็กจะรวบรวมสกับแล้วนำมาใช้สามารถคิดหาเหตุผลถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์เชิงคณิตศาสตร์ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นคิดตามหลักตรรกศาสตร์พบในเด็กอายุ 11 – 15 ปี เด็กจะนำความคิดที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เป็นรูปธรรม มีการคิดที่อิสระขึ้น

และที่สำคัญก็คือ จะมีการคิดย้อนกลับอย่างสมบูรณ์ และยังสามารถคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ สามารถสรุปและอนุมานจากสมมติฐานได้ และสามารถหาความรู้ในลักษณะที่เป็นวิทยาศาสตร์ โดยสอดคล้องตามหลักตรรกศาสตร์ได้ จึงนับว่าเด็กในขั้นนี้มีการคิดหาเหตุผลสูงสุด

ดี เซคโค (De Cecco.1967 : 265 – 266) กล่าวถึงพัฒนาการทางสติปัญญาตาม ทฤษฎีของเพียเจต์ว่า ในขั้นการคิดเป็นรูปธรรมเด็กมีการคิดหาเหตุผลแล้ว และสิ่งที่ปรากฏมา ขั้นนี้ ได้แก่

1. การจำแนกประเภท เป็นความสามารถที่จะจำแนกวัตถุสิ่งของออกเป็นหมวดหมู่
2. การหาความสัมพันธ์ เป็นการคิดหาความสัมพันธ์ไม่สมมาตรได้
3. การเข้าใจเกี่ยวกับจำนวน เป็นผลรวมของความสามารถในการจำแนกประเภท

และการหาความสัมพันธ์

การวัดความสามารถด้านเหตุผล

ความสามารถด้านเหตุผล (Reasoning) หมายถึงการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ แล้ว วิจัยลงสรุปอย่างถูกต้อง ในแบบทดสอบมาตรฐานนั้น การวัดเหตุผลมักจะอยู่ในกลุ่ม ความสามารถใหญ่ๆ 3 ด้าน คือ ด้านความสามารถในการจำแนก ด้านความสามารถในการหา ความสัมพันธ์หรืออุปมาอุปไมย และความสามารถในการสรุปอ้างอิงโดยหลักตรรกยะ แต่จาก การจัดจำแนกทักษะการคิดแบบเหตุผลของลิบแมน จาคอบส์ และโคลแมน จำแนก ความสามารถในการคิดเป็น 3 กลุ่ม คือ Mental acts Reasoning skill และ Inquiry skill ใน ส่วนของทักษะทางเหตุผล (ลัวัน สายยศและอังคณา สายยศ. 2541 : 106)

1. การจำแนกประเภท (Classification)

บางทีก็เรียกว่าการจัดประเภท ผู้ที่มีความถนัดทางด้านนี้จะต้องเป็นผู้ที่จัด จัดจำแนกแยกประเภทของสิ่งต่างๆ ที่กำหนดไว้ให้อย่างชาญฉลาด ผู้ตอบต้องใช้ความสามารถ ด้านการวิเคราะห์ด้วย เพราะจะจำแนกสิ่งหนึ่งสิ่งใดโดยอาศัยโครงสร้าง มโนภาพ หน้าที่ เปรียบเทียบกับกลุ่มนั้นจะต้องแยกให้ดีจึงจะมองเห็นความแตกต่างกันได้ การจำแนกประเภทนี้ จะแยกได้ทั้งด้านภาษาและรูปภาพ

1.1 การจำแนกประเภทแบบภาษา ส่วนใหญ่ใช้คำศัพท์ที่เป็นพื้น ๆ แต่มีสิ่งที่ จำแนกได้ยาก ซึ่งอาจเป็นตัวรวมบางประการในโครงสร้างและคุณสมบัติของคำนั้นก็ได้ การ เขียนข้อสอบจะต้องให้ผู้ตอบคิดหลายแง่มุมแต่ก็ให้มีทางที่ถูกที่สุดเพียงทางเดียว ถ้าแยกแยะ แล้วมีส่วนถูกได้หลายแง่มุมไม่ควรนำมาออกข้อสอบ ควรนำกลุ่มคำชุดใหม่ที่เหมาะสม กว่ามาแทน

1.2 การจำแนกประเภทแบบภาพ วิธีการออกคล้ายกับการจำแนกประเภท แบบภาษา ที่ต่างกันเพียงแปลภาษาให้เป็นภาพเท่านั้นเองการออกข้อสอบการจำแนกประเภท แบบภาพนี้สามารถแบ่งได้ 2 อย่าง คือ ภาพจริงหรือภาพเสมือนจริง เช่น รูปนก รูปกา รูปคน

รูปต้นไม้ เป็นต้น กับภาพทรงเรขาคณิต ภาพแบบนี้จะขีดเขียนอะไรก็ได้แต่ก็ต้องมีแนวความคิดเป็นเครื่องพิจารณาเพื่อจะได้ทราบว่าภาพใดไม่อยู่ในพวกเดียวกับเขา

2. แบบทดสอบอุปมาอุปไมย (Analogy)

เป็นแบบทดสอบที่วัดความถนัดทางด้านการวิเคราะห์โดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์นั้นคือ ผู้สอบหรือผู้ที่ทำข้อสอบจะต้องมีความถนัดทางด้านนี้อย่างดีด้วยถึงจะทำได้ หลักการใหญ่ๆ ของอุปมาอุปไมยอยู่ที่ผู้ออกข้อสอบจะต้องวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ ให้ได้ก่อน แล้วเอาความสัมพันธ์อาจเป็นมโนภาพ โครงสร้าง หน้าที หรือลักษณะต่างๆ มาสัมพันธ์กันให้เหมาะสมกันมากที่สุด รูปแบบของการอุปมาอุปไมยจะเป็นการหาสิ่งที่คู่กันมาคู่หนึ่ง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับคู่อื่นๆ ที่มีลักษณะการสัมพันธ์ในแนวเดียวกัน ในการเขียนข้อสอบอุปมาอุปไมยทั้งด้านภาษาและภาพ

2.1 อุปมาอุปไมยด้านภาษา อาศัยภาษาที่เป็นศัพท์ทั่วไป มีมโนภาพ โครงสร้าง และหน้าที่ร่วมกันดังกล่าวมาแล้วข้างต้น แล้วนำมาให้ผู้สอบวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่มีโอกาสใกล้เคียงความเป็นจริงให้มากที่สุด แบบทดสอบชนิดนี้ต้องการวัดความถนัดในการหาความสัมพันธ์ ระหว่างสิ่งของและเรื่องราวต่างๆ และขยายสถานการณ์นั้นออกไปสู่สิ่งอื่นที่มีความสัมพันธ์ในทำนองเดียวกันหรือลักษณะเดียวกันกับของเดิม

2.2 อุปมาอุปไมยด้านภาพ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือภาพประเภทเสมือน กับภาพประเภททรงเรขาคณิต

ก. อุปมาอุปไมยภาพเสมือน วิธีการสร้างใช้หลักการเดียวกับการสร้างอุปมาอุปไมยทางด้านภาษาดังที่กล่าวมาแล้ว ถ้านึกถึงภาพยากก็ใช้วิธีเขียนเป็นภาพที่สามารถเขียนเป็นภาพได้ แล้วให้ผู้ชำนาญการวาดภาพ เขียนหรือวาดเป็นภาพอีกทีหนึ่ง การวาดอย่าให้เป็นแบบที่อูๆ มากนัก ควรเป็นภาพที่มีอาการประกอบด้วยก็จะดี อุปมาอุปไมยแบบภาพเสมือนใช้ได้ดีกับเด็กอายุน้อยๆ หรือระดับประถมลงไปมีความเหมาะสมกว่าเด็กระดับโต

ข. อุปมาอุปไมยภาพเรขาคณิต หลักการสร้างอาศัยความสัมพันธ์ในโครงสร้างมโนภาพ เช่นเดียวกับการเขียนข้อสอบอุปมาอุปไมยที่กล่าวไปแล้ว สิ่งที่เปลี่ยนแปลงสำคัญก็คือ การกำหนดภาพทรงเรขาคณิตในรูปแบบต่างๆ ที่จะต้องมีตัวร่วมบางอย่างเกี่ยวพันกันสองภาพแรกก่อน แล้วนำความคิดจากสองภาพแรกนั้นไปสร้างภาพที่เกี่ยวข้องอีกคู่หนึ่ง เริ่มแรกนั้นต้องมองหาทางออกให้ดีกว่าภาพสองคู่นี้จะต้องเกี่ยวพันกันหรือมีความสำคัญได้ในทางหนึ่งทางใดแน่ๆ เมื่อเกิดความแน่ใจแล้วจึงเขียนภาพที่เป็นตัวลงขึ้นนอกกรอบเขียนแบบตัวที่ถูกโดยพยายามให้ผิดเพี้ยนจากตัวถูก แต่ก็ต้องสร้างภาพให้มีโอกาสทำท่าจะเป็นไปได้ด้วยจึงจะดี

3. แบบอนุกรมมิติภาพหรืออนุกรมมิติ

ข้อสอบลักษณะนี้เป็นอนุกรมมิติแบบภาพ ซึ่งคล้ายๆ กับอนุกรมคณิตศาสตร์แบบ

สัมพันธ์กันดังที่กล่าวมาแล้ว อนุกรมแบบภาพธรรมชาติจะเป็นไปในทิศทางเดียว แต่ก็ถือว่าเป็นการวัดเหตุผลเหมือนกัน หลักการสร้างพยายามหาแนวโน้มของความเป็นไปของภาพไว้ในชุดแรกก่อนแล้วถามว่าต่อไปน่าจะเป็นภาพใด

4. แบบทดสอบสรุปความ

การออกข้อสอบแบบนี้เป็นการออกที่มุ่งวัดเหตุผลเป็นประการสำคัญ และเป็นแบบทดสอบเหตุผลชนิดหนึ่งที่ต้องใช้ภาษาค่อนข้างมาก ถึงแม้ว่าข้อสอบแบบนี้จะใช้ภาษาเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็เป็นการใช้ภาษาเพื่อไล่เรียงหาเหตุผลเรียกตามภาษาทดสอบว่า Verbal Reasoning โครงสร้างของคำถามเป็นแบบคณิตศาสตร์แนวหนึ่งที่เรียกว่า ตรรกวิทยา นั่นคือการเขียนข้อสอบแบบนี้ประกอบด้วยเหตุใหญ่และเหตุย่อย เมื่อมีเหตุมาเป็นเครื่องพิจารณาแล้วก็สามารถประเมินลงสรุปได้ว่าเป็นอย่างไร สิ่งที่ต้องระวังคือแต่ละเหตุที่ยกมาแต่ละเหตุจะต้องถือเป็นจริงในสาระของมัน ถ้าเหตุใดเหตุหนึ่งไม่เป็นจริงการลงสรุปจะทำได้ยาก ขนาดบางทีทุกๆ เหตุเป็นจริง การลงสรุปไม่สามารถเป็นจริงได้ก็มี ในการเขียนข้อสอบประเภทนี้มักจะมีตัวเลือกหนึ่งที่เขียนว่า “ไม่สามารถลงสรุปได้” หรือจะใช้คำอื่นใดก็ได้ในทำนองเดียวกัน กล่าวอย่างย่อข้อสอบประเภทนี้วัดความถนัดในการรวบรวมสาเหตุหรือข้อเท็จจริงต่างๆ ลงเป็นข้อยุติที่มีความหมายได้อย่างสมเหตุสมผลตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้นั่นเอง

5. ตัวร่วมหรือตัวต่าง

ข้อสอบประเภทนี้จะยกสิ่งต่างๆ มาให้พิจารณา ส่วนใหญ่จะเป็นคำหรือใช้ภาพแทนก็ได้ เมื่อยกมาแล้วให้ผู้ตอบพิจารณาดูตัวร่วมของมันว่าน่าจะเป็นอะไร ก่อนจะสามารถหาตัวร่วมหรือมโนภาพนี้จำเป็นจะต้องวิเคราะห์ทุกๆ คำให้ดี อาจจะต้องใช้จินตนาในการโยงความสัมพันธ์แต่ละสิ่งอย่างดีแล้วนำมาผสมกลมกลืนกันเป็นสิ่งที่สามารถเอ่ยขึ้นแล้วรับรู้และเข้าใจได้ตรงกัน วิธีการเขียนจึงมักแยกออกเป็น 2 วิธี คือ อาจหาตัวร่วมโดยตรง กับหาตัวที่ทำให้สิ่งนั้นแตกต่างกันได้

5.1 หาตัวร่วม พยายามแยกแยะดูว่าคำหรือศัพท์ที่กำหนดมาให้มีอะไรเป็นตัวร่วมกันผู้ออกข้อสอบจะต้องมีความสามารถสูงทั้งด้านภาษาและด้านการวิเคราะห์แต่เนื่องจากวิธีการคิดใช้สมองด้านเหตุผลมากกว่าด้านภาษาจึงให้มาอยู่ในองค์ประกอบด้านเหตุผล

5.2 หาตัวต่าง ข้อสอบลักษณะนี้หนักไปทางเหตุผลด้านภาษาเหมือนกันเพราะมุ่งให้ผู้สอบพยายามวิเคราะห์ความหมายหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องของคำเหล่านั้นว่าที่แตกต่างกันเพราะอะไร

6. ความสามารถด้านวิเคราะห์

ความจริงการวิเคราะห์ก็คือเหตุผลนั่นเอง แต่การออกข้อสอบที่ให้ข้อเฉพาะลงไปอย่างนี้มีจุดประสงค์จะเป็นข้อสอบให้ผู้ตอบคิดหาความสัมพันธ์เกี่ยวข้องของตัวแปรจากสถานการณ์ที่สมมติขึ้นมา แม้กระทั่งชื่อ สถานที่ เหตุการณ์ก็สมมติทั้งนั้น การสร้าง

สถานการณ์จึงต้องเขียนให้มีความเกี่ยวพันกันซับซ้อนมากหน่อย มิฉะนั้นผู้อ่านก็ไม่ได้ใช้ความสามารถด้านวิเคราะห์ความยากในการออกข้อสอบอยู่ที่จุดนี้

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบเลือกตอบถูก-ผิดซ้อน

ความหมายของแบบทดสอบ

มีผู้ให้นิยามความหมายของแบบทดสอบไว้ดังนี้ Cronbach (1970 : 21) ได้ให้นิยามของแบบทดสอบว่า หมายถึงกระบวนการอย่างมีระบบวิธีใดวิธีหนึ่งสำหรับเปรียบเทียบพฤติกรรมของบุคคลตั้งแต่สองคนขึ้นไป ส่วน Clinton I. Chase (1974 : 11) นิยามว่าแบบทดสอบหมายถึง กระบวนการอย่างมีระบบสำหรับเปรียบเทียบการกระทำของบุคคลกับมาตรฐานที่วางไว้ จะเห็นว่า จากนิยามของนักวัดผลทั้งสองท่านนี้ต่างก็เน้นถึง “กระบวนการ” กับ “การเปรียบเทียบ” กระบวนการที่มีระบบ หมายถึงการวางแผนไว้ล่วงหน้าว่า ในสถานการณ์ที่กำหนดให้และมีสิ่งเร้าเช่นนี้ การตอบสนองของบุคคลจะเป็นเช่นไร สิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องวางแผนล่วงหน้า “การเปรียบเทียบ” หมายความว่า ผลจากการทดสอบจะมีความหมายเมื่อนำเอาผลนั้นไปเปรียบเทียบกับสิ่งอื่นเช่น เปรียบเทียบกับนักเรียนด้วยกันในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะสอดคล้องกับระบบการวัดผลแบบอิงกลุ่ม (Norm – reference) หรือเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่วางไว้ ซึ่งสอดคล้องกับระบบการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion – reference) เป็นต้น จากคำนิยามดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าถ้าเป็นการถามที่ไม่มีกฎเกณฑ์แน่นอน เป็นการถามโดยบังเอิญ เช่น ครูเรียกเด็กแต่ละคนในชั้นมาถามถึงการบ้าน การถามตอบอย่างนี้ไม่นับว่าเป็นแบบทดสอบ นอกจากว่าคำถามนั้นมีการเตรียมและกำหนดคำถามมาเป็นอย่างเดียวกัน และจากคำตอบที่ได้มาเป็นผลในการปฏิบัติงานของนักเรียนคนนั้น ซึ่งสามารถนำไปเปรียบเทียบกับคนอื่น ๆ ได้ ลักษณะเช่นนี้จึงเรียกว่าแบบทดสอบ

การถามหรือการจัดสถานการณ์ต่างๆ ที่เป็นสิ่งเร้าให้นักเรียนตอบสนองเรียกว่า การทดสอบ (Testing) การทดสอบไม่จำเป็นที่จะต้องหมายถึงการวัดผลเสมอไป เพราะการวัดผลเป็นความพยายามที่จะกำหนดตัวเลขโดยใช้มาตรวัดที่มีหน่วยเท่าๆ กัน ให้แก่แต่ละบุคคลในแต่ละคุณลักษณะ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2521 : 107 – 107)

ลักษณะของแบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion Test)

ข้อสอบแบบเติมคำหรือเติมความ (Completion items) หรือข้อสอบแบบคำตอบสั้น (Short-answer items) เป็นข้อสอบที่ต้องการให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเอง (Supply – type test items) คำตอบนั้นโดยมากเป็นคำตอบสั้นอาจเป็นคำ ข้อความ ประโยค จำนวน หรือสัญลักษณ์ตามความเป็นจริงแล้วข้อสอบทั้งสองประเภทเหมือนกัน ต่างกันก็แต่เพียงวิธีเสนอปัญหา หรือ

ถามปัญหาเท่านั้น ข้อสอบแบบเติมคำนั้นตัวปัญหาจะเป็นรูปประโยคไม่สมบูรณ์ ข้อสอบแบบคำตอบสั้นตัวปัญหาจะเป็นรูปคำถามที่ข้อสอบทั้งสองแบบเหมือนกันนั้นขึ้นอยู่กับคำถาม ปัญหา ปัญหาเดียวกันอาจถามในรูปของคำถามหรืออาจถามในรูปของประโยคที่ไม่สมบูรณ์ คำตอบของข้อสอบประเภทนี้หากเป็นประโยค ก็ไม่ควรเกิน 3 ประโยค (วิญญา วิศาลาภรณ์. 2530 : 100 – 101)

ลักษณะของแบบทดสอบเติมคำ เป็นแบบทดสอบที่กำหนดเฉพาะข้อความคำถามให้เท่านั้น ผู้ตอบจะต้องคิดหาคำตอบเองแทนที่จะเป็นการเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากตัวเลือกที่กำหนดให้ แบบทดสอบแบบเติมคำประกอบขึ้นด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นประโยคคำถาม แล้วให้เติมคำตอบซึ่งเป็นคำหรือข้อความในช่องว่างที่เว้นไว้

2. ส่วนที่ไม่เป็นประโยคคำถามเว้นช่องว่างไว้ให้เติมคำหรือข้อความให้สมบูรณ์ รูปแบบของแบบทดสอบเติมคำแบ่งออกตามลักษณะรูปแบบได้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1. สร้างเป็นคำถาม
2. แบบให้เพิ่มเติมอย่างสมบูรณ์
3. แบบให้แสดงลักษณะหรือความเป็นสัมพันธ

นอกจากนี้ยังมีนักวัดผลและนักการศึกษาทั้งไทยและต่างประเทศได้ให้ทัศนะเกี่ยวกับ ลักษณะและรูปแบบของแบบทดสอบเติมคำเพิ่มเติมไว้ดังนี้ คือ

นันแนลลี (Nunnally.1964 : 116 – 118) กล่าวว่า ในข้อสอบแบบเติมคำให้สมบูรณ์นั้น ผู้สอบจะต้องคิดค้นหาคำศัพท์ ชื่อ หรือวันที่ด้วยตนเอง เพื่อที่จะให้ข้อความนั้นสมบูรณ์หรือเพื่อที่จะตอบคำถามนั้นให้ถูกต้อง เพียงอย่างเดียวหนึ่ง และข้อสอบชนิดนี้เป็นข้อสอบที่อยู่กึ่งกลางระหว่างข้อสอบปรนัยและอัตนัย

อีเบล (Ebel.1965 : 447) กล่าวว่า ข้อสอบแบบเติมคำเป็นข้อสอบที่ต้องการให้ผู้สอบค้นหาคำ หรือส่วนที่หายไปประโยค ชุดของข้อความ หรือรูปแบบที่เกี่ยวข้อง (graphic pattern) มาเติมลงในช่องว่างให้มีความหมายถูกต้องสมบูรณ์

เรมเมอร์ (Remmers.1967 : 237 – 242) อาดัมส์ (Adams.1964 : 64 – 69) มีความเห็นแตกต่างไปจากนันแนลลีและอีเบล กล่าวคือ ข้อสอบเติมคำนั้นเป็นชนิดหนึ่งของข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ซึ่งจัดอยู่ในข้อสอบประเภท supply type และมีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบตั้งคำถามโดยตรง จะอยู่ในรูปลักษณะของคำถามที่ถามตรงๆ แล้วจะเว้นช่องว่างไว้ให้ตอบไว้ในตอนปลายสุดของข้อความนั้นๆ และแบบเติมคำให้สมบูรณ์ จะเป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเติมหรือเขียนคำที่ถูกละเว้นไว้ ซึ่งจะเว้นไว้ ณ ที่ใดก็ได้ในข้อความ

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545 : 57) กล่าวว่าแบบทดสอบเติมคำมีลักษณะเป็นประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้ แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความ สำหรับให้เติมคำหรือข้อความ เพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่างอาจจะเว้นที่ว่างให้

เดิมมากกว่าหนึ่งแห่ง การตอบมีลักษณะเช่นเดียวกับข้อสอบตอบสั้น คือเขียนคำหรือประโยคสั้นๆ เติมลงไปในช่วงว่างให้ได้ความสมบูรณ์และถูกต้อง การตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะต้องอ่านอย่างพิจารณาว่าถูกต้องใกล้เคียงคำตอบจริงมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ได้เสนอรูปแบบคำถามไว้ 2 แบบ คือ

1. แบบเติมคำตอบข้อละแห่ง แบบนี้จะเขียนข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างให้เติมทีละข้อ
2. แบบเติมคำตอบข้อละหลายแห่ง แบบนี้จะเขียนข้อความไว้เป็นข้อๆ แต่ละข้อจะเว้นช่องว่างไว้มากกว่า 1 แห่ง ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบลงไปช่องว่างให้สอดคล้องกับข้อความที่อยู่แล้ว

การสร้างแบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion test)

ในการสร้างแบบทดสอบเติมคำนั้น มีแนวทางในการสร้างแบบทดสอบหลายแบบ ดังเช่น มาร์แชล (Marshall.1972 : 39 – 42) และเมเรนส์ (Mehrens. 1978 : 133) ได้เสนอแนวทางในการสร้างแบบทดสอบเติมคำไว้ 3 แบบ คือ

1. สร้างเป็นแบบคำถาม (Question Format) ลักษณะของข้อสอบจะอยู่ในรูปของคำถามที่สมบูรณ์
 2. แบบประโยคไม่สมบูรณ์ (Incomplete sentence) ลักษณะของข้อสอบจะเขียนประโยคที่ไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้สอบเติมคำที่หายไปให้สมบูรณ์
 3. แบบความสัมพันธ์เกี่ยวข้อง (Association Variety) ลักษณะของข้อสอบจะให้หาคำหรือข้อความ มาบ่งชี้หรือมาสัมพันธ์กับคำหรือข้อความที่กำหนดให้
- ผู้เขียนหนังสือวัดผลหลายท่านได้แก่ อาร์แมน (Ahmann.1975 : 188 – 189) เฮร์แมน และ เกจ (Herman and Gage.1955 : 80 – 82) พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529 : 131 – 132) และ วัณญา วิศาลาภรณ์ (2530 : 104 – 106) ได้เสนอแนะวิธีการสร้างหรือหลักเกณฑ์ในการสร้างแบบทดสอบเติมคำไว้คล้ายกัน สรุปได้ดังนี้

1. ใช้คำหรือข้อความที่มีความหมายชัดเจน ใช้ภาษาง่ายๆ และถูกต้อง
2. เขียนคำถามให้เฉพาะเจาะจงเพื่อให้มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว
3. หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความโดยวิธีลอกข้อความจากตำราเรียน เพราะจะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนท่องจำ

4. พยายามเลี่ยงคำที่แนะนำคำตอบ
5. ถ้าคำตอบเป็นจำนวนที่มีหน่วย ควรระบุหน่วยที่ต้องการให้ตอบด้วย
6. คำที่เว้นไว้ให้เติมควรจะเป็นคำหรือใจความที่สำคัญ ไม่ใช่เรื่องไร้สาระ
7. ช่องว่างที่เว้นไว้ให้เติมควรอยู่ตอนท้ายของประโยค
8. ไม่ควรเว้นช่องว่างสำหรับเติมหลายช่องจนกระทั่งไม่ทราบว่โจทย์ต้องการอะไร

อะไร

9. ช่องว่างแต่ละที่ ควรให้มีความยาวเท่าๆ กัน เพื่อป้องกันการชี้แนะคำตอบ
10. ใช้คำหรือข้อความที่มีความหมายชัดเจน ใช้ภาษาง่ายๆ และถูกต้อง
11. ข้อคำถามต้องมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
12. ควรจัดทำคำเฉลย ที่ถูกต้องไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะนำแบบทดสอบไปสอบ ในกรณีบางคำตอบอาจถูกเป็นบางส่วนก็ควรกำหนดการให้คะแนนไว้ให้สอดคล้องกัน
13. ไม่ควรใช้คำว่า “เช่น” แล้วให้เติมข้อความ เพราะต้องเติมหลายอย่างไม่แน่นอนว่าผู้ตอบต้องตอบก็อย่างจึงจะได้คะแนน
14. ช่องว่างแต่ละช่องที่ให้เติมควรให้น้ำหนักคะแนน 1 คะแนนเท่ากัน

ข้อดีและข้อเสียของแบบทดสอบเติมคำ

แบบทดสอบเติมคำมีคุณประโยชน์และมีประสิทธิภาพในการวัดที่ไม่แพ้แบบทดสอบอื่นๆ ดังนี้

อาร์แมน (Ahmann.1975 : 191 – 192) กล่าวว่าข้อสอบแบบตอบสั้นหรือแบบเติมคำนั้นมีประโยชน์ค่อนข้างมากกว่าข้อสอบปรนัยชนิดอื่นๆ อยู่ 2 ประการ คือ โอกาสในการเดาถูกน้อยและสร้างง่ายกว่าข้อสอบปรนัย

เรมเมอร์ (Remmers.1967 : 239) กล่าวว่า ข้อสอบชนิดนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการวัดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เช่นวัดทักษะในการคำนวณ

มาร์แชล (Marshall.1972 : 38) กล่าวว่า ข้อสอบชนิดนี้มีประสิทธิภาพดีมากในการวัดเกี่ยวกับการให้ย้อนระลึก (Recall) เกี่ยวกับคำศัพท์ วันที่ ชื่อ และหลักเกณฑ์ต่างๆ ไป นอกจากนี้เขายังกล่าวไว้อีกว่าข้อสอบชนิดนี้สามารถนำไปใช้ได้เกือบทุกๆ ระดับชั้น

ทราเวอร์ส (Travers.1950 : 33 – 39) กล่าวว่า ประโยชน์ทั่วไปของแบบทดสอบชนิดนี้คือใช้วัดเกี่ยวกับการให้นิยามศัพท์ วัดทักษะทางการคำนวณในวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ วัดสมดุลงสมการเคมีและถ้าเป็นแบบทดสอบเติมคำชนิด (Connested-Discourse Type) นั้นมีประโยชน์ที่สำคัญๆ คือใช้วัดเกี่ยวกับการใช้ศัพท์ (Vocabulary)

นอกจากนี้ บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2545 : 59) ได้สรุปข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเติมคำ ดังนี้

ข้อดี

1. เขียนตอบได้ง่ายกว่าข้อสอบอัตนัย
 2. เดาคำตอบถูกได้ยาก เพราะต้องเขียนคำตอบเอง
 3. เหมาะสำหรับการถามในวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์
 4. วัดข้อเท็จจริงในเนื้อหาวิชาที่เสนอในรูปแบบแผนที่ รูปภาพ กราฟต่างๆ ได้ดี
- ข้อจำกัด

1. บางครั้งเกิดปัญหาในการให้คะแนน

2. ตรวจให้คะแนนยากกว่าข้อสอบปรนัยประเภทกำหนดคำตอบ
3. ไม่เหมาะที่จะใช้วัดสมรรถภาพขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ สังเคราะห์การใช้เหตุผล
4. ยากต่อการที่จะเขียนคำถามเพื่อให้ได้คำตอบเพียงคำตอบเดียว

ลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

ข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice Item) หรือข้อสอบแบบเลือกตอบ นับว่าเป็นข้อสอบที่ได้รับความนิยมใช้อย่างมากมาในทุวงการ ทั้งนักสร้างข้อสอบมาตรฐาน และครูผู้สอนตลอดจนนักวิจัยทางการศึกษา ทั้งนี้เพราะข้อสอบแบบเลือกตอบสามารถวัดพฤติกรรมด้านต่างๆ ได้หลายด้านและหลายระดับ สามารถใช้กับเนื้อหาวิชาเกือบทุกลักษณะ ดังนั้นข้อสอบแบบเลือกตอบจึงถูกนำไปใช้ในการสอบทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับประถมศึกษา จนถึงระดับมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม ข้อสอบแบบเลือกตอบก็มีข้อบกพร่องในตัวเองอยู่หลายประการ เช่น ไม่อาจวัดความสามารถด้านการรวบรวมความคิด การเสนอความคิด และทักษะในการเขียน แต่เมื่อเทียบกับส่วนดีแล้ว นับได้ว่าข้อสอบแบบเลือกตอบเป็นข้อสอบที่มีคุณค่าต่อวงการศึกษามากที่สุด (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2525 : 59 - 62) ข้อสอบแบบเลือกตอบ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบ ส่วนที่เป็นคำตอบเป็นข้อความปัญหา เขียนเป็นประโยคคำถามหรือประโยคไม่สมบูรณ์ บางคนเรียกว่าตอนนำ ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลายตัวเลือกมีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด เรียกว่าตัวลงสำหรับหลอกผู้ตอบที่ไม่รู้คำตอบแน่นอนให้มาหลงตอบ ข้อสอบเลือกตอบอาจจำแนกเป็นรูปแบบใหญ่ๆ ได้ 3 รูปแบบ คือ 1) แบบคำถามเดียว 2) แบบคำถามรวมกลุ่ม และ 3) แบบตีความหมายโจทย์ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ . 2544 : 196 – 199)

1. แบบคำถามเดียว ข้อสอบแต่ละข้อมีคำถามเดียวโดดๆ และมีคำตอบถูกและตัวลงให้เลือกตอบ แบ่งเป็น 2 แบบ

1.1 แบบมีคำตอบถูกเพียงตัวเดียว เป็นข้อสอบให้เลือกคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว

1.2 แบบมีคำตอบถูกหลายคำตอบ เป็นข้อสอบเลือกตอบที่มีคำตอบถูกมากกว่าหนึ่งคำตอบ ผู้ตอบต้องเลือกตอบถูกทุกตัวเลือก

2. แบบคำถามรวมกลุ่ม หรือแบบตัวเลือกคงที่ข้อสอบชนิดนี้จะรวมเนื้อหาของบางเรื่องบางตอนที่มีความร่วมกันอยู่อย่างใดอย่างหนึ่งไว้เป็นตัวเลือกตอบ แล้วเขียนคำถามเป็นชุดๆ ผู้เรียนต้องให้ความรู้หลายๆ ด้านผสมผสานกันจึงสามารถตอบได้ถูกไว้เป็นตัวเลือกตอบ แล้วเขียนคำถามเป็นชุด นักเรียนต้องใช้ความรู้หลายๆ ด้านมาผสมผสานกัน จึงจะสามารถตอบได้ถูกต้อง

การสร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบเลือกตอบผู้เชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบหลายท่าน ได้แก่ ธอนไดค์, กรอนลันด์, เมเรนส์และเลห์แมน, ซวาล แพร์ตกุล, อนันต์ ศรีโสภา, วิเชียร เกตุสิงห์พวงรัตน์, ทวีรัตน์ และวิญญา วิศาลาภรณ์ (จุฑาภรณ์ ตันเจริญ. 2538 : 19) ได้เสนอหลักการสร้างแบบทดสอบเลือกตอบไว้คล้ายกัน ดังนี้

หลักการสร้างข้อคำถาม

1. เขียนคำถามให้เป็นประโยคคำถามที่สมบูรณ์ ไม่เขียนคำถามในลักษณะแบบต่อความ
2. เน้นเรื่องที่จะถามให้ชัดเจนตรงจุด ไม่คลุมเครือ อ่านแล้วเข้าใจทันทีว่าถามอะไร
3. ถามข้อละปัญหา ไม่ควรถามหลายๆ อย่างในข้อเดียวกัน
4. ใช้ภาษาให้เหมาะสมกับระดับของผู้สอบ ไม่ใช้ศัพท์ยากเกินระดับของเด็ก
5. ไม่ควรใช้คำถามปฏิเสธ หรือปฏิเสธซ้อน ถ้าจะใช้คำถามปฏิเสธก็ควรแสดงให้เห็นชัดเจน โดยขีดเส้นใต้ คำว่า “ไม่” หรือพิมพ์เป็นตัวหนา หรือตัวใหญ่
6. ควรถามให้ใช้ความคิด คือ ถามพฤติกรรมที่สูงกว่าความรู้ ความจำ
7. ไม่ควรใช้คำถามฟุ่มเฟือย
8. ใช้คำถามประเภทยั่วชวนให้คิด
9. ระวังคำถามประเภทแนะคำตอบ
10. หลีกเลี่ยงคำถามที่คล่องปากของนักเรียน
11. ตัวปัญหาควรจะถามหาข้อยุติที่เป็นสากลหรือสิ่งที่เป็นข้อยุติตามหลักวิชา
12. พยายามให้ข้อสอบแต่ละข้อเป็นอิสระจากกัน
13. พยายามหลีกเลี่ยงคำว่า เสมอ ไม่เคย และทั้งหมด

หลักการสร้างตัวเลือก

1. ตัวเลือกควรจะมีความเป็นเอกพันธ์ หรืออยู่ในตระกูลเดียวกัน
2. ตัวเลือกทุกตัวควรมีที่ท้าวาจะถูก ไม่ควรใช้ตัวลงที่ผิดเด่นชัดเกินไป
3. ตัวเลือกควรมีความยาวใกล้เคียงกัน
4. ตัวเลือกควรจะเป็นคำที่สามารถต่อความกับตัวคำถามได้อย่างสอดคล้องและถูก

หลักภาษา

5. ตัวเลือกทุกตัวควรเป็นอิสระจากกัน
6. ควรหลีกเลี่ยงคำที่ชี้แนะคำตอบ
7. ควรเรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลขจากน้อยไปหามากหรือจากมากไปหาน้อย
8. ให้คำตอบถูกมีเพียงข้อเดียว
9. ให้ความถูกต้องเป็นสากลหรือถูกต้องตามหลักวิชา ไม่ใช่ถูกผิดตามหลักไวยากรณ์

ภาษา

10. ควรจะกระจายตำแหน่งของคำตอบถูกทุกตัวเลือกไม่ควรถูกซ้ำๆ ตำแหน่งกัน
11. เขียนตัวเลือกด้วยภาษาที่เหมาะสมกับผู้สอบ ไม่ใช่ศัพท์ที่ยากเกินไป
12. หลีกเลี่ยงการใช้คำที่คัดลอกมาจากตำรา
13. หลีกเลี่ยงการเขียนตัวเลือกให้มีความหมายเหมือนกัน
14. แก้ไขมิให้ตัวถูก ใช้ศัพท์ภาษาที่แปลกสะดุดตา
15. จำนวนตัวเลือกของข้อสอบเลือกตอบควรมี 4 – 5 ตัวเลือกหรือพิจารณาให้เหมาะสมกับวัยและระดับของผู้สอบ

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบ

บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ (2544 : 201) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบไว้ดังนี้

ข้อดี

1. วัดผลผลิตผลทางการเรียนได้หลายด้าน ตั้งแต่ความรู้ความจำจนถึงกระบวนการทางปัญญาขั้นสูง เช่น การวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า
2. วัดได้ครอบคลุมหัวข้อเนื้อหา
3. มีความเชื่อมั่นสูงเพราะจำนวนข้อมาก
4. ความคุมระดับความยากง่ายของข้อสอบได้โดยการเขียนตัวหลอกล่อให้เป็นเอกพันธ์ จึงสามารถใช้กับนักเรียนได้ทุกระดับ
5. ตรวจให้คะแนนง่ายและรวดเร็วเป็นปรนัยสามารถใช้เครื่องตรวจได้
6. วินิจฉัยข้อบกพร่องหรือความไม่เข้าใจเนื้อหาได้โดยพิจารณาจากตัวหลอกล่อ
7. สามารถใช้แผนผังรูปภาพ หรือกราฟมาเขียนสอบได้ง่าย

ข้อจำกัด

1. สร้างลำบากมาก เพราะต้องคิดตัวเลือกให้เหมาะสมและใช้เวลาสร้างนาน
2. ใช้เวลาในการตอบทั้งฉบับนานกว่าข้อสอบปรนัยและประเภทอื่นๆ
3. นักเรียนเก่งมักจะมีแนวโน้มทำคะแนนได้มาก
4. ไม่เหมาะสมที่จะวัดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
5. ไม่สามารถวัดการรวบรวมความคิด และการเสนอความคิดและทักษะการเขียน
6. เดาตอบถูกโดยไม่ใช้ความรู้ได้
7. สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง

ลักษณะแบบทดสอบเลือกตอบซ้อน (Double Multiple choice)

แบบทดสอบเลือกตอบซ้อนเป็นแบบทดสอบเลือกตอบที่มีคำตอบถูกหลายตัวดัดแปลงมาจากแบบทดสอบเลือกตอบแบบตอบถูกผิดหลายตัวเลือก โดยการปรับปรุงวิธีการตอบเสียใหม่ คือ แทนที่ผู้สอบจะต้องตอบรับในตัวเลือกที่ถูกและตอบปฏิเสธในตัวเลือกที่ผิด ก็ให้ตอบเพียงตัวเลือกเดียว โดยที่ตัวเลือกนั้นจะใช้แทนคำตอบถูกหลายตัวเหมาะสำหรับใช้วัดความรู้ความสามารถที่สลับซับซ้อน เช่น การรวบรวมสิ่งต่างๆ เพื่อหาข้อสรุปหรือการประเมินสถานการณ์ต่างๆ ธอร์นไดค์ (Thorndike.1971 : 97 – 98)

ลักษณะข้อสอบเลือกตอบซ้อน ขวาล แพร์ตกุล (2530 : 148 – 149) ได้จำแนกออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ส่วนที่เป็นคำถาม จะใช้เนื้อหาที่มีข้อย่อยๆ หรือสมาชิกมีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้น ๆ อยู่หลายประการ และเขียนข้อความโดยใช้หลักการสร้างเดียวกันกับข้อสอบเลือกตอบแบบตอบถูกตัวเดียว
2. ส่วนที่เป็นตัวคำตอบ ให้เขียนไว้เป็นข้อๆ มีทั้งคำตอบถูกและผิดปนกันโดยที่คำตอบถูกควรเขียนให้มากกว่า 1 ตัว สำหรับให้ผู้ตอบพิจารณา
3. ส่วนที่เป็นตัวเลือก เกิดจากการนำส่วนที่เป็นคำตอบสำหรับการพิจารณามาสสมกันจัดเป็นกลุ่มๆ ตามความเหมาะสม โดยให้มีตัวเลือกถูกที่เกิดจากการผสมคำตอบถูกทั้งหมดเพียงตัวเลือกเดียว

วิธีการผสมคำตอบเพื่อใช้เป็นตัวเลือก สำหรับให้ผู้สอบเลือกตอบจะต้องผสมกันอย่างมีหลักเกณฑ์ตามหลักวิชาคือ คำตอบทุกข้อที่ใช้ในการพิจารณา ต่างมีโอกาสที่จะถูกเลือกให้เป็นตัวเลือกถูกได้เท่าๆ กัน ทั้งนี้เพราะคำตอบบางข้อที่ใช้เป็นตัวเลือกหลายๆ ครั้งอาจจะมีผลต่อการเดาของผู้สอบได้ แต่ถ้าคำตอบที่ใช้เป็นตัวเลือกมีจำนวนครั้งเท่ากันหมดทุกข้อ จะทำให้แบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่นสูงสุด โคลสตาด และคณะ (Kolstad and Others.1983 : 45) และควรเขียนตัวเลือกที่เกิดจากการผสมคำตอบหลายๆ ตัวรวมกัน ให้อยู่เป็นตัวเลือกแรกที่ข้อ ก. เสมอแล้วจึงลดหลั่นลงมาตามลำดับ เพื่อให้ผู้สอบตั้งแต่เริ่มหาคำตอบเลยที่เดียวว่า ข้อสอบที่ทำอยู่นี้เป็นข้อสอบเลือกตอบแบบหาคำตอบซ้อน (ขวาล แพร์ตกุล. 2530 : 151)

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบซ้อน

ขวาล แพร์ตกุล (2530 : 148 – 165) ได้กล่าวถึงข้อดีของแบบทดสอบเลือกตอบซ้อนไว้ ดังนี้

ข้อดีของแบบทดสอบเลือกตอบซ้อน

1. ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ของเรื่องราวต่างๆ ที่เป็นกลุ่มก้อนได้เป็นอย่างดีว่าผู้สอบมีความรู้ครบถ้วนตามนั้นหรือไม่
2. สามารถวัดได้ลึกซึ้งถึงขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์ และความคิดรวบยอดของเนื้อหา นั้นๆ ได้เป็นอย่างดี

3. ช่วยฝึกให้ผู้สอบรู้จักคิดอะไร ๆ อย่างรอบคอบมากขึ้น เป็นการลดโอกาสการเดาให้มีน้อยลง

4. ตรวจให้คะแนนง่ายและรวดเร็วกว่าข้อสอบเลือกตอบแบบตอบถูกผิดหลายตัวเลือก

ข้อจำกัดของแบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน

ไวเทิน (Weiten.1982 : 47) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของข้อสอบเลือกตอบซ้อน ไว้ดังนี้

1. การสร้างข้อสอบแบบคำตอบซ้อนไม่เป็นไปตามกฎเกณฑ์การสร้างข้อสอบเลือกตอบที่ว่า ควรสั้นและกระชับ ซึ่งอาจจะมีผลต่อการตอบถูกหรือผิดของผู้สอบ

2. ความยาวและความซับซ้อนของข้อคำถาม มีผลทำให้ผู้สอบที่มีทักษะการอ่านและการให้เหตุผลจะตอบข้อสอบเลือกตอบซ้อนได้ดีกว่าแบบอื่นๆ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแปรปรวนคลาดเคลื่อน (Error Variance)

3. ความสามารถในการทำข้อสอบเลือกตอบซ้อนขึ้นอยู่กับความชำนาญในการทำแบบทดสอบ (Test wiseness) และทักษะในการทำแบบทดสอบ (Test taking skill) ของผู้สอบแต่ละคน

ลักษณะของแบบทดสอบเลือกตอบแบบถูก-ผิดซ้อน (Double Multiple True-False Choice)

แบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน เป็นแบบทดสอบที่มีคำตอบถูกหลายตัว จัดแปลงมาจากแบบทดสอบเลือกตอบแบบตอบถูกผิดหลายตัวเลือก มีลักษณะดังนี้

1. ส่วนที่เป็นตัวคำถาม จะใช้เนื้อหาที่มีข้อย่อยมากๆ หรือสมาชิกที่มีเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้นๆ อยู่หลายประการ และเขียนคำถามโดยใช้หลักการสร้างเดียวกันกับข้อสอบเลือกตอบ แบบตอบถูกตัวเดียว

2. ส่วนที่เป็นตัวคำตอบ จะเขียนเป็นข้อๆ แต่ละข้อประกอบด้วยส่วนที่เป็นข้อความและส่วนที่เป็นเหตุผล มีทั้งคำตอบถูกและผิดปนกัน โดยแต่ละข้อส่วนที่เป็นข้อความอาจเป็นจริงหรือเป็นเท็จและส่วนที่เป็นเหตุผลอาจเป็นจริงหรือเป็นเท็จก็ได้ตามความเหมาะสมในแต่ละข้อสามารถสร้างได้หลายรูปแบบ

3. ส่วนที่เป็นตัวเลือก จะมีตัวเลือกให้นักเรียนพิจารณา จากส่วนที่เป็นตัวคำตอบตัวอย่างเช่น

- ก. ข้อ 1 ข้อความถูก เหตุผลผิด
- ข. ข้อ 2 ข้อความผิด เหตุผลถูก
- ค. ข้อ 3 ข้อความถูก เหตุผลถูก
- ง. ข้อ 4 ข้อความผิด เหตุผลผิด

ให้นักเรียนพิจารณา โดยจะมีคำตอบถูกต้องตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป ถ้านักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องครบจึงจะได้คะแนน 1 คะแนน ถ้าเลือกคำตอบถูกต้องไม่ครบถ้วนจะได้ 0 คะแนน

ข้อดีและข้อจำกัดของแบบทดสอบเลือกตอบถูก-ผิดข้อ

ข้อดี

1. สามารถวัดได้ลึกซึ้งถึงขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์ และความคิดรวบยอดของเนื้อหา นั้นๆ ได้เป็นอย่างดี
2. ช่วยฝึกให้ผู้สอบรู้จักคิดอะไรๆ อย่างรอบคอบมากขึ้นเป็นการลดโอกาสการเดาให้น้อยลง
3. ใช้คำถามเนื้อหาสาระที่ต้องการได้ครอบคลุมมากกว่าข้อสอบเลือกตอบแบบตอบถูกตัวเดียว

ข้อจำกัด

1. จะต้องเขียนคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้สอบเข้าใจในวิธีการตอบและการตรวจให้คะแนนอย่างแจ่มชัด
2. ตัวเลือกแต่ละข้อจะต้องระบุว่าคำตอบแต่ละข้อ ส่วนที่เป็นข้อความและเหตุผลถูกต้องหรือผิดให้ชัดเจน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

Wampold และ Drew (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540 อ้างอิงจาก Wampold และ Drew.1990 : 349 – 352) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมนี้จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Cox (1957 : 155) ได้เขียนผลงานงานวิจัยลงในวารสารเรื่อง “The use of a Concomitant Variable in Selecting an Experimental Design” ได้ทำการทดลองโดยใช้ตัวอย่างขนาดเล็กและในแต่ละเซลล์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบบล็อก จะมีหน่วยทดลองเพียง 1 ค่าเท่านั้น และการแบ่งกลุ่ม (block) นั้นแบ่งโดยใช้ตัวแปรที่มีความแปรปรวนร่วมใกล้เคียงกันหรือเท่ากันไว้ในกลุ่ม (block) เดียวกันและอินเตอร์แอคชั่นระหว่างกลุ่ม (block) กับ ทรีทเมนต์ให้รวมอยู่ในเทอมของความคลาดเคลื่อน และได้สรุปว่า การแบ่งกลุ่ม (block) จะมีประสิทธิภาพการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เมื่อค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมน้อยกว่า 0.6 และการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการแบ่งกลุ่มเมื่อค่าสหสัมพันธ์มากกว่าหรือเท่ากับ 0.8 และ Cox ได้ให้ข้อสังเกตไว้ว่าการ

วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มกลุ่มจะมีประสิทธิภาพสูงในทุกรูปแบบของการถดถอยไม่จำเป็นต้องเป็นการถดถอยเชิงเส้นอย่างเดียว

Cochran และ Cox (1957) พบว่าความแปรปรวนร่วมและการแบ่งกลุ่ม (block) ให้ผลดีเท่าๆ กันในการจัดผลของตัวแปรอื่นนอกจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตามเป็นเส้นตรง

Leonard S. Feldt (1958 : 347) พบว่าที่สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมน้อยกว่า 0.4 แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม แต่ที่สหสัมพันธ์มากกว่า 0.6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแตกต่างของคะแนนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและแผนการวิเคราะห์แบบแฟคทอเรียลในทุกค่าของสหสัมพันธ์

งานวิจัยในประเทศ

อวยพร จุฑานนท์ (2528 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดซ้ำ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อกเมื่อใช้ตัวแปรร่วม พบว่า ที่สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมน้อยกว่า 0.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อกมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม แต่ในกรณีที่สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมมากกว่าหรือเท่ากับ 0.6 พบว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีประสิทธิภาพสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อก สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดซ้ำมีประสิทธิภาพต่ำกว่าทั้งการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อก และจากการวิจัยพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วม ในกรณีของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อก แต่ในกรณีของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดซ้ำนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วม

มยุรี จิรณสมบัติ (2530 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบแบบพาราเมตริกซ์กับนอนพาราเมตริกซ์ในการวิเคราะห์โควาริเอนซ์ของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้คือ

1. ความน่าจะเป็นความผิดพลาดประเภทที่ 1 กรณีเปรียบเทียบจำนวน 3 และ 4 ทรีทเมนต์เมื่อความคลาดเคลื่อน มีการแจกแจงแบบปกติและโลจิสติก วิธีของพาราเมตริก (Parametric test) สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ดีกว่า วิธีของนอนพาราเมตริกของควอด (Quade's nonparametric test) และเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบ

ดับเบิลเอ็กโพเนนเชียล วิธีทดสอบทั้ง 2 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีเท่ากัน สำหรับกรณีเปรียบเทียบจำนวน 5 ทรีทเมนต์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ วิธีของพาราเมตริกสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีของนอนพาราเมตริก เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและดับเบิลเอ็กโพเนนเชียลวิธีนอนพาราเมตริกสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าวิธีของพาราเมตริก

2. อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบ กรณีเปรียบเทียบ 3, 4 และ 5 ทรีทเมนต์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและดับเบิลเอ็กโพเนนเชียล วิธีของนอนพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของพาราเมตริก เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กมาก (ขนาด 5) เมื่อขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น วิธีของนอนพาราเมตริกยังคงมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของพาราเมตริก ขณะที่สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงนอกจากนี้ วิธีของนอนพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของพาราเมตริกเมื่ออิทธิพลของทรีทเมนต์มีความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์น้อย เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ทุกขนาดตัวอย่าง วิธีของพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของนอนพาราเมตริก ยกเว้นเมื่อขนาดตัวอย่างเล็กมากวิธีของนอนพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีพาราเมตริก

เกสร วัฒนาชัยวิช (2532 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มไม่เปลี่ยนคุณสมบัติของการทดสอบ 4 วิธี ได้แก่ วิธีทดสอบแบบพาราเมตริกคือ วิธีทดสอบเอฟ และการทดสอบแบบนอนพาราเมตริก 3 วิธี คือ วิธีทดสอบของฟรیدแมน วิธีทดสอบของเควด และวิธีทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมน โดยพิจารณาจากค่าอำนาจการทดสอบ ผลจากการศึกษาพบว่า เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ วิธีทดสอบเอฟ มีค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมาเป็นวิธีของโคโนเวอร์และไอแมน วิธีของเควดและวิธีของฟรیدแมน แต่เมื่อเปลี่ยนค่าจำนวนและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มาก วิธีทดสอบเอฟและวิธีทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี มีค่าอำนาจการทดสอบเท่ากัน หรือใกล้เคียงกันเป็นส่วนมาก สำหรับกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ พบว่าวิธีทดสอบของโคโนเวอร์และไอแมนมีค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุด ยกเว้นการแจกแจงแบบลอกลนอร์มอล ซึ่งพบว่าวิธีทดสอบของฟรیدแมนให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของโคโนเวอร์และไอแมนเป็นส่วนมาก เมื่อระดับนัยสำคัญเป็น 0.05 และความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์น้อย

นันทา วงษ์วิโรจน์ (2532 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่อง สถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรโดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST สถิติทดสอบแบบ Trimmed W สถิติทดสอบแบบ Trimmed F โดยจะศึกษาถึงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธี ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติผลจากการศึกษาสรุปได้ดังนี้ 1) ความแข็งแกร่งของการทดสอบโดยพิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 พบว่า การแจกแจงของ

ประชากร ขนาดตัวอย่าง อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง และระดับนัยสำคัญมีผลต่อความแกร่งของการทดสอบ 2) อำนาจของการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงเป็นแบบปกติที่มีค่าอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันทุกประชากรแล้วสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ศึกษา แต่เมื่อประชากรมีการแจกแจงเป็นแบบปกติปลอมปน พบว่า สถิติทดสอบแบบ Trimmed W และ Trimmed F จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Trimmed W และ Trimmed F นั้นพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อัตราส่วนของค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง จะมีผลต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 3 วิธีที่มากที่สุด เมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นคงที่คือ อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบรองลงมา คือ ลักษณะการแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง (g) และระดับนัยสำคัญตามลำดับ

กิ่งทอง ยงยุทธมีชัย (2538 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน : กรณีศึกษาสำหรับแผนการทดสอบแบบสุ่มตลอด โดยใช้ตัวสถิติทดสอบแบบ ANOVA F TEST การแปลงข้อมูลเป็นค่าลอการิทึม ตัวสถิติทดสอบแบบ Trimmed F ตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe และตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ได้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal โดยใช้หลักการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ สรุปผลการศึกษาได้ว่า 1) ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธีสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติที่มีอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่กรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal และตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ 2) ตัวสถิติทดสอบแบบ ANOVA F TEST และตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal มีค่าอำนาจการทดสอบสูงในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่ในกรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันเป็น (1:1.1:1.2), (1:1.3:1.4) และ (1:1.8:2) ทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal มีค่าอำนาจการทดสอบสูง แต่ในกรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันเป็น (1:2:3) และ (1:3:5) สามารถใช้ตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe ทุกขนาดตัวอย่าง หรือตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal แต่มีข้อจำกัดว่าขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องแตกต่างกันมาก ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบจะมีค่าลดลง

เมื่ออัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกัน และค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างหรือระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 18 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 211 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมด 8,980 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 1,080 คน เชื่อมั่นได้ 95 % (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540 : 400 อ้างอิงจาก Yamane. 1967) สุ่มจากประชากรโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two – Stage Random Sampling) ขั้นแรกสุ่มโรงเรียนจากโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 โดยการสุ่มแบบอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ได้ 6 โรงเรียน โดยให้โรงเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ขั้นที่สองสุ่มห้องเรียนจากโรงเรียน ที่สุ่มได้จากขั้นตอนแรก โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยสุ่มมาเป็น สัดส่วนใช้ขนาด 30 % ของจำนวนห้องเรียน โดยให้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม ได้ 24 ห้องเรียน จำนวน 1,080 คน ดังตาราง 7

ตาราง 7 จำนวนโรงเรียนและห้องเรียนที่ทำการสุ่มได้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

โรงเรียน	จำนวน		
	ห้อง	ห้องที่สุ่มได้	นักเรียน
มัธยมวัดหนองจอก	12	4	180
บางกะปิ	14	5	225
บางกะปิสุขุมวิทพันธุ์อุปถัมภ์	10	3	135
เศรษฐบุตรบำเพ็ญ	14	5	225
พรตพิทยพยัต	12	4	180
นวมินทรราชินูทิศ เบญจมราชาลัย	10	3	135
รวม	72	24	1,080

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบ 4 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ 1 ฉบับ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ค 203) 3 ฉบับ รวมทั้งหมด 4 ฉบับ ดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ ซึ่งผู้วิจัยนำมาจากเครื่องมือของ พิกุล เกตุประดิษฐ์ (สิรินุช เอี่ยมเขียว. 2544 : 41 อ้างอิงมาจาก พิกุล เกตุประดิษฐ์) ที่ทำการศึกษารื่อง การวิเคราะห์องค์ประกอบความถนัดที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบทดสอบสรุปความ ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียวจำนวนฉบับละ 15 ข้อ ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.668 และวิภา ภัทรมัย ที่ศึกษาเรื่อง สมรรถภาพสมองบางประการที่สัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้แบบทดสอบสรุปความ ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบมีคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบข้อเดียวจำนวนฉบับละ 15 ข้อ ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.726 โดยผู้วิจัยนำมาหาคุณภาพเครื่องมืออีกครั้ง มีวิธีการหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1.1 นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลไปทดลองสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา จำนวน 200 คน แล้วนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยวิธี KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น 0.645

1.2 จัดทำรูปเล่มของแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล พร้อมคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ เพื่อนำไปสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค 203) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง 3 รูปแบบรูปแบบละ 1 ฉบับ รวม 3 ฉบับ โดยแต่ละฉบับเป็นแบบทดสอบที่วัดเนื้อหาเดียวกัน มีข้อคำถามเหมือนกัน และมีจำนวนข้อเท่ากัน ดังนี้

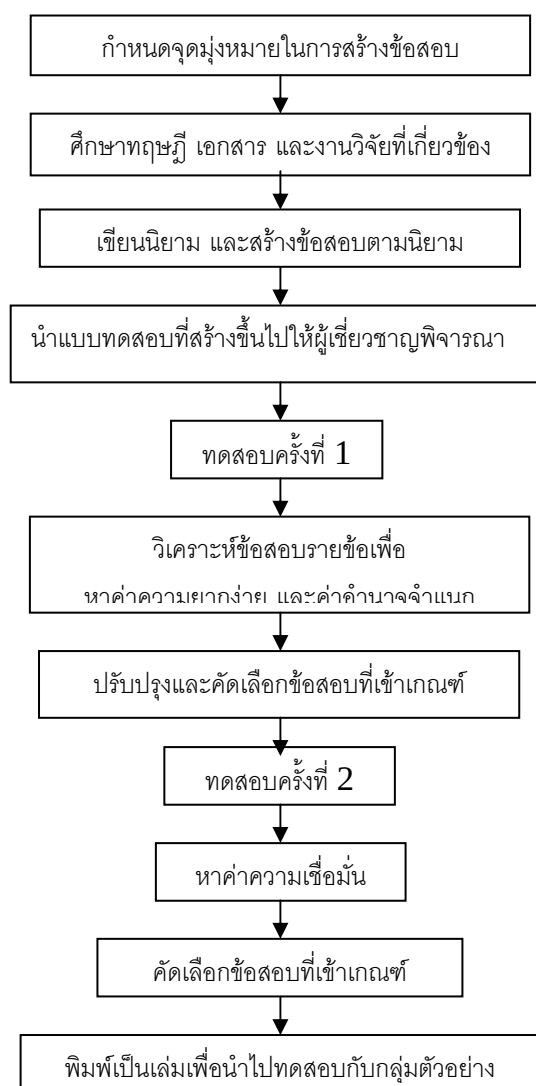
ฉบับที่ 1 แบบทดสอบเติมคำ จำนวน 30 ข้อ แต่ละข้อมีข้อความ หรือประโยคที่เป็นตอนนำ ซึ่งประกอบด้วยรูปภาพ กำหนดให้ข้อความที่ต้องการพิสูจน์และลำดับขั้นตอนการพิสูจน์ที่มีทั้งข้อความและเหตุผล ซึ่งจะเว้นช่องว่างไว้ในส่วนของข้อความหรือเหตุผล ที่ต้องการให้ผู้สอบเติมให้สมบูรณ์ ตามความมุ่งหมายที่ต้องการจะวัด

ฉบับที่ 2 แบบเลือกตอบซ้อน จำนวน 30 ข้อ แต่ละข้อคำถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งเป็นตอนนำ หรือตัวคำถาม (item) มีข้อความเหมือนกับข้อคำถามของแบบทดสอบเติมคำ ส่วนที่สองส่วนที่เป็นตัวคำตอบจะเขียนไว้เป็นข้อๆ มี 4 ข้อ มีทั้งส่วนที่เป็นข้อความและเหตุผล มีคำตอบถูกและผิดปนกัน ส่วนที่สามส่วนที่เป็นตัวเลือกเกิดจากการนำส่วนที่เป็นคำตอบสำหรับการพิจารณามาผสมจัดเป็นกลุ่มตามความเหมาะสมตัวเลือกถูกเกิดจากการผสมคำตอบถูกทั้งหมดเพียงตัวเลือกเดียว

ฉบับที่ 3 แบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน จำนวน 30 ข้อ แต่ละข้อคำถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่หนึ่งเป็นตอนนำหรือตัวคำถาม มีข้อความเหมือนกับข้อคำถามของแบบทดสอบเติมคำ ส่วนที่สองส่วนที่เป็นตัวคำตอบจะเขียนเป็นข้อๆ มี 4 ข้อ มีทั้งส่วนที่เป็นข้อความและเหตุผล มีคำตอบถูกและผิดปนกัน ส่วนที่สามส่วนที่เป็นตัวเลือกโดยจะแยกพิจารณาคำตอบในแต่ละข้อว่าข้อความและเหตุผลถูกหรือผิด ตัวเลือกใดที่บอกข้อความและเหตุผลในคำตอบถูกหรือผิดเป็นจริงตัวเลือกนั้นก็จะเป็นตัวถูก

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค203) เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ มีลำดับขั้นตอน ตามภาพประกอบ 2 ดังนี้



ภาพประกอบ 2 แสดงลำดับขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

จากภาพ 2 แสดงลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ และหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ (ค 203) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจำนวน 3 รูปแบบ รูปแบบละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน แต่ละฉบับวัดเนื้อหาเดียวกัน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบเพียงฉบับเดียวก่อน คือ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน ซึ่งสร้างเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาการสร้างรูปแบบของแบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน
2. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู และหนังสือแบบเรียนคณิตศาสตร์ เนื้อหาเรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ตามหลักสูตรกระทรวงศึกษาธิการ พ.ศ. 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533)
3. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มาสร้างเป็นแบบทดสอบเลือกตอบเพียงฉบับเดียวก่อน จำนวน 50 ข้อ
4. นำแบบทดสอบเลือกตอบซ้อนไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านพิจารณาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนี IOC คัดเลือกข้อที่เข้าเกณฑ์ โดยพิจารณาจากค่า IOC มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ซึ่งปรากฏว่าแบบเลือกตอบซ้อนมีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00
5. นำแบบทดสอบเลือกตอบซ้อนที่คัดเลือกแล้วไปทดสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน
6. นำแบบทดสอบเลือกตอบซ้อนมาตรวจให้คะแนน หาค่าคุณภาพของแบบทดสอบ โดยการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย โดยแบ่งกลุ่มผู้ตอบถูกเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 27% และกลุ่มผู้ได้คะแนนต่ำ 27% และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สหสัมพันธ์แบบพอยท์ – ไบซีเรียล โดยมีเกณฑ์ค่าความยากง่ายระหว่าง .20 ถึง .80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ได้ค่าความยากง่ายระหว่าง 0.41 – 0.75 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.48 – 0.82 จำนวน 40 ข้อ
7. ปรับปรุงข้อคำถาม และคัดเลือกข้อที่อยู่ในเกณฑ์ จำนวน 30 ข้อ ไปทดสอบครั้งที่ 2 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 200 คน แล้วหาค่าความเชื่อมั่น โดยใช้สูตร KR – 20 มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.846 ซึ่งมีค่าสูงเพียงพอที่นำไปใช้ศึกษาได้
8. สร้างแบบทดสอบเพิ่มอีก 2 ฉบับคือ แบบทดสอบเติมคำ และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน โดยยืมข้อคำถามจากแบบทดสอบเลือกตอบซ้อนที่ได้หาคุณภาพแล้ว โดยวัดเนื้อหาเดียวกัน ข้อคำถามเดียวกัน จำนวน 30 ข้อเท่ากัน มีค่าความเชื่อมั่น 0.908 และ 0.825 ตามลำดับ
9. จัดพิมพ์เป็นรูปเล่มเพื่อนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,080 คน

ลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล มีจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 20 นาที

ข้อ (0) เปิดบางตัวเป็นนก ไก่ทุกตัวเป็นนก นกทุกตัวกินหนอน สรุปว่าอย่างไร

- ก. เปิดทุกตัวเป็นไก่
- ข. ไก่ทุกตัวกินหนอน
- ค. เปิดทุกตัวกินหนอน
- ง. ไก่บางตัวเป็นเปิด
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน

เฉลย ข. ไก่ทุกตัวกินหนอน

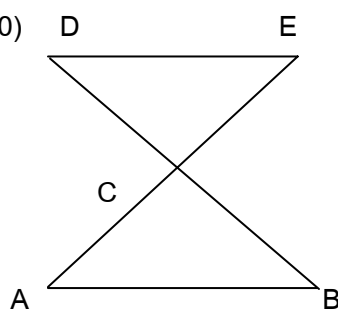
ข้อ (00) หมอทุกคนเป็นเศรษฐี เศรษฐีบางคนตระหนี่ นายสมศักดิ์เป็นหมอดังนั้น

- ก. คนตระหนี่เป็นหมอ
- ข. นายสมศักดิ์เป็นเศรษฐี
- ค. คนตระหนี่เป็นเศรษฐี
- ง. นายสมศักดิ์เป็นคนตระหนี่
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน

เฉลย ข. นายสมศักดิ์เป็นเศรษฐี

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ฉบับดังนี้ ฉบับที่ 1 แบบเติมคำ

ข้อ (0)



กำหนดให้ $\overline{DB}$ และ $\overline{AE}$ ตัดกันที่จุด C

$DC=CB$, $AC= CE$

ต้องการพิสูจน์ว่า $\triangle ABC \cong \triangle DCE$

พิสูจน์

ข้อความ

1. $DC = CB$
2. $AC = CE$
3. $\widehat{DCE} = \widehat{ACB}$
4. $\triangle ABC \cong \triangle DCE$

เหตุผล

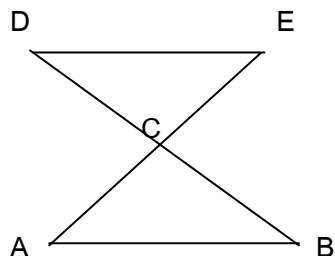
1. กำหนดให้
2. กำหนดให้
3.
4.

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบเลือกตอบข้อ

ข้อ (0) จากรูป $\overline{DB}$ และ $\overline{AE}$ ตัดกันที่จุด C $DC=CB$, $AC=CE$ ต้องการพิสูจน์ว่า

$$\triangle ABC \cong \triangle DCE$$

ข้อใดถูกต้อง



ข้อความ

เหตุผล

1. $\widehat{DCE} = \widehat{ACB}$ (มุมตรงข้าม)
2. $\widehat{DEC} = \widehat{CAB}$ (มุมแย้ง)
3. $\triangle ACB \cong \triangle DCE$ (ด้าน – มุม – ด้าน)
4. $\triangle ACB \cong \triangle DCE$ (มุม – ด้าน – มุม)

ก. ข้อ 1, 2, 3 ถูก

ข. ข้อ 1, 2, 4 ถูก

ค. ข้อ 2, 3 ถูก

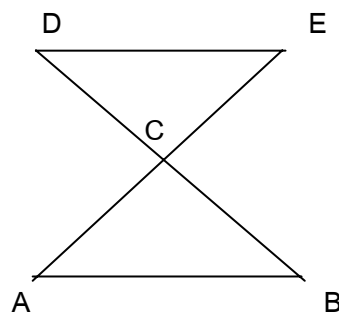
ง. ข้อ 1, 3 ถูก

ฉบับที่ 3 แบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดข้อ

ข้อ (0) จากรูป $\overline{DB}$ และ $\overline{AE}$ ตัดกันที่จุด C $DC=CB$, $AC=CE$ ต้องการพิสูจน์ว่า

$$\triangle ABC \cong \triangle DCE$$

ข้อใดถูกต้อง



ข้อความ

เหตุผล

1. $\widehat{DCE} = \widehat{ACB}$ (มุมตรงข้าม)
2. $\widehat{DEC} = \widehat{CAB}$ (มุมแย้ง)
3. $\triangle ACB \cong \triangle DCE$ (ด้าน – มุม – ด้าน)
4. $\triangle ACB \cong \triangle DCE$ (มุม – ด้าน – มุม)

ก. ข้อ 1 ข้อความถูก เหตุผลผิด

ข. ข้อ 2 ข้อความผิด เหตุผลถูก

ค. ข้อ 3 ข้อความถูก เหตุผลถูก

ง. ข้อ 4 ข้อความถูก เหตุผลถูก

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. วางแผนในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย

ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่ม 5 เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัด ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ และวิธีการตอบแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจตรงกัน โดยต้องให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น และโรงเรียนให้ชัดเจนในกระดาษคำตอบ เพื่อจะได้สะดวกในการสุ่มว่านักเรียนคนใดจะได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับใด

3. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลมาตรวจให้คะแนน โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบถูกให้ 1 คะแนน คำตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน แล้วนำคะแนนที่นักเรียนสอบได้ของแต่ละคนมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แล้วจัดเข้ากลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 360 คน

4. ทำการสุ่มนักเรียนในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) คือ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ โดยสุ่มให้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องได้รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ ในแต่ละกลุ่มความถนัดก็จะได้นับละ 120 คน แล้วทำการจดบันทึกชื่อ - นามสกุล เลขที่ ห้อง และโรงเรียนของนักเรียนว่าคนใดได้รับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับใด ดังตาราง 8

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดิม โดยนำแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับไปสอบให้ตรงกับนักเรียนที่ถูกสุ่มในข้อ 4

6. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มมาแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน คำตอบถูกให้ 1 คะแนน คำตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม กับแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ตาราง 8 ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างในแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม

BLOCK แบบทดสอบความ ถนัด	TREATMENT		
	แบบทดสอบ แบบเต็มคำ	แบบทดสอบ แบบเลือกตอบข้อ สั้น	แบบทดสอบ เลือกตอบถูกผิด ข้อ สั้น
กลุ่มสูง 360 คน	120	120	120
กลุ่มกลาง 360 คน	120	120	120
กลุ่มต่ำ 360 คน	120	120	120

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS FOR WINDOWS แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้ดำเนินการดังนี้

1.1 หาค่าความยากง่าย (P) โดยแบ่งกลุ่มผู้ตอบเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 27% และกลุ่มผู้ได้คะแนนต่ำ 27% และหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียลของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ฉบับเดียวคือแบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน

1.2 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ โดยใช้สูตร คูเดอร์ – ริชาร์ดสัน (KR-20)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้ วิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละกลุ่มโดยใช้แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม (RBD) ซึ่งใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และใช้แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) โดยดำเนินการดังนี้

2.1 นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 1,080 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม ซึ่งแต่ละคนก็จะมีคะแนนคนละ 2 ชุด คือ คะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ กับคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์

2.2 สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรเทียมให้มีขนาด 30, 45, 60 และ 90 คน โดยทำการสุ่มข้อมูลแต่ละขนาดมาขนาดละ 5 รอบ ด้วยการสุ่มแบบใส่คืนดังนี้

2.2.1 กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน โดยสุ่มจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ซึ่งในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลประกอบด้วยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 รูปแบบ โดยสุ่มมารูปแบบละ 30 คน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มก็จะมีจำนวน 90 คน ดังตาราง 9

ตาราง 9 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม ที่สุ่มมาจากประชากรเทียมขนาด 30 คน

BLOCK แบบทดสอบความถนัด	TREATMENT		
	แบบทดสอบ แบบเติมคำ	แบบทดสอบ แบบเลือกตอบซ้อน	แบบทดสอบ เลือกตอบถูกผิด ซ้อน
กลุ่มสูง 90 คน	30	30	30
กลุ่มกลาง 90 คน	30	30	30
กลุ่มต่ำ 90 คน	30	30	30

2.2.2 กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน โดยสุ่มจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ซึ่งในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลประกอบด้วยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 รูปแบบ โดยสุ่มมารูปแบบละ 45 คน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มก็จะมีจำนวน 135 คน ดังตาราง 10

ตาราง 10 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม ที่สุ่มมาจากประชากรเทียมขนาด 45 คน

BLOCK แบบทดสอบความ ถนัด	TREATMENT		
	แบบทดสอบ แบบเติมคำ	แบบทดสอบ แบบเลือกตอบซ้อน	แบบทดสอบ เลือกตอบถูกผิด ซ้อน
กลุ่มสูง 135 คน	45	45	45
กลุ่มกลาง 135 คน	45	45	45
กลุ่มต่ำ 135 คน	45	45	45

2.2.3 กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน โดยสุ่มจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ซึ่งในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลประกอบด้วยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 รูปแบบ โดยสุ่มมารูปแบบละ 60 คน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มก็จะมีจำนวน 180 คน ดังตาราง 11

ตาราง 11 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม ที่สุ่มมาจากประชากรเทียมขนาด 60 คน

BLOCK แบบทดสอบความ ถนัด	TREATMENT		
	แบบทดสอบ แบบเติมคำ	แบบทดสอบ แบบเลือกตอบซ้อน	แบบทดสอบ เลือกตอบถูกผิด ซ้อน
กลุ่มสูง 180 คน	60	60	60
กลุ่มกลาง 180 คน	60	60	60
กลุ่มต่ำ 180 คน	60	60	60

2.2.4 กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน โดยสุ่มจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ซึ่งในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลประกอบด้วยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3 รูปแบบ โดยสุ่มมารูปแบบละ 90 คน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มก็จะมีจำนวน 270 คน ดังตาราง 12

ตาราง 12 แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม ที่สุ่มมาจากประชากรเทียมขนาด 90 คน

BLOCK แบบทดสอบความ ถนัด	TREATMENT		
	แบบทดสอบ แบบเติมคำ	แบบทดสอบ แบบเลือกตอบซ้อน	แบบทดสอบ เลือกตอบถูกผิด ซ้อน
กลุ่มสูง 270 คน	90	90	90
กลุ่มกลาง 270 คน	90	90	90
กลุ่มต่ำ 270 คน	90	90	90

2.3 นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดมาวิเคราะห์เพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบแผน โดยให้ข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีความสัมพันธ์ของตัวจัดกระทำ (treatment) ขนาดตัวอย่าง สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วม และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน ในทุกคู่ที่เป็นไปได้ โดยให้ค่าของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งคงที่ไว้โดยจัดค่าคะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผล (X) เป็นตัวแปรร่วม 1 ตัวแปร และค่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) เป็นตัวแปรตาม สำหรับตัวแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนในกลุ่มสุ่มจัดคะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผล (X) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม (block) และคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) เป็นตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของแต่ละค่า X นั้น ถ้ากลุ่มตัวอย่างใดที่สุ่มมาไม่เป็นไปตามข้อตกลง ทำการสุ่มแบบใส่คืนใหม่จนครบตามจำนวนกลุ่มที่ต้องการ

2.4 นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดทดสอบด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม และแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทุกกลุ่มทุกขนาดๆ ละ 5 รอบ

2.5 หาค่าอำนาจของการทดสอบในแต่ละกลุ่มแต่ละขนาด แล้วทำการจดบันทึก

2.6 เปรียบเทียบค่าอำนาจของการทดสอบของแบบแผนทั้งสองวิธีในแต่ละกลุ่มแต่ละขนาดว่าแบบแผนใดมีอำนาจการทดสอบมากกว่ากัน โดยการนำเสนอเป็นตารางและแผนภูมิ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V)

2. การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ (Item Analysis)

2.1 การหาค่าความยากง่าย (P) โดยแบ่งกลุ่มผู้ตอบเป็นเป็นกลุ่มผู้ได้คะแนนสูง 27% และกลุ่มผู้ได้คะแนนต่ำ 27% แล้วใช้สูตรคำนวณความยากง่ายดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545 : 158)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่ายของข้อคำถาม
H แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงที่ตอบถูก
L แทน จำนวนคนในกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
N แทน จำนวนคนทั้งหมดในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำ

2.2 การหาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบพอยท์-ไบซีเรียล (Point biserial correlation : r_{pbis}) (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545 : 7)

$$r_{pbis} = \frac{M_p - M_q}{S_x} \cdot \sqrt{pq}$$

เมื่อ r_{pbis} แทน ค่าอำนาจจำแนก
 M_p แทน คะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมในกลุ่มถูก
 M_q แทน คะแนนเฉลี่ยของคะแนนรวมในกลุ่มผิด
 S_x แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

2.3 ค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจของแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องจากสูตรของ โรวินेलลี และแฮมเบลตัน (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2545 : 179)

$$IOC = \sum R / N$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องของระหว่างข้อสอบกับ
จุดประสงค์มีค่าอยู่ระหว่าง +1 กับ -1
R แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
 $\sum R$ แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 4 ฉบับ โดยใช้สูตร คูเดอร์ – ริชาร์ดสัน

(KR-20) (บุญเชิด วิทยโณนันทพงษ์. 2545 : 218)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_x^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด
 k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือ
 p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกหรือความยากของแต่ละข้อ
 q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิด ซึ่งเท่ากับ $1-p$
 S_x^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

หาได้จาก
$$S_x^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

3. สถิติที่วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) (Kirk, 1995 : 261) และค่าอำนาจการทดสอบ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1. Treatment (A)	SSA	p -1	SSA/(p-1) = MSA	MSA / MSRES
2. Block	SSBL	n -1	SSBL/(n-1) = MSBL	MSBL / MSRES
3. Residual	SSRES	(n -1)(p -1)	SSRES/(n-1)(p-1) = MSRES	
Total	SST	np -1		

จากตารางแหล่งความแปรปรวนสามารถค่าอำนาจการทดสอบ (Power of Test) จากสูตร (Kirk.1995 : 264)

$$\hat{\phi}_A = \sqrt{\frac{\hat{\lambda}_A}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 / n}}$$

เมื่อ α คือ treatment effect
 $\sum_{j=1}^p \alpha_j^2$ คือ ผลรวมกำลังสองของ treatment effect
 p คือ ระดับตัวแปรทดลอง
 n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

σ_{ε}^2 คือ ความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวน
(Error Variance)

โดยสามารถหา $\sum_{j=1}^p \alpha_j^2$ และ σ_{ε}^2 ได้ดังนี้

$$\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p = \frac{p-1}{np} (MSA - MSRES)$$

$$\hat{\sigma}_{\varepsilon}^2 = MSRES$$

$$MSA = \frac{SSA}{p-1}$$

$$MSRES = \frac{SSRES}{(n-1)(p-1)}$$

เมื่อ SSA คือ ผลรวมกำลังสองของตัวแปรทดลอง (Sum of Squares due to treatment A)

SSRES คือ ผลรวมกำลังสองของค่าที่เหลือ (Sum of Squares due residual error)

p คือ ระดับตัวแปรทดลอง (Treatment)

n คือ จำนวนกลุ่ม (block) ทดลอง

นำค่า $\hat{\Phi}_A$ ที่ได้ไปเปิดตาราง Tang 's Chart โดยที่ $V_1 = p - 1$, $V_2 = (n - 1)(p - 1)$

3.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) และค่าอำนาจการทดสอบ

Source	SS	df	MS	F
1. Between groups	A_{adj}	$p - 1$	$A_{adj} / p - 1$	$\frac{MSA_{adj}}{MSS_{adj}}$
2. Within groups	S_{adj}	$p(n - 1)$	$S_{adj} / p(n - 1)$	
3. Total	T_{adj}	$np - 2$		

จากตารางแหล่งความแปรปรวนสามารถหาอำนาจการทดสอบได้จากสูตร

$$\hat{\phi}_A = \sqrt{\frac{\hat{\lambda}_A}{p}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2 / n}}$$

โดยที่

$$\hat{\lambda}_A = \frac{\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2}{\hat{\sigma}_\varepsilon^2}$$

$$\sum_{j=1}^p \hat{\alpha}_j^2 / p = \frac{p-1}{np} (MSA_{(adj)} - MSS_{(adj)})$$

$$\hat{\sigma}_\varepsilon^2 = MSS_{(adj)}$$

$$MSA_{adj} = \frac{SSA_{adj}}{p-1}$$

$$MSS_{adj} = \frac{SSS_{adj}}{(n-1)(p-1)}$$

เมื่อ SSA_{adj} คือ ผลรวมระหว่างกลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

SSS_{adj} คือ ผลรวมภายในกลุ่มของค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว

p คือ ระดับตัวแปรทดลอง

n คือ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง

นำค่า $\hat{\phi}_A$ ที่ได้ไปเปิดตาราง Tang 's Chart โดยที่ $V_1 = p-1$, $V_2 = (n-1)(p-1)$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D	แทน	คะแนนความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
C.V	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
p	แทน	ระดับตัวแปรทดลอง
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
SS	แทน	ผลรวมของส่วนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (Sum of Squares)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบน (Mean Squares)
F	แทน	ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน
df	แทน	ชั้นของความอิสระ (Degree of Freedom)
ϕ	แทน	ดัชนีความแตกต่างค่าเฉลี่ยของประชากร
RBD	แทน	แบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม
ANCOVA	แทน	แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
KR – 20	แทน	ค่าความเชื่อมั่นแบบคูเดอร์ – ริชาร์ดสัน

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการเก็บข้อมูลจากนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กลุ่มที่ 5 จำนวน 1,080 คน โดยเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ครั้ง ครั้งแรกใช้แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ และครั้งที่ 2 ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องความเท่ากันทุกประการ จำนวน 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน โดยคะแนนที่ได้นำมาบันทึกเป็นประชากรเทียม ผู้วิจัยได้เสนอการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ แบ่งเป็น

1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลจากกลุ่มตัวอย่าง 1,080 คน ที่เป็นประชากรเทียม

1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ทั้ง 3 ฉบับ จากกลุ่มตัวอย่าง 1,080 คน ที่เป็นประชากรเทียม

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD)
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)
4. การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม
5. แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ 2 ฉบับ ดังนี้คือ
 - 1.1 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้มาจากแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล ซึ่งทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างขนาด 1,080 คน ที่เป็นประชากรเทียม
- การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้จากการนำคะแนนการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลกับกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ดังปรากฏในตาราง 13

ตาราง 13 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความถนัดด้านเหตุผล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

กลุ่ม	N	$\bar{X}$	S.D	C.V	r_{tt}
กลุ่มสูง	360	13.49	1.75	12.97	-
กลุ่มกลาง	360	10.05	0.77	7.66	-
กลุ่มต่ำ	360	6.92	1.55	22.39	-
รวม	1,080	10.15	3.04	29.95	0.645

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 13 ปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนความถนัดด้านเหตุผลของกลุ่มตัวอย่าง 1,080 คน มีค่าเฉลี่ย 10.15 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.04 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 29.95 และมีค่าความเชื่อมั่น 0.645

- 1.2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบข้อ และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดข้อ

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้จากการนำคะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 3 ฉบับไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 1,080 คน โดยที่ก่อนจะนำไปสอบต้องจัดกลุ่มตามคะแนนของแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลจากคะแนนมากไปหาน้อย แล้วแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 360 คน โดยในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลต้องได้รับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนครบทั้ง 3 ฉบับ ๆ ละ 120 คน แล้วทำการสุ่มในแต่ละกลุ่มว่านักเรียนคนใดจะได้รับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับใด แล้วนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดสอบให้ตรงกับนักเรียนที่สุ่มไว้ แล้วนำผลมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย ดังปรากฏในตาราง 14

ตาราง 14 ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

แบบทดสอบ	กลุ่ม	N	$\bar{X}$	S.D	C.V	r_{tt}
แบบเติมคำ	สูง	120	13.38	1.91	14.24	0.908
	กลาง	120	10.40	1.71	16.46	
	ต่ำ	120	7.92	2.00	25.29	
	รวม	360	10.57	2.92	27.63	
แบบเลือกตอบ ซ้อน	สูง	120	15.08	2.15	14.29	0.846
	กลาง	120	12.58	1.48	11.73	
	ต่ำ	120	10.54	1.55	14.70	
	รวม	360	12.73	2.55	20.03	
แบบเลือกตอบ ถูกผิดซ้อน	สูง	120	13.88	1.95	14.01	0.835
	กลาง	120	11.77	1.45	12.28	
	ต่ำ	120	9.46	2.17	22.97	
	รวม	360	11.71	2.61	22.29	

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 14 ปรากฏว่า แบบทดสอบเลือกตอบซ้อนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 12.73 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.55 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 20.03 รองลงมาคือ แบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน มีค่าเฉลี่ย 11.71 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.61 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 22.29 และแบบทดสอบเติมคำ มีค่าเฉลี่ย 10.57 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน .92 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย 27.63 ส่วนแบบทดสอบที่มีค่าความ

เชื่อมั่นมากที่สุดคือ แบบทดสอบแบบเติมคำ ตามด้วยแบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.908 0.846 และ 0.835 ตามลำดับ

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD)

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับ รวม 3 ฉบับ โดยสุ่มมาฉบับละ 30 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 90 คน เพื่อนำมาเป็น treatment แล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 15

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ระหว่างแบบทดสอบ	215.76	2	107.88	31.47**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1141.4	2	570.70	166.50**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	908.31	265	3.43	
2	ระหว่างแบบทดสอบ	222.27	2	111.14	32.55**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	872.09	2	431.05	127.72**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	904.759	265	3.41	
3	ระหว่างแบบทดสอบ	175.61	2	87.80	29.10**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	845.47	2	422.74	140.15**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	799.35	265	3.02	
4	ระหว่างแบบทดสอบ	227.23	2	113.62	38.74**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1046.90	2	523.45	178.50**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	777.09	265	2.93	
5	ระหว่างแบบทดสอบ	213.61	2	106.80	32.80**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	876.14	2	438.07	134.55**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	862.80	265	3.26	

p** < .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 15 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบพบว่า คะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับคือ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบ ถูกผิดซ้อน มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 31.47$, $F = 32.55$, $F = 29.10$, $F = 38.74$ และ $F = 32.80$ ตามลำดับ)

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 45 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ โดยในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ ทำการสุ่มมาฉบับละ 45 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 135 คน เพื่อจะนำมาเป็น treatment แล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 16

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) ที่มีกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 45 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ระหว่างแบบทดสอบ	340.06	2	170.03	52.77**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1643.39	2	821.70	255.05**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1288.67	400	3.22	
2	ระหว่างแบบทดสอบ	320.24	2	160.12	51.61**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1348.58	2	674.59	217.32**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1241.10	400	3.10	
3	ระหว่างแบบทดสอบ	303.07	2	151.54	44.87**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1437.72	2	718.86	212.87**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1350.81	400	3.37	
4	ระหว่างแบบทดสอบ	316.60	2	158.30	44.42**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1603.59	2	801.79	224.98**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1425.55	400	3.564	
5	ระหว่างแบบทดสอบ	265.97	2	132.99	39.60**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1484.93	2	742.47	221.12**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1343.09	400	3.36	

$p^{**} < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 16 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า คะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับคือ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบ ถูกผิดซ้อน มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 52.77$, $F = 51.61$, $F = 44.87$, $F = 44.42$ และ $F = 39.60$ ตามลำดับ)

2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 60 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ โดยในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ ทำการสุ่มมาฉบับละ 60 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 180 คน เพื่อจะนำมาเป็น treatment แล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 17

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) ที่มีกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 60 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ระหว่างแบบทดสอบ	424.88	2	212.44	63.38**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2102.63	2	1051.32	313.66**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1793.22	535	3.35	
2	ระหว่างแบบทดสอบ	438.85	2	219.42	73.25**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1884.693	2	942.35	314.57**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1602.70	535	2.99	
3	ระหว่างแบบทดสอบ	425.56	2	212.75	59.13**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	1981.62	2	990.81	275.36**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1925.07	535	3.59	
4	ระหว่างแบบทดสอบ	398.24	2	199.12	58.96**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2054.68	2	1027.34	304.20**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1806.79	535	3.37	
5	ระหว่างแบบทดสอบ	385.23	2	192.62	55.58**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2031.63	2	1015.82	293.11**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	1854.72	535	3.47	

$p^{**} < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 17 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า คะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับคือ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบ ถูกผิดซ้อน มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 63.38$, $F = 73.25$, $F = 59.13$, $F = 58.96$ และ $F = 55.58$ ตามลำดับ)

2.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 90 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ ในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับโดยทำการสุ่มมาฉบับละ 90 คนก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 270 คนเพื่อจะนำมาเป็น treatment แล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 18

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) ที่มีกลุ่มตัวอย่าง ขนาด 90 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ระหว่างแบบทดสอบ	618.83	2	309.42	89.87**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	3015.56	2	1507.78	438.46**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	2768.25	805	3.44	
2	ระหว่างแบบทดสอบ	617.88	2	308.94	100.67**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2989.22	2	1494.61	487.04**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	2470.36	805	3.07	
3	ระหว่างแบบทดสอบ	3115.18	2	335.02	94.21**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2862.75	2	1557.79	437.99**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	590.15	805	3.556	
4	ระหว่างแบบทดสอบ	3055.76	2	295.07	88.98**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	2669.64	2	1527.87	460.71**
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	612.68	805	3.31	
5	ระหว่างแบบทดสอบ	612.69	2	306.34	89.12**
	ระหว่างกลุ่ม (Block)	6088.098	2	1544.04	449.18
	ความคลาดเคลื่อน (Residual)	2767.18	805	3.44	

$p^{**} < .01$

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 18 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า คะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับคือ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบ ถูกผิดซ้อน มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 89.87$, $F = 100.67$, $F = 94.21$, $F = 88.98$ และ $F = 89.12$ ตามลำดับ)

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA)

3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 30 คน ในแต่ละกลุ่ม ความถนัดด้านเหตุผล ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ โดยสุ่มมาฉบับละ 30 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 90 คนซึ่งแต่ละคนจะมี คะแนน 2 ชุดคือ คะแนนความถนัดด้านเหตุผล (X) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) โดยให้คะแนนความถนัดด้านเหตุผลเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 19

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ตัวแปรร่วม	1522.15	1	1522.15	767.48**
	ระหว่างแบบทดสอบ	229.81	2	114.90	57.93**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	527.56	266	1.98	
	รวม	2265.47	269		
2	ตัวแปรร่วม	1194.88	1	1194.88	546.14**
	ระหว่างแบบทดสอบ	234.84	2	117.42	53.67**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	581.97	266	2.18	
	รวม	1999.13	269		
3	ตัวแปรร่วม	1100.04	1	1100.04	537.12**
	ระหว่างแบบทดสอบ	185.58	2	92.79	45.31**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	544.78	266	2.04	
	รวม	1820.43	269		
4	ตัวแปรร่วม	1334.94	1	1334.94	726.09**
	ระหว่างแบบทดสอบ	252.31	2	126.15	68.62**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	489.04	266	1.84	
	รวม	2051.49	269		
5	ตัวแปรร่วม	1184.60	1	1184.60	568.42**
	ระหว่างแบบทดสอบ	224.63	2	112.32	53.89**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	554.34	265	2.08	
	รวม	1952.55	269		

p**< .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 19 ปรากฏว่าในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า

1. ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล (ตัวแปรร่วม) กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ตัวแปรตาม) พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 787.48$, $F = 549.14$, $F = 537.12$,

$F = 726.09$ และ $F = 568.42$ ตามลำดับ) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2.การเปรียบเทียบคะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบแบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน หลังจากควบคุมอิทธิพลของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแล้ว พบว่า คะแนนการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 57.93$, $F = 53.67$, $F = 45.31$, $F = 68.62$ และ $F = 53.89$ ตามลำดับ)

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 45 คน ในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ โดยสุ่มมาฉบับละ 45 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 135 คน ซึ่งแต่ละคนจะมีคะแนน 2 ชุดคือ คะแนนความถนัดด้านเหตุผล (X) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) โดยให้คะแนนความถนัดด้านเหตุผลเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 20

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ตัวแปรร่วม	2151.26	1	2151.26	1104.82**
	ระหว่างแบบทดสอบ	361.49	2	180.74	92.83**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	780.81	401	1.84	
	รวม	3272.13	404		
2	ตัวแปรร่วม	1777.78	1	1777.78	878.05**
	ระหว่างแบบทดสอบ	339.09	2	169.54	83.74**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	811.89	401	2.02	
	รวม	2909.91	404		
3	ตัวแปรร่วม	1940.62	1	1940.62	917.77**
	ระหว่างแบบทดสอบ	318.69	2	159.34	75.36**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	874.91	401	2.11	
	รวม	3091.60	404		
4	ตัวแปรร่วม	2173.29	1	2173.29	1018.28**
	ระหว่างแบบทดสอบ	855.84	2	168.57	78.98**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	3345.73	404	2.13	
	รวม	278.438	404		
5	ตัวแปรร่วม	2013.62	1	2013.62	991.48**
	ระหว่างแบบทดสอบ	278.43	2	139.21	68.54**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	814.40	401	2.03	
	รวม	3094.00	404		

p**< .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 20 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า

1. ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล (ตัวแปรร่วม) กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ตัวแปรตาม) พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 1104.82$, $F = 878.05$, $F =$

917.77, $F = 1018.28$ และ $F = 991.48$ ตามลำดับ) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2.การเปรียบเทียบคะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน หลังจากควบคุมอิทธิพลของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแล้ว พบว่า คะแนนการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 92.83$, $F = 83.74$, $F = 75.36$, $F = 78.98$ และ $F = 68.54$ ตามลำดับ)

3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 60 คน ในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล ต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับ โดยสุ่มมาฉบับละ 60 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 180 คน ซึ่งแต่ละคนจะมีคะแนน 2 ชุดคือ คะแนนความถนัดด้านเหตุผล (X) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) โดยให้คะแนนความถนัดด้านเหตุผลเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 21

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ตัวแปรร่วม	2784.63	1	2784.63	1343.18**
	ระหว่างแบบทดสอบ	446.31	2	223.16	107.64**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1111.21	536	2.07	
	รวม	465.42	539		
2	ตัวแปรร่วม	2422.40	1	2422.40	1219.17**
	ระหว่างแบบทดสอบ	465.42	2	232.71	117.12**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1064.99	536	1.987	
	รวม	3926.24	539		
3	ตัวแปรร่วม	2731.36	1	2731.36	1245.63**
	ระหว่างแบบทดสอบ	439.55	2	219.77	100.22**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1175.32	536	2.19	
	รวม	4332.24	539		
4	ตัวแปรร่วม	2759.09	1	2759.09	1341.53**
	ระหว่างแบบทดสอบ	418.35	2	209.17	101.71**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1102.37	536	2.05	
	รวม	4259.70	539		
5	ตัวแปรร่วม	2748.08	1	2748.08	1294.73**
	ระหว่างแบบทดสอบ	403.74	2	201.87	187.11**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1137.67	536	2.123	
	รวม	4270.983	539		

p**< .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 21 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า

1. ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล (ตัวแปรร่วม) กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ตัวแปรตาม) พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 1343.18$, $F = 1219.17$, $F =$

1245.63, $F = 1341.53$ และ $F = 1294.73$ ตามลำดับ) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2.การเปรียบเทียบคะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน หลังจากควบคุมอิทธิพลของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแล้ว พบว่า คะแนนการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 107.64$, $F = 117.12$, $F = 100.22$, $F = 101.71$ และ $F = 187.11$ ตามลำดับ)

3.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากประชากรเทียม โดยการสุ่มแบบใส่คืน โดยสุ่มจากกลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 90 คน ในแต่ละกลุ่ม ความถนัดด้านเหตุผลต้องประกอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับ รวม 3 ฉบับ โดยสุ่มมาฉบับละ 90 คน ก็จะมีจำนวนกลุ่มละ 270 ซึ่งแต่ละคนจะมีคะแนน 2 ชุดคือ คะแนนความถนัดด้านเหตุผล (X) และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) โดยให้คะแนนความถนัดด้านเหตุผลเป็นตัวแปรร่วม และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เป็นตัวแปรตามแล้ววิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จำนวน 5 รอบ ดังปรากฏในตาราง 22

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ที่มีกลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน

รอบที่	แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F
1	ตัวแปรร่วม	4068.35	1	4068.35	1911.51**
	ระหว่างแบบทดสอบ	650.44	2	325.22	152.80**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1715.45	806	2.12	
	รวม	6402.64	809		
2	ตัวแปรร่วม	3858.34	1	3858.34	1942.13**
	ระหว่างแบบทดสอบ	653.42	2	326.71	164.45**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1601.23	805	1.98	
	รวม	6077.46	809		
3	ตัวแปรร่วม	4251.75	1	4251.75	1985.26**
	ระหว่างแบบทดสอบ	701.39	2	350.69	163.75**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1726.17	806	2.14	
	รวม	6647.97	809		
4	ตัวแปรร่วม	2759.09	1	2759.09	1341.53**
	ระหว่างแบบทดสอบ	626.01	2	313.01	155.28**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	1624.654	806	2.02	
	รวม	6315.56	809		
5	ตัวแปรร่วม	4160.83	1	4160.83	1979.21**
	ระหว่างแบบทดสอบ	644.10	2	322.05	153.19**
	ความคลาดเคลื่อน (Error)	16.94.43	806	2.10	
	รวม	6467.95	809		

p**< .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 22 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า

1. ผลการทดสอบความสัมพันธ์ของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผล (ตัวแปรร่วม) กับคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ตัวแปรตาม) พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 1911.51$, $F = 1941.13$, $F =$

1985.26, $F = 1341.53$ และ $F = 1979.21$ ตามลำดับ) ซึ่งเป็นไปตามข้อตกลงของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

2. การเปรียบเทียบคะแนนผลการสอบระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน หลังจากควบคุมอิทธิพลของคะแนนแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแล้ว พบว่า คะแนนการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ($F = 152.80$, $F = 164.45$, $F = 163.75$, $F = 155.28$ และ $F = 153.19$ ตามลำดับ)

4. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จำแนกตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำค่าจากตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่มและแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมในแต่ละรอบขนาด 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คนมาคำนวณหาค่า ϕ แล้วนำไปเปิดตารางเพื่อหาค่าอำนาจการทดสอบ ดังปรากฏในตาราง 23

ตาราง 23 การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

ขนาดกลุ่ม ตัวอย่าง	รอบที่	แบบแผน RBD		แบบแผน ANCOVA	
		ϕ	ค่าอำนาจการ ทดสอบ ($1-\beta$)	ϕ	ค่าอำนาจการ ทดสอบ($1-\beta$)
30	1	4.507	0.84	6.161	0.99
	2	4.586	0.84	5.825	0.988
	3	4.329	0.80	5.435	0.97
	4	5.011	0.93	6.713	0.99
	5	4.604	0.86	5.738	0.986
45	1	5.877	0.988	7.824	0.99
	2	5.808	0.988	7.426	0.99
	3	5.408	0.97	7.042	0.99
	4	5.379	0.96	7.211	0.99
	5	5.073	0.93	6.711	0.99
60	1	6.449	0.99	8.432	0.99
	2	6.939	0.99	8.798	0.99
	3	6.226	0.99	8.133	0.99
	4	6.213	0.99	8.193	0.99
	5	6.032	0.99	7.920	0.99
90	1	7.702	0.99	10.061	0.99
	2	8.151	0.99	10.138	0.99
	3	7.883	0.99	10.416	0.99
	4	7.656	0.99	10.141	0.99
	5	7.665	0.99	10.073	0.99

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 23 ปรากฏว่า ในการวิเคราะห์ข้อมูลรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ

1. ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน พบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ทุกรอบ
2. ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน พบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมี

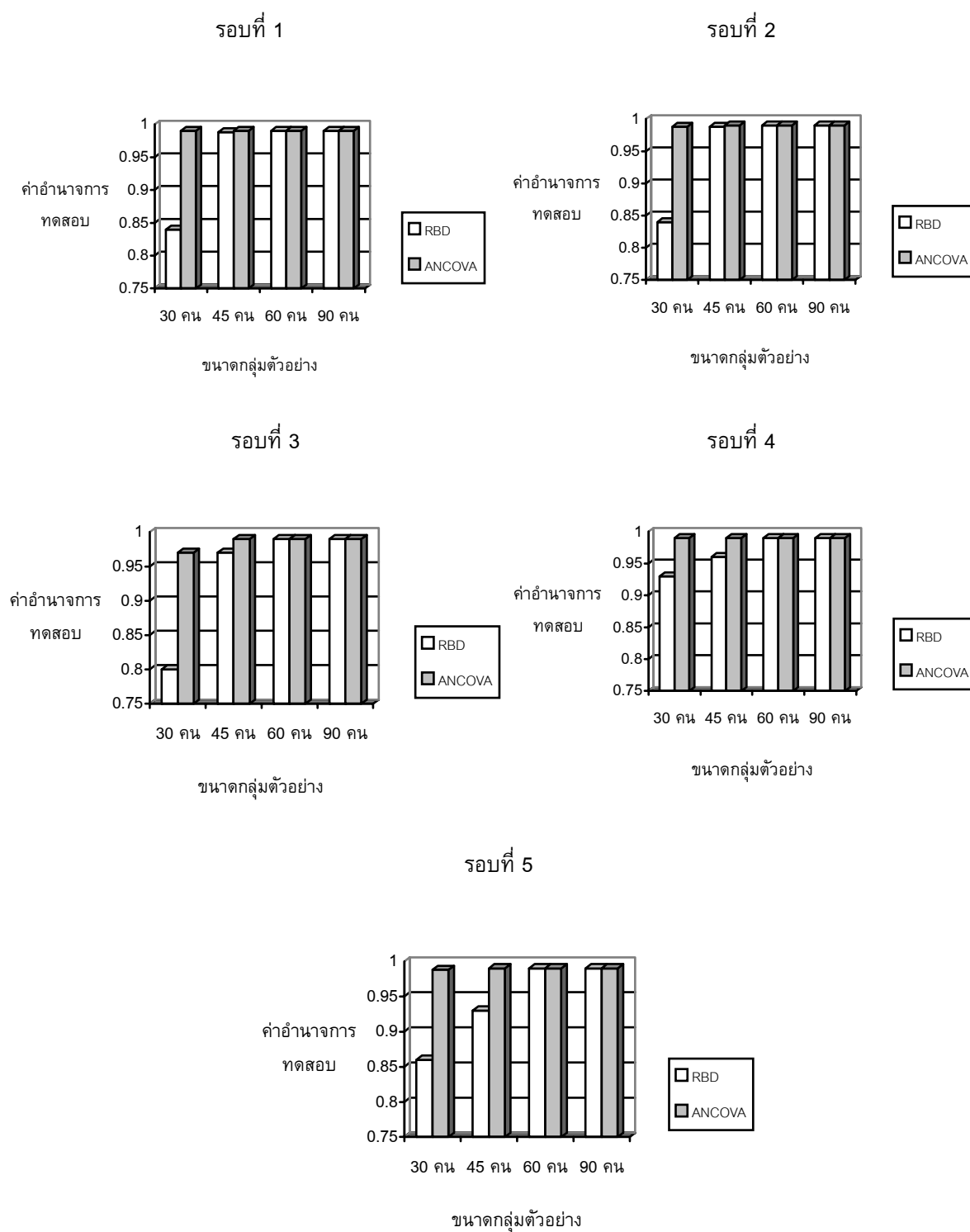
ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ทุกรอบ

3. ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน และ 90 คน พบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันกับแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม

4. ในแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่างที่มีค่าอำนาจการทดสอบมากที่สุด คือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน กับ 90 คน รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน และมีค่าอำนาจการทดสอบน้อยที่สุด คือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน

5. แผนภูมิการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

เพื่อให้เห็นภาพการเปรียบเทียบเด่นชัดขึ้น ผู้วิจัยได้นำค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมานำเสนอการเปรียบเทียบเป็นแผนภูมิแท่ง ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด รอบที่ 1 – 5

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน

1. เพื่อศึกษาอำนาจการทดสอบ (Power of test) ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) และ แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน 4 ขนาด คือ 30, 45, 60 และ 90 คน
2. เพื่อเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of test) ของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จะมีอำนาจการทดสอบ (Power of test) แตกต่างกัน
2. ในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม (RBD) และแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) จะมีอำนาจการทดสอบ (Power of test) แตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2546 โรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร กลุ่มที่ 5 จำนวน 1,080 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two - Stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบ 4 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ ตามแนวของเธอร์สโตน รวม 30 ข้อ 1 ฉบับ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยนำมาปรับปรุงจากแบบทดสอบ

ความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความของพิบูล เกตุประดิษฐ์ และวิภา ภัทรมัย มีความเชื่อมั่น 0.645 และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ค 203 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ ที่วัดเนื้อหาเดียวกัน 3 รูปแบบๆ ละ 1 ฉบับรวม 3 ฉบับคือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน ฉบับละ 30 ข้อ โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.908 0.846 และ 0.835 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อนมาก่อน 1 ฉบับแล้วไปหาคุณภาพเครื่องมือ จากนั้นจึงมา สร้างต่ออีก 2 ฉบับที่เหลือ โดยให้ข้อคำถามเหมือนกันข้อต่อข้อ

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยมีวิธีการดำเนินการดังนี้

1. วางแผนในการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยทำหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย ถึง ผู้อำนวยการโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร กลุ่ม 5 เพื่อขอความร่วมมือจากโรงเรียนในสังกัด ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง โดยชี้แจงวัตถุประสงค์ และวิธีการตอบแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน โดยต้องให้นักเรียนเขียนชื่อชั้น และโรงเรียนให้ชัดเจนในกระดาษคำตอบ เพื่อจะได้สะดวกในการสุ่มว่านักเรียนคนใดจะได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับใด

3. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลมาตรวจให้คะแนน โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบถูกให้ 1 คะแนน คำตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน แล้วนำคะแนนที่นักเรียนสอบได้ของแต่ละคนมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย แล้วจัดเข้ากลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ กลุ่มละ 360 คน

4. ทำการสุ่มนักเรียนในแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล (block) คือ กลุ่มสูง กลุ่มกลาง และกลุ่มต่ำ โดยสุ่มให้นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องได้รับการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับ ในแต่ละกลุ่มความถนัดก็จะได้ฉบับละ 120 คน แล้วทำการจัดบันทึกชื่อ – นามสกุล เลขที่ ห้อง และโรงเรียนของนักเรียนว่าคนใดได้รับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ฉบับใด

5. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างเดิม โดยนำแบบทดสอบทั้ง 3 ฉบับไปสอบให้ตรงกับนักเรียนที่ถูกสุ่มในข้อ 4

6. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มมาแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน คำตอบถูกให้ 1 คะแนน คำตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน แล้วนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม กับแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 1,080 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม ซึ่งแต่ละคนก็จะมีคะแนนคนละ 2 ชุด คือ คะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ กับคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์
2. สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรเทียมให้มีขนาด 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน โดยทำการสุ่มข้อมูลแต่ละขนาดมาขนาดละ 5 รอบ ด้วยการใช้การสุ่มแบบใส่คืน
3. นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดมาวิเคราะห์เพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ทั้ง 2 แบบแผน โดยให้ข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติ มีความสัมพันธ์ของตัวจัดกระทำ (treatment) ขนาดตัวอย่าง สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วม และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน ในทุกคู่ที่เป็นไปได้ โดยให้ค่าของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งคงที่ไว้โดยจัดค่าคะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผล (X) เป็นตัวแปรร่วม 1 ตัวแปร และค่าคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) เป็นตัวแปรตาม สำหรับตัวแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนในกลุ่มสุ่มจัดคะแนนวัดความถนัดด้านเหตุผล (X) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งกลุ่ม (block) และคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Y) เป็นตัวแปรตามในแต่ละกลุ่มของแต่ละค่า X นั้น ถ้ากลุ่มตัวอย่างใดที่สุ่มมาไม่เป็นไปตามข้อตกลง ทำการสุ่มแบบใส่คืนใหม่จนครบตามจำนวนกลุ่มที่ต้องการ
4. นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดทดสอบด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม และแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมทุกกลุ่มทุกขนาดๆ ละ 5 รอบ
5. หาค่าอำนาจของการทดสอบในแต่ละกลุ่มแต่ละขนาด แล้วทำการจดบันทึก
6. เปรียบเทียบค่าอำนาจของการทดสอบของแบบแผนทั้งสองวิธีในแต่ละกลุ่มแต่ละขนาดว่าแบบแผนใดมีอำนาจการทดสอบมากกว่ากันโดยการนำเสนอเป็นตารางและแผนภูมิแท่ง

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม ในกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน ที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 รูปแบบ ๆ ละ 1 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับวัดความรู้ในเนื้อหาเดียวกัน ข้อคำถามเดียวกัน คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน แบบทดสอบถูกผิดซ้อน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่มพบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ขนาดให้ผลสอดคล้องกัน คือ คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน ที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์จำนวน 3 รูปแบบ ๆ ละ 1 ฉบับ ซึ่งแต่ละฉบับวัดความรู้ในเนื้อหา

เดียวกัน ข้อคำถามเดียวกัน คือ แบบทดสอบแบบเติมคำ แบบทดสอบแบบเลือกตอบซ้อน แบบทดสอบแบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า กลุ่มตัวอย่างทั้ง 4 ขนาดให้ผลสอดคล้องกัน คือ คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาคณิตศาสตร์ ทั้ง 3 ฉบับ มีค่าคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาดรอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน และ 45 คน ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน และ 90 คน ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองแบบแผนใกล้เคียงกัน

4. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาดคือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน รอบที่ 1 – 5 ทั้ง 5 รอบ พบว่า

4.1 ค่าอำนาจการทดสอบในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาดพบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน กับ 60 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันและมากที่สุด คือ มีค่าเท่ากับ 0.99 รองลงมาคือกลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง 0.93 – 0.988 และน้อยที่สุดคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบอยู่ระหว่าง 0.80 – 0.93

4.2 ค่าอำนาจการทดสอบในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด พบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน 60 คน และ 90 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.99 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยที่สุด 0.97 – 0.99

อภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน 4 ขนาด คือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน ว่าจะให้ผลของค่าอำนาจการทดสอบแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์สามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. การศึกษาผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน ที่ทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 3 ฉบับคือแบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบเลือกตอบซ้อน และแบบทดสอบเลือกตอบถูกผิดซ้อน พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน คือ คะแนนของแบบทดสอบ ทั้ง 3 ฉบับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกกลุ่มตัวอย่าง จะเห็นได้ว่าแบบแผนทั้งสองแบบแผนสามารถควบคุมอิทธิพลของตัวแปรร่วมที่ไม่ได้สนใจศึกษาได้ดีเหมือนกันซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cochran and Cox (1957) ที่พบว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมและการแบ่งกลุ่ม (block) ให้ผลดีเท่าๆ กัน ในการจัดผลของตัวแปรอื่นนอกจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรร่วมและตัวแปรตามเป็นเส้นตรง

2. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาดคือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบในแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนในการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่มเมื่อคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน และ 45 คน ซึ่งสอดคล้องกับ Wampold และ Drew (1990 : 349 - 352) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน ส่วนค่าอำนาจการทดสอบในขนาดกลุ่มตัวอย่าง 60 คนและ 90 ในการวิเคราะห์ทั้งสองแบบแผนให้ผลใกล้เคียงกัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่มใช้วิธีการควบคุมโดยการจัดกระทำจากการสุ่มความถนัดด้านเหตุผลที่เท่าเทียมกันภายในแต่ละกลุ่ม ส่วนแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะใช้วิธีการควบคุมทางสถิติโดยการควบคุมอิทธิพลของตัวแปรร่วมซึ่งนำคะแนนตัวแปรร่วมของแต่ละคนเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ ทำให้ได้ประสิทธิภาพของการควบคุมสูงกว่า ดังนั้นในกรณีที่มีการวิเคราะห์ข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก คือ 30 คนและ 45 คน แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมให้ผลของค่าอำนาจการทดสอบดีกว่าแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม อาจเป็นเพราะจำนวนคนในกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลของแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่มมีไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลทำให้การควบคุมอิทธิพลด้วยวิธีการสุ่มมีประสิทธิภาพน้อยกว่า แต่ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้นคือ ขนาด 60 และ 90 คน จำนวนคนในกลุ่มความถนัดด้านเหตุผลมีมากพอที่จะเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มความถนัดด้านเหตุผล ทำให้การควบคุมอิทธิพลด้วยวิธีการสุ่มมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ค่าอำนาจการทดสอบของทั้งสองแบบแผนมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการวิจัยยังพบอีกว่า ค่าอำนาจการทดสอบของการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งสองแบบแผน มีค่าอำนาจการทดสอบตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป ทุกรอบ ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Kirk (1995 : 59) ว่า ค่าอำนาจการทดสอบที่น้อยที่สุดที่นักวิจัยส่วนใหญ่จะยอมรับได้ คือมีค่า ตั้งแต่ 0.80 ขึ้นไป

3. ผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ให้ค่าอำนาจการทดสอบมากที่สุดคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คนและ 90 คน รองลงมาคือ กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน และให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยที่สุดคือกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน ส่วนผลการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างของแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า กลุ่มตัวอย่าง

ขนาด 30 คนให้ค่าอำนาจการทดสอบน้อยที่สุด ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน 60 คน และ 90 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน จากการวิจัยจะเห็นได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อค่าอำนาจการทดสอบ คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมาก ค่าอำนาจการทดสอบก็มากด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแปรผันตามกับค่าอำนาจการทดสอบ และนอกจากนี้การวิจัยยังพบว่าในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเล็ก แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบกลุ่มสุ่ม และกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่ากลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ดังที่การศึกษาของ มยุรี จิรชนสมบัติ ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบแบบพาราเมตริกกับนอนพาราเมตริกในการวิเคราะห์โควาเรียนซ์ของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด พบว่า วิธีของนอนพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของพาราเมตริก เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเล็กมาก แต่เมื่อขนาดกลุ่มตัวอย่างเพิ่มขึ้นและเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ วิธีของพาราเมตริกจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีนอนพาราเมตริก (มยุรี จิรชนสมบัติ.2530 : บทคัดย่อ)

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูล ในขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

1.1 จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คนและ 45 คน แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม ดังนั้นในการศึกษาการวิจัยกับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเช่น 30 คนและ 45 คน ควรเลือกแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมจะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์กลุ่มสุ่ม

1.2 ถ้าผู้วิจัยทำการศึกษากลุ่มตัวอย่างขนาด 60 คน และ 90 คน ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่า ให้ค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกันทั้งสองแบบแผน ดังนั้นในการเลือกใช้แบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถเลือกใช้แบบแผนใดแบบแผนหนึ่งก็ได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 นอกจากศึกษาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ต่างกันแล้ว ควรศึกษาภายใต้เงื่อนไขให้มากกว่านี้ เช่น ระดับสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรร่วมที่ต่างกัน ระดับนัยสำคัญที่ต่างกัน ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

2.2 ควรศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนกลุ่มสุ่มกับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมที่ศึกษาในรูปของการวิจัยเชิงทดลอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กึ่งทอง ยงยุทธมีชัย. (2538). การเปรียบเทียบสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน. วิทยานิพนธ์ พ.ม.(สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- เกสร วัฒนชัยวณิช. (2532). การทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์. วิทยานิพนธ์ พ.ม.(สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- จุฑาภรณ์ ตันเจริญ.(2538). การเปรียบเทียบคุณภาพของแบบทดสอบเรขาคณิตแบบเติมคำ แบบเลือกตอบซ้อน และแบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน . ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ถ่ายเอกสาร.
- จรัญ จันทลักษณ์. (2527). สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ชวาล แพร์ตกุล. (2517). การทดสอบเพื่อค้นหาและพัฒนาสมรรถภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยการศึกษา ประสานมิตร.
- . (2530). เทคนิคการเขียนคำถามเลือกตอบ. กรุงเทพฯ : กิ่งจันทร์การพิมพ์.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2528). แบบแผนการทดลองและสถิติ. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ดุขฎิ โยเหลา. (2535). แบบแผนการทดลอง. สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ทองหล่อ วิภาวีน. (2523). การวัดความถนัด. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- นันทา วงษ์วิโรจน์. (2532). สถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร. วิทยานิพนธ์ พ.ม.(สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์ . (2521). การวัดและประเมินผลการศึกษา : ทฤษฎีและการประยุกต์. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- . (2525). การสร้างแบบทดสอบ. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- . (2544). การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- . (2545). การวัดประเมินผลการเรียนรู้ (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- บุญเชิด ภิญโญนนท์พงษ์. (2545). เอกสารการประกอบการบรรยายวิชาการสร้างแบบทดสอบ : เรื่อง การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ. ภาควิชาการวัดผลและการวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2539). สถิติวิจัย 2. กรุงเทพฯ : เบสท์ กราฟฟิค เพรสการพิมพ์.
- พรทิพย์ ศรีมณี. (2537). การสร้างแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาตามแนวทางประกอบของแบบทดสอบ พี เอ็ม เอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 . ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ถ่ายเอกสาร.
- พรรณณี ประยูรพรหม. (2542). การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองขั้นพื้นฐานตามแนวแบบทดสอบ พี เอ็ม เอ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พิมพ์เพ็ญ กลับอุดม. (2534) การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอช ของครัสคัล – วอลลิส กับสถิติทดสอบไคสแควร์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- มยุรี จิรชนสมบัติ. (2530). การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบแบบพาราเมตริกซ์กับนอนพาราเมตริกซ์ในการวิเคราะห์ไควเรียนซ์ของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด. วิทยานิพนธ์ พ.ม.(สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2540). แบบแผนเชิงสถิติของการทดลอง. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ลัดดาวัลย์ หวังพานิช. (2528). สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. สำนักทดสอบทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- . (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วิญญา วิศาลาภรณ์. (2530). การสร้างแบบทดสอบ. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

- สิรินุช เอี่ยมเขียว. (2544). ผลการเปรียบเทียบพหุรายคู่บางวิธีภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม.(การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2536). สถิติประยุกต์เพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริชัย กาญจนวาสี และคณะ. (2527). การเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อวยพร จุฑานนท์. (2528). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวัดซ้ำ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มภายในบล็อกเมื่อใช้ตัวแปรร่วม. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ถ่ายเอกสาร.
- อุทุมพร ทองอุไทย. (2519). แผนวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมศาสตร์. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- (2523). แผนวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมศาสตร์. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Adams, Georgia S. (1964). *Measurement and Evaluation*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Ahmann, J.S. (1975). *Measuring and Educational Achievement*. Bonton : Allen and Bacon, Inc.,
- Allen L. Edwards. (1960). *Experimental Design in Psychological Research*. New York : Rov ED .
- Bingham, Walt van Duke. (1987). *Aptitude and Aptitude testing*. New York : Harper and Borthers.
- Campbell Donald T. and Stanley Julian C. (1963). *Experimental and Quasi – Experimental Designs for Research*. Chicago, Rand McNally & Co.,
- Cochran. W.G., and Cox, G.M. (1957). *Experimental Designs*. New York : Wiley.
- Cohen, Jacob. (1973). Statistical power analysis and Research Results. *American Educational Research Journal*. 10, 225 – 230.
- (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (rev.ed) New York : Academic Press.
- Cohen, Jacob. (1988). *Statistical power analysis (2nd ed)*. Hillsdale. NJ : Erlbaum.
- Cox, G.M. (1957). “The use of A Concomitant Variable in Selecting an Experimental Design.” *Biometric*. 44 : 150 – 158.

- Cronbach, Lee J. (1971). *Essentials of Psychological Testing*. 3rd ed. New York : Harper and Row Publishers.
- De Cecco, John Paul. (1967). *The psychology of language, thought and instruction : read*. New York : Holt, Rinehart and Winston.
- Ebel, Robert L. (1972). *Essential of Educational Measurement*. 3rd ed. Englewood cliffs. Prentice – Hall.
- Feldt, Leonard S. (1958). "A Comparison of the Precision of three Experimental Designs Employing a Concomitant Variable." *Psychometrika*. 23 : 335 – 353.
- Freeman, Frank S. (1966). *Theory and Practice of Psychological testing*. 3rd ed. New York : inchart and Winston.
- Glass , G.V., and Stanley, J.C. (1970). *Statistical Methods in Education Psychology*. New Jersey : Prentice – Hall.
- Good, Carter V. (1959) *Dictionary of Education*. 2nd .ed. New York : McGraw-Hill .
- Guildford, J.P. Hoepfner, Ralph. (1971). *The Analysis of Intelligence*. New York : McGraw – Hill Book Company.
- Hermann, Henry R. and Gage N.L. (1955). *Educational Measurement and Evalution*. New York
- Keppel, Geoffrcy. (1991). *Design and Analysis : A researcher's Handbook*. Englewood Cliffs. NJ : Prentice Hall.
- Kirk ,Roger E . (1982). *Experimental Design : Procedures for the Behavioral Sciences*. 2rd ed. California : Brooks/Cole Publishing Company.
- (1995). *Experimental Design : Procedures for the Behavioral Sciences*. 3rd ed. California : Brooks/Cole Publishing Company.
- Kolstad, Rosemarie K. and Other. (1983). "The Failure of Complex Multiple – Choice Iten to Prevent Guessing" *Educational Research Quarterly*. 2(44 – 45).
- Marshall, John C. (1972). *Essentials of Testing*. Addison – Wesley Publishing Company Inc.,
- Mehrehs, William A. (1978). *Measurement and Evaluation in Educational and Psychology*. 2nd ed., New York : Holt, Rinchart and Winton.
- Myers, Jerome L. (1979). *Fundamental of Experimental Design*. Boston : Allyn and Bacon, Inc.
- Nunnally, Jum C. (1964). *Educational Measurement and Evaluation*. New York : McGraw – Hill. Book Company Inc.,

- Pearson, E.S., & Hartlay, H.O. (1951). Chart of the power function for analysis of variance test. Derived from the noncentral F- distribution. *Biometrika*. 38,112 – 130 [816].
- Remmes. Harman H. (1967). *A practical Introduction to Measurement and Evaluation*. Delhi : Universal Book Stall.
- Thorndike, Robert L. (1971). *Education Measurement*. New York : The Grant Foundation.
- Travers, Robert M.W. (1950). *How to Make Achievement Test*. New York : The Edyssey Press.
- Weiten, Wayne. (1982). "Relative Effective of Single and Double Multiple – Choice in Educational Measurement". *Journal of Experimental Education*. 51(1) : 46 – 50.
- Wechsler David. (1958) *The Measurement and Appraisal of Adult Intelligenc*. 4th .ed.,The William & Wilkins Company .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ 3 ฉบับดังนี้

- แบบเติมคำ
- แบบเลือกตอบซ้อน
- แบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน

ตาราง 24 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ แบบเติมคำ

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
1	.68	.74	16	.47	.81
2	.71	.76	17	.53	.70
3	.65	.69	18	.57	.65
4	.69	.75	19	.32	.84
5	.70	.79	20	.39	.69
6	.69	.80	21	.42	.76
7	.72	.80	22	.65	.64
8	.45	.79	23	.54	.82
9	.41	.89	24	.75	.74
10	.39	.81	25	.41	.82
11	.53	.79	26	.56	.85
12	.41	.86	27	.46	.87
13	.35	.81	28	.43	.80
14	.47	.79	29	.61	.79
15	.56	.80	30	.69	.55

มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.908

ตาราง 25 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ แบบเลือกตอบซ้อน

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
1	.76	.65	16	.52	.80
2	.76	.65	17	.74	.54
3	.72	.62	18	.58	.65
4	.74	.69	19	.58	.75
5	.68	.68	20	.60	.77
6	.65	.62	21	.44	.49
7	.55	.60	22	.75	.67
8	.63	.59	23	.51	.81
9	.57	.48	24	.70	.74
10	.70	.73	25	.47	.48
11	.55	.69	26	.61	.61
12	.41	.66	27	.48	.68
13	.65	.78	28	.72	.58
14	.66	.66	29	.47	.65
15	.55	.71	30	.68	.66

มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.846

ตาราง 26 ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง ความเท่ากันทุกประการ แบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน

ข้อ	p	r	ข้อ	p	r
1	.67	.61	16	.36	.54
2	.68	.60	17	.46	.59
3	.70	.58	18	.48	.50
4	.71	.60	19	.37	.74
5	.69	.64	20	.49	.78
6	.70	.59	21	.55	.59
7	.55	.65	22	.51	.68
8	.50	.63	23	.42	.65
9	.53	.67	24	.52	.77
10	.38	.71	25	.57	.51
11	.38	.68	26	.62	.77
12	.30	.73	27	.38	.67
13	.46	.75	28	.55	.63
14	.39	.63	29	.42	.55
15	.40	.72	30	.59	.75

มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.835

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรูปความ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเติมคำ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบซ้อน
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แบบเลือกตอบถูกผิดซ้อน

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผล

แบบสรุปความ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีจำนวน 30 ข้อ ให้เวลาทำ 20 นาที ฉะนั้นนักเรียนควรรีบตอบโดยเร็วให้ครบทุกข้อจึงจะได้คะแนนดี
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ – นามสกุล เลขที่ และโรงเรียน ในกระดาษคำตอบให้ชัดเจน และครบทุกช่อง
3. ให้นักเรียนใช้เหตุผลหาข้อสรุปจากข้อความที่กำหนดให้ว่าสรุปอย่างสมเหตุสมผลแล้วจะเป็นข้อใด ดังตัวอย่างเช่น

ตัวอย่าง (0) เปิดบางตัวเป็นนก ไก่ทุกตัวเป็นนก นกทุกตัวกินหนอน ดังนั้น

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| ก. เปิดทุกตัวเป็นไก่ | คำตอบที่ถูกต้องคือข้อ ข. |
| ข. ไก่ทุกตัวกินหนอน | เพราะเป็นการสรุปอย่าง |
| ค. เปิดทุกตัวกินหนอน | สมเหตุสมผลดังนั้นให้ |
| ง. ไก่บางตัวเป็นเปิด | นักเรียนกากบาทลงในช่อง |
| จ. สรุปไม่ได้แน่นอน | ข้อ ข. ในกระดาษคำตอบ |

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
0		X			

4. ถ้านักเรียนพบข้อยากอย่าท้อใจ จงข้ามไปทำข้ออื่นก่อน มีเวลาเหลือจึงย้อนกลับมาทำข้อนั้นใหม่
5. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในข้อสอบฉบับนี้
6. ถ้านักเรียนสงสัยข้อใดให้ยกมือถามเสียก่อน เมื่อบอกให้ลงมือทำข้อสอบแล้วนักเรียนจะถามอะไรไม่ได้

1. ทุกคนที่ดื่มเหล้าจะเป็นโรคตับแข็ง นายเดชเป็นโรคตับแข็ง ดังนั้น
 - ก. นายเดชต้องตาย
 - ข. นายเดชไม่ดื่มเหล้า
 - ค. นายเดชต้องไปหาหมอ
 - ง. นายเดชต้องดื่มเหล้าทุกเย็น
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
2. นกเป็นสัตว์ชนิดเดียวที่บินได้ สัตว์ที่บินได้เป็นสัตว์ที่ออกลูกเป็นไข่ ไม่มีเปิดตัวใดเป็นนก ดังนั้น
 - ก. เปิดออกลูกเป็นไข่
 - ข. เปิดบางตัวบินไม่ได้
 - ค. สัตว์บินได้บางตัวออกลูกเป็นไข่
 - ง. สัตว์ออกลูกเป็นไข่บางตัวเป็นเปิด
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
3. หมอทุกคนเป็นเศรษฐี เศรษฐีบางคนตระหนี่ นายสมศักดิ์เป็นหมอ ดังนั้น
 - ก. คนตระหนี่เป็นหมอ
 - ข. นายสมศักดิ์เป็นเศรษฐี
 - ค. คนตระหนี่เป็นเศรษฐี
 - ง. นายสมศักดิ์เป็นคนตระหนี่
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
4. ถ้านายอึดดื่มน้ำส้มและน้ำกระเจี๊ยบแล้ว นายอึดจะดื่มโค้ก ถ้านายอึดดื่มน้ำกระเจี๊ยบ ดังนั้น
 - ก. นายอึดดื่มโค้ก
 - ข. นายอึดดื่มน้ำส้ม
 - ค. นายอึดไม่ดื่มโค้ก
 - ง. นายอึดไม่ดื่มน้ำส้ม
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
5. นายชินมีลูกสาวคนเดียวชื่อนางสาย นายแสงเป็นลูกของนางสาย นางจันเป็นลูกนายแสง นายกรุงเป็นลูกเขยนายชิน ดังนั้น
 - ก. นายกรุงเป็นปู่นางจัน
 - ข. นายชินเป็นปู่นายแสง
 - ค. นางสายเป็นยายนางจัน
 - ง. นายกรุงเป็นตานายแสง
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
6. ถ้าเรือแล่นไปตามคลองหลอดเรือจะเร็ว ถ้าเรือแล่นออกแม่น้ำเจ้าพระยาเรือจะช้า แต่เรือต้องแล่นไปตามคลองหลอดหรือแม่น้ำเจ้าพระยา ดังนั้น
 - ก. เรือเร็ว
 - ข. เรือช้า
 - ค. เรือเร็วและจม
 - ง. เรือต้องเร็วและช้า
 - จ. เรืออาจจะเร็วหรือช้า
7. ทุกคนที่เรียนจบปริญญาตรี ตั้งใจที่จะเรียนต่อปริญญาโท นายทวยจบปริญญาตรีและสอบเรียนต่อปริญญาโทไม่ได้ ดังนั้น
 - ก. นายทวยผิดหวัง
 - ข. นายทวยเรียนหนังสือไม่เก่ง
 - ค. นายทวยดูหนังสือไม่ตรงกับที่ข้อสอบออก
 - ง. นายทวยไม่มีสิทธิ์สอบเรียนต่อปริญญาโท
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
8. นายดำเข้าแถวอยู่ระหว่างนายแดงกับนายเขียว นายแดงยืนอยู่ระหว่างนายดำกับนายขาว นายขาวยืนระหว่างนายแดงกับนายเหลือง อยากทราบว่าใครยืนเป็นอันดับรองสุดท้าย
 - ก. นายดำ
 - ข. นายขาว
 - ค. นายแดง
 - ง. นายเขียว
 - จ. นายเหลือง
9. คนไม่ดูหนังสือจะสอบไม่ได้แดงดูหนังสือ

18. ปูเงินเดือนมากกว่าปลา ปลาเงินเดือนมากกว่ากุ้ง กุ้งเงินเดือนเท่ากับกุ้ง ทราวยเงินเดือนมากกว่ากั้ง กั้งจะเงินเดือนขึ้นก็ต่อเมื่อกุ้งเงินเดือนขึ้น แต่ปีนี้กุ้งเงินเดือนขึ้น ดังนั้น
- ก. กุ้งได้เงินเดือนมากที่สุด
 - ข. ทราวยได้เงินเดือนมากที่สุด
 - ค. กุ้งได้เงินเดือนมากกว่าปู
 - ง. กั้งได้เงินเดือนมากกว่าปู
 - จ. ปูได้เงินเดือนมากกว่าทราวย
19. ถ้านราไปเที่ยว นรินทร์จะไปเที่ยว ถ้าดาวไปเที่ยว เดือนจะไปเที่ยว ทุกครั้งที่ดาวไปเที่ยวกับนรา แสดงว่า
- ก. ดาว เดือน นรา นรินทร์ ไปเที่ยวด้วยกันทุกครั้ง
 - ข. ถ้าดาวไปเที่ยว นรินทร์ก็ไปเที่ยว
 - ค. ดาวและเดือนไปเที่ยวจำนวนครั้งเท่ากัน
 - ง. เดือนและนรินทร์ไปเที่ยวด้วยกัน
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
20. คนทุกคนเมื่อหิวต้องกิน และเมื่อเหนื่อยต้องหยุดพัก นายแสงเดินทางตัดทุ่งมาเพื่อไปตลาด เมื่อเดินทางไปได้ $\frac{1}{3}$ ของระยะทาง เขารู้สึกร้อน เหนื่อย และหิว ดังนั้น
- ก. นายแสงเร่งเดินให้ถึงตลาดโดยเร็ว
 - ข. นายแสงหยุดพักที่ไต้ต้นไม้นี้ให้หายเหนื่อยเสียก่อนจึงเดินต่อ
 - ค. นายแสงกลับบ้าน
 - ง. นายแสงจะไม่เลือกเดินทางนี้อีก
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
21. ถ้าฝนตก กบจะร้อง ถ้าฝนตกและแดดออก นกกระจอกจะเข้ารัง ถ้าฝนตกฟ้าร้องและฟ้าผ่า คนจะรีบเข้าบ้าน เมื่อวานนี้ฝนตก แดดออก และฟ้าร้อง ดังนั้น

- ก. กบร้อง
 - ข. คนรีบเข้าบ้าน
 - ค. นกกระจอกเข้ารัง
 - ง. กบร้องและนกกระจอกเข้ารัง
 - จ. กบร้อง นกกระจอกเข้ารัง คนรีบเข้าบ้าน
22. พ่อบอกลูกว่า ถ้าลูกสอบได้ที่ 1 ถึง 5 พ่อจะซื้อรถจักรยานยนต์ให้ ถ้าลูกสอบได้ที่ 6 ถึง 10 พ่อจะซื้อรถจักรยานให้ ถ้าลูกสอบได้ที่ 11 ถึง 15 พ่อจะซื้อไม้ปิงปองให้ ถ้าลูกสอบตกจะโดนตี 15 ที่ ปรากฏว่าลูกสอบได้ที่ 14 แต่ได้ 47% ดังนั้นพ่อควรจะทำอย่างไร
- ก. ซื้อไม้ปิงปองให้
 - ข. ตี 15 ที่
 - ค. ซื้อไม้ปิงปองให้และตี 15 ที่
 - ง. พ่อถามลูกว่าควรได้รับรางวัลหรือตี
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
23. หยิบลูกหินมา 8 ลูก เป็นสีแดง 3 ลูก สีเขียว 3 ลูก สีขาว 2 ลูก ในการหยิบเมื่อหยิบได้ลูกหินสีแดงครั้งต่อไปจะได้ลูกหินสีขาวเสมอ หยิบครั้งที่ 3 ได้สีขาว ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 ได้สีเขียว ครั้งที่ 6 ได้สีแดง ดังนั้น
- ก. ครั้งแรกหยิบได้สีขาว
 - ข. ครั้งแรกหยิบได้สีแดง
 - ค. ครั้งสุดท้ายหยิบได้สีเขียว
 - ง. ครั้งสุดท้ายหยิบได้สีขาว
 - จ. ครั้งสุดท้ายหยิบได้สีแดง
24. ถ้าไก่เป็นคนดีแล้วเปิดจะเป็นคนนินทา คนนินทาเป็นคนไม่มีศีล กบนินทาเปิด ดังนั้น
- ก. ไก่เป็นคนดี
 - ข. เปิดเป็นคนดี
 - ค. เปิดเป็นคนนินทา
 - ง. กบเป็นคนไม่มีศีล
 - จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน

25. บ้านเรณูอยู่ทางทิศตะวันตกของบ้านปัญญา
บ้านปริชาอยู่ทางทิศเหนือของบ้านปัญญา
บ้านสุดาอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของ
ตลาด และอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของบ้าน
ปัญญา ตลาดอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ
บ้านเรณู ดังนั้น
- ก. บ้านสุดาอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของ
บ้านเรณู
- ข. บ้านสุดาอยู่ทางทิศใต้ของบ้านปริชา
- ค. บ้านเรณูอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ
บ้านสุดา
- ง. บ้านปัญญาอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้
ของบ้านสุดา
- จ. บ้านปัญญาอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
ของตลาด
26. ถ้าข้าราชการได้รับการเพิ่มเงินเดือนแล้ว
สินค้าจะราคาแพงขึ้นทุกครั้ง ถ้าข้าราชการ
ได้รับเงินเดือนเพิ่มขึ้นแล้วประชาชนจะ
เดือดร้อน แต่สินค้าแพงขึ้นเพราะราคาน้ำมัน
ขึ้น ดังนั้น
- ก. น้ำมันขึ้นราคา ข้าราชการจะได้รับ
เงินเดือนขึ้น
- ข. ถ้าน้ำมันขึ้นราคาแล้วประชาชนเดือดร้อน
- ค. ถ้าสินค้าราคาแพงขึ้นประชาชนเดือดร้อน
- ง. ถ้าประชาชนเดือดร้อนแสดงว่าข้าราชการ
ไม่ได้รับเงินเดือนขึ้น
- จ. ถ้าประชาชนไม่เดือดร้อนแสดงว่าสินค้าไม่
เพิ่มราคา
27. นาย ก กินส้มตำ ไก่ย่าง ปวดท้อง นาย ข กิน
ลาบ ไก่ย่าง ไม่ปวดท้อง นาย ค กินส้มตำ
เนื้อย่าง ปวดท้อง นาย ง กินลาบ เนื้อย่าง ไม่
ปวดท้อง ดังนั้นสิ่งไหนทำให้ปวดท้อง
- ก. ลาบ ข. ส้มตำ

- ค. เนื้อย่าง จ. ไก่ย่าง
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
28. เด็กชอบอ่านหนังสือการ์ตูน ผู้ใหญ่ชอบอ่าน
หนังสือนิยาย สูดากำลังอ่านหนังสือนิยาย
ดังนั้น
- ก. สูดเป็นผู้ใหญ่
- ข. สูดชอบอ่านหนังสือนิยาย
- ค. สูดไม่ชอบอ่านการ์ตูน
- ง. สูดชอบทั้งการ์ตูนและนิยาย
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
29. เต๋นบอกแม่ว่า อยากกินข้าวต้มปลา แต่ไม่ให้
ใส่ข้าวต้ม ดังนั้น
- ก. เต๋นหิวข้าว
- ข. เต๋นอยากกินปลา
- ค. แม่ของเต๋นขายข้าวต้ม
- ง. เต๋นอยากกินข้าวต้มปลา
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน
30. นางงามทุกคนสวย คนสวยส่วนมากผิวขาว
คนผิวขาวบางคนกลัวแดด ดังนั้น
- ก. นางงามทุกคนผิวขาว
- ข. คนสวยทุกคนผิวขาว
- ค. คนสวยส่วนมากกลัวแดด
- ง. นางงามบางคนกลัวแดด
- จ. ยังสรุปไม่ได้แน่นอน

ภาคผนวก ค
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมวงษ์ แปลงประสบโชค	ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนคร
อาจารย์ปรีชา จันทกล้า	ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพระนคร
อาจารย์วีรยุทธ ตังวโย	หมวดคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมสาธิต วัดพระศรี มหาธาตุ สถาบันราชภัฏพระนคร

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ	นายรุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว
เกิดวันที่	23 สิงหาคม 2519
สถานที่เกิด	อำเภอหัวไทร จ. นครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	524 ซอยรามอินทรา 36 ถนนรามอินทรา แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10230
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนมัธยมสาธิตวัดพระศรีมหาธาตุ สถาบันราชภัฏ พระนคร บางเขน กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2534	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนนพคุณประชาสรรค์ จ.นครศรีธรรมราช
พ.ศ.2537	ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ จ. กรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2541	คป. (วิชาเอกคณิตศาสตร์) สถาบันราชภัฏพระนคร
พ.ศ.2547	กศ.ม (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร