

อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ตามข้อตกลงความแปรปรวน
วิธีพหุคูณของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

ปริญญานิพนธ์
ของ
ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2551

อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ตามข้อตกลงความแปรปรวน
วิธีพหุคูณของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

ปริญญานิพนธ์
ของ
ธีรศักดิ์ จันทร์กระจำง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ตามข้อตกลงความแปรปรวน
วิธีพหุคูณของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

บทคัดย่อ
ของ
ธีรศักดิ์ จันทร์กระจำว

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2551

ธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง. (2551). *อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณตามข้อตกลงความแปรปรวนวิธีพหุคูณของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน*. ปรินซ์ตัน: กทม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์, อาจารย์ชวลิต รวยอาจิน.

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณ และหาอำนาจการทดสอบ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's, วิธี Games-Howell และวิธี Brown-Forsythe ตามข้อตกลงความแปรปรวนวิธีพหุคูณของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 571 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน แล้วกำหนดเป็นประชากรเทียม เพื่อสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน ขนาดละ 30 ครั้ง ด้วยการสุ่มแบบใส่คืน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.855

ผลการศึกษาพบว่า

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และเป็นโค้งสูงแหลม มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐาน ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด ของการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ, วิธี Games-Howell ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และโค้งแบน และวิธี Brown – Forsythe ในการแจกแจงเป็นโค้งแบน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐาน ในการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ ของการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 120 คน, วิธี Games-Howell ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน และวิธี Brown – Forsythe ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี จากลักษณะการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ มีค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าในทุกลักษณะการแจกแจง ในวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ค่าอำนาจการทดสอบการทดสอบพหุคูณ วิธี Brown-Forsythe มีค่าอำนาจการทดสอบมากที่สุด

POWER OF TEST OF MULTIPLE COMPARISON PROCEDURES UNDER HETEROGENEOUS
VARIANCES ASSUMPTION FOR DATA WITH DIFFERENT DISTRIBUTIONS
AND UNEQUAL SAMPLE SIZES

AN ABSTRACT
BY
THEERASAK CHANKRACHANG

Presented in Partial Fulfillment of Requirement for the
Master of Education Degree in Educational Research and Statistics
at Srinakharinwirot University
May 2008

Theerasak Chankrachang (2008). *Power of Test of Multiple Comparison Procedures under Heterogeneous Variances Assumption for Data with Different Distributions and Unequal Sample Sizes*. Master thesis. M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Mr. Chawalit Ruayajin.

The purpose of this study was to investigate the results of multiple comparisons and the power of test of 3 methods of Tamhane, Games-Howell and Brown-Forsythe under heterogeneous variance assumption for data with different distributions and unequal sample sizes. Samples used in the study were 571 Mathayomsuksa 1-3 students under Samutprakan Office of Educational Service Area 2. They were selected by using two-stage random sampling as pseudo-population for being the sampling groups of 20, 40, 80 and 120 students through 30 rounds with repeated random sampling. The instrument used in the study was dimensional spatial test with 30 items and the reliability of 0.855.

The findings of study were as follows.

Regarding the results of multiple comparisons among 3 methods in normal and platykurtic distributions, their numbers of hypothesis rejection were different with statistical significance at the level of .05. The numbers of hypothesis rejection among 4 sample sizes of multiple comparisons by using Tamhane's test in normal, platykurtic and leptokurtic distributions; Games-Howell test in normal and negative skewness distributions; and Brown-Forsythe test in positive skewness distribution were different with statistical significance at the level of .05. The numbers of hypothesis rejection in 5 different distributions of multiple comparisons by using Tamhane's test in sample sizes of 40 and 120 students; Games-Howell test in sample size of 40 students; and Brown-Forsythe test in sample size of 20 students were different with statistical significance at the level of .05. The power of test of 3 multiple comparisons with 5 types of distributions was increased when the sample sizes were increased. The power of test in normal distribution was higher than the power of test in other distributions. Among different methods of multiple comparisons, the power of test by Brown-Forsythe method was the highest one.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

อำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ ตามข้อตกลงความแปรปรวนวิธี
พันธ์ของข้อมูลที่แจกแจงต่างกัน และขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน

ของ
ธีรศักดิ์ จันทร์กระจำง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่ เดือน พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

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

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้ สำเร็จได้ด้วยดีเป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์
ชวลิต รวยอาจิน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ท่านทั้งสองได้เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อให้คำปรึกษา
แนะนำ ชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่อง ในการจัดทำงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอน อีกทั้งทำให้ผู้วิจัย
ได้รับประสบการณ์ในการทำงานวิจัย งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการควบคุมการสอบปริญญานิพนธ์
รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์ และอาจารย์ ดร.เสกสรรค์ ทองคำบรรจง รวมทั้งอาจารย์ในภาค
วิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา ทุกท่านได้แนะแนวทางในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ชานินทร์ ศรีสุวรรณนภา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ที่สละเวลาให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู ทุกท่านของโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง รวมทั้ง
นักเรียนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ สุเทพ จันท์กระจำง คุณแม่ โสภภาพรรณ จันท์กระจำง และ
ครอบครัวจันท์กระจำง ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และกำลังใจอย่างมากในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนเพื่อนสาขาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา ภาคพิเศษ รุ่นที่ 7 ที่ให้คำแนะนำและ
เป็นกำลังใจ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา
มารดา และครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดมา

ธีรศักดิ์ จันท์กระจำง

สารบัญ

บทที่

หน้า

1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า.....	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า.....	3
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า.....	4
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า.....	4
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	4
ตัวแปรที่ศึกษา.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
การเปรียบเทียบพหุคูณ.....	9
ความหมายของการเปรียบเทียบพหุคูณ.....	9
การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย.....	10
ชนิดของการเปรียบเทียบ.....	11
อำนาจการทดสอบ.....	16
ความหมายของอำนาจการทดสอบ.....	16
องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ.....	17
การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบ.....	17
การแจกแจงของข้อมูล.....	18
โค้งปกติ.....	18
ความเบ้.....	21
ความโด่ง.....	25
การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน.....	26
วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ.....	28
วิธี Tamhane's.....	28
วิธี Games-Howell.....	29
วิธี Brown – Forsythe.....	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2(ต่อ)	
ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	32
ความหมายของความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	32
ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	32
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	35
รูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	36
ความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์.....	37
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับความสามารถทางสมอง ด้านมิติสัมพันธ์.....	38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
งานวิจัยต่างประเทศ.....	39
งานวิจัยภายในประเทศ.....	40
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	47
ประชากร ประชากรเทียม	47
กลุ่มตัวอย่าง	48
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	48
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	49
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	50
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	60
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	61
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	78
ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	78
สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า.....	78

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5(ต่อ)	
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	79
วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล.....	79
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	80
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	82
สรุปผลการวิจัย.....	82
อภิปรายผล.....	83
ข้อเสนอแนะ.....	86
บรรณานุกรม.....	87
ภาคผนวก	94
ประวัติย่อผู้วิจัย	106

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น.....	14
2 วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น.....	15
3 จำนวนโรงเรียน ห้องเรียน และนักเรียนที่ทำการสุ่มได้ของชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น.....	47
4 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา.....	61
5 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด จำนวน 10 กลุ่ม	62
6 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณต่างกันสามวิธี จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ.....	63
7 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณต่างกันสามวิธีที่ละคู่.....	64
8 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's	65
9 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ที่ละคู่	65
10 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's	66
11 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ที่ละคู่	67
12 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell	68
13 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's จากการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และจาก กลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด.....	69
14 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการ ทดสอบพหุคูณด้วยวิธี ด้วยวิธี Games - Howell	70

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานด้วยวิธี Games – Howell ที่ละคู่	71
16 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown – Forsythe	72
17 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานด้วยวิธี Brown – Forsythe ที่ละคู่	73
18 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown – Forsythe	74
19 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานด้วยวิธี Brown – Forsythe ที่ละคู่	75
20 การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากการแจกแจงข้อมูลที่แตกต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน	76

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โค้งปกติ.....	19
2 รูปโค้งปกติ เมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2$ และ $\sigma_1 = \sigma_2$	20
3 รูปโค้งปกติ เมื่อ $\mu_1 = \mu_2$ และ $\sigma_1 < \sigma_2$	20
4 รูปโค้งปกติ เมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2$ และ $\sigma_1 < \sigma_2$	21
5 เส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร.....	22
6 เส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร.....	22
7 Kurtosis แบบต่าง ๆ ของโค้งของการแจกแจง.....	25

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ในงานวิจัยที่เป็นการวิจัยทางสังคมศาสตร์ การวิจัยเชิงทดลองผู้วิจัยต้องมีความรู้ในการทดสอบสมมติฐาน การสุ่มตัวอย่าง การเลือกใช้สถิติให้เหมาะสม และที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ผู้วิจัยต้องมีความรู้เกี่ยวกับข้อตกลงเบื้องต้นในค่าสถิติแต่ละตัวซึ่งก็มีแตกต่างกันไป เป้าหมายที่สำคัญยิ่งในการวิจัย คือ การหาผลสรุปที่ถูกต้องเป็นความจริง ดังนั้นการดำเนินการวิจัยต้องมีการวางแผนและตรวจสอบข้อมูลทุกขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือ การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งต้องใช้ระเบียบวิธีทางสถิติในการสรุปผลและตัดสินใจ โดยเฉพาะการอ้างอิงการทดสอบสมมติฐานเพื่อสรุปอ้างอิงไปยังค่าพารามิเตอร์ของประชากรทั้งนี้เพราะงานวิจัยไม่สามารถที่จะศึกษาประชากรได้ทั้งหมดเนื่องจากขนาดของประชากรมีจำนวนมากจึงต้องสุ่มกลุ่มตัวอย่างมาเพียงบางส่วนแล้วศึกษาข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพื่ออ้างอิงไปยังประชากร ความถูกต้องและความเชื่อถือได้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์จึงขึ้นอยู่กับการใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐาน ซึ่งสถิติทดสอบแต่ละวิธีมีข้อตกลงเบื้องต้นที่แตกต่างกัน (สิรินุช เอี่ยมเขียว. 2544: 1) ดังนั้นถ้าผู้วิจัยเลือกสถิติที่เป็นตามข้อตกลงก็จะทำให้ผลงานวิจัยมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ทำให้ได้ผลสรุปที่มีความแม่นยำสูงขึ้น และมีโอกาสผิดพลาดเพียงเท่ากับโอกาสของความคลาดเคลื่อนที่ผู้วิจัยยอมให้มีได้ในการทดสอบสมมติฐานซึ่งก็คือระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้นั่นเอง (สมคิด ไวยวุฒินันท์. 2530: 1 - 2)

ในงานวิจัยที่ต้องการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 2 กลุ่ม หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ $F - test$ ที่นิยมเรียกกันว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) มีข้อตกลงเบื้องต้น คือ กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มเท่ากัน (Homogeneity of Variance) และกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน ถ้าผู้วิจัยเลือกใช้สถิติที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นแล้ว ก็จะทำให้ได้ผลที่น่าเชื่อถือ ถ้าผลการวิเคราะห์พบว่ามีนัยสำคัญ หมายความว่าค่าเฉลี่ยอย่างน้อยหนึ่งกลุ่มจะแตกต่างกับกลุ่มอื่นๆ ผู้วิจัยก็ต้องทำการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มใดบ้างที่ต่างกัน ซึ่งเรียกว่าการเปรียบเทียบภายหลังหรือการวิเคราะห์ภายหลัง (Posteriori Comparison หรือ Post Hoc Analysis)

ในทางกลับกันผู้วิจัยก็สามารถตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวนก็ได้ การเปรียบเทียบพหุคูณนี้เรียกว่า การเปรียบเทียบภายหลัง (Priori Comparisons หรือ Planed Comparison) แต่การเปรียบเทียบภายหลังนี้มีจำนวนการเปรียบเทียบมาก และการเปรียบเทียบไม่อิสระต่อกัน จะทำให้ช่วงความเชื่อมั่นกว้าง และอำนาจการทดสอบต่ำ ในกรณีเช่นนี้ผู้วิจัยควรใช้การเปรียบเทียบภายหลังซึ่งให้อำนาจการทดสอบสูงกว่า (Hay. 1963: 488)

การเปรียบเทียบภายหลังนั้นได้มีนักสถิติเสนอและพัฒนาขึ้นมาหลายวิธี ซึ่งทุกวิธีมีข้อตกลงเบื้องต้นเช่นเดียวกันคือ

1. กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่

2. ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน

3. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน

4. การแจกแจงค่าสถิติทดสอบอยู่บนพื้นฐานของสมมติฐานศูนย์ที่เป็นจริงซึ่งสถิติที่ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดย Kirk ได้เสนอไว้มีหลายรูปแบบ ดังนี้ (Kirk. 1995: 158 - 159) เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากันมีสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย เช่น LSD, Tukey, Bonferroni, Tukey's - b, Sidak, Duncan5, Scheffe'

Hochbreg's GT2, RE-G-WF, Gabriel, R-E-G-WQ, Waller - Duncan, S-N-K และ Dunnett

และเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากันมีสถิติที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย เช่น Tamhane's T2, Games-Howell, Brown - Forsythe, Dunnett's T3, Dunnett's C

แต่ในทางปฏิบัตินักวิจัยส่วนใหญ่ไม่ได้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่มีอยู่เป็นการแจกแจงแบบใด ความแปรปรวนของประชากรจะเท่ากันหรือไม่ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่านักวิจัยส่วนใหญ่ไม่ได้ตรวจสอบว่าข้อมูลที่เราใช้อยู่มีขัดต่อข้อตกลงเบื้องต้นข้อใดบ้าง และในระหว่างการทำวิจัยโดยเฉพาะในงานวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างก็อาจสูญหายหรือไม่ครบถ้วนตามที่กำหนดไว้ ก็จะทำให้ผลสรุปที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นถ้าผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ข้อมูล หรือต้องการเปรียบเทียบพหุคูณ ผู้วิจัยควรจะทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นในแต่ละข้อว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่ เพื่อที่ว่าถ้าข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นผู้วิจัยจะได้เลือกไปใช้สถิติทดสอบอื่นแทน (ศิริพร กิตติสุภาพ. 2544 : 2)

จากที่กล่าวมาข้างต้น เห็นว่างานวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้นต้องเลือกใช้สถิติที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้น และรวมทั้งการเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณก็ต้องมีการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นด้วยว่ามีการละเมิดข้อตกลงเบื้องต้นหรือไม่ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Tamhane's T2, Games-Howell, Brown - Forsythe ภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกันและ การแจกแจงของข้อมูลแบบต่างๆ จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดไม่เท่ากัน และเปรียบเทียบว่าวิธีใดมีอำนาจการทดสอบสูงกว่ากัน

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีความมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาผลการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe จากข้อมูลที่มีการแจกแจงของประชากรแบบต่าง ๆ กัน และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยวิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe เมื่อมีการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Tamhane's
 - 2.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Games-Howell
 - 3.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Brown-Forsythe
 - 4.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 4.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
5. เพื่อหาอำนาจการทดสอบของการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe จากข้อมูลที่มีการแจกแจงของประชากรแบบต่าง ๆ กัน และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการทดสอบพหุคูณและอำนาจการทดสอบของการเปรียบเทียบรายคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกัน การแจกแจงของข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย, การแจกแจงเป็นแบบแบนราบ และการแจกแจงเป็นสูงแหลม และขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันจะมีผลกระทบต่อผลการทดสอบการทดสอบพหุคูณมากน้อยเพียงใด โดยวิธี Tamhane's, Brown – Forsythe, Games-Howell ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะเป็นแนวทางให้นักวิจัยได้มีหลักฐานสนับสนุน ทำให้ทราบว่าวิธีการทดสอบพหุคูณวิธีใด ภายใต้เงื่อนไขใด ให้อำนาจการทดสอบที่สูงกว่ากัน และได้ค่าอำนาจการทดสอบที่ถูกต้องใกล้เคียงค่าทางสถิติที่คำนวณตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติทุกประการมากที่สุด เพื่อได้นำไปใช้อ้างอิงในโอกาสต่อไป

สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า

1. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's, Brown – Forsythe, Games-Howell จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

2. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's

2.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

2.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

3. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell

3.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

3.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

4. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe

4.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

4.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 9 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 8,360 คน

ประชากรเทียม (Pseudo Population)

ประชากรเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 9 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 571 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (Two – stage Random Sampling) มีขั้นตอนดังนี้ คือ

ขั้นที่ 1 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ของการสุ่ม และโรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit)

ขั้นที่ 2 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 เป็นชั้น (Strata) ของการสุ่ม และห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) ในการศึกษา ค้นคว้าครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง 571 คน ถือเป็นประชากรเทียม

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โดยสุ่มมาจากประชากรเทียมแบบใส่คืน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 571 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ ในการศึกษาครั้งนี้ คือ
 - 1.1 วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี คือ
 - 1.1.1 วิธี Tamhane's
 - 1.1.2 วิธี Games-Howell
 - 1.1.3 วิธี Brown – Forsythe
 - 1.2 การแจกแจงของข้อมูล ได้แก่
 - 1.2.1 การแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal distribution)
 - 1.2.2 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก (Positive skewness distribution)
 - 1.2.3 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ (Negative skewness distribution)
 - 1.2.4 การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic distribution)
 - 1.2.5 การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic distribution)
 - 1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ
 - 1.3.1 20 คน
 - 1.3.2 40 คน
 - 1.3.3 80 คน
 - 1.3.4 120 คน
2. ตัวแปรตาม คือ ผลการทดสอบนัยสำคัญ
 - 2.1 ผลการทดสอบนัยสำคัญ
 - 2.2 อำนาจการทดสอบ

นัยามศัพท์เฉพาะ

1. การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison) หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มขึ้นไป เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ซึ่งแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้

1.1 วิธี Tamhane's คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยมีข้อตกลงว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$T2 = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}}}$$

1.2 วิธี Games-Howell คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยมีข้อตกลงว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$GH = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)/2}}$$

1.3 วิธี Brown – Forsyth คือ วิธีทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยมีข้อตกลงว่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มต่างกัน มีรูปแบบสูตรดังนี้

$$BF = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

2. อำนาจการทดสอบ หมายถึง ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) เมื่อ H_0 เป็นเท็จ ซึ่งก็คือ $1 - \beta$ นั่นเอง

3. การแจกแจงของข้อมูล หมายถึง การกระจายของข้อมูลที่น่าเสนอในรูปการแจกแจงความถี่เรียงลำดับคะแนนน้อยไปหามากและแสดงในรูปของโค้งของการแจกแจงความถี่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ

3.1 การแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์และค่าความโด่งเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์

3.2 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก (Positive skewness Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ลักษณะของโค้งลึบไปทางคะแนนสูง โดยค่าความเบ้เป็นบวก (มากกว่า .5)

3.3 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ (Negative skewness Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ลักษณะของโค้งลึบไปทางคะแนนต่ำ โดยค่าความเบ้ลบ (น้อยกว่า .5)

3.4 การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic Distribution) หมายถึง ลักษณะของ โค้งการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์และค่าความโด่งมากกว่า .5

3.5 การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้ง การแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์และค่า ความโด่งน้อยกว่า -.5

4. ผลการทดสอบนัยสำคัญ หมายถึง จำนวนความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยรายคู่ในการ ยอมรับหรือไม่ยอมรับสมมติฐานว่าเหมือนกันหรือต่างกันหรือไม่ ระหว่างวิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และ วิธี Brown – Forsythe

5. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง หมายถึง นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ที่ได้ทำแบบทดสอบวัด ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบใส่คืน จากกลุ่มตัวอย่าง 571 คน ที่กำหนดเป็นประชากรเทียม (Pseudo Population) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างสี่ ขนาด คือ 20 คน 40 คน 80 คน และ 120 คน

6. ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง ความสามารถทางสมองด้านการรับรู้ และการมองเห็นความสัมพันธ์ส่วนต่างๆของรูปภาพที่ปรากฏให้เห็น และที่ไม่ปรากฏให้เห็นซึ่งอาจจะ อยู่ในลักษณะหรือทิศทางแตกต่างกันก็ได้

7. แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้ วัดความสามารถในการเข้าใจ ความสัมพันธ์ของรูปภาพที่กำหนดภาพ 3 มิติเป็นรูปลูกบาศก์วางเรียง และซ้อนทับกันมาให้ แล้วให้จินตนาการว่าถ้าตนเองไปยืนตรงลูกศรแล้วจะมองเห็นภาพ 2 มิติเป็นแบบ ใด

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดังนี้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาต่างๆ ตามลำดับ

1. การเปรียบเทียบพหุคูณ
 - 1.1 ความหมายของการเปรียบเทียบพหุคูณ
 - 1.2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย
 - 1.3 ชนิดของการเปรียบเทียบ
2. อำนาจการทดสอบ
 - 2.1 ความหมายของอำนาจการทดสอบ
 - 2.2 องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ
 - 2.3 การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบ
3. การแจกแจงของข้อมูล
 - 3.1 ไค้ปกติ
 - 3.2 ความเบ้
 - 3.3 ความโด่ง
4. การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน
5. วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ
 - 5.1 วิธี Tamhane's
 - 5.2 วิธี Games-Howell
 - 5.3 วิธี Brown – Forsythe
6. ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.1 ความหมายของความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.4 รูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.5 ความสำคัญของความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
 - 6.6 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยภายในประเทศ

สัมพันธ์

1. การเปรียบเทียบพหุคูณ

1.1 ความหมายของการเปรียบเทียบพหุคูณ

นักสถิติ นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านได้นิยามของการเปรียบเทียบพหุคูณไว้ต่าง ๆ กันดังนี้

เนฟ และ วอร์ริงตัน (Neave ;& Worthington. 1988: 256) กล่าวว่า การศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร K ภายใต้สมมติฐาน

แกลส และ สแตนเลย์ (Glass ;& Staley. 1970: 381) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณเป็นวิธีการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยเพื่อปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0

เจมส์ (James. 1982) กล่าวว่า การคำนวณค่า F มีนัยสำคัญสามารถบอกได้ว่าการกระทำที่นำมาพิจารณานั้นแตกต่างกัน ในการศึกษาพฤติกรรมนั้นการวัดตัวแปรอิสระ ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแต่ละการกระทำที่นำมาพิจารณาเป็นการคำนวณทางสถิติ การทดสอบนี้เกี่ยวกับการตัดสินใจว่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย หรือผลรวมของความน่าจะเป็นการรวมของ k กลุ่ม วิธีการทางสถิติที่ใช้เรียกว่า การทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณ การเปรียบเทียบพหุคูณส่วนใหญ่จะหมายถึงการเปรียบเทียบภายหลัง การเปรียบเทียบภายหลังเป็นการกระทำเมื่อพฤติกรรมที่ศึกษาไม่มีการตัดสินใจและการเปรียบเทียบไว้ล่วงหน้า และต้องการที่จะค้นหาผลรวมตัวแปรของการกระทำที่นำมาศึกษาให้พบ นัยสำคัญที่แตกต่าง

ทูซเอเกอร์ (Toothaker. 1993: 2) กล่าวว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร J เช่น ความแตกต่างระหว่างประชากร J สองกลุ่ม หรือความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกลุ่มที่หนึ่งและค่าเฉลี่ยกลุ่มที่สอง

ทูแทเกอร์ (Toothaker. 1991: 2) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย k จำนวน ในรูปการผสมเชิงเส้นของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ของค่าเฉลี่ย k จำนวน หรือเป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหนึ่งค่ากับจำนวนเฉลี่ยของสองค่าเฉลี่ยอื่น

โฮเชฟ ฮอกเบอร์เกอร์และอิจิต ซี. แฮมแฮน (Hochberg. 1987: 2) กล่าวว่า วิธีการทางสถิติที่ออกแบบมาเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและการควบคุมผลกระทบในหลายๆด้านที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบในการวัดความคลาดเคลื่อน

วีส (Weiss. 1995: 887) กล่าวว่า ในการตัดสินใจ เราต้องทราบค่าเฉลี่ยแต่ละตัวแตกต่างกัน หรือค่าเฉลี่ยตัวใดมีค่ามากที่สุด และต้องทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยทั้งหมด

กัลยา วาณิชย์บัญชา (2539: 160) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณเป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลายๆคู่ ในเวลาเดียวกันก็ต่อเมื่อปฏิเสธสมมติฐานหลัก

สมจิต วัฒนชาญากร (2529: 18) กล่าวว่า การเปรียบเทียบระหว่างทรีทเมนต์ต่าง ๆ เพื่อหาว่าทรีทเมนต์ใดบ้างที่ส่งผลให้ H_0 ถูกปฏิเสธไป

อุทมพร ทองอุไทย (2523: 133) กล่าวว่า ความแตกต่างระหว่างมัชฌิมเลขคณิตสัญลักษณ์ ψ_i และ $\hat{\psi}_i$ จะได้ใช้เพื่อแทนการเปรียบเทียบและตัวประมาณค่าเปรียบเทียบจากกลุ่มตัวอย่างตามลำดับ

บุญเรียง ขจรศิลป์ (2533: 51) กล่าวว่า การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร J กลุ่ม คือ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear Comparison) ของค่าเฉลี่ยของประชากร J กลุ่ม นั้น

ระวีวรรณ พันธุ์พานิช (2540: 51) กล่าวว่า การเปรียบเทียบพหุคูณอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น ที่นักสถิติ นักการศึกษา และนักจิตวิทยาทั้งหลาย อาจสรุปได้ว่า การเปรียบเทียบพหุคูณ หมายถึง การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มประชากรสองกลุ่มขึ้นไป เพื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยว่าค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

1.2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย

การเปรียบเทียบ (Comparison of Contrast) ระหว่างค่าเฉลี่ย เป็นความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย ใช้สัญลักษณ์ทางพีชคณิต คือ ψ_i และ $\hat{\psi}_i$ โดย ψ_i แทน ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรชุดที่ i และ $\hat{\psi}_i$ แทนความแตกต่างของค่าประมาณของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ i ตัวอย่าง เช่น $\psi_i = \mu_1 - \mu_2$ เป็นความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากร μ_1 และ μ_2 $\hat{\psi}_i = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2$ เป็นความแตกต่างของค่าประมาณกลุ่มตัวอย่าง ถ้ามีการทดลอง 3 ระดับ จะได้ค่าเฉลี่ย 3 ค่า และได้ความแตกต่าง ดังนี้

$$\begin{aligned}\hat{\psi}_1 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 & \hat{\psi}_4 &= \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_2 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3 & \hat{\psi}_5 &= \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_2 \\ \hat{\psi}_3 &= \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3 & \hat{\psi}_6 &= \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_1\end{aligned}$$

ความแตกต่างที่ 1-3 เป็นความแตกต่างของสองค่าเฉลี่ย ความแตกต่างที่ 4-6 เป็นความแตกต่างระหว่างจำนวนค่าเฉลี่ยของสองค่ากับอีกหนึ่งค่าเฉลี่ย ส่วนมากความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยจะอยู่ในรูปผลรวมเชิงเส้น มีค่าน้ำหนัก หรือค่าสัมประสิทธิ์แทนโดย C เมื่อ ค่าสัมประสิทธิ์อย่างน้อยหนึ่งตัวต้องไม่เท่ากับศูนย์

$$\hat{\psi}_i = C_1\bar{Y}_1 + C_2\bar{Y}_2 + \dots + C_k\bar{Y}_k$$

ได้ $\sum_{j=1}^h C_j = 0$ เมื่อ C_j อย่างน้อยหนึ่งตัวไม่เท่ากับศูนย์ เช่น

$$\begin{aligned}
\hat{\psi}_1 &= 1\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + 0\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \\
\hat{\psi}_2 &= 1\bar{Y}_1 + 0\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3 \\
\hat{\psi}_3 &= 0\bar{Y}_1 + 1\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3 \\
\hat{\psi}_4 &= \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3 \\
\hat{\psi}_5 &= \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_2 \\
\hat{\psi}_6 &= (-1)\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_1
\end{aligned}$$

แต่การเปรียบเทียบมี C อย่างน้อยหนึ่งตัวเท่ากับศูนย์และผลรวมของ C_j เท่ากับศูนย์ หรือ ถ้าจะให้สะดวกในการเลือกการเปรียบเทียบ คือ ผลรวมค่าสัมบูรณ์ของ C_j เท่ากับสอง

$$\sum_{j=1}^k |C_j| = 2$$

จากตัวอย่าง ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์ $\hat{\psi}_1$ และ $\hat{\psi}_4$ คือ

$$\begin{aligned}
|1| + |-1| + |0| &= 1 + 1 + 0 = 2 \\
\left|\frac{1}{2}\right| + \left|\frac{1}{2}\right| + |-1| &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + 1 = 2
\end{aligned}$$

1.3 ชนิดของการเปรียบเทียบ

1. การเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (Pairwise Comparison)

เมื่อสัมประสิทธิ์ทุกตัวของการเปรียบเทียบครั้งหนึ่งยกเว้น 2 สัมประสิทธิ์เท่ากับศูนย์ การเปรียบเทียบนั้นเรียกว่า การเปรียบเทียบรายคู่ (Pairwise Comparison) นอกเหนือจากนี้ไม่เป็นการเปรียบเทียบรายคู่ เมื่อมีค่าเฉลี่ย k จำนวน จะเท่ากับ $k(k-1)/2$ จากตัวอย่างข้างต้นมีจำนวนค่าเฉลี่ย 3 ค่า จึงมีการเปรียบเทียบรายคู่ $3(3-1)/2 = 3$ ดังนี้ (Kirk. 1995: 115)

$$\begin{aligned}
\hat{\psi}_1 &= 1\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + 0\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \\
\hat{\psi}_2 &= 1\bar{Y}_1 + 0\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3 \\
\hat{\psi}_3 &= 0\bar{Y}_1 + 1\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3
\end{aligned}$$

ซึ่งการเปรียบเทียบแบบรายคู่นี้ ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการจะมีเพียง 2 ค่า

2. การเปรียบเทียบที่ไม่ใช่รายคู่หรือการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (Nonpairwise or Complex Comparison) เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่มและจำนวนการเปรียบเทียบได้นั้นมีจำนวนมาก พิจารณาตัวอย่างในกรณีจำนวนสองค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่สาม (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540: 52)

$$\begin{aligned}\hat{\psi}_4 &= \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2}{2} - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_5 &= \frac{1}{2}\bar{Y}_1 + (-1)\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_1 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_2 \\ \hat{\psi}_6 &= (-1)\bar{Y}_1 + \frac{1}{2}\bar{Y}_2 + \frac{1}{2}\bar{Y}_3 = \frac{\bar{Y}_2 + \bar{Y}_3}{2} - \bar{Y}_1 \\ \hat{\psi}_7 &= \frac{1}{3}\bar{Y}_1 + \frac{2}{3}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (2)\bar{Y}_2}{3} - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_8 &= \frac{1}{4}\bar{Y}_1 + \frac{3}{4}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (3)\bar{Y}_2}{4} - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_9 &= \frac{1}{5}\bar{Y}_1 + \frac{4}{5}\bar{Y}_2 + (-1)\bar{Y}_3 = \frac{(1)\bar{Y}_1 + (4)\bar{Y}_2}{5} - \bar{Y}_3\end{aligned}$$

3. การเปรียบเทียบอิสระ (Orthogonality of Multiple Comparison)

การเปรียบเทียบอิสระเป็นการพิจารณาสำหรับการเปรียบเทียบแบบคู่ หรือการเปรียบเทียบสองค่าในหนึ่งครั้ง ถ้ามี 3 การเปรียบเทียบในหนึ่งกลุ่มของการเปรียบเทียบ การเปรียบเทียบอิสระจะเป็นการตัดสินใจสำหรับการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สอง การเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สาม และการเปรียบเทียบค่าที่สองกับค่าที่สาม ถ้าขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากันแล้ว การเปรียบเทียบอิสระของสองค่าเป็นการตัดสินใจโดยน้ำหนักของค่าเฉลี่ย ถ้า

$$\sum_{j=1}^J c_{1j}c_{2j} = 0$$

ซึ่งการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สองเป็นอิสระ ในที่นี้ c_{1j} และ c_{2j} เป็นค่าน้ำหนักสำหรับการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สองที่ค่าเฉลี่ย j ถ้าผลรวมของค่าน้ำหนักไม่เท่ากับศูนย์แล้ว การเปรียบเทียบนั้นไม่เป็นอิสระ (nonorthogonal) การเปรียบเทียบสองค่าในหนึ่งครั้งและการพิจารณาแบบคู่เป็นอิสระ ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน (Toothaker. 1991:17)

$$\begin{aligned}\hat{\psi}_1 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \\ \hat{\psi}_2 &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_3 \\ \hat{\psi}_3 &= \bar{Y}_2 - \bar{Y}_3 \quad \hat{\psi}_4 = \bar{Y}_1 - \frac{1}{2}\bar{Y}_3 - \frac{1}{2}\bar{Y}_4\end{aligned}$$

สามารถเขียน C สำหรับค่าเฉลี่ย J ค่าในทุกการเปรียบเทียบลงในตาราง และคำนวณผลรวมของค่านำหนักการเปรียบเทียบแต่ละคู่

	ค่าเฉลี่ยที่ J			
	1	2	3	4
การเปรียบเทียบที่ 1	1	-1	0	0
การเปรียบเทียบที่ 2	1	0	-1	0
การเปรียบเทียบที่ 3	0	0	1	-1
การเปรียบเทียบที่ 4	1	0	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$

$$1 \text{ vs } 2 : \sum_{j=1}^J c_{1j}c_{2j} = (1)(1) + (-1)(0) + (0)(-1) + (0)(0) = 1$$

$$1 \text{ vs } 3 : \sum_{j=1}^J c_{1j}c_{3j} = (1)(0) + (-1)(0) + (0)(1) + (0)(-1) = 0$$

$$1 \text{ vs } 4 : \sum_{j=1}^J c_{1j}c_{4j} = (1)(1) + (-1)(0) + (0)(-\frac{1}{2}) + (0)(-\frac{1}{2}) = 1$$

$$2 \text{ vs } 3 : \sum_{j=1}^J c_{2j}c_{3j} = (1)(0) + (0)(0) + (-1)(1) + (0)(-1) = -1$$

$$2 \text{ vs } 4 : \sum_{j=1}^J c_{2j}c_{4j} = (1)(1) + (0)(0) + (-1)(-\frac{1}{2}) + (0)(-\frac{1}{2}) = 1.5$$

$$3 \text{ vs } 4 : \sum_{j=1}^J c_{3j}c_{4j} = (0)(1) + (0)(0) + (1)(-\frac{1}{2}) + (-1)(-\frac{1}{2}) = 0$$

ดังนั้นการเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สองเป็นการเปรียบเทียบอิสระ แต่การเปรียบเทียบอื่นไม่เป็นการเปรียบเทียบอิสระ ภายในกลุ่มการเปรียบเทียบแบบคู่ที่เป็นไปได้ส่วนมากการเปรียบเทียบไม่เป็นอิสระ เช่น การเปรียบเทียบค่าที่หนึ่งกับค่าที่สอง สำหรับหนึ่งกลุ่มค่าเฉลี่ย J ค่า จำนวนที่มากที่สุดของการเปรียบเทียบเป็นการเปรียบเทียบอิสระซึ่งแต่ละอันเป็น J-1

การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison Test) อาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ใช้เมื่อพบว่า F จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งต้องตอบสมมติฐานการวิจัยเพียงว่า มีประชากรบางกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างจากกลุ่มอื่น แต่ไม่ทราบว่าการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่างกัน จึงต้องใช้การเปรียบเทียบพหุคูณซึ่งทำได้ 2 วิธี

1. การเปรียบเทียบแบบวางแผน (Planned or Priori Contrast) เป็นเทคนิควิธีการใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่กำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยการเปรียบเทียบเฉพาะค่าเฉลี่ยของบางกลุ่มที่ผู้วิจัยสนใจเท่านั้น

2. การเปรียบเทียบภายหลัง (Post-hoc or Posteriori contrast) เป็นเทคนิคที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรหลังจากการปฏิเสธ H_0 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทุกกลุ่มที่เป็นไปได้ (ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2540: 51) วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณนั้นเคิร์ก (Kirk. 1995: 127-128) ได้นำเสนอวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 1-2

ตาราง 1 วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

	<i>Orthogonal Contrasts</i>	<i>Nonorthogonal Contrasts</i>
<i>A Priori Contrasts</i>	1. Testing $p - 1$ contrasts Student's t test	2. Testing $p - 1$ contrasts with a control-group mean Dunnett's test
		3. Testing C contrasts Dunn-Sidak test Holm's test
<i>A Posteriori Contrasts</i>		4. Testing all pairwise contrasts Tukey's test Fisher-Hayter test REGW F, FQ, and Q tests
		5. Testing all contrasts Scheffe's test

ตาราง 2 วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น

	<i>Orthogonal Contrasts</i>	<i>Nonorthogonal Contrasts</i>
<i>A Priori Contrasts</i>	1. Testing $p - 1$ contrasts Heterogeneous variances Student's t test with Welch degrees of freedom	2. Testing $p - 1$ contrasts with a control-group mean: Unequal sample n's or heterogeneous variances Dunnett's test with modifications
		3. Testing C contrasts: Heterogeneous variances Dunn-Sidak test with Welch degrees of freedom Holm's test with Welch degrees of freedom
<i>A Posteriori Contrasts</i>		4. Testing all pairwise contrasts :Unequal sample sizes Tukey-Kramer test Fisher-Hayter test Heterogeneous variances Dunnett's T_3 test Dunnett's C test Games-Howell test
		5. Testing all contrasts: Heterogeneous variances Brown-Forsythe test

2. อำนาจการทดสอบ (Power of Test)

2.1 ความหมายของอำนาจการทดสอบ

ในการทดสอบสมมติฐานนั้นผู้ทดสอบจะมีโอกาสตัดสินใจอยู่ 2 ลักษณะ คือ ปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (Null Hypothesis : H_0) กับการยอมรับสมมติฐานศูนย์ ซึ่งการตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งต่างก็ต้องเสี่ยงต่อความคลาดเคลื่อนกับสภาพความจริงอยู่ ซึ่งงานทางสถิติได้ให้ความหมายของความคลาดเคลื่อน ตลอดจนศัพท์ที่เกี่ยวข้องกันกับความคลาดเคลื่อน (รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว. 2547: 8) ไว้ดังนี้

ระดับความมีนัยสำคัญ คือ โอกาสที่ยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 แทนด้วยสัญลักษณ์ α

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานศูนย์ (H_0) ที่ถูก ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้ทดสอบสมมติฐานปฏิเสธ H_0 เท่านั้น โอกาสที่จะยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ ผู้ใช้สถิติจะระบุไว้ล่วงหน้าที่จะเสี่ยงในโอกาสประมาณเท่าไรซึ่งรู้จักกันโดยทั่วไปว่า ระดับความมีนัยสำคัญ มักจะใช้สัญลักษณ์ α

ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II error) คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับ H_0 ที่ผิด ความคลาดเคลื่อนประเภทนี้จะเกิดขึ้นในกรณีที่ผู้ทดสอบยอมรับ H_0 ทั้ง ๆ ที่ความจริงแล้ว H_0 นั้นผิด ผู้ใช้สถิติทดสอบอาจคำนวณที่ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ได้เช่นเดียวกัน เมื่อเขาสามารถประมาณค่าความแตกต่างระหว่างพารามิเตอร์ที่ทดสอบได้โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 จะเท่ากับ β

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

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

ความสัมพันธ์ระหว่าง α กับ β ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างคงที่ โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ประเภทนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับสัมพันธ์คือ ถ้าพยายามลดขนาดของ α ก็จะเป็นการเพิ่มขนาดของ β ถ้าเพิ่มขนาดของ α ก็จะเป็นการลดขนาดของ β ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐาน ผู้ทดสอบจะต้องคำนึงด้วยว่าความคลาดเคลื่อนชนิดใด เป็นความคลาดเคลื่อนที่เขาต้องการจะกำจัดให้เท่ากับหรือน้อยกว่าที่ต้องการ ซึ่งปกติแล้วผู้ใช้สถิติจะนิยมกำหนดโอกาสความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เป็นเบื้องต้น และทำกันประจำ ซึ่งมักพบเห็นได้ในรายงานการวิจัยทั่ว ๆ ไป ที่ระบุค่า α การเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างก็มีส่วนช่วยลดโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และ 2 ลงได้

2.2 องค์ประกอบที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ

1. โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (β) อำนาจการทดสอบแปรผกผันกับโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 ถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 มากขึ้นอำนาจการทดสอบจะลดลง และถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 น้อยลง อำนาจการทดสอบจะมากขึ้น
2. โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (α) อำนาจของการทดสอบแปรตามกับโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 มากขึ้น อำนาจการทดสอบก็จะมากขึ้น และถ้าโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 น้อยลง อำนาจการทดสอบก็จะน้อยลง
3. ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง อำนาจการทดสอบจะแปรผกผันกับความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างความแปรปรวนน้อยอำนาจทดสอบก็จะมากขึ้น
4. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง อำนาจการทดสอบจะแปรตามขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ถ้าเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างจะเพิ่มอำนาจของการทดสอบด้วย
5. ขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร ภายใต้สมมติฐานศูนย์ (H_0) กับสมมติฐานทางเลือก (H_1) อำนาจการทดสอบจะแปรตามขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้ สมมติฐานศูนย์กับสมมติฐานทางเลือก ถ้าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้ สมมติฐานทางเลือกยิ่งต่างจากค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรภายใต้สมมติฐานศูนย์มากเท่าไร จะทำให้มีอำนาจการทดสอบเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

2.3 การคำนวณเกี่ยวกับอำนาจการทดสอบ

การหาค่าอำนาจการทดสอบเป็นการหาความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ β และความน่าจะเป็นที่ผู้ทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานศูนย์เมื่อสมมติฐานศูนย์นั้นผิดจริง ซึ่งเท่ากับ $1 - \beta$ ซึ่งเรียกว่า อำนาจการทดสอบ ในการทดสอบสมมติฐานผู้ทดสอบจะกำหนดความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ .05 ในการทดสอบอื่น ๆ ผู้ทดสอบอาจจะกำหนดความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ให้น้อยกว่าหรือเท่ากับ .20 ถ้าค่า $\beta = .20$ ค่าอำนาจการทดสอบก็จะเท่ากับ $1 - \beta = .80$ ซึ่งค่าอำนาจการทดสอบที่นักวิจัยส่วนใหญ่ตัดสินใจยอมรับได้ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า .80 ถ้าค่าอำนาจการทดสอบน้อยกว่า .80 นักวิจัยจะไม่ยืนยันการทดลองนั้นหรือให้ทำการปรับปรุงการทดลองเสียใหม่จนมีอำนาจการทดสอบมากกว่าหรือเท่ากับ .80 ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้ (Kirk. 1995: 59 - 61)

$$Z_\beta = \frac{d(n-1)\sqrt{n}}{(n-1) + 1.21(Z_\alpha - 1.06)} - Z_\alpha$$

$$\text{เมื่อ} \quad d = \frac{|\mu - \mu_0|}{\sigma} \quad \text{อำนาจการทดสอบ คือ } 1 - \beta$$

เมื่อ	Z_α	แทน	ค่า Z ที่เปิดจากตาราง
	Z_β	แทน	ค่า Z ที่คำนวณได้
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	ค่าเฉลี่ยประชากร
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยประชากรกลุ่มที่ 0
	σ	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

ตัวอย่างการคำนวณอำนาจการทดสอบ

กำหนด $\mu = 117.5$, $\mu_0 = 115$, $n = 61$ และ $\sigma = 12.5$ กำหนด $\alpha = .05$

ได้ว่า
$$Z_\beta = \frac{0.2(61-1)\sqrt{61}}{(61-1)+1.21(1.645-1.06)} - 1.645 = -0.10$$

เมื่อ
$$d = \frac{|117.5 - 115|}{12.5} = 0.2$$

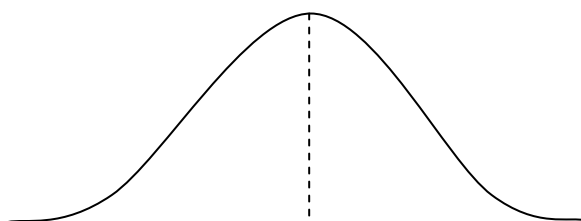
เปิดตาราง Z ได้ว่าพื้นที่ใต้โค้งของ $Z_\beta = -0.10$ คือ $.0398 + .5000 \cong .54$ ดังนั้นอำนาจการทดสอบคือ $1 - \beta = 1 - .54 = .46$ ดังนั้นอำนาจการทดสอบเท่ากับ $.46$ มีค่าน้อยกว่าค่าน้อยที่สุดที่จะตัดสินใจยอมรับได้

3. การแจกแจงของข้อมูล

การแจกแจงข้อมูล ถ้าจำแนกตามลักษณะของข้อมูลแล้ว จำแนกได้สองประเภท คือ การแจกแจงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) เช่น การแจกแจงแบบไบโนเมียล (Binomial) และการแจกแจงข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous) เช่น การแจกแจงแบบโค้งปกติ (Normal)

3.1 โค้งปกติ

การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่สำคัญที่สุดคือการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) กราฟของการแจกแจงปกติเรียกว่า โค้งปกติ (Normal Curve) ซึ่งมีลักษณะเหมือนระฆังคว่ำ (ซูตรี วงศ์รีตนะ .2541: 105-109) ดังภาพประกอบ 1



μ

$\times$

ภาพประกอบ 1 โค้งปกติ

ตัวแปรสุ่ม X ที่มีลักษณะเป็นการแจกแจงปกตินี้เรียกว่า “ตัวแปรสุ่มปกติ” (Normal Random Variable) สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์สองตัวคือ μ (Mean) และ σ (Standard Deviation) ดังนั้น Probability Density Function ของตัวแปรสุ่ม X จึงแสดงด้วย $n(X; \mu; \sigma)$

โค้งปกติ ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มปกติด้วยค่าเฉลี่ย = μ และความแปรปรวน = σ^2 แล้วสมการของโค้งปกติ คือ

$$n(X; \mu; \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, -\infty < X < \infty$$

เมื่อ $\pi = 3.14159\dots$ และ $e = 2.71828\dots$

หรือเขียนในอีกรูปหนึ่งคือ

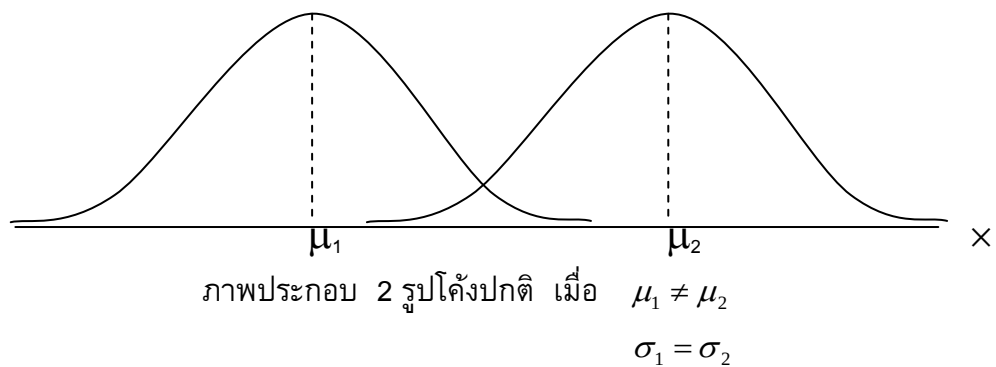
$$Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2}$$

เมื่อ Y เป็นส่วนสูงของโค้ง (Ordinate) ขึ้นอยู่กับค่า X แต่ละค่า

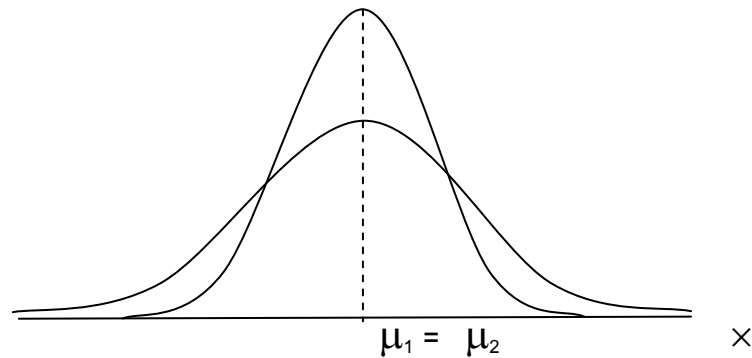
π เป็นค่าคงตัวมีค่า 3.146

e เป็นค่าคงที่อีกตัวหนึ่งมีค่า 2.7183

จากสมการโค้งปกติแสดงว่า โค้งปกติไม่ใช่มีเพียงรูปเดียว แต่มีได้หลาย ๆ รูป โดยจะมีรูปร่างโค้งมาก (Leptokurtic) โค้งปานกลาง (Mesokurtic) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าโค้งปกติ (Normal curve) หรือโค้งลาด (Platykurtic) แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับค่า μ และ σ นั่นคือโค้งจะอยู่ตรงตำแหน่งใดของแกนนอนขึ้นอยู่กับค่าของ μ และลักษณะของโค้งจะโค้งมากน้อยเพียงใด หรือลาดเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าของ σ ถ้า σ มากจะโค้งลาด ถ้า σ น้อยจะโค้ง จากรูปต่อไปนี้แสดงถึงกราฟเส้นโค้งในลักษณะต่างกัน

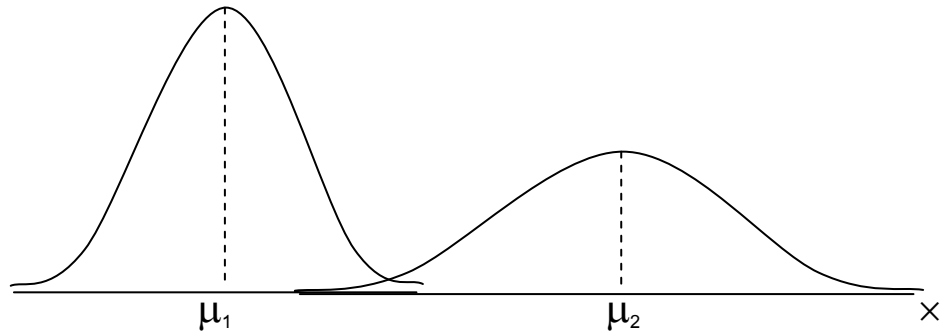


เส้นโค้งปกติสองรูปที่มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน รูปโค้งปกติสองรูปนี้มีรูปร่างเหมือนกัน นั่นคือ ถ้ามี σ เท่ากัน แต่ μ ไม่เท่ากัน จะเป็นโค้งคนละครูป



เส้นโค้งปกติสองรูปที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันแต่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน โค้งปกติสองรูปนี้มีจุดกึ่งกลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันบนแกน x แต่โค้งปกติที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงจะต่ำกว่าและแผ่กว้างกว่า

นั่นคือถ้ามี μ เท่ากัน σ ไม่เท่ากัน จะเป็นโค้งคนละครูป พื้นที่ใต้โค้งปกติจะเท่ากับ 1 เสมอ ดังนั้นถ้าค่าสังเกตยิ่งแตกต่างกันมาก โค้งก็จะยิ่งต่ำและลาด



ภาพประกอบ 4 รูปโค้งปกติ เมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2$
 $\sigma_1 < \sigma_2$

เส้นโค้งปกติสองรูป ที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน รูปโค้งปกติทั้งสองรูปมีจุดกึ่งกลางอยู่ตำแหน่งต่างกันบนแกน X และรูปร่างต่างกันด้วย นั่นคือถ้ามี μ และ σ ไม่เท่ากัน โค้งจะเป็นคนละรูป

คุณสมบัติของโค้งปกติ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541: 109)

1. ค่าของฐานนิยมอยู่ที่ $X = \mu$ ซึ่งเป็นจุดบนแกน X ที่เกิดจากการลากเส้นตั้งฉากจากจุดที่โค้งสูงที่สุดลงมายังแกนนอน X
2. โค้งมีลักษณะสมมาตร ถ้าแบ่งโค้งนี้ตามแนวเส้นตั้งตรงค่าของ μ เส้นแนวตั้งนี้จะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน
3. เส้นโค้งจะเข้าใกล้แกนนอน X ไปเรื่อย ๆ ทั้ง 2 ข้าง แต่ไม่จรดแกนนอน
4. พื้นที่ใต้โค้งทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1
5. พื้นที่ใต้โค้งเกือบทั้งหมดอยู่ระหว่าง $\mu - 3\sigma$ และ $\mu + 3\sigma$

3.2 ความเบ้ (Skewness)

วิรัช วรรณรัตน์ (2535: 26) กล่าวว่า การแจกแจงความถี่ของข้อมูลแบบต่อเนื่อง ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบสมมาตรโดยเส้นโค้งเป็นรูปประฆังและปลายโค้งมีลักษณะสมมาตรแล้ว เรียกว่า การแจกแจงแบบสมมาตร (Symmetric Distribution) แต่ถ้าเส้นโค้งเป็นรูปประฆังแต่ปลายโค้งทั้งสองข้างไม่สมมาตรกันแล้ว โค้งจะเบ้ไปด้านใดด้านหนึ่ง เรียกว่า โค้งมีความเบ้ (Skewness)

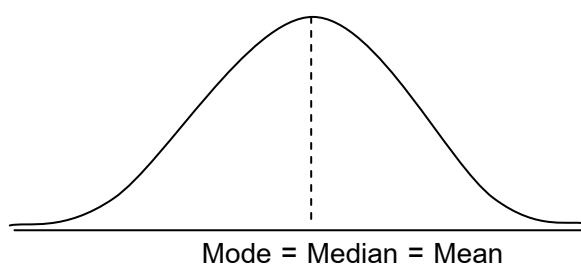
วินัส พิษวนิชย์ และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537: 72) กล่าวว่า ความเบ้ (Skewness) คือ ข้อมูลชุดใดที่มีการแจกแจงสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงข้อมูลชุดนั้น จะมีลักษณะเป็นรูปประฆังที่สมมาตรที่มัชฌิมเลขคณิต เส้นโค้งทางด้านขวาของมัชฌิมเลขคณิตและทางด้านซ้ายของมัชฌิมเลขคณิต จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มัชฌิมเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากันหรือทับ

กันสนิท แต่ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปทางด้านใดด้านหนึ่ง มีชัณภูมิเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมก็จะมีค่าต่างกัน

ลัวิน สายยศและอังคณา สายยศ (2540: 121) กล่าวว่า ความเบ้ (Skewness) คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจงที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ถ้าลักษณะของโค้งลึบไปทางด้านคะแนนสูง เรียกว่า โค้งเบ้ไปทางบวก ถ้าโค้งลึบไปทางด้านคะแนนน้อย ถือว่าโค้งเบ้ไปทางลบ

จากความหมายต่าง ๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความเบ้ (Skewness) คือ ลักษณะโค้งของการแจกแจงไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน

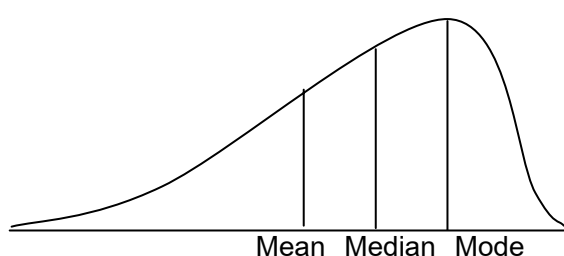
ประชากรที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำที่สมมาตรกันที่ค่าเฉลี่ย เส้นโค้งทางด้านขวาและด้านซ้ายของค่าเฉลี่ยจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท ดังภาพประกอบที่ 5



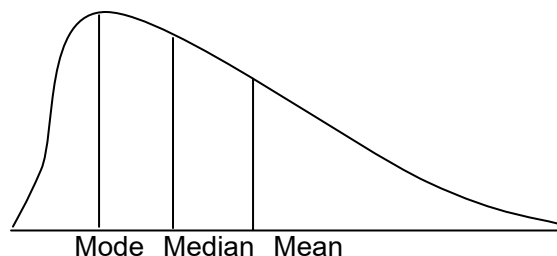
ก. เส้นโค้งรูประฆังที่มีลักษณะสมมาตรหรือไม่เบ้

ภาพประกอบ 5 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร

ส่วนประชากรที่มีการแจกแจงไม่สมมาตร เส้นโค้งที่ได้จะมีลักษณะเบ้ไปด้านใดด้านหนึ่ง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน



ข. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่ามากหรือเบ้ซ้าย



ค. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่าน้อยหรือเบ้ขวา

ภาพประกอบ 6 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร

จากภาพประกอบ 6 ประชากรจะมีการแจกแจงไปทางซ้าย ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าฐานนิยม และประชากรจะมีการแจกแจงเบ้ทางขวา ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness) วิธีการวัดความเบ้มี 3 วิธี คือ

1. การวัดความเบ้ของเพียร์สัน (Pearson) เป็นการวัดความเบ้ที่อาศัยธรรมชาติและความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) กล่าวคือ (วิรัช วรรณรัตน์. 2535: 26)

1.1 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้ว

$$\bar{X} - \text{Mode} = \bar{X} - \text{Median} = 0$$

1.2 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

$$\bar{X} - \text{Mode} > \bar{X} - \text{Median} \text{ มีค่าเป็นบวก}$$

1.3 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย

$$\bar{X} - \text{Mode} < \bar{X} - \text{Median} \text{ มีค่าเป็นลบ}$$

ซึ่งการหาความเบ้นั้นอาศัยระบบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับฐานนิยมในการวัดความเบ้ คือ

$$\text{Skewness} = \bar{X} - \text{Mode}$$

แนวความคิดการวัดความเบ้ตามลักษณะดังกล่าวนี้ เป็นการวัดภาพรวม โดยการแจกแจงมีลักษณะเหมือนเดิม ทั้งนี้เพราะความต่างรวมของค่าเฉลี่ยกับค่าฐานนิยมของข้อมูลชุดใด ๆ อาจเท่ากัน แต่ลักษณะการกระจายของข้อมูลอาจต่างกันก็ได้ ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลชุดต่าง ๆ ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงควรลดการกระเทือนของการกระจาย โดยนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้องในการคิดคำนวณด้วย ผลที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเบ้ของเพียร์สัน คือ

$$\text{Skewness} = \frac{\bar{X} - \text{Mode}}{SD}$$

อย่างไรก็ตาม การใช้ค่าฐานนิยมในการคิดคำนวณ ถ้าอันตรภาคชั้นใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไป จะทำให้ค่าฐานนิยมผิดไปจากความจริงได้ ดังนั้นถ้าการแจกแจงไม่เบ้มากเกินไปนิยมที่จะใช้ค่ามัธยฐานที่มีความสัมพันธ์กับค่าฐานนิยมแทนลงในสมการ คือ

$$\text{Skewness} = \bar{X} - 3(\bar{X} - \text{Median})$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น} \quad \text{Skewness} &= \frac{\bar{X} - (\bar{X} - 3(\bar{X} - \text{Median}))}{SD} \\ &= \frac{3(\bar{X} - \text{Median})}{SD}\end{aligned}$$

โดยค่าความเบ้จะมีค่าอยู่ระหว่าง +3 ถึง -3

2. การวัดความเบ้ตามวิธีโบว์เลย์ (Bowley) การวัดความเบ้ตามวิธีนี้อาศัยความสัมพันธ์ของควอไทล์ (Quartile) และค่ามัธยฐาน เพราะเชื่อว่า ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นแบบโค้งสมมาตรแล้ว ควอไทล์ที่ 1 (Q_1) และควอไทล์ที่ 3 (Q_3) จะอยู่ห่างจากมัธยฐานเท่ากัน กล่าวคือ (วิรัช วรรณรัตน์. 2535: 26)

2.1 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตร

$$Q_3 - \text{Median} = \text{Median} - Q_1 = 0$$

2.2 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

$$Q_3 - \text{Median} > \text{Median} - Q_1 \text{ มีค่าเป็นบวก}$$

2.3 ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย

$$Q_3 - \text{Median} < \text{Median} - Q_1 \text{ มีค่าเป็นลบ}$$

$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น} \quad \text{Skewness} &= \frac{Q_3 - Q_1 - 2\text{Median}}{Q_3 - Q_1} \\ &= \frac{Q_3 + Q_1 - 2Q_2}{Q_3 - Q_1}\end{aligned}$$

โดยค่าความเบ้จะมีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 แต่ถ้การแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้วค่าความเบ้จะเท่ากับศูนย์ และถ้โค้งเบ้ไปทางขวาค่าที่ได้จะเป็นบวก ถ้เบ้ไปทางซ้ายค่าที่ได้จะเป็นลบ

3. การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ (Moment) วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีการวัดความเบ้ที่ดีที่สุด เนื่องจากอาศัยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยเป็นหลักในการวัดและให้ค่าที่แน่นอนกว่าวิธีอื่น ๆ คือ

$$\text{Skewness} = \frac{M_3}{S^3} = \frac{M_3}{M_2 \sqrt{M_2}}$$

เมื่อ M_3 เป็นค่าโมเมนต์ที่ 3
 M_2 เป็นค่าโมเมนต์ที่ 2
 S เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์ คำนวณได้จาก

$$M_r = \frac{\sum (X - \bar{X})^r}{N}$$

เมื่อ M_r เป็นค่าโมเมนต์ที่ r

การวัดความเบ้ด้วยโมเมนต์ที่ 3 นี้จะให้ค่าดังนี้

1. ถ้า Skewness = 0 แล้ว การแจกแจงเป็นโค้งสมมาตร (Symmetric)
2. ถ้า Skewness > 0 แล้ว การแจกแจงจะเบ้ไปทางบวก (Positive Skewness)
3. ถ้า Skewness < 0 แล้ว การแจกแจงจะเบ้ไปทางลบ (Negative Skewness)

3.3 ความโด่ง (Kurtosis)

วิรัช วรณรัตน์ (2535: 26-63) กล่าวว่า การแจกแจงข้อมูลถึงจะมีลักษณะเป็นสมมาตร ถ้าข้อมูลต่างกันแล้วจะมีความโด่งของโค้งต่างกัน คือ ลักษณะโค้งเป็นแบบโค้งปกติ เรียกว่า Mesokurtic ลักษณะโค้งเป็นแบบแบนราบ เรียกว่า Platykurtic และลักษณะโค้งเป็นแบบสูงแหลม Leptokurtic

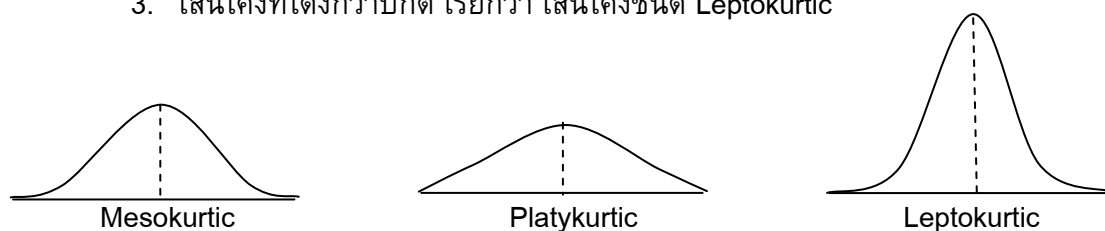
วินัส พิษณุชัย และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537: 76) กล่าวว่า การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis) ก็คือการวัดเส้นโค้งว่าจะมีความโด่งมากน้อยเพียงไร เส้นโค้งที่เราเรียกว่า เส้นโค้งปกติ เส้นโค้งใดที่โด่งผิดจากเส้นโค้งปกติ ก็นับเป็นเส้นโค้งที่ไม่ปกติทั้งสิ้น แม้จะเป็นรูปประพจน์ที่สมมาตรก็ตาม

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540: 121-126) กล่าวว่า ความโด่ง (Kurtosis) หมายถึง ลักษณะการโค้งของการแจกแจงความถี่ว่าสูงหรือเตี้ย นั่นคือพยายามมองโค้งของการแจกแจงตามแนวดิ่ง ลักษณะความโด่งมี 3 ประเภท คือ โด่งมาก (Leptokurtic) โด่งปานกลาง (Mesokurtic) และโด่งน้อย หรือโค้งการแจกแจงเป็นรูปแบน ๆ (Platykurtic)

จากความหมายต่าง ๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความโด่ง คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจงที่สมมาตร ที่มีความโด่งของโค้งต่างกัน

ความโด่งของการแจกแจงประชากรแบ่งเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. เส้นโค้งที่มีความโด่งเป็นปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Mesokurtic
2. เส้นโค้งที่แบนราบปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Platykurtic
3. เส้นโค้งที่โด่งกว่าปกติ เรียกว่า เส้นโค้งชนิด Leptokurtic



ภาพประกอบ 7 แสดง Kurtosis แบบต่าง ๆ ของโค้งของการแจกแจง

การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis)

การวัดความโด่งสามารถพิจารณาได้จาก โมเมนต์ที่ 4 คือ

$$\text{Kurtosis} = \frac{M_4}{S^4}$$

โดย Kurtosis = 3 แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)
 Kurtosis < 3 แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic)
 Kurtosis > 3 แสดงว่า เป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic)

หรือ

$$\text{Kurtosis} = \frac{M_4}{M_2^2} - 3$$

โดย Kurtosis = 0 แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)
 Kurtosis < 0 แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic)
 Kurtosis > 0 แสดงว่า เป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic)

ซึ่งการแจกแจงแบบโค้งสูงจะมีค่าความโด่งสูงและฐานแคบกว่าการแจกแจงแบบปกติ แต่
ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบจะมีความโด่งแบนราบและฐานกว้างกว่าการแจกแจงแบบปกติ

4. การทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

เดย์ตัน (Dayton. 1970: 32-37) กล่าวว่า ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนได้มาจากการรวมกลุ่มของผลรวมกำลังสองจากการจัดกระทำที่ประกอบด้วยการทดลองแบบสุ่มโดยสมบูรณ์ (CRD) หลักพื้นฐานของวิธีการนี้ คือ ความแปรปรวนในแต่ละกลุ่มของการจัดกระทำจะประมาณได้จากความแปรปรวนของประชากรที่เท่ากัน (σ^2) ถ้าข้อมูลที่ได้ไม่ตรงตามหลักที่กล่าวข้างต้น การวิเคราะห์นี้ก็จะประเมินจุดประสงค์ที่ถูกต้องความเท่ากัน คือ $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_p^2 = \sigma^2$ เมื่อ σ_j^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนประชากรกลุ่มที่ j แต่เมื่อทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างจะได้ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง คือ $S_1^2, \dots, S_p^2$ เป็นการประมาณค่าความแปรปรวนของคะแนนประชากร วิธีการทดสอบความเท่ากันของคะแนนความแปรปรวนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีสองวิธีการ ซึ่งเป็นวิธีการใหม่หนึ่งวิธี เช่น

1. การทดสอบ Bartlett สามารถใช้กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เท่ากัน หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกัน วิธีการทดสอบมีดังนี้ (ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา. 2548: ออนไลน์)

$$\text{สถิติทดสอบคือ } \chi^2 = \frac{2.3026}{c} [(N - k) \log S_p^2 - \sum (n_j - 1) \log S_j^2]$$

โดยที่ S_p^2 แทนความแปรปรวนร่วมที่ประมาณได้

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2 + \dots + (n_k - 1)S_k^2}{n_1 + n_2 + \dots + n_k - k}$$

S_j^2 แทนความแปรปรวนของตัวอย่างที่มาจากประชากรที่ j

$$S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (x_{ij} - \bar{x})^2}{n_j - 1}$$

N แทนขนาดตัวอย่างทั้งหมด = $n_1 + n_2 + \dots + n_k$

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left[\sum_{j=1}^k \frac{1}{n_j - 1} - \frac{1}{N - k} \right]$$

ค่าวิกฤตคือ $\chi_{\alpha, (k-1)}^2$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $\chi_{cal}^2 > \chi_{\alpha, (k-1)}^2$

2. การทดสอบ $F_{\max}$ ของ Hartley จะมีวิธีการคำนวณง่ายกว่าการทดสอบของ Bartley แต่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เท่ากันเพียงอย่างเดียว (ยุพิน กาญจนะศักดิ์ดา. 2548: ออนไลน์)

$$\text{สถิติทดสอบคือ } H \text{ หรือ } F_{\max} = \frac{\max_{1 \leq j \leq k} S_j^2}{\min_{1 \leq j \leq k} S_j^2}$$

ค่าวิกฤตคือ $H_{\alpha, (k, n)}$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า H หรือ $F_{\max} > H_{\alpha, (k, n)}$ ซึ่ง $k = r$ ในตาราง

3. การทดสอบของ Levene มีความเหมาะสมที่จะใช้มาก แต่ไม่สามารถคำนวณได้โดยตรงจากความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มตัวอย่าง

Levene ได้นำเสนอวิธีการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร ซึ่งมีวิธีการคำนวณคล้ายกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยการแทนค่าสังเกตแต่ละค่าด้วยค่าสัมบูรณ์ของส่วนเบี่ยงเบนระหว่างค่าสังเกตแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างนั้น ๆ เป็นตัวทดสอบที่มีความแข็งแกร่งต่อลักษณะการแจกแจงประชากรที่ไม่เป็นปกติ (เยวภา ไชยศรี. 2536: 25; อ้างอิงจาก Levene.H. 1960: 278-292)

สถิติทดสอบคำนวณได้จาก

$$L = \frac{\sum n_i (\bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{..})^2 / (k-1)}{\sum \sum (Z_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2 / \sum (n_i - 1)} \quad ; \quad df = k-1, \sum (n_i - 1)$$

$$\text{เมื่อ} \quad Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_{i.}|$$

$$\bar{Z}_{i.} = \sum Z_{ij} / n_i$$

$$\bar{Z}_{..} = \sum \sum Z_{ij} / \sum n_i$$

ถ้า L คำนวณ > F จากตารางการแจกแจง F จะไม่ยอมรับ H_0

4. การทดสอบของ Cochran มีข้อจำกัดว่าขนาดตัวอย่างต้องเท่ากัน (ยุพิน กาญจนะศักดิ์ ดา. 2548: ออนไลน์)

$$\text{สถิติทดสอบคือ } C = \frac{\max_{1 \leq j \leq k} S_j^2}{\sum_{j=1}^k S_j^2}$$

ค่าวิกฤตคือ $C_{\alpha, (k, n)}$ จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $C > C_{\alpha, (k, n)}$

5. วิธีเปรียบเทียบพหุคูณ

5.1 วิธี Tamhane's

เสนอโดย A.C. Tamhane เป็นผู้พัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1977 พื้นฐานการสร้างวิธีทดสอบนี้ คล้ายคลึงกับสถิติบนเฟอโรนีที่ คือใช้วิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ 2 กลุ่ม ในลักษณะ เดียวกันกับการทดสอบที่ หลายๆ ครั้ง วิธีของ Tamhane's นี้จะการใช้การทดสอบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยเทคนิคของ Welch (1938) เพื่อให้ใช้ได้ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรไม่ เท่ากัน (Tamhane, Ajit C. 1987: 188 - 189)

$$T2 = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}}}$$

เมื่อ	T2	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tamhane's
	$\bar{X}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i

$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
$\hat{\sigma}_i^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม i
$\hat{\sigma}_j^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j
n_i	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม i
n_j	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม j

ภายใต้สมมติฐานไร้นัยสำคัญ H_0 เป็นจริง กล่าวคือ $\mu_1 = \mu_2$ แล้วสถิติทดสอบ Tamhane's test มีชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) (p, df) โดยที่ชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) นั้นเป็นค่าคำนวณโดยวิธีของ Welch's modified

$$df = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_i^4}{n_i^2(n_i - 1)} + \frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j - 1)}}$$

ในบางกรณี Tamhane ได้ปรับปรุงการคำนวณชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) ให้ง่ายขึ้นโดยเปลี่ยนจากค่าคำนวณโดยวิธีของ Welch's modified เป็น $df = n_1 + n_2 - 2$ ในบางกรณี ทั้งนี้เนื่องจากกรณีความแปรปรวนของประชากรหรือขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไม่มาก ค่าชั้นของความเป็นอิสระจะเข้าใกล้ $n_1 + n_2 - 2$ ซึ่งจะใช้ค่า $df = n_1 + n_2 - 2$ เมื่อข้อมูลไปตามเงื่อนไขอย่างน้อย 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ของ Ury และ Wiggins (1971: 182) ดังนี้

1. $9/10 \leq n_i/n_j \leq 10/9$
2. $9/10 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 10/9$
3. $4/5 \leq n_i/n_j \leq 5/4$ และ $1/2 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 2$
4. $2/3 \leq n_i/n_j \leq 3/2$ และ $3/4 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 4/3$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|T_2| \geq m_{\alpha,c,df}$ คือ ค่าความวิกฤตที่เปิดตาราง Studentized maximum modulus distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) (c, df) ตามลำดับ

5.2 วิธี Games – Howell

เสนอโดย Paul A. Games และ Johe f. Howell ในปี ค.ศ. 1976 เพื่อเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าประชากรสองกลุ่ม ในกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน (Kirk. 1995: 147)

$$GH = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}\right)/2}}$$

เมื่อ	GH	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Games และ Howell
	$\bar{X}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i
	$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
	$\hat{\sigma}_i^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม i
	$\hat{\sigma}_j^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j
	n_i	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม i
	n_j	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม j

ภายใต้สมมติฐานไร้นัยสำคัญ H_0 เป็นจริง กล่าวคือ $\mu_1 = \mu_2$ แล้วสถิติทดสอบ Games-Howell test มีองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) (p, df) โดยที่ชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) นั้นเป็นค่าคำนวณโดยวิธีของ Welch's modified

$$df = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}\right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_i^4}{n_i^2(n_i-1)} + \frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|GH| \geq q_{\alpha, p, df}$ คือ ค่าความวิกฤตที่เปิดตาราง Studentized rang distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) (p, df) ตามลำดับ

5.3 วิธี Brown – Forsythe

เสนอโดย Morton b. Brown และ Alan B. Forsythe ในปี ค.ศ. 1974 เพื่อเป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรสองกลุ่มในกรณีที่มีความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน (Kirk. 1995: 155)

$$BF = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

เมื่อ	BF	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Brown และ Forsythe
	$\bar{X}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i
	$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
	$\hat{\sigma}_i^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม i
	$\hat{\sigma}_j^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j
	n_i	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม i
	n_j	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม j

ภายใต้สมมติฐานไร้นัยสำคัญ H_0 เป็นจริง กล่าวคือ $\mu_1 = \mu_2$ แล้วสถิติทดสอบ Brown-Forsythe test จะมีลักษณะการแจกแจงแบบ F ที่ชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) โดยที่ df_1 ชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) นั้นเป็นค่าที่คำนวณโดยวิธีของ Welch's modified

$$df_1 = n_i - 1$$

และ

$$df_2 = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_i^4}{n_i^2(n_i - 1)} + \frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j - 1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $BF \geq F_{\alpha, df_1, df_2}$ คือ ค่าความวิกฤตที่เปิดตาราง F ที่มีระดับนัยสำคัญและชั้นของความเป็นอิสระ (degree of freedom) ตามลำดับ

จากการศึกษาวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธีการดังกล่าวข้างต้น พอสรุปได้ว่าวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี เป็นการเปรียบเทียบแบบภายหลัง (Post-hoc or Posteriori contrast) มีพื้นฐานทางสถิติที่ต่างกัน คือ วิธี Tamhane's มีพื้นฐานจากสถิติ t - test วิธี Games - Howell มีพื้นฐานจากสถิติ Q - test และวิธี Brown - Forsythe มีพื้นฐานจากสถิติ F - test ซึ่งจะทำให้ผลการทดสอบและอำนาจการทดสอบที่แตกต่างกัน โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นของทุกสถิติเหมือนกัน คือ ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มประชากรเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน และใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน (Kirk. 1995: 127-128) ซึ่งจะต่างจากสถิติทดสอบ Dunnett's T3, Dunnett's C ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบแบบวางแผน (Planned or Priori Contrast) ซึ่งจะทำให้ช่วงความ

เชื่อมั่นกว้าง และอำนาจการทดสอบต่ำ (Hay. 1963: 488) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะเลือกวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's T2, วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe ในการศึกษาค้างนี้

6. ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์

6.1 ความหมายของความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์

นักการศึกษาและจิตวิทยาได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของมนุษย์ และได้ให้นิยามตามความเชื่อของตนเองไว้หลายท่าน ดังต่อไปนี้

อนาสตาซี (Anastasi. 1961: 344) กล่าวว่า ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ประกอบด้วย 2 องค์ประกอบที่แตกต่างกัน คือการรับรู้มิติสัมพันธ์ หรือความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิต และการมองเห็นเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งหรือเปลี่ยนรูป

ซวาล แพร์ตกุล (2517: 65) ได้กล่าวว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์นี้จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงขนาด และมิติต่างๆ อันได้แก่ ความไกล – ใกล้ สูง – ต่ำ และพื้นที่ทรวดทรงปริมาตร เป็นต้น เป็นความสามารถของสมองที่ช่วยให้เกิดจินตนาการและมโนภาพนึกเห็นของส่วนประกอบเมื่อถูกแยกและเห็นโครงสร้างเมื่อนำชิ้นส่วนต่างๆ มาผสมเข้าด้วยกัน

ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2525: 46,118) ได้กล่าวว่า ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์นี้จะส่งผลให้คนเข้าใจถึงขนาด และมิติต่างๆ อันได้แก่ ความสั้น ยาวใกล้ ใกล้ และพื้นที่หรือทรวดทรงที่มีขนาด และปริมาตรแตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อย และส่วนผสมของวัตถุต่างๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกัน สามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิต เมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถทางสมองด้านการรับรู้ และการมองเห็นความสัมพันธ์ส่วนต่างๆ ของรูปภาพที่ปรากฏให้เห็น และที่ไม่ปรากฏให้เห็นซึ่งอาจจะอยู่ในลักษณะหรือทิศทางแตกต่างกันก็ได้

6.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถทางสมอง

จากความเชื่อที่แตกต่างกันเกี่ยวกับความสามารถของมนุษย์ นักการศึกษาและจิตวิทยาต่างก็ได้พยายามศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อที่จะอธิบายให้เห็นถึงสภาพต่างๆ ในสมองของมนุษย์ว่าโครงสร้างทางสมองมีส่วนประกอบอย่างไร จากผลการศึกษาค้นคว้าดังกล่าว ทำให้เกิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมองขึ้นมาหลายทฤษฎี โดยมีทฤษฎีที่สำคัญๆ ดังนี้

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni – Factor Theory หรือ Global Theory)

บิเนท์ และซิมอน (ลวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2527: 27) เป็นผู้เสนอทฤษฎีนี้โดยมีความเชื่อว่า ความสามารถทางสมองของมนุษย์มีโครงสร้างเป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยคล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Bi Factor Theory)

ชาร์ล สเปียร์แมน (Charls Sperman) นักจิตวิทยาชาวอังกฤษเป็นผู้ตั้งทฤษฎีนี้ขึ้นโดยมีความเชื่อว่า ความสามารถทางสมองของมนุษย์มีองค์ประกอบอยู่ 2 ประการ คือ

1. องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) เรียกย่อๆ ว่า G – Factor เป็นความสามารถพื้นฐานทั่วไปที่มีอยู่ในความคิด และการกระทำของมนุษย์ทุกคน แต่จะมีมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคล

2. องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) เรียกย่อๆ ว่า S – Factor เป็นความสามารถพิเศษที่มีอยู่ในเฉพาะบุคคล และทำให้มนุษย์มีความแตกต่างกัน เช่น ความสามารถด้านดนตรี ความสามารถด้านกลไก เป็นต้น

3. ทฤษฎีลำดับขั้น (Hicrachical Theory)

เวอร์นอน นักจิตวิทยาชาวอังกฤษได้อธิบายถึงความสามารถทางสมอง โดยเริ่มจากแบ่งความสามารถทั่วไป (General Factor) ออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ๆ (Major group Factor) ดังนี้

1. ความสามารถทางภาษาและการศึกษา (Verbal – Education หรือ V:ed) เป็นความสามารถในด้านการใช้ภาษา และด้านการเรียน ซึ่งแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อย (Group Factors) ได้แก่ ความสามารถด้านภาษา (Verbal) ความสามารถด้านตัวเลข (Number) และด้านอื่นๆ แล้วยังแบ่งย่อยออกมาเป็นองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) ต่อไปอีก

2. ความสามารถทางปฏิบัติทั่วไป (Pratioal หรือ k:m) เป็นความสามารถในด้านกลไก (Mechanical) ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถทางด้านการใช้มือ (Manual) และด้านอื่นๆ แล้วยังแบ่งย่อยออกมาเป็นองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) ต่อไปอีก

4. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple – Factor Theory)

ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางของนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ทฤษฎีนี้สร้างขึ้นตามแนวความคิดของเธอร์สโตน(Thurstone. 1958: 121) ซึ่งได้วิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) ความสามารถทางสมองของมนุษย์พบว่า ความสามารถพื้นฐานทางสมองของมนุษย์ (Primary Mental Abilities) ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายกลุ่ม ซึ่งเธอร์สโตนแยกองค์ประกอบย่อย โดยยึดน้ำหนักขององค์ประกอบเด่นๆ (Factor Loading) แต่โดยความเป็นจริงแล้ว องค์ประกอบเหล่านี้ก็ยังคงมีความเกี่ยวพันกันบ้างเหมือนกัน องค์ประกอบที่เห็นได้ชัดเจน และสำคัญๆ มีอยู่ 7 ด้าน คือ

1. องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor) เป็นความสามารถในการคิดคำนวณในวิชาเลขคณิตได้อย่างถูกต้อง

2. องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor) เป็นความสามารถในการเข้าใจความหมาย เข้าใจความสัมพันธ์ของคำ เข้าใจศัพท์ ตลอดจนเข้าใจเรื่องราวต่างๆ ในด้านภาษา และเลือกใช้ภาษาได้อย่างเหมาะสม

3.องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor) เป็นความสามารถในการจัดจำแนกประเภท อุปมาอุปไมย และวินิจฉัยสรุปความได้อย่างสมเหตุสมผล

4. องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor) เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปทรงต่างๆ และสามารถสร้างจินตนาการในการเห็นรูปทรงเรขาคณิตที่ไม่มีการเคลื่อนที่ และการเปลี่ยนตำแหน่งไปจากตำแหน่งเดิม

5. องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor) เป็นความสามารถในการจดจำและระลึกเรื่องราวต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

6. องค์ประกอบด้านการรับรู้ (Perceptual Factor) เป็นความสามารถในการมองเห็นและสังเกตรายละเอียดเกี่ยวกับความคล้ายคลึง หรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

7. องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency Factor) เป็นความสามารถที่จะใช้ถ้อยคำต่างๆ ได้หลายๆ คำในเวลาจำกัดได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

5. ทฤษฎีโครงสร้างทางสมอง (The Structure of Intellect Model)

ทฤษฎีนี้สร้างขึ้นโดยกิลฟอร์ด (Guilford . 1967: 60) นักจิตวิทยาชาวอเมริกา โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาที่มีอยู่ในสมัยนั้น แล้วเสนอโครงสร้างทางสมองเพื่ออธิบายความสามารถทางสมองของมนุษย์ โดยใช้ แบบจำลอง 3 มิติ (Three Dimensional Model) ดังนี้

มิติที่ 1 : ด้านเนื้อหา (Content) เป็นด้านที่ประกอบด้วยสิ่งเร้า และข้อมูลต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความคิดแบ่งออกเป็น 4 อย่าง คือ รูปภาพ หรือของจริง (Figural) สัญลักษณ์ (Symbolic) ภาษา (Semantic) และพฤติกรรม (Behavioral)

มิติที่ 2 : ด้านวิธีการคิด (Operation) เป็นด้านที่ประกอบด้วยการทำงานของสมองเมื่อรับเอามิติที่ 1 เข้ามาโดยผ่านประสาทสัมผัส สมองจะใช้ความสามารถต่างๆ กระทำต่อสิ่งนั้นๆ มีส่วนประกอบย่อย 5 อย่าง โดยเริ่มจากการรู้การเข้าใจ (Cognition) การจำ (Memory) การคิดแบบเอกนัย (Divergent Production) การคิดแบบอเนกนัย (Convergent Production) และการประเมินค่า (Evaluation)

มิติที่ 3 : ด้านผลของการคิด (Product) เป็นด้านที่ประกอบด้วยผลของการคิด จำแนกได้ 6 อย่าง คือ หน่วย (Units) จำพวก (Classes) ความสัมพันธ์ (Relations) ระบบ (Systems) การแปลงรูป (Transformations) และการประยุกต์ (Implications) เป็นองค์ประกอบเล็กๆ จำนวน 120 แบบจุลภาค (Micro - Model) โดยในแต่ละแบบจุลภาคจะประกอบด้วยหน่วยของ 3 มิติ

6. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two – Level Theory of Mental Ability)

เจนเซน (ลัวัน สายยศ ; และอังคณา สายยศ. 2527: 34) เป็นผู้เสนอทฤษฎี โดยมีความเชื่อว่าความสามารถทางสมองของมนุษย์มีอยู่ 2 ระดับ คือระดับ 1 (Level I) เป็นความสามารถด้านการเรียนรู้และการจำอย่างนกแก้ว นั่นคือเป็นความสามารถที่จะสั่งสม และเก็บสะสมข้อมูลไว้ได้ และพร้อมที่จะระลึกนึกออกได้ ระดับนี้ไม่รวมการแปลงรูป หรือการจัดกระทำทางสมองแต่อย่างใด หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่าระดับนี้ไม่ได้ใช้วิธีคิดใดๆ เลยจากสิ่งที่สมองรับเข้าไป และระดับ 2 (Level II) เป็นระดับของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้างมโนภาพ เหตุผล และแก้ปัญหา ซึ่งเหมือนกับองค์ประกอบทั่วไป (G - Factor) นั่นเอง

6.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์

จากทฤษฎีเกี่ยวกับความสามารถทางสมองจะเห็นว่า เราสามารถวัดความสามารถทางสมองได้หลายด้าน แต่ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะฝึกความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เพราะความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นองค์ประกอบหนึ่งของความสามารถพื้นฐานทางสมองของมนุษย์ ซึ่งเรอร์สโตนได้ค้นพบจากการใช้แบบทดสอบ 56 ฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนหลายร้อยคน แล้วนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบแล้วพบว่าความสามารถพื้นฐานทางสมองของมนุษย์ประกอบด้วยองค์ประกอบเจ็ดประการ (บุญชม ศรีสะอาด. 2521: 63) และความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์เป็นความสามารถที่ส่งผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ศิลปะแผนที่ การฝีมือ ฯลฯ ผู้ที่มีความสามารถด้านนี้สูงเหมาะสมที่จะประกอบอาชีพสถาปนิก วิศวกร นักวางผังเมือง นักออกแบบ นักเขียนแบบ นักขับรถ และงานตกแต่งต่างๆ (ทองหล่อ วิภาวีน. 2524: 73) จึงทำให้สมรรถภาพสมองด้านนี้สำคัญมาก ทำให้แบบทดสอบความสามารถทางการเรียนที่จัดเป็นชุด (Battery) ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบฉบับย่อยๆ (Subtest) หลายฉบับ จะมีแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ประกอบด้วยอยู่เสมอ

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่ใช้กันอยู่ทั่วๆ ไปนั้น มีลักษณะแตกต่างกันไปหลายรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้ แบบทดสอบเอจีซีที (AGCT หรือ Army General Classification Test) เป็นแบบทดสอบที่ปรับปรุงเพิ่มเติมมาจากแบบทดสอบอาร์มี แอลฟา (Army Alpha) ซึ่งใช้ช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 ซึ่งวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบนับลูกบาศก์ แบบทดสอบเอเอฟคิวที (AFQT หรือ Armed Forces Qualification Test) วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้แบบทดสอบประเภทภาพ แบบทดสอบลูกบาศก์โคฮส์ (Kohs lock Design) วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ โดยใช้ลูกบาศก์ทำสีทั้งหกด้านแตกต่างกันแล้วให้ผู้สอบใช้ลูกบาศก์ 4 – 15 ลูกประกอบกันให้เหมือนภาพที่กำหนดให้โดยใช้เวลาน้อยที่สุด แบบทดสอบอาร์มีเบต้า (Army Beta) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 วัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพเพื่อใช้ทดสอบกับทหารที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาต่างประเทศ และทหารที่อ่านภาษาอังกฤษไม่ได้ ส่วนแบบทดสอบไม่ใช้ภาษาของไพเนอร์ (Pineter Non-Language Test) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อบุคคลบางประเภท เช่น คนหูหนวก หรือพิการอื่นๆ ซึ่งเป็นแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบประกอบภาพ และแบบตัดกระดาษ (Anastasi. 1961: 224-269)

ส่วนไอเคน (Aiken. 1977: 179-180) ยกตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ดังนี้แบบทดสอบมินนีโซต้า (Minnesota Spatial Relation Test) เป็นแบบทดสอบด้านมิติที่อาศัยการปฏิบัติจริง

แบบทดสอบสมรรถภาพพื้นฐานทางสมองพีเอ็มเอ (PMA หรือ Primary Mental Ability) ของเรอร์สโตนใช้แบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบหมุนภาพ สองมิติบนพื้นราบ แบบทดสอบสามมิติแบบเล็งทิศทาง แบบตัดกระดาษและแบบนับลูกบาศก์ (Cronbach. 1970: 326-327)

แบบทดสอบดีเอที (DAT หรือ Differential Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้แนะแนวทางการศึกษาและอาชีพของสมาคมจิตวิทยาของสหรัฐ เป็นแบบทดสอบที่ใช้กับเด็กอายุ 8-12 ปี

ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อยเจ็ดฉบับ ซึ่งมีแบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์แบบประกอบภาพสามมิติรวมอยู่ด้วย

นอกจากนี้สำนักทดสอบ เอ็นเอฟอีอาร์ (NFER หรือ The Nation Foundation For Educational Research) แห่งประเทศอังกฤษได้เสนอแบบทดสอบมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ ไว้มากมายแบบด้วยกันได้แก่ แบบวาดภาพ แบบจัดภาพลงกระดาน แบบหารูปที่คล้ายคลึงกัน แบบซ้อนภาพ แบบประกอบเป็นรูปสี่เหลี่ยม จัตุรัส แบบรูปแบบการรับรู้ แบบประกอบภาพ แบบวาดภาพกลับกับที่กำหนดให้ แบบประกอบสมการภาพแบบ A แบบการลอกแบบ แบบประกอบลูกบาศก์ แบบการฉายรูป แบบการประกอบสมการแบบ B (Smith. 1964: 365-371)

6.4 รูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์

นักจิตผลและนักจิตวิทยาได้ทำการศึกษา และแบ่งรูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ตามแนวทางซึ่งหลายองค์ประกอบของเธอร์สตันไว้มากมายรูปแบบ ดังนี้

ลัวน สายยศ และอังคณา สายยศ (2527: 79-87) ได้แบ่งรูปแบบของการทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ไว้ 10 รูปแบบ คือ แบบทดสอบซ้อนภาพซึ่งแยกเป็นแบบซ้อนเดียวกับแบบซ้อนคงที่ แบบทดสอบซ้อนภาพ แบบทดสอบแยกภาพ แบบทดสอบต่อภาพ แบบทดสอบหมุนภาพ แบบทดสอบประกอบภาพ 3 มิติ แบบทดสอบหาด้านตรงข้ามของลูกบาศก์ แบบทดสอบภาพตัดกระดาศ แบบทดสอบการนับลูกบาศก์ แบบทดสอบประกอบส่วนย่อย

สมบุญ ชิตพงษ์ และสำเร็จ บุญเรืองรัตน์ (2518: 45-52) กล่าวว่าแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์นั้นมีอยู่หลายแบบแต่ที่นิยมใช้กันมากมี 6 รูปแบบ คือ แบบการหมุนภาพบนพื้นระนาบ แบบซ้อนรูป แบบซ้อนภาพ แบบนับบล็อก และแบบ Completing Square

วิญญา วิศาลาภรณ์ (2522: 46-60) ได้แบ่งรูปแบบของแบบทดสอบความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 7 รูปแบบ คือ แบบหมุนรูป หรือเลื่อนรูป แบบตัดรูป แบบต่อรูป แบบซ้อนรูป แบบพับกระดาศ และแบบพบกล่อง

บุญชม ศรีสะอาด (2521: 99-102) แบ่งรูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 9 รูปแบบ คือ แบบซ้อนภาพ แบบต่อภาพ แบบนับลูกบาศก์ แบบหาด้านตรงข้าม แบบซ้อนภาพ แบบประกอบภาพ แบบตัดกระดาศ แบบหมุนภาพ และแบบแยกภาพ

สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์ (2530: 200-213) ได้แบ่งรูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ออกเป็น 8 รูปแบบ คือ แบบซ้อนภาพ แบบซ้อนภาพ แบบหมุนภาพ แบบแยกหมุน แบบประกอบภาพ แบบนับลูกบาศก์ แบบตัดกระดาศ และแบบพับกล่อง

เอนก เพียรอนุกุลบุตร (2527: 121-138) กล่าวถึงรูปแบบ ของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ว่ามีรูปแบบที่สำคัญ คือ แบบหมุนภาพบนพื้นระนาบ แบบซ้อนภาพ แบบซ้อนภาพ แบบแยกภาพ แบบพับกระดาศ แบบวาดกลับกัน แบบเงื่อนไข แบบภาพตัดขวาง วัตถุ แบบเติมจตุรัส แบบจับคู่ชิ้นส่วนกับภาพ แบบสร้างผิวหน้า แบบนับบล็อก แบบสร้างสมการ แบบ

เติมกระสวน แบบลอกภาพ แบบมองวัตถุจากด้านบน แบบรู้มุมวัตถุ แบบการรวมองค์ประกอบ แบบ รอยวัตถุ และแบบตัดต่อจตุรัส

จากการศึกษารูปแบบของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ผู้วิจัย เลือกใช้แบบทดสอบที่เป็นแบบแยกภาพ ซ่อนภาพ หมุนภาพ และประกอบภาพ 3 มิติ ซึ่งตรงกับ ผลงานวิจัยของบุญชม ศรีสะอาด(2513: 21-78) ที่กล่าวว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง แบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 5 ฉบับ คือ แบบซ่อนภาพ แบบหมุนภาพ แบบซ้อนภาพ แบบต่อภาพและแบบ นับลูกบาศก์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกค่า แสดงว่าแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ทุกแบบต่างก็วัด ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ได้เช่นเดียวกัน

6.5 ความสำคัญของความสามารถทางสมอง

มีนักการศึกษาและจิตวิทยาหลายท่าน ได้กล่าวถึงความสำคัญของความสามารถทางสมอง ด้านมิติสัมพันธ์ ดังนี้

บราวน์ และจอห์นสัน(Brown ;& Jonson. 1952: 3-4) ได้พยายามศึกษาและค้นหา องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบ มาตรฐานหลายชุด พบว่า แบบทดสอบที่ใช้มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ปริมาณเหตุผล (Quantitative Reasoning) ความสามารถในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับ ตัวเลข
2. ความเข้าใจทางภาษา (Verbal Comprehension) เป็นความสามารถในการอ่าน และ เข้าใจทางภาษา
3. เหตุผลทางการใช้เครื่องกล (Mechanical Reasoning) เป็นความสามารถเฉพาะของ นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือต่างๆ
4. เหตุผลนามธรรม (Abstract Reasoning) เป็นความสามารถในการแปลความสัมพันธ์ของ รูปที่กำหนดขึ้นได้
5. การมองเห็นมิติแบบต่างๆ (Spatial Visualization) เป็นความสามารถในการมองเห็น ความสัมพันธ์ของรูปที่ซับซ้อนในมิติต่างๆ

แรนนัคซี (Rannucci. 1964: 19-23) ได้กล่าวว่า ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์นั้นมีความ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง เพราะคณิตศาสตร์ทุกวิชาไม่ว่าจะเป็นเลข คณิต พีชคณิต เรขาคณิต หรือแม้แต่แคลคูลัส (Calculus) เวลาคำนวณต้องใช้คุณสมบัติทางมิติสัมพันธ์ ในการแก้ปัญหาโจทย์คณิตศาสตร์ทั้งนั้น โดยทุกคนมักจะต้องลงมือด้วยการเขียนรูป หรือนึกภาพเอาใน อากาศ ถ้าสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของรูปที่ซับซ้อนได้ การแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ก็จะง่ายขึ้น

วิเชียร เกตุสิงห์ (2518: 66 - 72) ได้กล่าวถึง ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ไว้ว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่จะส่งผลให้มนุษย์เข้าใจถึงมิติอันได้แก่ ขนาด รูปร่าง ความสูง-ต่ำ ความใกล้-ไกล พื้นที่ และปริมาตรเหล่านี้เป็นต้น เป็นความสามารถที่จะช่วยให้มนุษย์เกิด จินตนาการ และนึกเห็นภาพของส่วนต่างๆ เมื่อแยกออกจากกัน สามารถที่จะมองเห็นเค้าโครงหรือ

โครงสร้างเมื่อเอาส่วนต่างๆ มาประกอบ หรือรวมเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังเกี่ยวกับเรื่องทิศทางของวัตถุ หรือสิ่งของที่เปลี่ยนไปด้วยความสามารถด้านนี้มีคุณค่ามากในวิชาเรขาคณิต วาดเขียน และการฝีมือต่างๆ ผู้ที่มีความสามารถด้านนี้สูงเหมาะที่จะเป็นนักออกแบบ นักเขียนแบบ นักวาดเขียน นักวางผังเมือง สถาปนิก และวิศวกร แม้กระทั่งพนักงานขับรถและงานตกร่างต่างๆ

เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านมิติสัมพันธ์กับความสำเร็จในอาชีพหรือการทำงานต่างๆ นั้น สำนักการบริการด้านการงานในสหรัฐอเมริกาคาดคะเนว่า อาชีพที่ต้องการความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงมีอยู่ 84 อาชีพ เป็นอาชีพทางวิศวกรรมศาสตร์ 25 สาขา ทางการแพทย์ 14 สาขา ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ ฯลฯ 9 สาขา ทางการร่างภาพต่างๆ (Draughtsman) เช่น ร่างภาพหอประชุม ร่างภาพเครื่องยนต์ ฯลฯ 14 สาขา ทางการออกแบบ เช่น การออกแบบทางอุตสาหกรรม ฯลฯ 7 สาขา และอาชีพอื่นๆ อีก เช่น เขียนภาพการ์ตูน จิตรกร ฯลฯ (มัทธนี อินทนะนา. 2527: 22)

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น พบว่าแบบทดสอบความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์นั้น มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาต่าง ๆ หลายสาขาวิชา มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการเลือกประกอบอาชีพอีกหลาย ๆ อาชีพ ซึ่งล้วนแต่เป็นอาชีพ และวิชาที่มีความสำคัญและขาดแคลนเป็นส่วนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงคิดว่าการพัฒนาความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์จะเป็นผลดีต่อการพัฒนาทรัพยากรของประเทศได้ส่วนหนึ่ง

6.6 ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์

นักจิตวิทยาหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการรับรู้ความคิด ความเข้าใจ ความเป็นไปของเชาว์ปัญญา Jean Piaget เป็นผู้ที่สนใจเกี่ยวกับพัฒนาการทางความคิด ความเข้าใจ และได้สร้างทฤษฎีซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากในกระบวนการของความคิด ความเข้าใจของเด็ก

เพียเจต์ ได้แบ่งพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์เป็นขั้นใหญ่ ๆ 4 ระยะ (สุพล บุญทรง. 2523: 61-63) ดังนี้

1. ระยะพัฒนาการทางด้านประสาทสัมผัส (Sensory Motor Period) อยู่ในช่วงแรกเกิดจนถึง 2 ปี
2. ระยะก่อนที่จะสามารถคิดหาเหตุผลได้ (Pre-operational Period) อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 2 ปี ถึง 7 ปี
3. ระยะที่สามารถคิดหาเหตุผลในสิ่งที่ป็นรูปธรรมได้ (Concrete-operational Period) อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 7 ปี ถึง 11 ปี
4. ระยะที่สามารถคิดหาเหตุผลในสิ่งที่ป็นนามธรรมได้ (Formal-operational Period) อยู่ในช่วงอายุตั้งแต่ 12 ปี ขึ้นไป

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ สรุปได้ว่าเด็กอยู่ในช่วงวัยเด็กตอนปลาย อายุ 7-11 ปี จะมีการพัฒนาความสามารถถึงขั้นที่สามารถคิดปัญหาได้อย่างมีเหตุผล สามารถรับรู้

จำแนกแยกแยะในสิ่งที่เป็นรูปธรรม เช่น ความยาว ความสูง ขนาด น้ำหนัก ปริมาณได้ (ศิริพันธ์ เพชรทองคำ. 2521: 43) ซึ่งสอดคล้องกับ บังอร ภูวภิรมย์ขวัญ (2526: 62-63) ที่กล่าวว่า เด็กในช่วงอายุ 7-11 ปี จะมีความสามารถเรียนรู้ได้ไม่ว่าจะเป็น การกลับไปกลับมาในมิติต่าง ๆ สามารถเปรียบเทียบ ปริมาณขนาด จำนวน และเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนความหมายของส่วนรวมและ ส่วนย่อย เนื่องจากเด็กในช่วงอายุ 11-12 ปี เป็นวัยที่สามารถสร้างภาพในใจได้ จึงมีความสามารถในการวัดและทราบถึงความแตกต่างของความยาว รูปทรงต่าง ๆ และสามารถจัดประเภทของรูปสองมิติ สามมิติ ตลอดจนรูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม และรูปหลาย ๆ เหลี่ยม นอกจากนี้ยังมีความสามารถพอที่จะเชื่อมโยงรูปทรงทางเรขาคณิตด้วยวิธีต่าง ๆ มากมาย

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยต่างประเทศ

เคเซลแมน (Keselman. 1974: 130-131) ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติบอนเฟอโรนีที และวิธีของเซฟเฟ เมื่อกลุ่มตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรที่แจกแจงแบบปกติ และความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทุกกลุ่ม โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมี 4 กลุ่ม พบว่า สถิติบอนเฟอโรนีทีมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าวิธีของเซฟเฟ

แรมเซย์ (Ramsey. 1978: 479-485) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบระหว่างการเปรียบเทียบพหุคูณแบบรายคู่ ศึกษาถึง Experimentwise Type I Error Rate โดยวิธีเทคนิคมอนติคาร์โล ผลการศึกษาพบว่าวิธี Peritz's F เป็นวิธีที่ดีที่สุดในวิธีที่นำมาศึกษา ซึ่งมีอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธีของTukey

ทัมฮานน์ (Tamhane. 1974: 471-480) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 7 วิธี คือ วิธีของ Dalal วิธีของ Spjøtvoll วิธีของ Hochberg วิธีของ Tamhane วิธีของ Games และ Howell วิธีของ Brown และ Forsythe และวิธีของ Spjøtvoll และ Stoline โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก และความแปรปรวนของประชากรต่างกัน พบว่าวิธีเปรียบเทียบพหุคูณที่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองได้ใกล้เคียงกับอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุคือ วิธีของ Tamhane และวิธีของ Games และ Howell และ Tamhane กล่าวว่า วิธีของ Tamhane นั้นอัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองไม่มากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุทุกกรณีการทดลองวิธีของ Games และ Howell นั้นมีบางกรณีที่อัตราความคลาดเคลื่อนต่อชุดการทดลองสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุมากเกินไป

ดักลาส และสตีเฟน (Douglas ;& Stephen. 1978: 265-282) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบภายหลังสำหรับการทดสอบนอนพาราเมตริก การเปรียบเทียบภายหลังพหุคูณใช้ในการประมาณความแตกต่างของประชากรหลายกลุ่ม ได้กำหนดสูตรสำหรับการทดสอบสถิติแบบนอนพาราเมตริกไว้ 3 ทางเลือก การทดสอบทั้ง 3 ของสถิตินอนพาราเมตริกอ้างอิงมาจาก Puri K-sample ซึ่ง

ขยายมาจากการทดสอบของ Siegal-Tukey, Mood และ Klotz ทฤษฎีแวลด์ล้อมในการพัฒนาวิธีการเปรียบเทียบภายหลังทั้ง 3 เป็นแนวทางเลือกพื้นฐานของไค-สแควร์ ตามทฤษฎีของ Scheffe การนำเสนอนี้เป็น การแสดงให้เห็นการประยุกต์วิธีการเปรียบเทียบภายหลังสำหรับสถิตินอนพาราเมตริก

แบลร์ และเจมส์ (Blair; & James. 1980: 309-335) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของผลรวมสถิติของ Wilcoxon ที่วิธี Student's statistic ภายใต้การแจกแจงที่ไม่ปกติหลายรูปแบบ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการสมมติข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่เป็นอิสระสองกลุ่ม โดยเป็นการสร้างรูปแบบการแจกแจงข้อมูล 6 รูปแบบ ดังนี้ 1. Uniform 2. Laplace 3. Half-normal 4. Exponential 5. Mix-normal 6. Mix-uniform ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา คือ $(n_1, n_2) = (3, 9), (6, 6), (9, 27), (18, 18), (27, 18)$ และ $(54, 54)$ ผลการศึกษาพบว่าวิธีการ Wilcoxon นั้นมีอำนาจการทดสอบมากกว่าสถิติแบบ Student's t statistic และผลที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า

ลี ยู-ฟาง (Li YU-Fang. 1988: 64-89) ได้ศึกษาพัฒนาอำนาจการประมาณและขนาดกลุ่มตัวอย่างของวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ 7 วิธี ผลการศึกษาพบว่า Fisher LSD และวิธี Duncan multiple range test เป็นวิธีทดสอบที่ดีที่สุด ใน 7 วิธี ที่นำมาศึกษา ขณะที่ Bonferroni และ Sidak เป็นสถิติทดสอบที่มีอำนาจน้อยที่สุด

วิลคอกซ์ (Rand. 1989: 269-278) ได้ศึกษาเรื่องการประมาณค่าสำหรับความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน เมื่อมีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวและแบบสองทาง มีเอกสารมากมายที่แสดงถึงการไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบค่า F คือค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน ทำให้ไม่มีความแกร่งในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในการศึกษาครั้งนี้ Wilcox ได้อธิบายและเปรียบเทียบ 2 วิธีการเปรียบเทียบในกรณีค่าความแปรปรวนแตกต่างกันของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง วิธีการหนึ่งมีพื้นฐานมาจากการปรับปรุงวิธีการของ Wilcox (1988) ที่สำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานสำหรับการพิจารณาวิธีนี้เพื่อการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง อีกวิธีหนึ่งเป็นการขยายผลการใช้ของวิธีการของ James ผลการศึกษาพบว่า วิธีที่มีรากฐานมาจากวิธีของ Wilcox นั้นสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีที่นำมาจากวิธีของ James

เจฟเฟอเรีย และมิเชลลา (Jefferey; & Michela. 1995: 343-362) ได้ศึกษาอำนาจการทดสอบและอัตราความคลาดเคลื่อนที่ประเภทที่ 1 กับวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณแบบรายคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่ไม่เท่ากัน โดยศึกษาจากวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ 9 วิธี ผลการศึกษาพบว่าวิธี Dunn และวิธีที่พัฒนามาจากวิธีของ Bonferroni มีความแกร่งดีกว่าวิธีของ Tukey

7.2 งานวิจัยภายในประเทศ

วิไลลักษณ์ องค์จิระวุฒิ (2522 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบวิธีการต่างๆ ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร โดยพิจารณาจากความผิด 3 ชนิด ในการ

วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรหลายๆ ประชากรว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และเพื่อประเมินว่าวิธีใดที่จะให้ผลสรุปแม่นยำและถูกต้องในการทดสอบมากกว่าวิธีอื่นๆ โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ประเภท ที่เกิดขึ้นในการทดสอบแต่ละวิธีว่าวิธีใดเกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ในการศึกษานี้ได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์ในลักษณะเป็นข้อมูลแจกแจงทางเดียวและข้อมูลแจกแจงสองทาง และทำการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยใช้ระเบียบวิธีการต่างๆ แล้วนำผลที่ได้จากการทดสอบทั้งหมดทุกวิธีมาเปรียบเทียบกัน ผลการศึกษารูปได้ว่า ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากร 2 ประชากร วิธีของ Murphy gap LSD สามารถให้ผลสรุปได้ดีกว่าวิธีอื่น ในกรณีที่ผู้วิจัยมีเวลาจำกัด ในการทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรคู่ใดๆ วิธีทดสอบโดยใช้ LSD, Tukey's W – Procedure และ Scheffe's method เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายในการนำไปใช้ เพราะเป็นการคำนวณค่าสถิติเพียงค่าเดียวในการใช้เป็นตัวตัดสินความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 2 ประชากรใดๆ แต่ผลที่ได้จากการศึกษาวิธีของ LSD ให้ผลสรุปน่าเชื่อถือกว่า 2 วิธีที่กล่าวมา

สมคิด ไวยวุฒินันท์ (2530 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างบอนเฟอโรนีที่ ไคสแควร์ของมาร์ชูล และวิธีของทัมฮานน์โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี คือ สถิติบอนเฟอโรนีที่ ไคสแควร์ของมาร์ชูล และวิธีของทัมฮานน์ โดยศึกษาเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่แจกแจงแบบปกติ และกำหนดขนาดความแปรปรวนของประชากรทั้งที่เท่ากันและต่างกัน ศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 3, 4 และ 5 กลุ่ม โดยที่กลุ่มตัวอย่างทุกกลุ่มมีขนาดเท่ากันคือ ขนาด 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชัน โดยจำลองการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ในการคำนวณหาอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี ผลการศึกษารูปได้ว่า 1. วิธีของทัมฮานน์ เมื่อใช้กับการเปรียบเทียบรายคู่ทุกคู่ มีความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้มากกว่า สถิติบอนเฟอโรนีที่ ไคสแควร์ของมาร์ชูล ทั้งสภาพการณ์ที่ความแปรปรวนของประชากรเท่ากันและแตกต่างกัน 2. เมื่อเปรียบเทียบรายคู่ทุกคู่ อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติบอนเฟอโรนีที่ จะเบี่ยงเบนในทิศทางที่น้อยกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุสำหรับกรณีที่ความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน และเมื่อความแปรปรวนของประชากรแตกต่างกัน อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมากกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุ 3. อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีทดสอบแบบไคสแควร์ของมาร์ชูล เมื่อทดสอบเฉพาะการเปรียบเทียบรายคู่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มตัวอย่างและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะสูงกว่าอัตราความคลาดเคลื่อนที่ระบุมาก เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น อัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมีแนวโน้มลดลง และเมื่อเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากขึ้นอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมีแนวโน้มลดต่ำลงด้วย

นันทา วงษ์วิโรจน์ (2532: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องสถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรโดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธีคือ สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST และสถิติทดสอบแบบ Trimmed W และสถิติทดสอบแบบ Trimmed F โดยจะศึกษาถึงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธี ในที่นี้ศึกษากรณีที่ประชากรทั้ง 3 ชุดมีการแจกแจงแบบเดียวกัน คือ การแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบปกติปลอมปน ขนาดตัวอย่างที่ใช้เป็น 2 กรณีคือขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำกันพันครั้งในแต่ละกรณี ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ความแข็งแกร่งของการทดสอบ โดยพิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ Cochran (อ้างอิง Ramsey 1980: 337-349) คือถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง (0.007, 0.015) ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง (0.04, 0.06) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 จะถือว่าการทดสอบนี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ พบว่าการแจกแจงประชากรขนาดตัวอย่าง อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง และระดับนัยสำคัญมีผลต่อความแข็งแกร่งของการทดสอบอำนาจการทดสอบ เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันทุกประชากรแล้ว สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ศึกษา แต่เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปนพบว่า สถิติทดสอบแบบ Trimmed W และ Trimmed F จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Trimmed W หรือ Trimmed F นั้นพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อัตราส่วนของค่าเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง จะมีผลต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 2 นอกจากนี้พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าอำนาจการทดสอบของค่าสถิติทดสอบทั้ง 3 มากที่สุดเมื่อกำหนดปัจจัยอื่นคงที่คือ อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบรองลงมาคือ ลักษณะการแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง ที่ระดับนัยสำคัญตามลำดับ

นันทวัน บำรุงสวัสดิ์ (2533: บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบวิธีทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน โดยสถิติทดสอบ 3 วิธี คือ สถิติทดสอบแบบ Brown and Forsythe สถิติทดสอบแบบ Marascuilo และสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test โดยจะศึกษาถึงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธี ในวิทยานิพนธ์นี้ศึกษาจากกรณีที่ประชากรเป็น 3 และ 6 กลุ่ม ที่มีการแจกแจงแบบเดียวกัน คือ การแจกแจงแบบเดียวกัน ที่มีอัตราส่วนของความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากัน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำกัน 1,000 ครั้ง ในแต่ละกรณี ผลการศึกษาสรุปผลที่สำคัญได้ดังนี้ 1. เมื่อประชากรมีอัตราส่วนของความแปรปรวนเท่ากัน สถิติทดสอบแบบ Brown and Forsythe สถิติทดสอบแบบ

Marascuilo และสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ แต่ประชากรมีอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน สถิติทดสอบแบบ Brown and Forsythe และสถิติทดสอบแบบ Marascuilo สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีกว่าสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test 2. อำนาจของการทดสอบ เมื่อขนาดตัวอย่างเล็กและประชากรมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าอัตราส่วนของความแปรปรวนเท่ากันทุกประชากร สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุด แต่ที่ขนาดตัวอย่างใหญ่ สถิติทดสอบทั้ง 3 วิธี มีอำนาจการทดสอบสูงสุดเท่ากัน ในทุกระดับนัยสำคัญที่ศึกษา แต่เมื่อประชากรมีอัตราส่วนของความแปรปรวนไม่เท่ากันแล้วพบว่า สถิติทดสอบแบบ Brown and Forsythe และสถิติทดสอบแบบ Marascuilo ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Brown and Forsythe หรือสถิติทดสอบแบบ Marascuilo นั้นพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความแปรปรวน และอัตราส่วนค่าเฉลี่ย มีผลต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 2 วิธีดังกล่าว

พหล ศักดิ์คะทนต์ (2534: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทดสอบของวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 3 วิธี คือวิธี Unrestricted LSD (U-LSD) วิธี Bonferroni (Dunn) T-test (Bon) และวิธี Murphy Gap LSD (MG-LSD) โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล โดยการจำลองการทดสอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวน 1,000 รอบ สำหรับแต่ละสถานการณ์ในการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley กล่าวคือ ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ต้องอยู่ในช่วง (0.05, 0.15) ที่ระดับนัยสำคัญที่ .01 และช่วง (0.025, 0.075) ที่ระดับนัยสำคัญที่ .05 จึงถือว่าสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ และอำนาจการทดสอบ โดยมีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 ถึง 10 ทั้งแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนซ้ำมี 4 ระดับ คือ 5, 10, 15 และ 20 ในการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจำนวนบล็อกมี 3 ระดับ คือ 5, 7 และ 10 ในแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ ผลการศึกษาพบว่า วิธี Murphy Gap LSD เหมาะสำหรับการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 – 5 และเหมาะสำหรับแบบแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 2 – 8 ส่วนวิธี Unrestricted LSD เหมาะสำหรับการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เมื่อจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 6 – 10 แต่เมื่อแผนการทดลองเป็นแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์กรณีที่สิ่งทดลองเท่ากับ 9 – 10 ปรากฏว่าทั้ง 3 วิธีดังกล่าวไม่มีวิธีใดเหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบ

กึ่งทอง ยงยุทธมิชัย (2538: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน กรณีศึกษาสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบแบบ ANOVA F-TEST การแปลงข้อมูลเป็นค่าลอการิทึม ตัวสถิติทดสอบแบบ Trimmed F ตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe

และตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal โดยใช้หลักการพิจารณาถึงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งใช้เกณฑ์พิจารณาของ Bradley และอำนาจการทดสอบประชากรที่ใช้ในการศึกษามีการแจกแจงแบบปกติที่มีอัตราส่วนความแปรปรวนเท่ากันและไม่เท่ากัน ขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาแบ่งเป็น 2 กรณีคือขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ระดับนัยสำคัญของการทดลองคือ .01 และ .05 ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ทำซ้ำ 600 ครั้งในแต่ละกรณี ผลการศึกษาพบว่า ตัวสถิติทดสอบทั้ง 5 วิธี สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติที่มีอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่กรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกัน ตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal และตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ตัวสถิติทดสอบ ANOVA F-TEST และตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal มีค่าอำนาจการทดสอบสูงในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีอัตราส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่ในกรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันเป็น (1:1.1:1.2), (1:1.3:1.4) และ (1:1.8:2) ทุกขนาดตัวอย่าง ตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal มีค่าอำนาจการทดสอบสูงแต่ในกรณีที่อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันเป็น (1:2:3) และ (1:3:5) สามารถใช้ตัวสถิติทดสอบแบบ Brown & Forsythe ทุกขนาดตัวอย่าง หรือตัวสถิติทดสอบแบบเอฟที่ใช้ค่าเฉลี่ยของ Graybill & Deal แต่มีข้อจำกัดว่าขนาดตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องแตกต่างกันมาก ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานแตกต่างกันมากขึ้น และค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบจะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มขนาดตัวอย่างหรือระดับนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

วิชชุดา ศรีโสภา (2539: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบพหุ การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 4 วิธี คือ วิธี Unrestricted LSD, Murphys Gaps LSD, Tukey's(H) และ Murphys Gap UnrestrictedLSD โดยข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติมีค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร 5%, 10%, 15%, 20%, และ 30% มีจำนวนสิ่งทดลองเท่ากับ 3, 4, 5, 6 และ 10 จำนวนซ้ำในแต่ละสิ่งทดลองมีจำนวนไม่เท่ากัน 3 ระดับ คือ เพิ่มทีละ 3 เพิ่มทีละ 5 และเพิ่มทีละ 10 โดยมีจำนวนซ้ำเริ่มต้นเป็น 5 ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล โดยจำลองการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์จำนวน 1,000 รอบ สำหรับแต่ละสถานการณ์ที่กำหนดให้ในการคำนวณหาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ซึ่งใช้เกณฑ์ในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ Bradley และจะทำการหาอำนาจการทดสอบเมื่อวิธีการนั้นผ่านเกณฑ์ควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าวิธีการ Unrestricted LSD จะสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ดีที่สุดและได้ค่าอำนาจการทดสอบสูงที่สุดในทุกสถานการณ์ที่ทำการทดลอง

สิรินุช เอี่ยมเขียว (2544: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคุณรายคู่บางวิธี ภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคุณรายคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกันด้วยวิธีการทดสอบพหุคุณรายคู่ 3 วิธี คือ

Dunnett's T3 วิธี Games – Howell และวิธี Brown Forsythe จากกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ ขนาด 20 คน 40 คน 80 คน และ 120 คน ว่าให้ผลการเปรียบเทียบพหุคูณแตกต่างกันหรือไม่ และการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีใดใช้กลุ่มตัวอย่างเท่าใดจึงเหมาะสมที่สุด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 , 4 และ 6 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 583 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอนแล้วนำมากำหนดเป็นประชากรเทียม เพื่อสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน 40 คน 80 คน และ 120 คน ขนาดละ 10 ครั้ง ด้วยการสุ่มแบบใส่คืน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ ตามแนวของเธอร์สตัน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.634 ผลการศึกษาพบว่า 1. ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธี ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนขนาด 20 คน 40 คน 80 คน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 2. ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด ที่ทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธี มีจำนวนผลการยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริพร กิตติสุภาพ (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่มีต่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการแจกแจงของข้อมูลหาลักษณะ คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางขวา การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางซ้าย การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบสูงแหลม และ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบแบนราบ จะมีผลกระทบต่อการทดสอบพหุคูณสามวิธี คือ Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. แตกต่างกันหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 โรงเรียนกลุ่ม 4 สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร จำนวน 600 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านมิติสัมพันธ์แบบซ้อนภาพ ผลการศึกษาพบว่า 1. การเปรียบเทียบพหุคูณสามวิธี คือ วิธี Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. ในการแจกแจงข้อมูลเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อวิเคราะห์จากการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางขวา การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางซ้าย การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบสูงแหลม และ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบแบนราบ 2. ผลการเปรียบเทียบพหุคูณสามวิธี คือ วิธี Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. ที่ทดสอบด้วยพหุคูณเดียวกัน ในการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปิยมาภรณ์ ศรีสุข (2545: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติเอฟ (F - Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล – วอลล์ (Kruskal – Wallis Test.) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ (F - Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล – วอลล์ (Kruskal – Wallis Test.) ที่วิเคราะห์จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูป คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งเบ้ลบ โค้งสูงแหลม โค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1- 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 สังกัดกรม

สามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 593 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบสองขั้นตอนแล้วนำมาสุ่มแบบใส่คืน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงรูปทรงและขนาดตัวอย่างตามที่กำหนด เครื่องมือวัดที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ผลการศึกษาพบว่า 1. ผลการเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบและกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน สถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบครัสคัล – วัลลิสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงรูปทรงอื่นๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นๆ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 2. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง ผลการทดสอบทั้งสถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบครัสคัล – วัลลิสจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30 และ 40 คน และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน 3. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ผลการทดสอบทั้งสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล – วัลลิสจากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ของทุกรูปทรงของการแจกแจง

รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว (2547: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของแบบแผนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม และแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน 4 ขนาด คือ 30 คน 45 คน 60 คน และ 90 คน ขนาดละ 5 รอบ เครื่องที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความตามแนวของเธอร์สตัน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3 ผลการศึกษาพบว่า แบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม ในแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม พบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 90 คน และ 60 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบมากที่สุด และในแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า กลุ่มตัวอย่างขนาด 45 คน 60 คน และ 90 คน ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้น จะเห็นว่างานวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น นอกจากเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาแล้ว ยังต้องพบปัญหาในการเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณอีกด้วย และยังพบว่ามีตัวแปรบางตัวส่งผลต่อการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีต่าง ๆ เช่น การแจกแจงของข้อมูล ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผลการวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีผู้ศึกษาเปรียบเทียบผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ด้วยวิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown-Forsythe ว่าแต่ละวิธี แต่ละการแจกแจงของข้อมูล แต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่าไรจึงจะให้ผลการเปรียบเทียบแตกต่างกัน และในแต่ละกรณีมีอำนาจการทดสอบเท่าไร

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 9 โรงเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 8,360 คน

ประชากรเทียม (Pseudo Population)

ประชากรเทียมที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 ในสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2 จำนวน 571 คน ซึ่งเชื่อมั่นได้ 95% (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ.2540:400 อ้างอิงจาก Yamane. 1967: 886-887) ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (Two – stage Random Sampling) มีขั้นตอนดังนี้ คือ

ขั้นที่ 1 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีขนาดของโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) ของการสุ่ม และโรงเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit)

ขั้นที่ 2 สุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 เป็นชั้น (Strata) ของการสุ่ม และห้องเรียนเป็นหน่วยของการสุ่ม (Sampling Unit) ใน การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง 571 คน ถือเป็นประชากรเทียม ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 จำนวนโรงเรียน ห้องเรียน และนักเรียนที่ทำการสุ่มได้ของชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียน	ม.1			ม.2			ม.3		
	จำนวน ห้อง	จำนวน ห้องที่ สุ่มได้	จำนวน นักเรียน	จำนวน ห้อง	จำนวน ห้องที่ สุ่มได้	จำนวน นักเรียน	จำนวน ห้อง	จำนวน ห้องที่ สุ่มได้	จำนวน นักเรียน
ราชวินิตบางแก้ว	15	1	55	15	2	99	15	1	53
หลวงพ่อบานคลองด่าน อนุสรณ์	7	-	-	7	1	45	6	-	-
บางพลีราษฎร์บำรุง	15	2	108	15	-	-	15	1	51
พูลเจริญวิทยาคม	12	-	-	12	-	-	12	1	41
บางบ่อวิทยาคม	12	1	33	12	1	43	10	1	43
รวม	61	4	196	61	4	187	58	4	188

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในช่วงชั้นที่ 3 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 3) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โดยสุ่มมาจากประชากรเทียมแบบใส่คืน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 571 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยมาจากเครื่องมือของ สัญญา จันทรอด เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 3 ฉบับๆละ 30 ข้อ ที่ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบความยากของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 3 มิติ ที่มีมุมมองต่างกัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ที่ใช้ชุดการฝึก และการปฏิบัติจริง ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับของแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็น 0.930 แบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็น 0.932 และแบบทดสอบฉบับที่ 3 เป็น 0.890 โดยผู้วิจัยนำมาหาคุณภาพเครื่องมืออีกครั้ง มีวิธีการหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

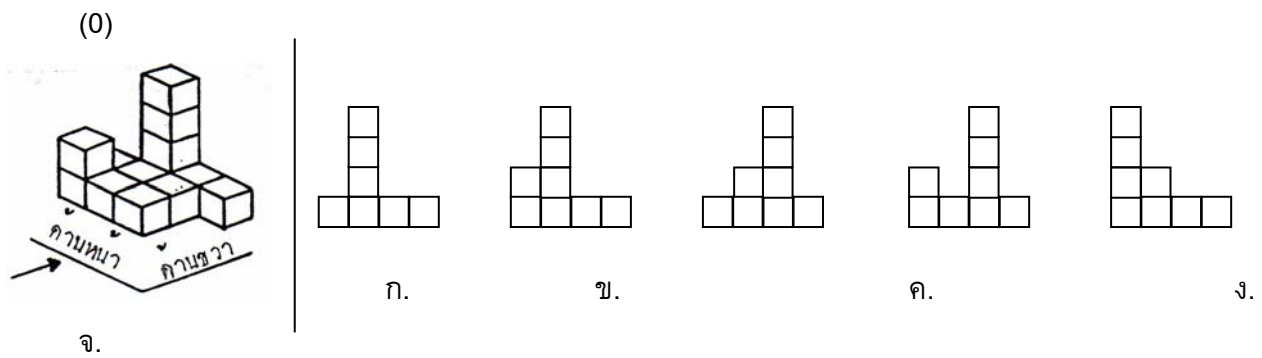
1. นำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาจำนวน 200 คน แล้วนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยวิธี r_B ของ บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ ซึ่งได้ความเชื่อมั่น 0.855
2. จัดทำรูปเล่มของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ พร้อมคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ เพื่อนำไปสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

ตัวอย่างแบบทดสอบ

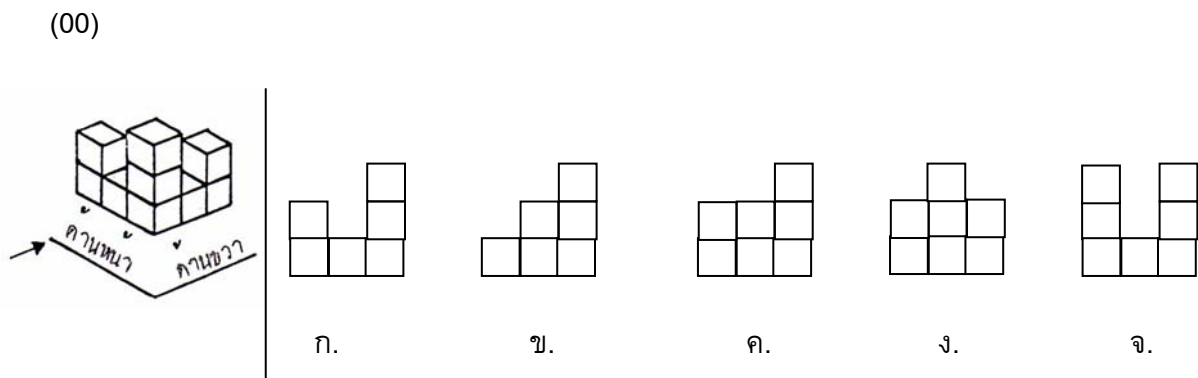
แบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ที่ให้มองภาพด้านหน้า

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีจำนวน 30 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที ดังนั้นนักเรียนควรรีบตอบโดยเร็ว และให้ครบทุกข้อจึงจะทำให้ได้คะแนนดี ถ้าพบว่าย่อยากให้ห้ข้ามไปทำข้ออื่นก่อน เมื่อมีเวลาเหลือจึงย้อนกลับมาทำอีกครั้ง
2. ข้อคำถามแต่ละข้อจะกำหนดภาพ 3 มิติเป็นรูปลูกบาศก์เรียง และซ้อนทับกันมาให้แล้วให้นักเรียนจินตนาการดูว่าถ้าให้ตนเองไปยืนอยู่ตรงทางลูกศรแล้วมองภาพนั้น จะเห็นเป็นภาพ 2 มิติ ภาพใดในตัวเลือก ก, ข, ค, ง และ จ



จากตัวอย่างนักเรียนจะเห็นว่า ถ้าเราไปยืนตรงทางลูกศรแล้วมองภาพ 3 มิติที่กำหนดให้ จะเห็นเป็นภาพ 2 มิติ ที่ตรงกับภาพในตัวเลือก ข. ดังนั้นคำตอบที่ถูกต้องคือ ข.



จากตัวอย่างนักเรียนจะเห็นว่า ถ้าเราไปยืนตรงทางลูกศรแล้วมองภาพ 3 มิติที่กำหนดให้ จะเห็นเป็นภาพ 2 มิติ ที่ตรงกับภาพในตัวเลือก ก. ดังนั้นคำตอบที่ถูกต้องคือ ก.

3. การตอบแบบทดสอบให้นักเรียนตอบลงในกระดาษที่กำหนดให้ โดยทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับตัวอักษร ก, ข, ค, ง และ จ ตามที่นักเรียนเห็นว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องและถ้า นักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบใหม่ก็ให้ทำเครื่องหมาย = ทับตัวอักษรเดิมที่กากบาทไว้ แล้วจึงไปกากบาทในตัวเลือกอื่นที่ต้องการ

4. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอนหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนเพื่อกำหนด วัน เวลา ที่ทำการทดสอบ
3. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบด้วยตนเอง จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่ทำการทดสอบในแต่ละครั้ง

4. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตามวัน เวลา ที่นัดหมายไว้

5. ชี้แจงให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจและทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทำแบบทดสอบครั้งนี้ พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบด้วย

6. อธิบายถึงวิธีการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนพิจารณาหาแนวโน้มของตัวเลขที่ต้องการจากข้อใดจาก ก. ถึง จ. แล้วเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว

7. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน ดังนี้ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งข้อให้ 0 คะแนน และนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 571 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม

2. ทำการสุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะมาสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มข้อมูลโดยการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ และกลุ่มต่ำสุด มีวิธีการสุ่ม คือ

1. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

1.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 10%, กลุ่มสูงมาจำนวน 40%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 40% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

2. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

2.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 10%, กลุ่มสูงมาจำนวน 15%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 25% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 50% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวกหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งเบ้บวก ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

3.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 50%, กลุ่มสูงมาจำนวน 25%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 15% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งเบ้ลบ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบสูงแหลม โดยดำเนินการตามเงื่อนไข
ดังนี้

4.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 5%, กลุ่มสูงมาจำนวน 45%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 45% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 5% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบสูงแหลมหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นแบบสูงแหลม ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไข
ดังนี้

5.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 20%, กลุ่มสูงมาจำนวน 30%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 30% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 20% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นแบบแบนราบ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดมาทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีของ Levene ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างใดที่มีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนให้ทำการสุ่มแบบใส่คืนใหม่จนครบตามจำนวนกลุ่มที่ต้องการ

4. นำข้อมูลทุกกลุ่ม ทุกขนาดที่มีความไม่เป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA)

5. นำข้อมูลทีวิเคราะห์ความแปรปรวน มาทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี คือ

5.1 วิธี Tamhane's

5.2 วิธี Games-Howell

5.3 วิธี Brown – Forsythe

6. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณแล้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ต่างกัน ในการแจกแจงข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดจำนวน 80 คน โดยวิธี Q – test

7. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณเดียวกันในการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยวิธี χ^2 – test

8. หาค่าอำนาจของการทดสอบในแต่ละกลุ่มของการแจกแจง และแต่ละขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

นำแบบทดสอบไปทดสอบครั้งที่ 1 แล้ว นำมาหาความเชื่อมั่นแบบทดสอบจากสูตร r_B (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์ .2538: 51)

$$r_B = \frac{1}{1 - \sum \lambda_i^2} \left\{ 1 - \frac{\sum p_i(1 - p_i)}{S_x^2} \right\}$$

เมื่อ
$$\lambda_i = \frac{[\sum B_{ji} - p_k(\bar{x} - 1)]}{S_x^2}$$

เมื่อ	r_B	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	p_i	แทน	ค่าความยากง่ายของข้อสอบแต่ละข้อ
	S_x^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ
	$\bar{x}$	แทน	ผลรวมของค่าความยากแต่ละข้อ
	B_{ji}	แทน	สัดส่วนจำนวนผู้ตอบข้อสอบสองข้อใด ๆ ถูกทั้งสองข้อ

2. สถิติทดสอบสมมติฐาน

2.1 ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$), มัธยฐาน (Median), ฐานนิยม (Mode), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD), สัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (SE_M)

2.2 สถิติการทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ในการวิจัยครั้งนี้มี 3 วิธีคือ

2.2.1 วิธี Tamhane's (Tamhane, Ajit C. 1987: 188 - 189)

$$T2 = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j}}}$$

เมื่อ	T2	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tamhane's
	$\bar{X}_i$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม i
	$\bar{X}_j$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่ม j
	$\hat{\sigma}_i^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม i
	$\hat{\sigma}_j^2$	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่ม j

n_i	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม i
n_j	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างของกลุ่ม j

$$df = \frac{\left(\frac{\hat{\sigma}_i^2}{n_i} + \frac{\hat{\sigma}_j^2}{n_j} \right)^2}{\frac{\hat{\sigma}_i^4}{n_i^2(n_i-1)} + \frac{\hat{\sigma}_j^4}{n_j^2(n_j-1)}}$$

ในบางกรณี Tamhane ได้ปรับปรุงการคำนวณองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) ให้ง่ายขึ้นโดยเปลี่ยนจากค่าคำนวณโดยวิธีของ Welch's modified เป็น $df = n_1 + n_2 - 2$ ในบางกรณี ทั้งนี้เนื่องจากกรณีความแปรปรวนของประชากรหรือขนาดกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มแตกต่างกันไม่มาก ค่าองศาความเป็นอิสระจะเข้าใกล้ $n_1 + n_2 - 2$ ซึ่งจะใช้ค่า $df = n_1 + n_2 - 2$ เมื่อข้อมูลเป็นไปตามเงื่อนไขอย่างน้อย 1 ข้อ ใน 4 ข้อ ซึ่งเป็นตามเกณฑ์ของ Ury และ Wiggins (1971: 182) ดังนี้

1. $9/10 \leq n_i/n_j \leq 10/9$
2. $9/10 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 10/9$
3. $4/5 \leq n_i/n_j \leq 5/4$ และ $1/2 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 2$
4. $2/3 \leq n_i/n_j \leq 3/2$ และ $3/4 \leq (S_i^2/n_i)/(S_j^2/n_j) \leq 4/3$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|T2| \geq m_{\alpha,c,df}$ คือ ค่าความวิกฤตที่เปิดตาราง Studentized maximum modulus distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและองศาความเป็นอิสระ (degree of freedom) (c, df) ตามลำดับ

2.2.2 วิธี Games-Howell (Kirk. 1995: 147)

$$GH = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right) / 2}}$$

เมื่อ	GH	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Games และ Howell
	$\bar{X}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	$\bar{X}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	s_1^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

s_2^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
n_1	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
n_2	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{s_1^4}{n_1^2(n_1-1)} + \frac{s_2^4}{n_2^2(n_2-1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|GH| \geq q_{\alpha,p,df}$ โดยที่ $q_{\alpha,p,df}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดตาราง Studentized rang distribution ที่มีระดับนัยสำคัญและองศาความเป็นอิสระ (p, df) ตามลำดับ

2.2.3 วิธี Brown – Forsythe (Kirk. 1995: 155)

$$BF = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

เมื่อ	BF	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Brown และ Forsythe
	$\bar{X}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	$\bar{X}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	s_1^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	s_2^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	n_1	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	n_2	แทน	จำนวนตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

$$df_1 = n_1 - 1$$

และ

$$df_2 = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{s_1^4}{n_1^2(n_1-1)} + \frac{s_2^4}{n_2^2(n_2-1)}}$$

เกณฑ์การตัดสินใจจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $BF \geq F_{\alpha;df_1,df_2}$ โดยที่ $F_{\alpha;df_1,df_2}$ คือ ค่าวิกฤตที่เปิดตาราง F ที่มีระดับนัยสำคัญและองศาความเป็นอิสระ ตามลำดับ

2.3 อำนาจการทดสอบ (Kirk. 1995: 60)

$$Z_\beta = \frac{d(n-1)\sqrt{n}}{(n-1)+1.21(Z_\alpha-1.06)} - Z_\alpha$$

เมื่อ
$$d = \frac{|\mu - \mu_0|}{\sigma}$$

	อำนาจการทดสอบ คือ $1 - \beta$		
เมื่อ	Z_α	แทน	ค่า Z ที่เปิดจากตาราง
	Z_β	แทน	ค่า Z ที่คำนวณได้
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	μ	แทน	ค่าเฉลี่ยประชากร
	μ_0	แทน	ค่าเฉลี่ยประชากรกลุ่มที่ 0
	σ	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

2.4 วิธีทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของ Levene (เยาวภา ไชยศรี. 2536: 25 ; อ้างอิงจาก Levene,H. 1960: 278-292.)

สถิติทดสอบคำนวณได้จาก

$$L = \frac{\sum n_i (\bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{..})^2 / (k-1)}{\sum \sum (Z_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2 / \sum (n_i - 1)} ; \quad df = k-1, \sum (n_i - 1)$$

เมื่อ

$$Z_{ij} = |X_{ij} - \bar{x}_{i.}|$$

$$\bar{Z}_{i.} = \sum Z_{ij} / n_i$$

$$\bar{Z}_{..} = \sum \sum Z_{ij} / \sum n_i$$

ถ้า L คำนวณ $> F$ จากตารางการแจกแจง F จะไม่ยอมรับ H_0

2.5 สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย F – test (Kirk. 1995:

81 - 86)

$$F = \frac{\sum_{j=1}^J n_j (\bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..})^2 / (J - 1)}{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2 / (N - J)}$$

เมื่อ	F	แทน	การวิเคราะห์ความแปรปรวน
	X_{ij}	แทน	คะแนนของคนที่ i ที่ได้รับการกระทำที่ j
	$\bar{X}_{.j}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ j
	$\bar{X}_{..}$	แทน	ค่าเฉลี่ยรวมทุกกลุ่ม
	N	แทน	จำนวนประชากร
	n_j	แทน	จำนวนสมาชิกในกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ j
	J	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ทำการทดลอง
	ถ้า F คำนวณ > F ตารางจะไม่ยอมรับ H_0		

2.6 สถิติที่ใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้สูตร Kolmogorov – Smirnov Test (นิภา ศรีไพโรจน์. 2533: 28-31)

$$D = \max |F(x) - s(x)|$$

เมื่อ	F (x)	แทน	ความถี่สะสมของคะแนนที่สังเกตได้
	S (x)	แทน	ความถี่ของคะแนนที่คาดหวัง

นำค่า D ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่าวิกฤติซึ่งเปิดจากตาราง Kolmogorov – Smirnov Test ถ้า D ที่คำนวณได้น้อยกว่า D ที่เปิดตาราง หมายความว่า ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

2.7 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความเบ้ (วิรัช วรรณรัตน์. 2535: 28)

$$Sk = \frac{M_3}{S^3} = \frac{M_3}{M_2 \sqrt{M_2}}$$

เมื่อ	Sk	แทน	ค่าความเบ้
	M ₃	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 3
	M ₂	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 2
	S	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์ คำนวณได้จาก

$$M_r = \frac{\sum (X - \bar{X})^r}{N}$$

เมื่อ	M _r	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ r
-------	----------------	-----	-----------------

โดย Sk = 0 แล้ว การแจกแจงเป็นโค้งสมมาตร (Symmetric)

Sk > 0 แล้ว การแจกแจงจะเบ้ไปทางขวา (Positive Skewness)

Sk < 0 แล้ว การแจกแจงจะเบ้ไปทางซ้าย (Negative Skewness)

2.8 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความโด่ง (วิรัช วรรณรัตน์. 2535: 30)

$$Ku = \frac{M_4}{M_2^2} - 3$$

เมื่อ	Ku	แทน	ค่าความโด่ง
	M ₂	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 2
	M ₄	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 4

โดย Ku = 0 แล้ว แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)

Ku < 0 แล้ว แสดงว่า เป็นโค้งที่แบน (Platykurtic)

Ku > 0 แล้ว แสดงว่า เป็นโค้งโด่งกว่าปกติ เรียกว่า (Leptokurtic)

2.9 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้มาจากการเปรียบเทียบพหุคูณที่แตกต่างกันในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลเดียวกัน โดยใช้สูตร Q – test (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2527: 77)

$$Q = \frac{(k-1)(k \sum P^2 - T^2)}{kT - \sum X^2}$$

เมื่อ	Q	แทน	การทดสอบแบบ Q
	k	แทน	จำนวนการเปรียบเทียบพหุคูณ
	P	แทน	จำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0 ของแต่ละสูตร
	X	แทน	จำนวนสูตรที่ปฏิเสธ H_0 ในหนึ่งลักษณะการแจกแจงของข้อมูล
	T	แทน	ผลรวมของจำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0 หรือ $T = \sum P$

นำค่า Q ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่า Qวิกฤต ซึ่งเปิดจากตารางไค – สแควร์ ที่ $df = k-1$ ถ้าค่า Q ที่คำนวณได้มากกว่า Q วิกฤต หมายความว่า วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ต่างกันให้ผลต่างกันในการใช้

2.10 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย มีนัยสำคัญที่ได้มาจากการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีเดียวกัน ในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลต่างกัน โดยใช้สูตร χ^2 – test (นิภา ศรีโพธิ์โรจน์. 2533: 104-110)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

เมื่อ	χ^2	แทน	การทดสอบไค - สแควร์
	O	แทน	ความถี่ที่ได้มาจริง (จำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0)
	E	แทน	ค่าความถี่ที่ได้มาตามทฤษฎีหรือที่คาดหวัง (จำนวนกลุ่มที่คาดหวังว่าจะปฏิเสธ H_0)
	X	แทน	จำนวนสูตรที่ปฏิเสธ H_0 ในหนึ่งลักษณะการแจกแจงของข้อมูล
	T	แทน	ผลรวมของจำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0 หรือ $T = \sum P$

นำค่า χ^2 ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่า χ^2 วิกฤต ซึ่งเปิดจากตารางไค – สแควร์ที่ $df = n - 1$ ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้มากกว่า χ^2 วิกฤต หมายความว่า ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลแตกต่างกันให้ผลต่างกันในการใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความถนัดด้านมิติสัมพันธ์
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ

3 วิธี

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's
 - 3.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell
 - 4.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 4.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
5. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe
 - 5.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 5.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
6. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบ

พหุคูณ 3 วิธี

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
Mdn	แทน	มัธยฐาน
Mode	แทน	ฐานนิยม
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
S^2	แทน	ความแปรปรวน
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Kur	แทน	ค่าความโด่ง
SE_M	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด

r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่น
C.V.	แทน	สัมประสิทธิ์การกระจาย
ยอมรับ	แทน	จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง
ไม่	แทน	จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง
ปกติ	แทน	การแจกแจงเป็นโค้งปกติ
เบ้บวก	แทน	การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก
เบ้ลบ	แทน	การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ
สูงแหลม	แทน	การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม
แบนราบ	แทน	การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ
T2	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Tamhane's
GH	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Games และ Howell
BF	แทน	การเปรียบเทียบพหุคูณของ Brown และ Forsythe
Q	แทน	สถิติทดสอบแบบ Q
χ^2	แทน	สถิติทดสอบแบบไค – สแควร์
F	แทน	ค่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน
$1 - \beta$	แทน	อำนาจการทดสอบ
ม.1	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ม.2	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ม.3	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ

การวิเคราะห์ตอนนี้้นำคะแนนมาหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย, มัธยฐาน, ฐานนิยม, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ค่าความเบ้, ค่าความโด่ง, ค่าความเชื่อมั่น, สัมประสิทธิ์การกระจาย และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด จากการแจกแจงของข้อมูลหาลักษณะ คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ, การแจกแจงเป็นแบบสูงแหลม, การแจกแจงเป็นแบบแบนราบ กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 571 คน ที่เป็นประชากรเทียม ดังปรากฏในตาราง 4 – 5

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

n	$\bar{X}$	SD	Sk	Kur	r_{tt}	C.V.	SE _M
571	21.76	4.72	-1.81	2.84	.855	.217	±1.80

ผลการวิเคราะห์ตาราง 4 พบว่า ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย 21.76 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.72 ค่าความเบ้ -1.81 ค่าความโด่ง 3.10 ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ .855 ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน .217 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด ± 1.80 กล่าวคือ ข้อมูลจากประชากรเทียมจำนวน 571 คน ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด จำนวน 10 กลุ่ม

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	การแจกแจงของข้อมูล	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
20	ปกติ	9.25-12.47	6.00-10.00	3.0-5.0	6.79-9.32	.39 - 1.62	-1.72 - 1.72
	เบ้บวก	7.74-10.04	5.50-6.00	5.0-6.0	4.85-7.71	1.23 - 2.12	.07 - 4.01
	เบ้ลบ	13.77-17.50	8.00-22.00	5.0-26.0	7.43-9.77	-.40 - -.05	-2.02 - -.94
	สูงแหลม	13.89-16.90	4.00-16.50	11.0-22.0	5.27-6.93	-.40 - .30	.19 - 1.67
	แบนราบ	10.11-14.24	8.00-15.00	5.0-24.0	5.66-9.02	-.14 - 1.20	-2.00 - -.32
40	ปกติ	14.21-16.14	12.00-17.00	6.0-17.0	5.23-7.12	-.32 - .55	-1.61 - -.59
	เบ้บวก	10.84-14.56	10.00-14.50	6.0-7.0	4.92-6.68	.10 - 1.39	-1.30 - .38
	เบ้ลบ	17.38-20.53	18.00-22.00	16.0-24.0	4.77-7.33	-1.32 - -.49	-1.08 - .95
	สูงแหลม	14.20-16.27	13.00-16.50	8.0-22.0	4.14-5.16	-.33 - .53	.59 - 1.47
	แบนราบ	13.93-16.62	11.50-17.00	7.0-21.0	5.39-6.73	-.36 - .64	-1.43 - -.09
80	ปกติ	17.90-21.73	17.00-23.00	7.0-23.0	5.65-7.89	-1.37 - -.19	-1.23 - 2.41
	เบ้บวก	12.72-18.42	7.00-19.00	7.0-24.0	7.14-8.73	.01 - 1.05	-1.98 - -.14
	เบ้ลบ	22.38-23.64	23.00-24.00	23.0-24.0	3.72-5.91	-.37 - -1.49	2.06 - 6.80
	สูงแหลม	15.50-19.71	16.00-21.00	7.0-19.0	3.315-7.144	-.79 - .64	.06 - 1.37
	แบนราบ	16.00-21.00	17.00-22.50	7.0-24.0	5.31-7.81	-.97 - -.14	-2.13 - -.18
120	ปกติ	14.21-17.90	13.50-19.00	6.0-22.0	2.23-7.12	-.61 - .30	-1.61 - -.14
	เบ้บวก	10.73-11.57	7.50-8.00	5.0-7.0	6.59-7.20	.65 - .96	-1.05 - -.18
	เบ้ลบ	19.42-20.32	22.50	22.0-26.0	6.38-7.30	-1.07 - -.87	-.57 - .16
	สูงแหลม	15.17-16.52	15.00-15.50	8.0-22.0	4.95-5.623	-.28 - .26	.21 - 1.32
	แบนราบ	15.27-16.18	15.00-16.00	5.0-24.0	6.71-7.29	-.19 - .10	-1.36 - -.99

ผลการวิเคราะห์ตาราง 5 พบว่า ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ และขนาด

ของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 9.25 - 23.64 ค่ามัธยฐานมีค่าตั้งแต่ 4.00 – 24.00 ค่าฐานนิยมมีค่าตั้งแต่ 3.0 – 26.0 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าตั้งแต่ 2.23 – 9.77 ค่าความเบ้มีค่าตั้งแต่ -1.37 – 2.12 และค่าความโด่งมีค่าตั้งแต่ -2.13 – 6.80 กล่าวคือ ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 10 กลุ่ม ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

2. การเปรียบเทียบความแตกต่าง ของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี

2.1 การวิเคราะห์ตอนนี้ได้นำจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณสามวิธี คือ วิธี Tamhane's, วิธี Games-Howell และวิธี Brown-Forsythe ในการแจกแจงของข้อมูลห้าลักษณะ ของกลุ่มตัวอย่างขนาด 80 คน มาทดสอบความแตกต่างจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณ ซึ่งวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลเดียวกันโดยใช้ Q – test ทดสอบ ผลปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการทดสอบพหุคูณต่างกันสามวิธี จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ

วิธีการ เปรียบเทียบ	ลักษณะการแจกแจง									
	ปกติ		เบ้บวก		เบ้ลบ		สูงแหลม		แบนราบ	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
T2	28	2	5	25	2	28	24	6	13	17
GH	29	1	6	24	7	23	25	5	15	15
BF	22	8	13	17	1	29	22	8	21	9
Q	13.05**		5.54		8.51		14.25**		6.21	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 6 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และโค้งสูงแหลม มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

2.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณคู่ใดต่างกันบ้าง จึงนำมาเปรียบเทียบด้วยสูตร Q – test เป็นรายคู่ และเพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานจากการทดสอบพหุคูณ
ต่างกันสามวิธี ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ลักษณะการแจกแจง	
	ปกติ	สูงแหลม
T2 – GH	5.67	4.51
T2 – BF	9.97***	4.85
GH - BF	9.99***	6.82

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 7 พบว่า ผลการเปรียบเทียบการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี เป็นรายคู่ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ วิธี Tamhane's กับ Brown-Forsythe และ วิธี Games-Howell กับ Brown-Forsythe แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนในการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลมไม่พบความแตกต่าง

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's

การวิเคราะห์ตอนนี้นำจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการแจกแจงข้อมูลห้ารูปแบบ คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ, การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม, การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ 20 คน, 40 คน, 80 คน และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณตามลำดับดังนี้

3.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

3.1.1 การวิเคราะห์ตอนนี้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลางจากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Tamhane's ในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 8 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	ลักษณะการแจกแจง									
	ปกติ		เบ้บวก		เบ้ลบ		สูงแหลม		แบนราบ	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
20	6	24	17	13	8	22	18	12	17	13
40	5	25	15	15	9	21	15	15	14	16
80	13	17	9	21	13	17	1	29	1	29
120	4	26	12	15	12	18	2	28	7	23
χ^2	16.99**		13.73		11.87		36.20**		23.51**	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 8 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

3.1.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณของขนาดกลุ่มตัวอย่างคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบด้วย χ^2 -test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Tamhane's ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ลักษณะการแจกแจง		
	ปกติ	สูงแหลม	แบนราบ
20 – 40	5.01	6.03	6.12
20 – 80	9.17***	13.76***	14.67***
20 – 120	6.23	15.75***	16.61***
40 – 80	9.67***	18.46***	18.55***
40 – 120	5.24	19.06***	19.16***
80 – 120	6.95	24.21***	20.24***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 9 พบว่า ผลการเปรียบเทียบขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายคู่ ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 20 กับ 120 คน ในการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลมกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 20 กับ 120 คน, 40 กับ 80 คน, 40 กับ 120 คน, 80 กับ 120 คน และในการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 20 กับ 120 คน, 40 กับ 80 คน, 40 กับ 120 คน, 80 กับ 120 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

3.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

3.2.1 การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง จากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Tamhane's ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ, โค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 40, 80 และ 120 คน วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 10

ตาราง 10 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณ ด้วยวิธี Tamhane's

ลักษณะการแจกแจง	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง							
	20		40		80		120	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
ปกติ	27	3	15	15	10	20	25	5
เบ้บวก	24	6	29	1	12	18	6	24
เบ้ลบ	16	14	30	0	12	18	10	20
สูงแหลม	19	11	25	5	17	13	21	9
แบนราบ	20	10	26	4	18	12	11	19
χ^2	12.03		28.40**		6.55		34.32**	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 10 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

3.2.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณของลักษณะการแจกแจงคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบกับ χ^2 - test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Tamhane's ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	
	40	120
ปกติ - เบ้บวก	9.27***	10.52***
ปกติ - เบ้ลบ	9.16***	10.64***
ปกติ - สูงแหลม	10.23***	7.09
ปกติ - แบนราบ	9.57***	9.85***
เบ้บวก - เบ้ลบ	4.68	4.00
เบ้บวก - สูงแหลม	6.21	9.57***
เบ้บวก - แบนราบ	5.52	4.47
เบ้ลบ - สูงแหลม	6.31	10.99***
เบ้ลบ - แบนราบ	5.54	4.52
สูงแหลม - แบนราบ	4.32	9.64***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 11 พบว่า ผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงเป็นรายคู่ ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน โค้งปกติกับโค้งเบ้บวก, โค้งปกติกับโค้งเบ้ลบ, โค้งปกติกับโค้งสูงแหลม, โค้งปกติกับโค้งแบนราบ และในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คน โค้งปกติกับโค้งเบ้บวก, โค้งปกติกับโค้งเบ้ลบ, โค้งปกติกับโค้งแบนราบ, โค้งเบ้บวกกับโค้งสูงแหลม, โค้งเบ้ลบกับโค้งสูงแหลม, โค้งสูงแหลมกับโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

4. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการแจกแจงข้อมูลหารูปแบบ คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ, การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม, การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ 20 คน,

40 คน, 80 คน และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณตามลำดับดังนี้

4.1. การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

4.1.1 การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลางจากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Games - Howell ในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 12

ตาราง 12 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	ลักษณะการแจกแจง									
	ปกติ		เบ้บวก		เบ้ลบ		สูงแหลม		แบนราบ	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
20	0	30	26	4	12	18	5	25	8	22
40	6	24	16	14	26	4	9	21	9	21
80	18	12	23	17	7	23	13	17	13	17
120	1	29	25	5	10	20	15	15	12	18
χ^2	28.67**		10.84		28.57**		8.64		11.87	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 12 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และโค้งเบ้ลบมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

4.1.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณของขนาดกลุ่มตัวอย่างคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบด้วย χ^2 -test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Games - Howell ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ลักษณะการแจกแจง	
	ปกติ	สูงแหลม
20 – 40	6.21	5.50
20 – 80	13.76***	9.16***
20 – 120	5.21	10.75***
40 – 80	18.46***	4.84
40 – 120	6.34***	5.61
80 – 120	28.06***	9.56***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 13 พบว่า ผลการเปรียบเทียบขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายคู่ ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 40 กับ 80 คน, 40 กับ 120 คน, 80 กับ 120 คน และในการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลมกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 20 กับ 120 คน, 80 กับ 120 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

4.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

4.2.1 การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง จากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Games - Howell ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ, โค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 40, 80 และ 120 คน วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 14

ตาราง 14 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณ
ด้วยวิธี Games - Howell

ลักษณะการ แจกแจง	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง							
	20		40		80		120	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
ปกติ	18	12	12	18	17	13	24	6
เบ้บวก	19	11	18	12	25	5	19	11
เบ้ลบ	17	13	19	11	21	9	22	8
สูงแหลม	22	8	17	13	25	5	20	10
แบนราบ	15	15	5	25	27	3	25	5
χ^2	3.74		18.02**		11.93		4.43	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 14 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

4.2.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณของลักษณะการแจกแจงคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบกับ χ^2 - test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 15

ตาราง 15 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Games - Howell ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
	40
ปกติ - เบ้บวก	4.21
ปกติ - เบ้ลบ	5.14
ปกติ - สูงแหลม	6.32
ปกติ - แบนราบ	10.11***
เบ้บวก - เบ้ลบ	4.86
เบ้บวก - สูงแหลม	4.75
เบ้บวก - แบนราบ	9.97***
เบ้ลบ - สูงแหลม	6.65
เบ้ลบ - แบนราบ	10.02***
สูงแหลม - แบนราบ	10.85***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 15 พบว่า ผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงเป็นรายคู่ ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน โค้งปกติกับโค้งสูงแหลม, โค้งเบ้บวกกับโค้งแบนราบ, โค้งเบ้ลบกับโค้งแบนราบ และโค้งสูงแหลมกับโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

5. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการแจกแจงข้อมูลหารูปแบบ คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ, การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม, การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด คือ 20 คน, 40 คน, 80 คน และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณตามลำดับดังนี้

5.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

5.1.1 การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลางจากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Brown - Forsythe ในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนในลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 16

ตาราง 16 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown - Forsythe

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง	ลักษณะการแจกแจง									
	ปกติ		เบ้บวก		เบ้ลบ		สูงแหลม		แบนราบ	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
20	25	5	22	8	17	13	10	20	16	14
40	17	13	24	6	15	15	11	19	4	26
80	23	7	7	23	9	21	17	13	9	21
120	24	6	6	24	12	18	22	8	10	20
χ^2	6.74		15.66**		13.73		12.53		11.05	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 16 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown - Forsythe ในการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวกมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

5.1.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณของขนาดกลุ่มตัวอย่างคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบด้วย χ^2 -test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 17

ตาราง 17 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานด้วยวิธี Brown - Forsythe ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ลักษณะการแจกแจง
	เบ้บวก
20 – 40	4.37
20 – 80	9.81***
20 – 120	10.75***
40 – 80	8.54***
40 – 120	11.23***
80 – 120	5.64

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 17 พบว่า ผลการเปรียบเทียบขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็นรายคู่ในการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวกกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 กับ 80 คน, 20 กับ 120 คน, 40 กับ 80 คน, 40 กับ 120 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

5.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

5.2.1 การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลางจากการทดสอบพหุคูณด้วย วิธี Brown - Forsythe ด้วยกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ, โค้งเบ้บวก, โค้งเบ้ลบ, โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการยอมรับ และไม่ยอมรับสมมติฐานกลาง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 40, 80 และ 120 คน วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 18

ตาราง 18 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณ
ด้วยวิธี Brown - Forsythe

ลักษณะการ แจกแจง	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง							
	20		40		80		120	
	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่	ยอมรับ	ไม่
ปกติ	20	10	12	18	27	3	13	17
เบ้บวก	9	21	14	16	24	6	14	16
เบ้ลบ	10	20	11	19	16	14	19	11
สูงแหลม	21	9	8	22	19	11	12	18
แบนราบ	12	18	14	16	20	10	10	20
χ^2	17.25**		3.46		12.03		6.08	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตาราง 18 พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown - Forsythe ใน
กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

5.2.2 การวิเคราะห์ตอนนี้เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่าผลการเปรียบเทียบพหุคูณ
ของลักษณะการแจกแจงคู่ใดบ้างที่ต่างกัน จึงนำมาเปรียบเทียบกับ χ^2 - test เป็นรายคู่ เพื่อเป็นการ
ควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนให้เท่ากับระดับนัยสำคัญที่ .05 ผู้วิจัยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ระดับ .02 ดังแสดงในตาราง 19

ตาราง 19 การเปรียบเทียบจำนวนผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานด้วยวิธี Brown – Forsythe ที่ละคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
	20
ปกติ - เบ้บวก	14.47***
ปกติ - เบ้ลบ	13.76***
ปกติ - สูงแหลม	6.54
ปกติ - แบนราบ	19.57***
เบ้บวก - เบ้ลบ	4.22
เบ้บวก - สูงแหลม	17.85***
เบ้บวก - แบนราบ	5.21
เบ้ลบ - สูงแหลม	21.23***
เบ้ลบ - แบนราบ	6.65
สูงแหลม - แบนราบ	16.60***

*** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02

ผลการวิเคราะห์ตาราง 19 พบว่า ผลการเปรียบเทียบลักษณะการแจกแจงเป็นรายคู่ ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน โค้งปกติกับโค้งเบ้บวก, โค้งปกติกับโค้งเบ้ลบ, โค้งปกติกับโค้งแบนราบ, โค้งเบ้บวกกับโค้งสูงแหลม, โค้งเบ้ลบกับโค้งสูงแหลม และโค้งสูงแหลมกับโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .02 ส่วนคู่อื่นไม่พบความแตกต่าง

6. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานกลางในแต่ละกลุ่มของการแจกแจง และแต่ละขนาดของกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าอำนาจการทดสอบโดยใช้สูตรของ Kirk (Kirk, 1995: 60)

ตาราง 20 การเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากการแจกแจงข้อมูลที่แตกต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

n	ลักษณะการแจกแจง ของข้อมูล	อำนาจการทดสอบ ($1 - \beta$)		
		T2	GH	BF
20	ปกติ	0.37	0.58	0.68
	เบ้บวก	0.30	0.44	0.65
	เบ้ลบ	0.28	0.39	0.57
	สูงแหลม	0.33	0.40	0.55
	แบนราบ	0.25	0.41	0.60
40	ปกติ	0.71	0.75	0.77
	เบ้บวก	0.70	0.70	0.73
	เบ้ลบ	0.60	0.50	0.68
	สูงแหลม	0.70	0.69	0.74
	แบนราบ	0.60	0.58	0.61
80	ปกติ	0.87	0.89	0.90
	เบ้บวก	0.80	0.85	0.86
	เบ้ลบ	0.81	0.80	0.85
	สูงแหลม	0.75	0.84	0.88
	แบนราบ	0.83	0.83	0.85
120	ปกติ	0.91	0.95	0.95
	เบ้บวก	0.89	0.84	0.89
	เบ้ลบ	0.84	0.84	0.87
	สูงแหลม	0.80	0.89	0.90
	แบนราบ	0.85	0.84	0.91

ผลการวิเคราะห์ตาราง 20 พบว่า

1. ค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากลักษณะการแจกแจงของข้อมูลทุกลักษณะ มีค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น
2. ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ พบว่า มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าในทุกลักษณะการแจกแจง

3. ในวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบการทดสอบพหุคูณ วิธี Brown-Forsythe มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่า วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell ส่วน วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell มีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษานี้มีความมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาผลการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe จากข้อมูลที่มีการแจกแจงของประชากรแบบต่างๆ กัน และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยวิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe เมื่อมีการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Tamhane's
 - 2.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Games-Howell
 - 3.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบโดยวิธี Brown-Forsythe
 - 4.1 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 4.2 เมื่อการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
5. เพื่อหาอำนาจการทดสอบของการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe จากข้อมูลที่มีการแจกแจงของประชากรแบบต่างๆ กัน และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

สมมติฐานการศึกษาค้นคว้า

1. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's, Brown – Forsythe, Games-Howell จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน
2. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's
 - 2.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน
 - 2.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

3. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell

3.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

3.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

4. การทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe

4.1 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

4.2 จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานที่เป็นกลางแตกต่างกัน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยมาจากเครื่องมือของ สัตยญา จันทรอด เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 3 ฉบับๆละ 30 ข้อ ที่ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบความยากของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 3 มิติ ที่มีมุมมองต่างกัน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3 ที่ใช้ชุดการฝึก และการปฏิบัติจริง ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับของแบบทดสอบฉบับที่ 1 เป็น 0.930 แบบทดสอบฉบับที่ 2 เป็น 0.932 และแบบทดสอบฉบับที่ 3 เป็น 0.890 โดยผู้วิจัยนำมาหาคุณภาพเครื่องมืออีกครั้ง มีวิธีการหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. นำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ไปทดลองสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาจำนวน 200 คน แล้วนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยวิธี r_B ของ บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์ ซึ่งได้ความเชื่อมั่น 0.855

2. จัดทำรูปเล่มของแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ พร้อมคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ เพื่อนำไปสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. ติดต่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนเพื่อกำหนด วัน เวลา ที่ทำการทดสอบ

3. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบด้วยตนเอง จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่ทำการทดสอบในแต่ละครั้ง

4. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตามวัน เวลา ที่นัดหมายไว้

5. ชี้แจงให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจและทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทำแบบทดสอบครั้งนี้ พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบด้วย

6. อธิบายถึงวิธีการทำแบบทดสอบวัดความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนพิจารณาหาแนวโน้มของตัวเลขที่ต้องการจากข้อใดจาก ก. ถึง จ. แล้วเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว

7. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน ดังนี้ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งข้อให้ 0 คะแนน และนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 571 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม

2. ทำการสุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 20, 40, 80 และ 120 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะมาสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มข้อมูลโดยการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ และกลุ่มต่ำสุด มีวิธีการสุ่ม คือ

1. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

1.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 10%, กลุ่มสูงมาจำนวน 40%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 40% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

2. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

2.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 10%, กลุ่มสูงมาจำนวน 15%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 25% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 50% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวกหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งเบ้บวก ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

3.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 50%, กลุ่มสูงมาจำนวน 25%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 15% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นโค้งเบ้ลบ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบสูงแหลม โดยดำเนินการตามเงื่อนไข
ดังนี้

4.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 5%, กลุ่มสูงมาจำนวน 45%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 45% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 5% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบสูงแหลมหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นแบบสูงแหลม ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไข
ดังนี้

5.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุด 20%, กลุ่มสูงมาจำนวน 30%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 30% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 20% จากข้อมูลทุกขนาดๆกลุ่ม ละ 30 กลุ่ม

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อการแจกแจงไม่เป็นแบบแบนราบ ผู้วิจัยต้องทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลทุกกลุ่มทุกขนาดมาทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีของ Levene ถ้ามีกลุ่มตัวอย่างใดที่มีความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนให้ทำการสุ่มแบบใส่คืนใหม่จนครบตามจำนวนกลุ่มที่ต้องการ

4. นำข้อมูลทุกกลุ่ม ทุกขนาดที่มีความไม่เป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One – Way ANOVA)

5. นำข้อมูลทีวิเคราะห์ความแปรปรวน มาทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณทั้ง 3 วิธี คือ

5.1 วิธี Tamhane's

5.2 วิธี Games-Howell

5.3 วิธี Brown – Forsythe

6. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบการเปรียบเทียบพหุคูณแล้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณที่ต่างกัน ในการแจกแจงข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน โดยวิธี Q – test

7. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณเดียวกันในการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยวิธี χ^2 – test

8. หาค่าอำนาจของการทดสอบในแต่ละกลุ่มของการแจกแจง และแต่ละขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความถนัดด้านมิติสัมพันธ์
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ

3 วิธี

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's
 - 3.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell
 - 4.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 4.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
5. การเปรียบเทียบความแตกต่างของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe
 - 5.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 5.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
6. การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบ

พหุคูณ 3 วิธี

สรุปผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี ในการแจกแจงของข้อมูลหาลักษณะ จากกลุ่มตัวอย่างขนาด 80 คน พบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และโค้งสูงแหลม มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

2. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ได้ผลตามลำดับดังนี้

2.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

2.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Tamhane's ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Games-Howell ได้ผลตามลำดับดังนี้

3.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell ในการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และโค้งเบ้กลับมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

3.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Games - Howell ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

4. การทดสอบความแตกต่างของผลการเปรียบเทียบพหุคูณของการทดสอบพหุคูณด้วยวิธี Brown-Forsythe ได้ผลตามลำดับดังนี้

4.1 การแจกแจงของข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown - Forsythe ในการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวกมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนการแจกแจงรูปแบบอื่นไม่พบความแตกต่าง

4.2 การแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ผลการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Brown - Forsythe ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาดอื่นไม่พบความแตกต่าง

5. ค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากลักษณะการแจกแจงของข้อมูลทุกลักษณะ พบว่า มีค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ พบว่า มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าในทุกลักษณะการแจกแจง ในวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบการทดสอบพหุคูณ วิธี Brown-Forsythe มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่า วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell ส่วน วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell มีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน

อภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาผลการทดสอบพหุคูณและหาค่าอำนาจการทดสอบ จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown - Forsythe จากข้อมูลที่มีการแจกแจงของประชากรแบบต่างๆ กัน และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ว่าจะได้จำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐานต่างกันหรือไม่ เมื่อ

ลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ คือ ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างมีความแปรปรวนแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์สามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. การศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐาน จากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe วิธี Tamhane's ในแต่ละการแจกแจง และในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง พบว่า การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ มีจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยวิธี Tamhane's มีจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด ส่วนวิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe มีจำนวนผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐานใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริพร กิตติสุภาพ (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่มีต่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการแจกแจงของข้อมูลห้าลักษณะ ซึ่งพบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณสามวิธี คือ วิธี Tukey's HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. ที่ทดสอบด้วยพหุคูณเดียวกัน ในการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Tamhane's จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างต่างกัน พบว่า ในลักษณะของการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ, การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 80 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด ส่วนขนาดกลุ่มตัวอย่าง 40 คน และ 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานเท่ากัน จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน พบว่า ขนาด 40 คน และ 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วน ขนาด 20 คน และ 80 คน จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด เมื่อข้อมูลไม่เป็นตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องทดสอบก่อนจะนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพราะจะมีผลกระทบต่อความมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Games-Howell จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างต่างกัน พบว่า ในลักษณะของการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก, การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน พบว่า ขนาด 40

คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนขนาด 20 คน, 80 คน และ 120 คน จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแจกแจงเป็นโค้งปกติมีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด เมื่อข้อมูลไม่เป็นตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องทดสอบก่อนจะนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพราะจะมีผลกระทบต่อความมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณที่ไม่ยอมรับสมมติฐาน ด้วยวิธี Brown-Forsythe จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างต่างกัน พบว่า ในลักษณะของการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ, การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยขนาดกลุ่มตัวอย่าง 80 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน พบว่า ขนาด 20 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนขนาด 40 คน, 80 คน และ 120 คน จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานมากที่สุด เมื่อข้อมูลไม่เป็นตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ คือ ความแปรปรวนแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องทดสอบก่อนจะนำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ย เพราะจะมีผลกระทบต่อความมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การศึกษาอำนาจการทดสอบของของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากการแจกแจงข้อมูลที่แตกต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าในทุกลักษณะของการแจกแจงข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ เกสร วัฒนาชัยวิช (เกสร วัฒนาชัยวิช. 2532 : บทคัดย่อ) พบว่าเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ จะมีค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าการแจกแจงไม่เป็นปกติ ส่วนในวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบการทดสอบพหุคูณ วิธี Brown-Forsythe มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่า วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell ส่วน วิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell มีค่าอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Kirk (Kirk.1995:155) ที่กล่าวว่า วิธีของ Brown-Forsythe อยู่ในลักษณะอนุรักษนิยม (Conservative) และในขนาดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ค่าอำนาจการทดสอบของผลการเปรียบเทียบพหุคูณจากการทดสอบพหุคูณ 3 วิธี จากลักษณะการแจกแจงของข้อมูลทุกลักษณะ มีค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมาก ค่าอำนาจทดสอบก็มากด้วย ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีที่กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออำนาจการทดสอบ คือ ลักษณะการแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญ (นันทา วงษ์วิโรจน์. 2532 : บทคัดย่อ)

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้และการวิจัยต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบพหุคูณและค่าอำนาจการทดสอบ

1.1 ในการทดสอบความแตกต่างของการเปรียบเทียบพหุคูณ 3 วิธี คือ วิธี Tamhane's วิธี Games-Howell และวิธี Brown – Forsythe มีความแตกต่างกันตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้น ๆ

1.2 ถ้าลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ จะมีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าลักษณะการแจกแจงแบบอื่น

1.3 ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดมากขึ้นอำนาจการทดสอบก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

1.4 วิธี Brown – Forsythe มีค่าอำนาจการทดสอบมากกว่าวิธี Tamhane's และวิธี Games-Howell

1.5 ในการทดสอบพหุคูณทั้ง 3 วิธี สามารถใช้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติได้

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ควรศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณหรือหาค่าอำนาจการทดสอบที่ทำการศึกษ ด้วยวิธีการจำลองข้อมูล (Simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์

2.2 ควรศึกษาหาค่าอำนาจการทดสอบประกอบด้วยในทุกการศึกษาค้นคว้า เพื่อเป็นประโยชน์ และแนวทางในการศึกษาต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2539). *การวิเคราะห์สถิติ :สถิติเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- . (2546). *การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows*. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- กัลยาณี อุกฤษ. (2542). *การเปรียบเทียบความสามารถสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1ที่ใช้ชุดการฝึกและการปฏิบัติจริง*. ปรินูญานพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- กิ่งทอง ยงยุทธมีชัย. (2538). *การเปรียบเทียบสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน*. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- เกสร วัฒนาชัยวณิช. (2532). *การทดสอบแบบนอนพาราเมตริกสำหรับการวิเคราะห์แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์*. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- ชวาล แพรัตกุล. (2517). *การทดสอบเพื่อค้นและพัฒนาความสามารถ*. สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2541). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์
- ทองหล่อ วิชาวิน. (2524). *การวัดความถนัด*. โอเดียนสโตร์.
- นันทวัน บำรุงสวัสดิ์. (2533). *การเปรียบเทียบวิธีทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยเมื่อความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน*. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- นันทา วงษ์วิโรจน์. (2532). *สถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร*. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- นิภา ศรีไพโรจน์. (2533). *สถิตินอนพาราเมตริก*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ.
- บั้งอร ภูมิธมย์ขวัญ. (2526). *การวัดบุคลิกภาพ*. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2521). *การวัดเชาวน์ปัญญาและความถนัด*. ศูนย์เอกสารและตำรา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม
- . (2513). *ศึกษาแบบต่าง ๆ (Styles) ของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์*. ปรินูญานพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ: วิทยาลัยวิชาการศึกษา. ประสานมิตร. อัดสำเนา

- บุญเชิด ภิญโญนันตพงษ์. (2527). การทดสอบแบบอิงเกณฑ์: แนวคิดและวิธีการ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- (2538). แบบทดสอบคะแนนจริงสัมพันธ์: สัมประสิทธิ์ r_B . วารสารการวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- บุญเรียง ขจรศิลป์. (2533). สถิติวิจัย 2. ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์. พิมพ์ครั้งที่ 1
- ปิยมารณ์ ศรีสุข. (2545). การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติเอฟ (F - Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล – วอลล์ลิส (Kruskal – Wallis Test.) . ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- ไพบรมา พจนพิมพ์. (2526). การศึกษาแบบมอนติคาโล: การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของที-เทส วิลค็อกซอน เทส เกอร์-โฮฟฟ์ตัง นอร์มอล-สกออร์ เทส และ แวน เดอ แวร์แดน นอร์มอล-สกออร์ เทส ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากร 3 แบบ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- พหล ศักดิ์คะนันท์. (2534). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ความแปรปรวน. วิทยานิพนธ์ (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร
- มัทธณี อินทะนา. (2527). ความสัมพันธ์ระหว่างความถนัดด้านมิติสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. อัดสำเนา
- ยุพิน กาญจนะศักดิ์. (2548). การวิเคราะห์ความแปรปรวน. สืบค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2547, จาก <http://elearning.utc.ac.th/courseonline/yupin/ch1.doc>
- เยาวภา ไชยศรี. (2536). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวทดสอบสถิติบาร์เลต เลอวิน และบราว – ฟอร์สตี สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวนของประชากร. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2540). แบบแผนเชิงสถิติของการทดลอง. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- รุ่งโรจน์ ศรีจันทร์แก้ว. (2547). การศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ (Power of Test) ของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบแผนการวิเคราะห์แบบกลุ่มสุ่ม (RBD) กับแบบแผนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (ANCOVA). ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร
- (2541). สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ล้วน สายยศ ;และอังคณา สายยศ. (2525). หลักการสร้างแบบทดสอบวัดความถนัด. พิมพ์ครั้งที่ 3 ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- (2527). หลักการสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

- . (2539). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.
- . (2540). สถิติวิทยาทางการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.
- วิญญา วิศาลาภรณ์. (2522). การวัดความถนัดเบื้องต้น. สงขลา: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา.
- วิชชุดา ศรีโสภ. (2539). การเปรียบเทียบพหุ. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2535). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2518). แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน. กรุงเทพฯ: บรรณกิจเทรดดิ้ง.
- วิไลลักษณ์ องค์จิระวุฒิ. (2522). การเปรียบเทียบวิธีการต่างๆ ที่ใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร โดยพิจารณาจากความผิด 3 ชนิด. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. อัดสำเนา
- วินัส พีชวณิชย์ ; และสมจิต วัฒนชายางกุล. (2537). สถิติสำหรับนักสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพริก.
- ศิรินนท์ เพชรทองคำ; และคณะ. (2521). จิตวิทยาพัฒนาการและการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: ม.ป.ท.
- ศิริพร กิตติสุภาพ. (2544). ผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่มีต่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey' HSD, วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- สมคิด ไวยวุฒินันท์. (2530). การเปรียบเทียบความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของวิธีเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างบอนเฟอโรนีที่ไคสแควร์ของมาร์ชูล และวิธีของทัมฮานน์. วิทยานิพนธ์ คม. (วิจัยการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมจิต วัฒนชายางกุล. (2529). สถิติวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับการทำวิจัย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ประกายพริก.
- สมบุญ ชิตพงษ์ ; และสำเร็จ บุญเรืองรัตน์. (2518). การวัดความถนัด. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สัญญา จันทรอด. (2534). การเปรียบเทียบความยากของแบบทดสอบมิติสัมพันธ์ 3 มิติ ที่มีมุมมองต่างกัน. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร

- สิรินุช เอี้ยวเขียว. (2544). ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่บางวิธีภายใต้ความแปรปรวนที่ต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน. กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- สุพล บุญทรง. (2523). จิตวิทยาพัฒนาการ. ไทยวัฒนาพานิช.
- สุรศักดิ์ อมรัตน์ศักดิ์. (2530). การสร้างแบบทดสอบ 2 แบบทดสอบความถนัด. พิมพ์ครั้งที่ 3 มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อุทุมพร ทองอุไทย. (2523). แผนวิเคราะห์ข้อมูลพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เจริญผล.
- เอนก เพียรอนุกุลบุตร. (2527). การสร้างแบบทดสอบวัดความถนัด. พิมพ์ครั้งที่ 2 มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Aiken, Lewis R. (1977). *Psychological Testiny and Assessment*. Allyn and Bacon, Inc., Third Printing.
- Anastasi, Anne. (1961). *Psychological Testing*. London: The Macmilan Company, Colliar Macmilan Ltd.
- Blair R. Clifford ; & James J. Hinggin. (1980). A Comparison of the Power of Wilcox's Rank – Sum Statistic to that of Student's t Statistic Under Various Non – normal Distribution *Journal Of Education Statistical*. 5: 309 – 335.
- Brown, MB. ; & Forsythe, A.B. (1974). The ANOVA and Multiple comparison for data with heterogeneous variance *Biometrics*. 30: 791 – 794.
- Brown, R.E. ; & Johnson, Philip G. (1965) Education for the Talented in Mathematics and Sciences *Rulletin office of Education*. Washinngton, 1513 – 4.
- Cronbach, Lee J. (1970). *Essential of Psychological Testing*. 3 rd ed. New York, Harper and row Publisher.
- David C. Howell. (2004). *Multiple Comparisons with Unequal Sample Size*. Retrieved June 23, 2004, from <http://www.uvm.edu/~dhowell/gradstat/psych340/Labs/MultComp.html>
- Dayton,C. Michell. (1970). *The design of education experiment*. McGraw – Hill. University of Maryland. 32 – 37.
- Douglas A. Penfield ; & Stephen L. Koffler. (1978). Post Hoc Procedures For Some K-Sample Nonparametric Tests For Scale. *Journal of Education Statistic*. 3: 265 – 282.
- Games, P.A. ; & Howell, J.F. (1976). Pairwise multiple comparison procedures with unequal N's and/ or variance *Journal of Education Statistics*. 1: 113 – 125.
- Gene, V.Glass. ; & Julian, C.Stanley. (1970). *Statistical Methods In Education and Psychology*. Pretice Hall,Inc, New Jersey.

Gerard E. Dallal. *Multiple Comparisons Procedure*. Retrieved June 25, 2004, from <http://www.tufts.edu/~gdallal/mc.htm>

Glass, Gene V. ; & Stanley, Jullan C. (1970). *Statistical Methods in Education and Psychology*. New Jersey: Prentice Hall.

Guiford. J.P. (1967). *The nature of Intellkigence*. New York: McGraw – Liill Inc.

Hay, William L. (1963). *Statistic for Psychologists*. New York : Holt.

Hochberg, Yosef & Tamhane, Ajit C. (1987). *Multiple comparison procedures*. New York: John Wiley & Sons.

H.R Neave & P.L.B. Worthington. (1988). *Distribution – Free Tests*. London: Unwin Hyman Ltd.

James V.Couch. (1982). *Fundamentals of Behavioral Research*. New York: St. Martin's Press.

Jefferey, D.Kromerey ; & Michela, A.La Rocca. (1995). Power and Type I error Rate of New Multiple Comparison Procedures Under Heterogeneouse Variances, *Journal of the of the American Statistical Association*. 63: 343 – 362.

Keselman, H.J. (1974). The Statistics with the Smaller Critical Value. *Psychological Bulletin* 81 : 130 – 131.

Kirk, R.E. (1995). *Experimental Design : procedures for the behavior science*.

Larry E. Toothaker. (1993). *Multiple comparison procedures*. Sage Publications, Inc. University Of Oklahoma.

Levene, H. (1960). Robust test for equality of variances. *Contributions to probability and Statistics : Essays in hour of Horold Hotelling* . Stanford, CA: Stanford University. 278 – 292,Press.

Li, Yu – Fang. (1998). The Development of Power Estimates and Sample Size Requirements for Seven Multiple Comparisons Procedures *Dissretion Abstracts*.

Ramsey Philip H. (1978). Power Differences Between Pairwise Multiple Comparisons. *Journal of the American Statistical Association*. 73: 479 – 487.

Rand R. Wilcox. (1989). Adjusting for Unequal Variances When Comparing Means in One – Way and Two – way Fixed Effects ANOVA Models *Journal Of Education Statistical*. 14: 270 – 278.

Rannucci, Ernest R. (1964, October 19). The Role of the Space Perception in the Teaching Mathematie *Bulletin of the International Study Group for Mathe Matin Learning*. 11: Smith, Mac Fariane. *Spatial Ability*. London University of London Pess, Ltd.

- Tamhane, A.C. (1974). *A Comparison of Procedures for Multiple Comparisons of Mean with Unequal Variances*. Journal of the American Statistical Association. 74 : 471 – 480.
- Thurstone, L.L. *Primary Mental Ability*. Chicago Illinois: The University of Chicago, Press.
- Toothaker, L.E. (1991). *Multiple comparisons*. Newbury Park, CA: Sage.
- Ury and Wiggins, A.D. (1974). Large Sample and Other Multiple Comparisons Among Means. *Journal of American Statistical Psychology*. 24: 174 – 194.
- Weiss, Neil A. (1995). *Introduction statistics*. 4 th ed. Repr.ed. Reading, Mass: Addison – Wesley.
- Welch, B.L. (1938). The Significance of the Difference Between Two Means When the Population Variances Are Unequal. *Biometrika*. 29: 350 – 362.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูล 5 ลักษณะ
และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด จำนวน 10 กลุ่ม

ตาราง 51 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	11.88	8.00	6.0	8.531	.724	-1.181
2	11.58	6.00	6.0	8.681	.889	-1.037
3	12.42	10.00	5.0	7.396	.783	-.693
4	11.17	9.00	6.0	7.069	.948	-.084
5	10.93	6.00	6.0	8.514	.991	-.922
6	9.25	7.50	3.0	6.784	1.619	1.724
7	12.47	6.00	5.0	9.321	.693	-1.406
8	10.71	7.00	5.0	7.095	.597	-1.315
9	10.86	6.00	5.0	7.871	.985	-.548
10	12.42	10.00	5.0	7.918	.389	-1.724

ตาราง 52 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	15.79	12.00	12.0	7.114	.550	-1.049
2	15.21	16.00	7.0	6.716	.171	-1.362
3	15.00	15.00	11.0	5.234	-.230	-.826
4	15.73	15.50	6.0	7.119	-.027	-1.609
5	15.69	16.00	11.0	5.346	-.240	-.587
6	15.68	14.00	11.0	6.388	.168	-1.297
7	14.21	13.50	7.0	6.064	.212	-1.152
8	15.32	14.00	7.0	7.118	.135	-1.575
9	16.14	17.00	10.0	6.281	-.318	-1.228
10	15.65	17.00	17.0	5.843	.128	-.686

ตาราง 53 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 80 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	20.35	23.00	23.0	6.566	-.947	-.451
2	19.44	23.00	24.0	7.211	-1.024	-.557
3	18.26	21.00	7.0	7.563	-.393	-1.233
4	21.73	23.00	23.0	5.650	-1.489	2.408
5	18.33	17.00	17.0	7.113	-.191	-.946
6	20.67	23.00	23.0	6.499	-.838	.164
7	20.32	23.00	23.0	6.650	-1.370	.932
8	20.06	22.00	22.0	6.245	-.533	-.225
9	17.90	19.00	7.0	7.023	-.609	-1.203
10	19.06	23.00	7.0	7.886	-.737	-1.060

ตาราง 54 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 120 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	15.00	15.00	11.0	2.234	.128	-.686
2	15.73	15.50	6.0	7.121	-.027	-1.609
3	14.21	13.50	7.0	6.716	.171	-1.362
4	15.32	14.00	7.0	7.118	.135	-1.575
5	16.13	17.00	10.0	6.281	-.318	-1.228
6	16.22	15.50	21.0	5.323	.303	-1.141
7	15.52	15.50	11.0	5.095	-.262	-.143
8	15.67	15.50	15.0	5.364	.088	-.254
9	15.65	15.50	22.0	5.625	.002	-.427
10	17.90	19.00	7.0	7.023	-.609	-1.203

ตาราง 55 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	7.84	6.00	5.0	5.662	1.503	1.181
2	8.97	6.00	6.0	6.164	1.466	1.260
3	10.04	6.00	6.0	7.706	1.441	.716
4	9.11	6.00	6.0	5.732	1.225	.400
5	9.14	6.00	6.0	6.990	1.348	.070
6	7.74	6.00	6.0	4.851	2.117	4.009
7	8.08	5.50	5.0	6.523	1.922	3.080
8	9.19	6.00	6.0	6.035	1.580	1.282
9	7.77	6.00	5.0	4.974	2.000	3.043
10	8.48	6.00	5.0	6.040	1.715	2.290

ตาราง 56 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	11.27	11.00	6.0	5.103	1.010	.276
2	10.84	11.00	7.0	4.915	.851	-.033
3	12.67	12.50	7.0	6.684	.989	.378
4	12.89	13.00	6.0	5.276	.114	-1.296
5	11.79	10.00	6.0	6.622	1.174	.220
6	11.70	11.00	6.0	5.884	1.384	1.449
7	14.56	14.50	7.0	5.370	.099	-1.020
8	11.00	10.00	7.0	4.991	.583	-.501
9	13.00	13.00	7.0	6.513	.543	-1.144
10	13.10	13.00	6.0	6.256	.274	-.950

ตาราง 57 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 80 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	15.44	17.00	7.0	7.144	.465	-.548
2	14.84	13.00	7.0	8.158	.411	-1.491
3	14.38	13.00	7.0	7.262	.267	-1.787
4	14.94	15.00	7.0	7.776	.190	-1.590
5	15.38	17.00	7.0	7.925	.066	-1.983
6	12.72	7.00	7.0	7.751	1.048	-.136
7	18.42	18.00	18.0	7.189	.503	-.670
8	15.50	14.50	24.0	7.298	.072	-1.709
9	17.44	19.00	7.0	7.803	.245	-1.518
10	16.38	16.50	7.0	8.727	.009	-1.807

ตาราง 58 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 120 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	11.38	7.50	5.0	6.677	.653	-1.053
2	11.57	7.50	5.0	7.195	.856	-.504
3	11.45	7.50	6.0	6.927	.823	-.490
4	11.55	7.50	7.0	7.117	.934	-.417
5	11.40	8.00	6.0	6.705	.888	-.529
6	11.40	7.50	7.0	6.912	.962	-.241
7	11.20	7.50	7.0	7.056	.741	-.726
8	11.70	7.50	6.0	7.091	.957	-.177
9	10.73	7.50	6.0	6.594	.877	-.469
10	11.37	7.50	6.0	7.178	.901	-.578

ตาราง 59 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	16.27	15.00	26.0	8.516	-.237	-1.628
2	15.27	12.00	24.0	8.414	-.264	-1.757
3	16.70	18.00	5.0	9.097	-.255	-1.766
4	15.73	15.00	26.0	9.765	-.124	-2.002
5	17.50	22.00	24.0	9.202	-.398	-1.741
6	15.60	21.00	22.0	8.120	-.155	-2.023
7	16.38	21.00	7.0	8.164	-.170	-1.867
8	13.77	8.00	8.0	8.523	-.355	-.938
9	17.06	18.00	22.0	7.426	-.267	-1.489
10	14.94	14.00	26.0	8.398	-.049	-1.426

ตาราง 60 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	19.23	20.50	23.0	5.962	-.725	.239
2	18.29	19.50	24.0	6.033	-.493	-1.084
3	17.38	18.00	21.0	4.769	-.490	-.749
4	19.05	22.00	16.0	6.237	-.832	-.474
5	20.53	22.00	22.0	4.795	-1.323	.954
6	19.53	21.00	22.0	6.426	-1.063	.829
7	18.32	21.00	24.0	7.327	-.863	-.508
8	20.21	21.00	24.0	5.695	-.494	-.551
9	19.86	21.00	21.0	5.702	-.570	-.587
10	18.27	19.00	19.0	5.882	-.512	-.749

ตาราง 61 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 80 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	23.64	24.00	24.0	5.187	-1.485	3.148
2	22.76	23.00	23.0	5.909	-1.641	2.644
3	22.72	24.00	23.0	5.145	-2.126	4.849
4	22.38	23.00	23.0	4.324	-1.705	2.128
5	23.31	24.00	23.0	5.622	-2.015	4.365
6	22.50	24.00	24.0	5.489	-1.581	2.062
7	22.78	24.00	23.0	5.494	-1.862	3.348
8	22.39	24.00	23.0	4.996	-1.535	2.460
9	23.36	24.00	24.0	3.723	-3.735	6.803
10	23.00	23.50	24.0	4.843	-1.779	5.048

ตาราง 62 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 120 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	19.83	22.50	24.0	6.867	-.869	-.380
2	19.68	22.50	24.0	6.934	-.893	-.572
3	19.85	22.50	23.0	6.383	-.931	-.079
4	20.10	22.50	22.0	7.304	-.890	-.467
5	20.03	22.50	26.0	6.894	-.997	.073
6	20.20	22.50	24.0	7.075	-.872	-.272
7	19.85	22.50	23.0	6.916	-.925	-.223
8	19.42	22.50	24.0	6.842	-.995	-.467
9	20.32	22.50	23.0	6.731	-.866	-.357
10	19.82	22.50	24.0	6.786	-1.067	.156

ตาราง 63 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	14.92	15.00	15.0	6.615	-.231	1.235
2	14.40	4.00	14.0	5.484	-.011	.953
3	15.63	15.00	15.0	5.266	-.036	1.299
4	13.89	15.00	15.0	5.902	-.397	.301
5	15.27	15.00	15.0	6.257	.265	.186
6	15.18	15.00	11.0	5.558	-.030	1.532
7	16.90	16.50	22.0	5.549	-.313	.856
8	14.78	14.00	22.0	5.753	.236	1.511
9	16.47	15.00	14.0	6.840	.298	.975
10	14.40	14.00	21.0	6.931	-.019	1.672

ตาราง 64 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	14.85	16.00	11.0	4.501	.028	1.248
2	16.27	16.00	22.0	4.294	-.334	.592
3	14.20	14.50	8.0	4.526	-.269	.696
4	15.67	16.50	21.0	4.695	-.204	1.380
5	15.88	15.00	21.0	4.832	.098	1.467
6	15.00	14.00	11.0	4.607	.195	.911
7	14.85	15.00	21.0	5.150	-.249	1.141
8	14.54	13.00	13.0	4.138	.534	.749
9	15.97	15.50	10.0	4.529	.071	1.348
10	15.42	14.00	21.0	5.163	-.010	1.387

ตาราง 65 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 80 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	17.44	17.00	17.0	3.315	.090	.346
2	17.27	17.00	17.0	7.144	-.010	.863
3	18.19	17.50	11.0	6.267	-.052	.783
4	18.23	18.00	14.0	3.963	-.069	1.374
5	18.50	17.00	17.0	5.056	.343	.520
6	17.44	17.00	17	5.610	-.787	.058
7	18.84	19.00	19.0	5.061	-.366	.857
8	15.50	16.00	7.0	5.216	-.657	.612
9	16.80	16.00	13.0	4.318	.638	.316
10	19.71	21.00	13.0	4.467	-.351	1.366

ตาราง 66 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 120 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	15.95	15.50	13.0	4.945	-.114	.694
2	15.92	15.50	22.0	5.515	.053	.705
3	15.43	15.50	22.0	5.625	.264	.747
4	16.52	15.50	22.0	5.274	-.151	.512
5	15.67	15.50	21.0	5.197	-.281	.961
6	16.25	15.50	22.0	5.128	.047	.390
7	15.37	15.00	8.0	5.374	.165	.207
8	15.17	15.00	21.0	4.958	-.084	.853
9	16.00	15.50	22.0	5.106	-.062	1.007
10	15.85	15.50	21.0	5.307	-.079	1.319

ตาราง 67 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 20 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	12.21	10.00	6.0	7.061	.503	-1.176
2	13.44	14.50	5.0	7.557	.179	-1.263
3	14.00	12.00	24.0	7.926	.207	-1.902
4	13.47	9.00	24.0	9.023	.220	-1.998
5	13.16	10.00	22.0	7.808	.263	-1.669
6	12.65	10.00	5.0	7.724	.719	-.531
7	14.24	15.00	15.0	6.950	-.136	-1.402
8	13.22	10.00	5.0	8.365	.243	-1.766
9	10.11	8.00	6.0	5.659	1.192	-.317
10	11.80	8.00	6.0	6.984	.594	-1.485

ตาราง 68 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 40 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	16.12	16.00	11.0	5.663	.242	-.899
2	16.31	15.50	21.0	5.964	.029	-1.097
3	16.62	17.00	13.0	5.942	-.336	-1.150
4	15.79	15.00	11.0	6.551	-.224	-1.112
5	13.93	13.00	13.0	5.676	.319	-.778
6	14.36	11.50	11.0	6.418	.147	-1.432
7	15.25	14.50	18.0	6.267	.156	-.454
8	15.88	17.00	13.0	6.730	-.357	-.089
9	16.54	15.50	11.0	5.392	.639	-.782
10	14.05	12.50	7.0	5.875	.355	-1.168

ตาราง 69 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 80 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	19.47	22.00	7.0	7.239	-.605	-.843
2	19.12	21.00	17.0	6.214	-.973	-.256
3	16.00	18.50	7.0	7.290	-.360	-2.128
4	18.18	21.00	23.0	6.811	-.774	-.882
5	18.46	21.00	24.0	7.076	-.523	-1.167
6	20.13	22.00	7.0	7.545	-.685	-.849
7	19.10	17.00	13.0	7.697	-.144	-1.273
8	19.88	22.00	23.0	6.358	-.907	-.177
9	21.00	22.50	23.0	5.305	-.819	-.913
10	18.27	22.00	7.0	7.811	-.675	-1.196

ตาราง 70 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ จำนวน 10 กลุ่ม ๆ ละ 120 คน

กลุ่มที่	$\bar{X}$	Mdn	Mode	SD	Sk	Kur
1	15.78	16.00	22.0	7.237	-.191	-1.295
2	15.42	15.50	24.0	6.713	-.030	-1.328
3	16.18	15.50	22.0	7.137	-.050	-1.287
4	15.90	16.00	22.0	7.208	-.133	-1.194
5	15.62	16.00	21.0	7.237	-.154	-.994
6	15.27	15.00	24.0	7.071	-.066	-1.355
7	16.10	15.50	22.0	7.264	-.089	-1.264
8	15.68	15.50	5.0	7.203	-.076	-1.247
9	15.68	15.50	5.0	7.203	-.076	-1.247
10	15.98	16.00	21.0	7.285	.097	-1.082

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายธีรศักดิ์ จันทร์กระจ่าง
วันเดือนปีเกิด	5 มีนาคม 2524
สถานที่เกิด	เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	10 ม.4 ถนน อุดมสุข 51 แขวง บางจาก เขต พระโขนง จังหวัด กรุงเทพมหานคร 10260
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครู อันดับ คศ.1
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบางพลีราษฎร์บำรุง ต. บางพลีใหญ่ อ.บางพลี จ. สมุทรปราการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สมุทรปราการ เขต 2
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2538	ม.3 จากโรงเรียนลาซาล
พ.ศ. 2540	ม.5 จากโรงเรียนสิริรัตนาร
พ.ศ. 2540	ม.6 จากศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน กรุงเทพมหานคร 3
พ.ศ. 2544	กศ.บ. (คณิตศาสตร์) จากมหาวิทยาลัยบูรพา
พ.ศ. 2551	กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ