

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับ
สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal - Wallis Test)

ปริญญานิพนธ์
ของ
ปิยมาภรณ์ ศรีสุข

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

พฤษภาคม 2545

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๐
๕-๑๙.๕๓๖
๑๑ ๕๑๖

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับ
สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal - Wallis Test)

บทคัดย่อ
ของ
ปิยมภรณ์ ศรีสุข

26 ก.ค. 2545

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2545

๒ ๑๔๘๖๖

ปิยมารณ ศรีสุข. (2545). การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal - Wallis Test). ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์,
รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์.

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ที่วิเคราะห์จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งเบ้ลบ โค้งสูงแหลม โค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 593 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบสองขั้นตอน แล้วนำมาสุ่มแบบใส่คืน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงรูปทรงและขนาดตัวอย่างตามที่กำหนด เครื่องมือวัดที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

ผลการศึกษาพบว่า

1. ผลการเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงรูปทรงอื่นๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ ที่เหลือทั้งหมด แตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ

2. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง ผลการทดสอบทั้งสถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30 และ 40 คน และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน

3. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ผลการทดสอบทั้งสถิติทดสอบเอฟและสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสจากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ของทุกรูปทรงของการแจกแจง

A COMPARISON OF THE TESTING RESULTS BETWEEN F-TEST
AND THE KRUSKAL-WALLIS TEST

AN ABSTRACT
BY
PIYAMAPORN SRISUK

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Educational Research and Statistics
at Srinakharinwirot University
May 2002

Piyamaporn Srisuk. (2002). *A Comparison of the Testing Results between F-Test and the Kruskal-Wallis Test*. Master Thesis. M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Assoc. Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Assoc. Prof. Nipa Sripairot.

The purpose of the research was to compare the testing results between F-Test and the Kruskal-Wallis test analyzed by distributing different five shapes of data. They were the normal distributions, the positive skewness distributions, the negative skewness distributions, the leptokurtic distributions, the platykurtic distributions, and different five sample sizes of 10, 20, 30, 40 and 50 students.

The sample consisted of 593 Mathayomsuksa I, II and III students of the academic year 2001 in Bangkok by using the two-stage random sampling technique and then generating with replacement samplings data group distributing shapes and sample sizes organized. The instrument used to collect data was the figure aptitude test.

The findings were as follows:

1) The testing results by using F-Test and the Kruskal-Wallis Test in the negative skewness distributions and the sample size of 20 students were significantly different at .01 level. The distributing of other shapes and the rest of different sample sizes were not significantly different.

2) For the comparison of the testing results among five distributing different shapes of data, the testing results by using both F-Test and the Kruskal-Wallis Test from the same sample size were significantly different at .01 level by the samples of 10, 20, 30 and 40 students and were significantly different at .05 level by the sample of 50 students.

3) For the comparison of the testing among five different sample sizes, the testing results by using F-Test and the Kruakal-Wallis Test from the same data distribution were significantly different at .01 level of all shapes of distributions.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับ

สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal - Wallis Test)

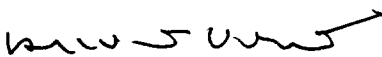
ของ

นางสาวปิยมาภรณ์ ศรีสุข

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)

วันที่ ๑๕ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2545

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญเขต ภิญโญนนดพงษ์)


..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ขวลิต รวยอาจิม)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(รองศาสตราจารย์ ชุติ วังศรีรัตนะ)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยคามอนุเคราะห์และความกรุณาอย่างสูงจาก
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนันทพงษ์ ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์นิภา
ศรีไพโรจน์ กรรมการที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แนะแนวทาง ตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่อง
จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ชวลิต รวยอาจิณ และรองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน
กรรมการสอบ รวมทั้งอาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยทางการศึกษา ทุกท่านที่ได้แนะแนว
ทางในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ คณะครู อาจารย์ทุกท่านของนักเรียนที่เป็น
กลุ่มตัวอย่าง รวมทั้งนักเรียนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจและกำลังใจในการทำ
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณเพื่อนวิชาเอกวิจัยและสถิติทางการศึกษา ภาคปกติ
รุ่นที่ 2 ที่ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชา
พระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนตลอดมา

ปิยมาภรณ์ ศรีสุข

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษา	3
	ความสำคัญของการศึกษา	3
	ขอบเขตของการศึกษา	4
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	4
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
	สมมติฐานการศึกษา.....	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
	สถิติทดสอบที่ใช้ในการศึกษา	10
	สถิติทดสอบเอฟ (F-Test)	10
	สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test).....	14
	การแจกแจงของข้อมูล.....	21
	โค้งปกติ	21
	ความเบ้.....	24
	ความโด่ง	28
	ความถนัดทางการเรียน.....	29
	ความหมายของความถนัด.....	29
	ทฤษฎีของเชอร์ปัญญาและความถนัด	30
	ประโยชน์ของแบบทดสอบวัดความถนัด	35
	การวัดความสามารถด้านตัวเลข	35
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	43
	งานวิจัยต่างประเทศ.....	43
	งานวิจัยภายในประเทศ.....	44

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	49
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา	49
	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	50
	วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	52
	วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	52
	สถิติที่ใช้ในการศึกษา	54
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	58
	สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	58
	การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	59
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	60
5	สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	75
	สังเขปความมุ่งหมาย สมมุติฐาน และวิธีการศึกษาค้นคว้า	75
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	80
	อภิปรายผล	81
	ข้อเสนอแนะ	83
	บรรณานุกรม	84
	ภาคผนวก	88
	ประวัติย่อผู้วิจัย	105

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	50
2	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความถนัดด้านตัวเลขจำนวน 30 ข้อของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา	60
3	เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบ ครัสคัล - วัลลิส ในแต่ละขนาดตัวอย่าง และการแจกแจงของข้อมูล	61
4	เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟจาก กลุ่มตัวอย่างห้าขนาด.....	63
5	การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบ ด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด	64
6	เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟจากการแจก แจง ข้อมูลห้าลักษณะ.....	66
7	การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบ ด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด	67
8	เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด.....	69
9	การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบ ด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด.....	70
10	เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงของข้อมูลห้าลักษณะ.....	72
11	การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบ ด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลที่ละคู่ ทั้งหมดห้า ขนาด.....	73
12	ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการ ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการ แจกแจงข้อมูล เป็นโค้งปกติ	88
13	ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการ ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการ แจกแจงข้อมูล เป็นโค้งเบ้บวก	89

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
14	ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการ แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ	90
15	ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการ แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม	91
16	ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการ แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ	92
17	จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ	93
18	จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก	94
19	จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ	95
20	จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม	96
21	จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ	97

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 โค้งปกติ.....	21
2 โค้งปกติเมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2, \sigma_1 = \sigma_2$	22
3 โค้งปกติเมื่อ $\mu_1 = \mu_2, \sigma_1 < \sigma_2$	22
4 โค้งปกติเมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2, \sigma_1 < \sigma_2$	23
5 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร.....	24
6 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร.....	25
7 แสดง Kurtosis แบบต่างๆ ของโค้งของการแจกแจง.....	28

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การวิจัยอาจแบ่งประเภทได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ต่างๆ ที่ใช้ เป็นต้นว่าแบ่งตามจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนั้นๆ ซึ่งถ้าแบ่งจากการวิจัยทางการศึกษาจะแบ่งได้เป็น 5 ชนิดคือ การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ การวิจัยเชิงพรรณนา การวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ การวิจัยเปรียบเทียบ และการวิจัยประเภททดลอง ในปัจจุบันพบว่างานวิจัยทางการศึกษาในสาขาต่างๆ ส่วนมากทำการวิจัยเปรียบเทียบ ซึ่งงานวิจัยเปรียบเทียบมีลักษณะเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรของปรากฏการณ์ต่างๆ ในลักษณะสังเกตผลต่างๆ ของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นอย่างไร แล้วศึกษาย้อนกลับไปดูว่าผลอันนี้จะสัมพันธ์กับตัวแปรที่เป็นเหตุอะไรได้บ้าง การวิจัยเปรียบเทียบเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรในลักษณะที่แตกต่างจากการวิจัยเชิงทดลองในแง่ที่ว่า การวิจัยเปรียบเทียบปรากฏการณ์นั้นเกิดขึ้นอยู่แล้ว ผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรที่ไม่ต้องการศึกษาได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2531 : 31)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล อาจแบ่งวิธีการทางสถิติได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของข้อมูลคือ วิธีการพาราเมตริก (Parametric Methods) โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นที่เข้มแข็ง (Strong Assumptions) คือ ตัวอย่างได้มาจากการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ข้อมูลมีระดับการวัดอย่างน้อยอยู่ในมาตราอันตรภาคชั้น (Interval Scale) และความแปรปรวนของประชากรแต่ละกลุ่มต้องเท่ากัน (สัมพันธ์ พันธุ์พฤษฯ. 2536 : 20) และวิธีการนอนพาราเมตริก (Nonparametric Methods) ซึ่งการทดสอบแบบนอนพาราเมตริกเป็นการทดสอบที่ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจง สามารถคำนวณได้ง่ายและรวดเร็ว และสะดวกในการนำไปใช้ (เอกชัย ชัยประเสริฐสิทธิ. 2527 : 2)

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เป็นวิธีการหนึ่งที่จะตอบปัญหาที่เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของประชากร โดยอาศัยข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง เพื่ออนุมานพารามิเตอร์ของประชากรที่เราสนใจ ในที่นี้จะพิจารณาการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร โดยทำการตรวจสอบว่าค่าเฉลี่ยที่สนใจศึกษาในประชากรนั้นๆ เป็นไปตามที่ผู้วิจัยคาดไว้หรือไม่ โดยทราบรูปทรงการแจกแจงของประชากรที่สุ่มตัวอย่างมา แต่ในทางปฏิบัติส่วนใหญ่แล้วจะไม่ทราบว่ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมา มีการแจกแจงรูปทรงใด

สถิติทดสอบที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไปมีสถิติที่ใช้ได้หลายแบบ สถิติพาราเมตริกที่รู้จักกันมากและนิยมใช้ในการทดสอบได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (Analysis of Variance : ANOVA F-Test) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะให้ผลสรุปที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อ

ลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ จะต้องอยู่ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นที่ว่าประชากรต่างๆ ที่นำมาทดสอบจะต้องเป็นอิสระต่อกัน มีการแจกแจงปกติ และมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน ซึ่งในสภาพการณ์โดยทั่วไปลักษณะของข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์อาจไม่เป็นไปตามข้อตกลงบางประการ กล่าวคือในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่การแจกแจงของประชากรที่ต้องการศึกษาเบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติ ผลสรุปที่ได้อาจขัดแย้งกับความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากสถิติทดสอบเอฟจะมีความไว (Sensitive) ต่อลักษณะการแจกแจงของประชากรที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรนั้น เรามุ่งที่จะตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากร โดยคาดหวังว่ารูปทรงของการแจกแจงของประชากรไม่มีผลต่อการสรุปผลของการทดสอบ สมมติว่าในการวิจัยสรุปผลได้ว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 เมื่อข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ แต่เมื่อเปลี่ยนการแจกแจงของข้อมูลจากการแจกแจงปกติไปเป็นการแจกแจงแบบอื่นแล้ว ผลการทดสอบกลับยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งลักษณะเช่นนี้กล่าวได้ว่า วิธีการทดสอบที่นำมาใช้นั้นมีความไวต่อการแจกแจงของประชากรที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นอันจะมีผลทำให้การสรุปผลผิดพลาดไปจากความเป็นจริง

ในปี ค.ศ. 1974 บราวน์ และ ฟอรัซายธ์ (Brown and Forsyth, 1974) พบว่าในกรณีข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ผู้วิจัยไม่ควรใช้สถิติทดสอบเอฟ เพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว ทั้งนี้เพราะว่า ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมีค่าสูง ซึ่งหมายความว่า ผู้วิจัยจะมีความเสี่ยงสูงต่อการปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อสมมติฐานหลักถูก ในกรณีนี้ผู้วิจัยอาจจะพิจารณาการทดสอบขั้นที่แกร่งกว่าสถิติทดสอบเอฟ ซึ่งมีนักสถิติหลายท่านทำการศึกษาและพัฒนาสถิติทดสอบที่มีความแกร่งหลายตัวเช่นสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ซึ่งสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เป็นสถิติทดสอบที่คล้ายคลึงกับสถิติทดสอบแมน-วิทนี (Mann-Whitney U Test) ซึ่งเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประชากรหลายกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันเมื่อข้อมูลอยู่ในระดับตั้งแต่มาตราจัดอันดับขึ้นไป มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง และกลุ่มตัวอย่างต้องเป็นอิสระจากกัน เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่ากลาง เช่น ค่ามัธยฐาน ค่าเฉลี่ย แตกต่างกัน ในกรณีที่สถิติทดสอบแมน-วิทนี ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่ม

ภายใต้สถานการณ์บางอย่าง ผู้วิจัยไม่สามารถที่จะระบุไปอย่างชัดเจนว่าการแจกแจงของประชากรเป็นแบบใด และไม่อาจตั้งข้อสมมติว่าการแจกแจงของประชากรเป็นโค้งปกติและค่าความแปรปรวนเท่ากัน ในกรณีเช่นนี้อาจเลือกใช้การทดสอบแบบนอนพาราเมตริก โดยประชากรมีการแจกแจงที่ต่อเนื่อง (เอกชัย ชัยประเสริฐสิทธิ, 2527 : 1-2) ซึ่งอาจจะเป็นสถิติทดสอบที่เหมาะสมกว่า

ในกรณีที่ข้อมูลสามารถทำการทดสอบได้ทั้งสถิติทดสอบพาราเมตริกหรือสถิติทดสอบนอนพาราเมตริก ควรทำการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบพาราเมตริก เพราะเมื่อ

เปรียบเทียบกันแล้วการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบพาราเมตริกมีอำนาจการทดสอบ (Power of Test) สูงกว่า มีความเชื่อถือได้มากกว่า และทดสอบได้ลึกกว่าการทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติทดสอบนอนพาราเมตริก (มัลลิกา บุญนาค. 2536 : 241)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เนื่องจากสถิติทดสอบทั้งสองเป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยประชากรว่าให้ผลการทดสอบแตกต่างกันหรือไม่ โดยศึกษาตามขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และรูปทรงของการกระจายของคะแนนที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบดังกล่าวโดยใช้แบบวัดความถนัดด้านตัวเลข (Number)

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษานี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-Test) และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีการแจกแจงรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบเอฟกับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อมีการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ
 - 2.1 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส
 - 3.1 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ความสำคัญของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ที่มีการแจกแจงของข้อมูลรูปทรงต่างกัน และขนาดของกลุ่มตัวอย่างต่างกัน ผลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้ตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันได้เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ที่ศึกษา

ขอบเขตของการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 สังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 116 โรงเรียน จำนวน 3,640 ห้องเรียน และจำนวนนักเรียน 159,598 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 สังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวนนักเรียน 593 คน สุ่มจากประชากรโดยวิธีการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling)

ตัวแปรที่ศึกษา

1 ตัวแปรอิสระ

1.1 สถิติทดสอบ

- (1) สถิติทดสอบเอฟ
- (2) สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

1.2 การแจกแจงของข้อมูล ได้แก่

- (1) การแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal distribution)
- (2) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก (Positively skewness distribution)
- (3) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ (Negatively skewness distribution)
- (4) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม (Leptokertic distribution)
- (5) การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykertic distribution)

1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

- (1) 10 คน
- (2) 20 คน
- (3) 30 คน
- (4) 40 คน
- (5) 50 คน

2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการทดสอบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สถิติทดสอบ หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน ในการศึกษาครั้งนี้จำแนกเป็น

1.1 สถิติทดสอบเอฟ (F-Test) หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สามกลุ่มขึ้นไป เมื่อประชากรที่นำมาทดสอบเป็นอิสระต่อกัน มีการแจกแจงปกติ และมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน

1.2 สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สามกลุ่มขึ้นไป เมื่อประชากรที่นำมาทดสอบเป็นอิสระต่อกัน ข้อมูลสามารถจัดให้อยู่ในรูปของลำดับที่ และมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง

2. ผลการทดสอบ หมายถึง จำนวนครั้งของผลการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยประชากรในการยอมรับหรือไม่ยอมรับสมมติฐานหลักของสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ที่ระดับนัยสำคัญ .01

3. การแจกแจงข้อมูล หมายถึง การกระจายของข้อมูลที่น่าเสนอในรูปการแจกแจงความถี่เรียงตามลำดับคะแนนน้อยไปหามากและแสดงในรูปของโค้งของการแจกแจงความถี่ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ

3.1 การแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งของการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ และค่าความโด่งเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์

3.2 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก (Positively skewness distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งของการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ลักษณะของโค้งลึบไปทางคะแนนสูง โดยค่าความเบ้เป็นบวก (ค่า skewness มากกว่า .5)

3.3 การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ (Negatively skewness distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งของการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ลักษณะของโค้งลึบไปทางคะแนนต่ำ โดยค่าความเบ้เป็นลบ (ค่า skewness น้อยกว่า -.5)

3.4 การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม (Leptokertic distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งของการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ และค่าความโด่งมากกว่า .5

3.5 การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykertic distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งของการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ และค่าความโด่งน้อยกว่า -.5

4. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง หมายถึง จำนวนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ปีการศึกษา 2544 ภาคเรียนที่ 2 ที่ได้ทำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข แบบอนุกรม ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบใส่คืน จากกลุ่มตัวอย่าง 593 คน ที่กำหนดให้เป็นประชากรเทียม (Pseudopopulation) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

5. ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ความสามารถที่บุคคลที่ได้มาจากการศึกษา ประสบการณ์ และการฝึกฝนของตนเอง

6. แบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข (Number) หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการเข้าใจ ความสัมพันธ์ และความหมายของจำนวน และมีความแม่นยำ คล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ และหาร

สมมติฐานการศึกษา

1. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันมีสมมติฐานดังนี้

1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ

2.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมติฐานดังนี้

2.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2 จากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

2.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3 การทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

3.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมติฐานดังนี้

3.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2 จากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

3.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดังนี้

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเนื้อหาต่างๆ

1. สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย
 - 1.1 สถิติทดสอบเอฟ (F-Test)
 - 1.2 สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test)
2. การแจกแจงของข้อมูล
 - 2.1 โคนปกติ
 - 2.2 ความเบ้
 - 2.3 ความโด่ง
3. ความถนัดทางการเรียน
 - 3.1 ความหมายของความถนัด
 - 3.2 ทฤษฎีของเชาว์ปัญญาและความถนัด
 - 3.3 ประโยชน์ของแบบทดสอบวัดความถนัด
 - 3.4 การวัดความสามารถด้านตัวเลข
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 งานวิจัยต่างประเทศ
 - 4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

1. สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

เทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีสองเทคนิค คือ สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ (Parametric Statistics) และสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric Statistics) ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการทดสอบแต่ละวิธีที่สำคัญในการวิจัยครั้งนี้

1.1 สถิติทดสอบเอฟ (F-Test)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) เป็นวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สองประชากรขึ้นไป หลักการสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีนี้คือ การแยกความแปรปรวนหรือความแตกต่างของข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมดออกจากสาเหตุต่างๆ แล้วพิจารณาสัดส่วนของความแปรปรวนหรือความแตกต่างระหว่างประชากรและความแปรปรวน หรือความแตกต่างภายในประชากรเดียวกันว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามาก แสดงว่าความแปรปรวนหรือความแตกต่างระหว่างประชากรมีมาก เมื่อเทียบกับความแปรปรวนหรือความแตกต่างภายในประชากรเดียวกัน สามารถสรุปได้ว่าจำนวนประชากรทั้งหมดที่นำมาทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อยหนึ่งประชากรที่แตกต่างจากประชากรอื่นๆ ที่นำมาทดสอบ

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ตัวแปรอิสระจะวัดด้วยระดับนามบัญญัติหรือเรียงอันดับ และตัวแปรตามจะมีค่าการวัดในระดับอันตรภาคขึ้นไปและมีลักษณะเป็นข้อมูลต่อเนื่อง Sir Ronald A. Fisher เป็นผู้คิดค้นและมีบทบาทสำคัญในการพัฒนานำเอาวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนมาใช้ จึงใช้สัญลักษณ์ F ในการทดสอบนัยสำคัญเพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้คิดค้น

เหตุผลที่ใช้ F-Test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลายกลุ่ม

(บุญธรรม กิจปริดาภิสุทธิ. 2543:163)

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่มาจากตัวอย่างหลายกลุ่มจะเปรียบเทียบครั้งละคู่สลับกันด้วย t-test ก็ทำได้ แต่ไม่ควรทำ เนื่องจากเหตุผลสามประการ

ประการแรก เพราะการเปรียบเทียบด้วย t-test กรณีมีค่าเฉลี่ยหลายกลุ่มต้องเปรียบเทียบสลับกัน ทำให้เสียเวลาและแรงงานมาก เช่น ถ้ามีค่าเฉลี่ย 5 ตัว จะต้องสลับคู่กันถึง 10 คู่ จึงจะเปรียบเทียบได้ครบทุกคู่ แต่ถ้าใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนจะประหยัดกว่า เพราะวิเคราะห์เพียงครั้งเดียวก็จะทราบได้เลยว่า ค่าเฉลี่ยที่นำมาเปรียบเทียบกันนั้นแตกต่างกันบ้างหรือไม่ ถ้าพบว่า ไม่มีแตกต่างกันบ้างเลยก็ไม่ต้องเปรียบเทียบต่อไป แต่ถ้าพบว่า มีแตกต่างกัน ก็จะเปรียบเทียบรายคู่ต่อ ซึ่งสะดวก ง่ายและประหยัดได้มากกว่า

ประการที่สอง เพราะทำให้เกิดความผิดพลาดชนิด 1 มากขึ้น เนื่องจากต้องเปรียบเทียบสลับกันหลายคู่และต้องทดสอบซ้ำๆ แต่ละครั้งแม้จะกำหนดระดับนัยสำคัญไว้คงที่ แต่ค่าระดับนัยสำคัญจะเพิ่มมากกว่าที่กำหนด ทำให้สรุปผลการเปรียบเทียบผิด ซึ่งโอกาสจะ

สรุปผิดจะเท่ากับ $1 - (1 - \alpha)^k$ เมื่อ k จำนวนครั้งที่ทดสอบ เช่น มีค่าเฉลี่ย 5 ตัว ถ้าใช้ t-test จะต้องสลับคู่กันเปรียบเทียบ 10 ครั้งจึงจะครบทุกคู่ และใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 โอกาสที่จะสรุปผิด 1 ครั้งใน 10 ครั้งจะเท่ากับ $1 - (1 - 0.05)^{10} = 0.04$ ค่าโอกาสการสรุปผิดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนครั้งที่จับคู่เปรียบเทียบ แต่ถ้าใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนโอกาสความผิดพลาดจะไม่เพิ่มขึ้น เพราะทดสอบเพียงครั้งเดียว

ประการสุดท้าย โอกาสสรุปผิดมีมากกว่าความเป็นจริง ทั้งนี้เพราะการเปรียบเทียบด้วย t-test จะประมาณความแปรปรวนของประชากรเฉพาะสองกลุ่มที่ใช้เปรียบเทียบกัน โอกาสที่จะได้ค่าความแปรปรวนตรงตามความเป็นจริงจึงมีน้อยกว่าที่ประมาณค่าความแปรปรวนจากตัวอย่างหลายๆ กลุ่ม ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะประมาณค่าความแปรปรวนจากทุกกลุ่มที่นำมาเปรียบเทียบ จึงทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากกว่า

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA)

หลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

(ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. 2541 : 206-209)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป โดยมีตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว เช่น ต้องการเปรียบเทียบวิธีสอนสามวิธี ว่าทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งในที่นี้ตัวแปรอิสระมีตัวเดียวคือ วิธีสอน แบ่งเป็น 3 วิธี ส่วนตัวแปรตาม คือคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การเปรียบเทียบความแตกต่างจะพิจารณาความแปรปรวนทั้งหมด (Total Variance) ของตัวแปรตามที่จำแนกเป็นสองแหล่ง คือ

1. ความแปรปรวนที่เนื่องมาจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ หรือเรียกว่าตัวแปรจัดกระทำ (Treatment Effect) ซึ่งเป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ และเป็นความแปรปรวนที่ส่งผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างกลุ่ม (Between Group Variance)

2. ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นโดยไม่รู้สาเหตุ เรียกว่าความแปรปรวนที่เนื่องมาจากความคลาดเคลื่อน (Error Variance หรือ Unexplained Variance) เป็นสาเหตุทำให้หน่วยตัวอย่างแต่ละหน่วยภายในกลุ่มมีลักษณะแตกต่างกัน จึงเรียกว่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within Group Variance) อันได้แก่

(1) ลักษณะเฉพาะของสิ่งที่ถูกทดลอง ได้แก่ สติปัญญา ความถนัด ความพร้อม

(2) ความไม่คงที่ของสิ่งที่ถูกทดลอง เช่น ความตั้งใจ ความกังวล

(3) สภาพแวดล้อมของการทดลอง เช่น เวลาที่ใช้ สภาพห้องทดลอง

ลักษณะข้อมูล

กำหนดตัวแปรหนึ่งเป็น k ระดับ กับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง k กลุ่ม เพื่อทดสอบว่าตัวแปร k ระดับนี้ ให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยสมาชิก $n_1, n_2, \dots, n_k$ ตามลำดับ และ $n_1 + n_2 + \dots + n_k = N$ จะเขียนเป็นตารางบรรจุข้อมูลได้ดังนี้

Treatment						
	I	II	III	...	K	
	X_{11}	X_{12}	X_{13}	...	X_{1k}	
	X_{21}	X_{22}	X_{23}	...	X_{2k}	
	X_{31}	X_{32}	X_{33}	...	X_{3k}	
	.	.	.		.	
	.	.	.		.	
	$X_{n_1 1}$	$X_{n_2 1}$	$X_{n_3 1}$	...	$X_{n_k 1}$	
Total	T_1	T_2	T_3		T_k	T
Mean	$\bar{X}_1 = \frac{T_1}{n_1}$	$\bar{X}_2 = \frac{T_2}{n_2}$	$\bar{X}_3 = \frac{T_3}{n_3}$	...	$\bar{X}_k = \frac{T_k}{n_k}$	$\bar{X} = \frac{T}{n}$

ในที่นี้ $T_1 = \sum X_{i1}$, $T_2 = \sum X_{i2}$, ..., $T_k = \sum X_{ik}$

ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลังสอง (Mean Square หรือ Variance)

ถ้ามีการทดลอง 3 วิธี กับนักเรียน 3 กลุ่มดังนี้

ทดลอง 1	ทดลอง 2	ทดลอง 3
$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$
n_1	n_2	n_3

หาค่า $\bar{X}$ โดยใช้สูตร $\bar{X} = \frac{\sum n_i \bar{X}_i}{\sum n_i}$

ค่าเบี่ยงเบนของคะแนนของนักเรียนแต่ละคน (X_{ij}) จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างทั้งสามกลุ่ม ($\bar{X}$) คือ $X_{ij} - \bar{X}$ สามารถแยกได้เป็นสองส่วนดังนี้

$$(X_{ij} - \bar{X}) = (X_{ij} - \bar{X}_j) + (\bar{X}_j - \bar{X})$$

ส่วนแรก คือ $(X_{ij} - \bar{X}_j)$ คือ ค่าเบี่ยงเบนของคะแนนนักเรียนแต่ละคนจากค่าเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

ส่วนที่สอง คือ $(\bar{X}_j - \bar{X})$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด

ยกกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนของค่าเฉลี่ยแต่ละกลุ่มจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด แล้วรวมค่ากำลังสองของค่าเบี่ยงเบนของทุกๆ คนในกลุ่ม และทุกๆ กลุ่มจะเป็น

$$\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X})^2 = n \sum_{j=1}^k (\bar{X}_j - \bar{X})^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

ผลรวมของกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนทั้งหมด = ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนระหว่างกลุ่ม + ผลรวมกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนภายในกลุ่ม

$$\text{Sum of square total} = \text{Sum of square between group} + \text{Sum of square within group}$$

$$\text{เขียนตัวย่อเป็น } SS_T = SS_B + SS_W$$

การหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนกำลัง (Mean Square) คำนวณได้จาก Sum of Squares หารด้วยค่าชั้นแห่งความเป็นอิสระ ซึ่งค่าที่ได้นั้น ถ้าพิจารณาจากสูตรแล้ว ค่า Mean Square ก็คือ ความแปรปรวน (Variance) นั่นเอง

$$\text{Mean square ระหว่างกลุ่ม } (MS_B) = \frac{SS}{k - 1} \text{ เมื่อ } k \text{ คือจำนวนกลุ่ม}$$

$$\text{Mean square ภายในกลุ่ม } (MS_W) = \frac{SS}{N - k} \text{ เมื่อ } N \text{ คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด}$$

$$\text{ชั้นแห่งความเป็นอิสระ ระหว่างกลุ่ม} = k - 1$$

$$\text{ชั้นแห่งความเป็นอิสระ ภายในกลุ่ม} = N - k$$

ข้อตกลงเบื้องต้น (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 231)

1. ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ต้องอยู่ในมาตราอันตรภาคหรืออัตราส่วน
2. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องเลือกมาอย่างสุ่มจากกลุ่มประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
3. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องเป็นอิสระจากกัน
4. กลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มต้องได้มาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน

วิธีการทดสอบ

1. ทำการทดสอบโดยอาศัยสถิติทดสอบเอฟ คือ อัตราส่วนระหว่างผลรวมกำลังสองเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างแต่ละชุด (Treatment) กับผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของภายในตัวอย่างแต่ละชุด

$$F = \frac{(N - k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{(k - 1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X})^2}$$

$$\text{เมื่อ } N = \sum_{i=1}^k n_i, \quad \bar{X}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} \quad \text{และ } \bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i \bar{X}_i$$

ภายใต้ H_0 สถิติทดสอบเอฟจะมีการแจกแจงเอฟ ด้วยองศาความเป็นอิสระ (k-1) และ (N-k)

2. จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F_{cal} \geq F_{(1-\alpha)[(k-1),(N-k)]}$

1.2 สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test)

ครัสคัล-วัลลิสเป็นผู้พัฒนาสถิติทดสอบนี้ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1952 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของประชากร ซึ่งเป็นที่มาของกลุ่มตัวอย่าง สุ่ม ตั้งแต่สามกลุ่มที่เป็นอิสระกัน สถิติทดสอบของครัสคัล-วัลลิสนี้มีพื้นฐานการสร้างเช่นเดียวกับสถิติทดสอบของแมน-วิทนี (Mann-Whitney U Test) แตกต่างกันที่สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสนั้นใช้เปรียบเทียบกับกลุ่มตัวอย่างที่มากกว่าสองกลุ่มขึ้นไป และมีลักษณะการวิเคราะห์ในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว โดยผลบวกกำลังสองของความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean Square between Group) คิดคำนวณโดยใช้ค่าอันดับซึ่งมีค่าเท่ากับ $\sum_{i=1}^k n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2$ และค่ากำลังสองของความแปรปรวนทั้งหมด (Total Mean Square) มีค่าเท่ากับ $N(N+1)/12$ ซึ่งสามารถให้นิยามของสถิติทดสอบเอช ในรูปแบบนี้ได้คือ (Conover. 1980 : 229 - 239)

$$H = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{1/12N(N+1)}$$

หรือในรูปที่นิยามทั่วไปคือ

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i}{n_i} - 3(N+1)$$

ครัสคัลและวัลลิส (Kruskal and Wallis.1952 : 583-621) ได้แสดงให้เห็นว่า ถ้ากำหนดให้ r_{ik} แทนอันดับของ X_{ik} และ n แทนขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่ม

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k$$

$$\text{ดังนั้น } \bar{R}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} r_{ik} = \frac{R_k}{n_k}$$

$$\text{และ } E(\bar{R}_k) = \bar{R}$$

จากนิยามของการกระจายไคสแควร์ สามารถแสดงได้ว่า U ประมาณได้ด้วยการกระจายของไคสแควร์ ที่ขึ้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $k-1$ เมื่อ

$$\begin{aligned} U &= Z_1^2 + Z_2^2 + \dots + Z_k^2 \\ &= \sum_{k=1}^k \frac{(R_k - \bar{R})^2}{\text{VAR}(R_k)} \end{aligned}$$

$$\text{เนื่องจาก } E(r_{ik}) = \frac{N+1}{2}$$

$$\text{VAR}(r_{ik}) = \frac{N^2 - 1}{12}$$

$$E(R_k) = E\left(\frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} r_{ik}\right)$$

$$= \frac{1}{n_k} n_k \sum (r_{ik})$$

$$= E(r_{ik})$$

$$= \frac{N+1}{2}$$

$$\text{VAR}(R_k) = \frac{\text{VAR}(r_{ik})}{n_k} \left(\frac{N - n_k}{N - 1} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{n} \left(\frac{N^2 - 1}{12} \right) \left(\frac{N - n_k}{N - 1} \right) \\
&= \frac{(N + 1)(N - n_k)}{12n_k}
\end{aligned}$$

ถ้า n_k มีขนาดใหญ่ ตามทฤษฎี central-limit แล้ว R_k จะมีการกระจายเป็นแบบปกติ

$$\begin{aligned}
Z_k &= \frac{R_k - E(R_k)}{\sqrt{\text{VAR}(R_k)}} \\
Z_k^2 &= \frac{(R_k - (N + 1) / 2)^2 \cdot 12n_k}{(N + 1)}
\end{aligned}$$

ซึ่ง Z_k^2 จะมีการกระจายประมาณด้วยการกระจายไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 1

$$\begin{aligned}
\sum_{k=1}^k \left(\frac{N - n_k}{N} \right) Z_k^2 &= \sum_{i=1}^k \frac{(N - n_k)}{N} \cdot \left(\frac{R_k - (N + 1) / 2}{(N + 1)(N - n_k)} \right)^2 \cdot 12n_k \\
&= \sum_{i=1}^k \frac{12n_k}{N(N + 1)} \left(\bar{R}_k - \frac{(N + 1)}{2} \right)^2 \\
&= \frac{12}{N(N + 1)} \sum_{i=1}^k n_k \left(\bar{R}_k - \frac{(N + 1)}{2} \right)^2 \\
&= H
\end{aligned}$$

ดังนั้น H จะมีการกระจายประมาณได้ด้วยการกระจายของไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $k = 1$ เมื่อ N มีขนาดใหญ่

ข้อตกลงเบื้องต้น (Conover. 1980 : 230)

1. กลุ่มตัวอย่างทั้ง k กลุ่มต้องเป็นกลุ่มตัวอย่างสุ่มของแต่ละประชากร
2. กลุ่มตัวอย่างสุ่มภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มเป็นอิสระต่อกัน
3. สเกลที่ใช้วัดข้อมูลอย่างน้อยต้องเป็นสเกลแบบจัดเรียงอันดับ (Ordinal Scale)
4. ประชากรที่นำมาทดสอบจะต้องมีการแจกแจงแบบเดียวกันและมี

ความแปรปรวนเท่ากัน

การทดสอบตาม The Kruskal-Wallis H Test มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้
(นิภา ศรีไพโรจน์. 2533 : 178-180)

ระดับของตัวแปร

ตัวแปรอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) เป็นอย่างน้อย

ลักษณะของข้อมูล

ข้อมูลได้จากกลุ่มอิสระ k กลุ่ม

สมมติฐาน

H_0 : ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีการแจกแจงเหมือนกัน (ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน)

H_1 : การแจกแจงของประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่เหมือนกัน (ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน)

การทดสอบ

การทดสอบตามวิธี The Kruskal-Wallis H Test มีลำดับขั้นตอนในการทำดังนี้

1. พิจารณาข้อมูลที่ได้จากประชากร k กลุ่ม ว่าข้อมูลต้องสามารถจัดให้อยู่ในรูปของอันดับที่ได้

2. รวมข้อมูลทั้ง k กลุ่มเข้าด้วยกัน แล้วเรียงอันดับจากค่าต่ำสุดเป็นอันดับ 1 ไปเรื่อยๆ จนถึงค่าสูงสุด เป็นอันดับสุดท้าย

3. หาผลรวมของอันดับในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (R_i) จากสูตร $R_i = \sum_{j=1}^{n_i} R_{ij}$

เมื่อ R_i แทน ผลรวมของอันดับในกลุ่มตัวอย่างชุดที่ i

R_{ij} แทน อันดับของหน่วยที่ j ในตัวอย่าง i โดยที่

$i = 1, 2, 3 \dots n_i, j = 1, 2, 3, \dots k$

4. หาค่าสถิติ (Kruskal-Wallis Statistics) โดยใช้สูตร

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

เมื่อ H แทน Kruskal-Wallis Statistics ที่ต้องการทดสอบ

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

(นั่นคือ $N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_k$) หรือ

$$N = \sum_{i=1}^k n_i$$

n_i แทน จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างชุดที่ i (หรือขนาดของกลุ่มตัวอย่างชุดที่ i)

ในกรณีที่หน่วยตัวอย่าง (ข้อมูล) ที่สุ่มมามีตำแหน่งอยู่ในอันดับเดียวกัน จึงต้องเฉลี่ยอันดับ การหาค่า H จะหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$H_c = \frac{\frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)}{1 - \frac{\sum (t^3 - t)}{N^3 - N}}$$

$$H_c = \frac{H}{1 - \frac{\sum (t^3 - t)}{N^3 - N}}$$

เมื่อ t แทน จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีค่าเท่ากัน เมื่อรวมข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน

การทดสอบนัยสำคัญ

1. กรณีที่ $k = 3$ (กลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม) และ $n_i \leq 5$ (ขนาดของกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5) เปิดตารางสำเร็จเพื่อหาค่าวิกฤติของ H และความน่าจะเป็นใน Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance by Rank (H test) นำไปเปรียบเทียบกับค่า H ที่คำนวณได้

2. กรณีเมื่อ n_i มีขนาดใหญ่พอ H มีการแจกแจงแบบไค-สแควร์ (Chi-square) ดังนั้น การทดสอบจึงนำค่า H ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของ χ^2 ที่ Degrees of freedom (df) = $k - 1$

การตัดสินใจ

1. กรณีที่ $k = 3$ และ $n_i \leq 5$

ถ้าค่า H ที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติของ H ที่เปิดจากตาราง จะไม่ยอมรับ H_0 ถ้าค่า H ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤติของ H ที่เปิดจากตาราง จะยอมรับ H_0

2. กรณีอื่นๆ

ถ้าค่า H ที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติของ χ^2 ที่เปิดจากตาราง จะไม่ยอมรับ H_0 ถ้าค่า H ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤติของ χ^2 ที่เปิดจากตาราง จะยอมรับ H_0

การแปลผล

ถ้าไม่ยอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีการแจกแจงไม่เหมือนกัน (หรือประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน)

ถ้ายอมรับ H_0 สรุปได้ว่า ประชากรทั้ง k กลุ่ม มีการแจกแจงเหมือนกัน (หรือประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน)

ลักษณะการกระจายของ Kruskal-Wallis H-Test

ครัสคัล (Kruskal, 1952) ได้พิสูจน์ว่าการกระจายของ เอช เทส ภายใต้สมมติฐานหลักที่เป็นจริงนั้นจะมีลักษณะเป็นไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $k-1$ เอชจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $k-1$ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$2(K - 1) - \frac{2[3k^2 - 6k + N(2k^2 - 6k + 1)]}{5N(N + 1)} - \frac{6}{5} \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i}$$

เมื่อขนาดของกลุ่มตัวอย่างใหญ่มาก (Sample Size Approaches) ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของสถิติทดสอบ เอช จะเท่ากับ $k - 1$ และ $2(k - 1)$ ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของการกระจายไคสแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ $k - 1$ ซึ่งกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่นี้ครัสคัลและวัลลิสได้รับรองว่าการใช้ค่านัยสำคัญของสถิติทดสอบเอชนี้สามารถประมาณได้จากค่าของไคสแควร์ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ $k - 1$ ได้ดีที่สุด โดยประมาณว่าค่าสังเกตในแต่ละกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 5 ก็สามารถใช้ได้

เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดกลางๆ ครัสคัลได้แนะนำว่าอาจจะใช้การกระจายโดยประมาณของแกมมา หรือเบตาก็ได้ (Gamma and Beta Distribution) ในกรณีที่การกระจายโดยประมาณของแกมมาจะมีค่าเฉลี่ย (E) คือ $E = k - 1$

และค่าความแปรปรวน (V) คือ

$$V = 2(K - 1) - \frac{2[3k^2 - 6k + N(2k^2 - 6k + 1)]}{5N(N + 1)} - \frac{6}{5} \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i}$$

และแปลงเป็นค่าไคสแควร์คือ $\chi^2 = 2HE V$ ที่มีค่าชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ $2E^2/V$ กรณีที่ใช้การกระจายโดยประมาณของเบต้าใช้ค่าเฉลี่ย (E) และค่าความแปรปรวน (V) เท่ากับค่ากระจายโดยประมาณของแกมมาและแปลงเป็นการกระจายแบบเอฟ ดังนี้

$$F = \frac{H(M - E)}{E(M - H)} \quad \text{โดย}$$

$$M = \frac{N^3 - \sum_{i=1}^k n_i^3}{N(N + 1)} \quad \text{และจำนวนชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ}$$

$$f_1 = \frac{E(M - E) - V}{1/2MV} \quad \text{และ} \quad f_2 = \frac{M - E}{E} \cdot f_1$$

แต่ค่าชั้นแห่งความเป็นอิสระที่ได้ไม่เป็นจำนวนเต็ม ทำให้ไม่สามารถใช้ค่าเอฟได้จึงแปลงเป็นการกระจายแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ 1 คือ

$$k_p = \frac{(1 - 2/9f_2)F + 2/9f_1 - 1}{\sqrt{2f^2/9f_2 + 2/9f_1}}$$

และใช้ค่าความน่าจะเป็นจากตารางการกระจายแบบปกติ

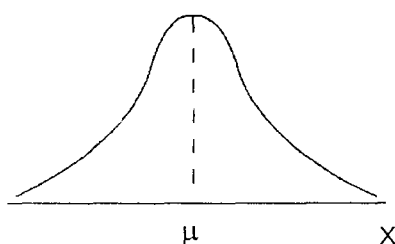
จากเอกสารข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เป็นสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรตั้งแต่สามประชากรขึ้นไป แต่จะใช้ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นที่ต่างกัน

2. การแจกแจงข้อมูล

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

2.1 โค้งปกติ

ชูศรี วงศ์รัตน์ ได้กล่าวถึง โค้งปกติ ดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541 : 105-109) การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่องที่สำคัญที่สุดคือการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) กราฟของการแจกแจงปกติเรียกว่า โค้งปกติ (Normal Curve) ซึ่งมีลักษณะเหมือนระฆังคว่ำ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 โค้งปกติ

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

โค้งปกติ ถ้า X เป็นตัวแปรสุ่มปกติด้วยค่าเฉลี่ย $= \mu$ และความแปรปรวน $= \sigma^2$ แล้ว สมการของโค้งปกติคือ

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

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

หรือเขียนในอีกรูปหนึ่งคือ

Handwritten signature or mark.

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

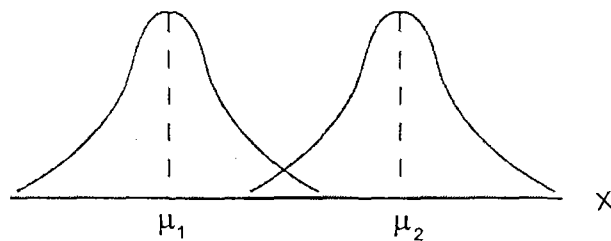
เมื่อ Y เป็นส่วนสูงของโค้ง (Ordinate) ขึ้นอยู่กับค่า X แต่ละค่า

π เป็นตัวคงที่มีค่า 3.1416

e เป็นค่าคงที่อีกตัวหนึ่งมีค่า 2.7183

จากสมการโค้งปกติแสดงว่า โค้งปกติไม่ใช่มีเพียงรูปเดียว แต่มีได้หลายๆ 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

จากรูปต่อไปนี้แสดงถึงกราฟเส้นโค้งในลักษณะต่างๆ กัน

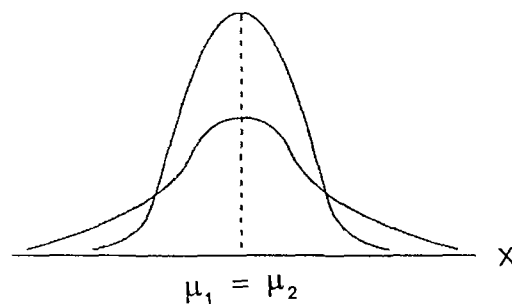


ภาพประกอบ 2 รูปโค้งปกติเมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2$

$$\sigma_1 = \sigma_2$$

เส้นโค้งปกติสองรูปที่มีความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากัน แต่ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากัน รูปโค้งปกติสองรูปนี้มีรูปร่างเหมือนกัน

นั่นคือ ถ้ามี σ เท่ากัน แต่ μ ไม่เท่ากัน จะเป็นโค้งคนละรูป

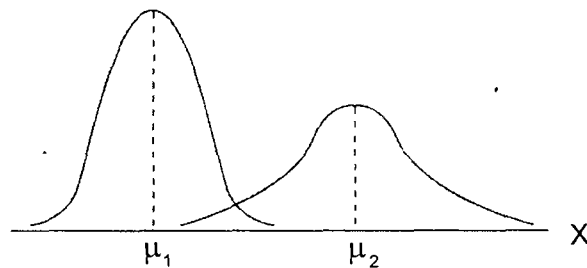


ภาพประกอบ 3 รูปโค้งปกติเมื่อ $\mu_1 = \mu_2$

$$\sigma_1 < \sigma_2$$

เส้นโค้งปกติสองรูปที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันแต่ความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน โค้งปกติสองรูปนี้มีจุดกึ่งกลางอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันบนแกน X แต่โค้งปกติที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานสูงจะต่ำกว่าและแผ่กว้างกว่า

นั่นคือ ถ้ามี μ เท่ากัน σ ไม่เท่ากัน จะเป็นโค้งคนละรูป พื้นที่ใต้โค้งปกติจะเท่ากับ 1 เสมอ ดังนั้นถ้าค่าสังเกตยิ่งแตกต่างกันมาก โค้งก็จะยิ่งต่ำและลาด



ภาพประกอบ 4 รูปโค้งปกติเมื่อ $\mu_1 \neq \mu_2$

$$\sigma_1 < \sigma_2$$

เส้นโค้งปกติสองรูป ที่มีค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน รูปโค้งปกติทั้งสองรูปมีจุดกึ่งกลางอยู่ตำแหน่งต่างกันบนแกน X และรูปร่างต่างกันด้วย

นั่นคือ ถ้า μ และ σ ไม่เท่ากัน โค้งจะเป็นคนละรูป

คุณสมบัติของโค้งปกติ (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2541 : 109 ; อ้างอิงจาก Walpole.

1974 : 103)

1. ค่าของฐานนิยมอยู่ที่ $X = \mu$ ซึ่งเป็นจุดบนแกน X ที่เกิดจากการลากเส้นตั้งฉากจากจุดที่โค้งสูงที่สุดลงมายังแกน X
2. โค้งมีลักษณะสมมาตร ถ้าแบ่งเส้นนี้ตามเส้นแนวตั้งตรงค่าของ μ เส้นแนวตั้งนี้จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วนเท่าๆ กัน
3. เส้นโค้งจะเข้าใกล้แกน X ไปเรื่อยๆ ทั้งสองข้าง แต่ไม่จรดแกน X
4. พื้นที่ใต้โค้งทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1
5. พื้นที่ใต้โค้งเกือบทั้งหมดอยู่ระหว่าง $\mu - 3\sigma$ และ $\mu + 3\sigma$

2.2 ความเบ้ (Skewness)

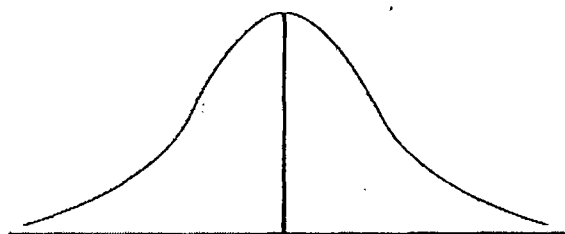
วิรัช วรรณรัตน์ (2535 : 26) กล่าวว่า การแจกแจงความถี่ของข้อมูลแบบต่อเนื่อง ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบสมมาตรโดยเส้นโค้งเป็นรูปประฆังและปลายโค้งมีลักษณะสมมาตรแล้ว เรียกว่า การแจกแจงแบบสมมาตร (Symmetric Distribution) แต่ถ้าเส้นโค้งเป็นรูปประฆังแต่ปลายโค้งทั้งสองข้างไม่สมมาตรกันแล้ว โค้งจะเบ้ไปทางด้านใดด้านหนึ่ง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

วินัส พิษณุชัย และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537 : 72) กล่าวว่า ความเบ้ (Skewness) คือ ข้อมูลชุดใดที่มีการแจกแจงสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงของข้อมูลชุดนั้น จะมีลักษณะเป็นรูปประฆังที่สมมาตรที่มัธยฐานเลขคณิต เส้นโค้งทางด้านขวาของมัธยฐานเลขคณิตและทางด้านซ้ายมัธยฐานเลขคณิต จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท แต่ถ้าข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปทางด้านใดด้านหนึ่ง มัธยฐานเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมก็จะมีค่าต่างกัน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540 : 121) กล่าวว่า ความเบ้ (Skewness) คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจง ที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ถ้าลักษณะของโค้งลึบไปทางด้านคะแนนสูง เรียกว่า โค้งเบ้ไปทางบวก ถ้าโค้งลึบไปทางคะแนนน้อย ถือว่าโค้งเบ้ไปทางลบ

จากความหมายต่างๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความเบ้ คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจงไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน

ประชากรที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำที่สมมาตรกันที่ค่าเฉลี่ย เส้นโค้งทางด้านขวาและด้านซ้ายของค่าเฉลี่ย จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท ดังภาพประกอบที่ 5

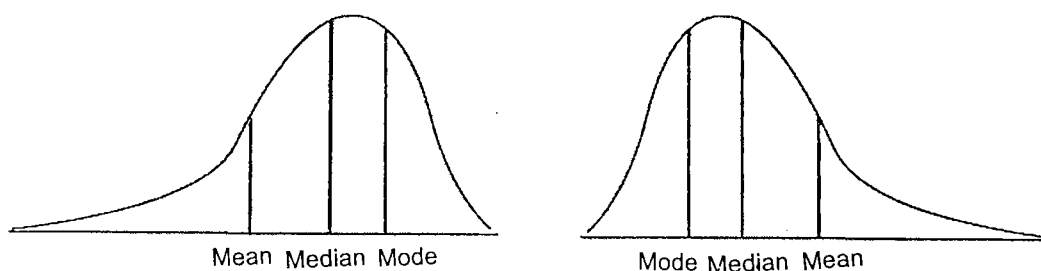


Mode=Median=Mean

ก. เส้นโค้งรูปประฆังที่มีลักษณะสมมาตรหรือไม่เบ้

ภาพประกอบ 5 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร

ส่วนประชากรที่มีการแจกแจงไม่สมมาตร เส้นโค้งที่ได้จะมีลักษณะเบ้ไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน ดังภาพประกอบที่ 6



ข. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่ามากหรือเบ้ซ้าย ค. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่าน้อยหรือเบ้ขวา

ภาพประกอบ 6 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร

จากภาพประกอบ 6 ประชากรจะมีการแจกแจงไปทางซ้าย ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าฐานนิยมและประชากรจะมีการแจกแจงเบ้ทางขวา ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness) วิธีการวัดความเบ้ มีสามวิธีคือ

1. การวัดความเบ้ของเพียร์สัน (Pearson) เป็นการวัดความเบ้ที่อาศัยธรรมชาติและความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่ามัธยฐาน (Median) และค่าฐานนิยม (Mode) กล่าวคือ (วิรัช วรณรัตน์. 2535 : 26)

1) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้ว

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

2) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

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

3) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย

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

ซึ่งการหาความเบ้นั้นอาศัยระบบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับฐานนิยมในการวัดความเบ้ คือ

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

แนวความคิดการวัดความเบ้ตามลักษณะดังกล่าวนี้ เป็นการวัดภาพรวม โดยการแจกแจงมีลักษณะเหมือนเดิม ทั้งนี้เพราะความต่างรวมของค่าเฉลี่ยกับค่าฐานนิยมของข้อมูลชุดใดๆ อาจเท่ากัน แต่ลักษณะการกระจายของข้อมูลอาจต่างกันก็ได้ ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบ

ระหว่างข้อมูลชุดต่างๆ ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงควรลดการกระทบกระเทือนของการกระจาย โดยนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้องในการคิดคำนวณด้วยผลที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเบ้ของเพียร์สัน คือ

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

อย่างไรก็ตาม การใช้ค่านิยามในการคิดคำนวณ ถ้าอันตรภาคชั้นใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไป จะทำให้ค่านิยามผิดไปจากความจริงได้ ดังนั้นถ้าการแจกแจงไม่เบ้มากเกินไปนิยามที่จะใช้ค่านิยามที่มีความสัมพันธ์กับค่านิยามแทนลงในสมการ คือ

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

$$\text{ดังนั้น Sk} = \frac{\bar{X} - (\bar{X} - 3(\bar{X} - \text{Median}))}{\text{SD}}$$

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

โดยค่าความเบ้จะมีค่าอยู่ระหว่าง +3 ถึง -3

2. การวัดความเบ้ตามวิธีของโบว์เลย์ (Bowley) การวัดความเบ้ตามวิธีนี้อาศัยความสัมพันธ์ของควอไทล์ (Quartile) และค่ามัธยฐาน เพราะเชื่อว่า ถ้าข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้ว ควอไทล์ที่ 1 (Q_1) และควอไทล์ที่ 3 (Q_3) จะอยู่ห่างจากมัธยฐานเท่ากัน กล่าวคือ (วิรัช วรณรัตน์. 2535 : 26)

1) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตร

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

2) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

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

3) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย

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

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

โดยค่าความเบ้จะมีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 แต่ถ้การแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้วค่าความเบ้จะเท่ากับศูนย์ และถ้โค้งเบ้ไปทางขวาค่าที่ได้จะเป็นบวก ถ้เบ้ไปทางซ้ายค่าที่ได้จะเป็นลบ

3. การวัดความเบ้โดยวิธีโมเมนต์ (Moment) ซึ่งมีสูตรการวัดความเบ้ดังต่อไปนี้

วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีการวัดความเบ้ที่ดีที่สุด เนื่องจากอาศัยค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากค่าเฉลี่ยเป็นหลักในการวัดและให้ค่าที่แน่นอนกว่าวิธีอื่นๆ คือ

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

เมื่อ S_k เป็นค่าความเบ้
 M_3 เป็นค่าโมเมนต์ที่ 3
 M_2 เป็นค่าโมเมนต์ที่ 2
 S เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์ คำนวณได้จาก

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

เมื่อ M_r คือค่าโมเมนต์ที่ r

การวัดความเบ้ด้วยโมเมนต์ที่สามนี้จะให้ค่าดังนี้

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

2.3 ความโด่ง (Kurtosis)

วิรัช วรณรัตน์ (2535 : 26-63) กล่าวว่า การแจกแจงข้อมูลถึงแม้จะมีลักษณะเป็นสมมาตร ถ้าข้อมูลต่างกันแล้วจะมีความโด่งของโค้งต่างกันคือ ลักษณะโค้งเป็นแบบโค้งปกติ เรียกว่า Mesokurtic, ลักษณะโค้งเป็นแบบแบนราบ เรียกว่า Platykurtic และลักษณะโค้งเป็นแบบสูงแหลม เรียกว่า Leptokurtic

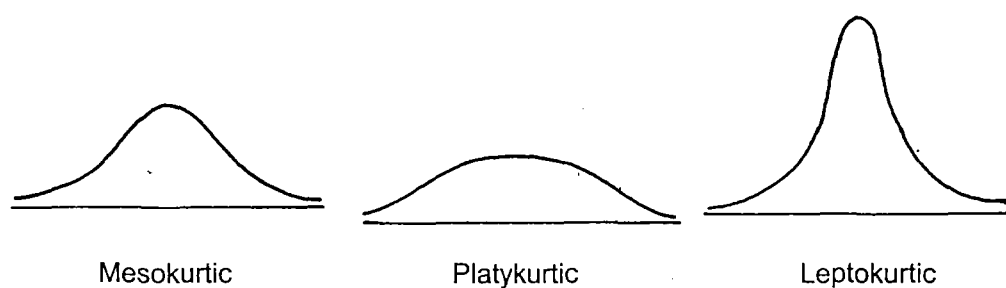
วินัส พิษวนิชย์ และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537 : 76) กล่าวว่า การวัดความโด่ง (Measure of Kurtosis) ก็คือการวัดเส้นโค้งว่าจะมีความโด่งมากน้อยเพียงไร เส้นโค้งที่เราเรียกว่าเส้นโค้งปกติ เส้นโค้งใดที่โด่งผิดจากเส้นโค้งปกติ ก็นับเป็นเส้นโค้งที่ไม่ปกติทั้งสิ้น แม้จะเป็นรูปธรรมงที่สมมาตรก็ตาม

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540 : 121-126) กล่าวว่า ความโด่ง (Kurtosis) หมายถึง ลักษณะการโค้งของการแจกแจงความถี่ว่าสูงโด่งหรือเตี้ย นั่นคือพยายามมองโค้งของการแจกแจงตามแนวตั้ง ลักษณะความโด่งมีสามประเภท คือ โด่งมาก (Leptokurtic), โด่งปานกลาง (Mesokurtic) และโด่งน้อย หรือโค้งการแจกแจงเป็นรูปแบนๆ (Platykurtic)

จากความหมายต่างๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความโด่ง คือลักษณะของโค้งของการแจกแจงที่สมมาตร ที่มีความโด่งของโค้งต่างกัน

ความโด่งของการแจกแจงประชากร มีสามลักษณะดังนี้

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



ภาพประกอบ 7 แสดง Kurtosis แบบต่างๆ ของโค้งของการแจกแจง

การวัดความโด่ง

การวัดความโด่งสามารถพิจารณาได้จาก โมเมนต์ที่ 4 คือ

$$Ku = \frac{M_4}{S^4}$$

โดย $Ku = 3$ แสดงว่า เป็นโค้งปกติ

$Ku < 3$ แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ

$Ku > 3$ แสดงว่า เป็นโค้งสูงแหลม

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

โดย $Ku = 0$ แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)

$Ku < 0$ แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic)

$Ku > 0$ แสดงว่า เป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic)

ซึ่งการแจกแจงแบบโค้งสูงจะมีความโด่งสูงและฐานแคบกว่าการแจกแจงแบบปกติ แต่
ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบจะมีความโด่งแบนราบและฐานกว้างกว่าการแจกแจงปกติ

จากเอกสารข้างต้นจะเห็นว่า ความเบ้ ความโด่ง มีหลายแบบ แต่ผู้วิจัยสนใจศึกษาหำ
แบบ คือ การแจกแจงแบบโค้งปกติ การแจกแจงแบบเบ้ขวา การแจกแจงแบบเบ้ซ้าย การแจก
แจงแบบสูงแหลม และการแจกแจงแบบแบนราบ

3. ความถนัดทางการเรียน

3.1 ความหมายของความถนัด

นักจิตวิทยา นักการศึกษา และนักวัดผลการศึกษาได้ให้ความหมายของ
ความถนัดไว้แตกต่างกันดังนี้

ฟรีแมน (Freeman.1966:431) กล่าวว่า ความถนัดเป็นผลรวมของคุณลักษณะ
ต่างๆ ของบุคคลที่แสดงว่าบุคคลนั้นมีสมรรถภาพสมารถที่จะเรียน รวมทั้งการฝึกอบรมเพื่อให้
มีความรู้เฉพาะอย่าง เช่น ความสามารถในการพูด ความสมารถที่จะเป็นนักดนตรี หรือความ
สมารถที่จะทำงานทางเครื่องจักรกลได้

ครอนบัค (Cronbach.1970:38) กล่าวว่า ความถนัดทางการเรียน หมายถึง
ความสามารถทางสมองที่ร่วมกันทำงานเพื่อเพิ่มพูนความสำเร็จในกิจกรรมทางปัญญา

บิงแฮม (Bingham.1978:17) กล่าวว่า ความถนัดเป็นสภาวะที่แสดงถึงความ
เหมาะสมของบุคคลที่สำคัญประการแรกก็คือความพร้อมของบุคคลในการเพิ่มพูนความชำนาญ

ชำนาญให้แก่ตนเองหรือเป็นศักยภาพของบุคคลนั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือความพร้อมที่จะสนใจในความสามารถของบุคคลนั้นๆ

ซวาล แพร์ติกุล (2517:50) กล่าวว่า ความถนัดเป็นความสามารถของบุคคลที่จะทำกิจกรรมใด กิจกรรมหนึ่ง จึงให้ความหมายของความถนัดว่า ความพยายามที่จะคาดคะเนหรือพยากรณ์ภายหน้าอันเป็นเรื่องราวของอนาคตกาล โดยอาศัยข้อเท็จจริงในปัจจุบันเป็นรากฐานว่าเด็กสามารถไปได้ไกลเพียงใด จะเรียนรู้สิ่งนั้น สิ่งนี้ได้เท่าไร ถ้าเขาได้รับประสบการณ์ฝึกฝนที่เหมาะสม

ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2541:27) กล่าวว่า ความถนัด หมายถึง ความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์ฝึกฝนตนเองและมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดทักษะพิเศษที่เด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติด้านนั้นได้เป็นอย่างดี

ทองหล่อ วิภาวีน (2523:16-17) ได้ให้ความหมายของความถนัดว่า

1. ความถนัด หมายถึง ปัญญาของบุคคล หรือเรียกง่ายๆ ว่าไหวพริบ หรือความฉลาด หรือความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการนำความรู้และหลักวิชาการไปแก้ปัญหา และตัดสินใจ เหตุการณ์เฉพาะหน้าได้ถูกต้อง

2. ความถนัด เป็นสมรรถภาพทางสมองที่ประกอบไปด้วยความสามารถเฉพาะหลายด้าน ซึ่งความสามารถแต่ละด้านจะมีคุณภาพแตกต่างกันออกไป ดังนั้น คนแต่ละคนจึงแตกต่างกันในเรื่องของความสามารถทางสมองอีกด้วย ฉะนั้นในการวัดความสามารถหลายๆ ด้าน ถ้าบุคคลใดมีความสามารถทางสมองด้านใดมากก็就会有ความถนัดหรือเก่งด้านนั้นด้วย

3. ความถนัดไม่ได้หมายถึงกรรมพันธุ์ และพรหมลิขิต ไม่ใช่เป็นสมรรถภาพทางสมองที่ติดตัวมาแต่กำเนิดหากแต่เป็นผลที่เกิดจากการที่ได้มีโอกาสฝึกฝนตนเองและมีการสั่งสมไว้มากจนเกิดเป็นลักษณะพิเศษที่เด่นชัดด้านใดด้านหนึ่งพร้อมที่จะปฏิบัติด้านนั้นได้อย่างดี

จากความหมายของความถนัดดังกล่าว สรุปได้ว่า ความถนัด หมายถึง ความสามารถของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ และการฝึกฝนตนเอง จนสามารถเรียนและปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ทฤษฎีของเชาว์ปัญญาและความถนัด

ทฤษฎีเกี่ยวกับเชาว์ปัญญาและความถนัดมีหลายทฤษฎี แต่ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้ (ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 42-52)

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni-factor Theory) บางทีทฤษฎีนี้เรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ บีเนท์และซิมอน (Binet and Simon, 1905) ทฤษฎีนี้เสนอโครงสร้างของเชาว์ปัญญาเป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อยคล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป (General ability) นั่นเอง ในปี ค.ศ. 1905 หรือ พ.ศ. 2448 บีเนท์และซิมอนได้สร้างข้อสอบวัดตามแนวคิดของเขาเป็นครั้งแรก ข้อสอบฉบับนี้สร้างวัดระดับเชาว์ปัญญาเป็น

แบบ Global measure คือวัดออกมาเป็นคะแนนเดียวแล้วแปลความหมายว่าใครมีเชาวน์ปัญญา ระดับใด

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Bi-Factor Theory) ทฤษฎีนี้เสนอโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษ ชื่อสเปียร์แมน (Charles Spearman) ในปี ค.ศ. 1927 เป็นทฤษฎีที่เกิดจากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกระบวนการทางสถิติ พบว่ากิจกรรมทางสมองทั้งหลายเมื่อวิเคราะห์ดูแล้วมีองค์ประกอบร่วมกันอันหนึ่ง เรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า องค์ประกอบทั่วไป (General factor) เรียกย่อๆ ว่า G-factor เนื่องจากเขาหาความสัมพันธ์เกี่ยวพันกันแต่ละแบบทดสอบ (Intercorrelations) มีค่าสูง แต่ก็สูงอย่างไม่สมบูรณ์แบบ จึงให้ชื่อองค์ประกอบอื่นย่อยๆ นี้ว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific factors) เรียกย่อๆ ว่า S-factor แต่ละองค์ประกอบเฉพาะนี้มีกิจกรรมเฉพาะตัวชนิดหนึ่งของมันเอง ทฤษฎีนี้มองความสำคัญที่องค์ประกอบทั่วไปเป็นหลัก ไม่แตกต่างกับทฤษฎีของบีเนท์ ส่วนที่แตกต่างก็คือ นอกจากองค์ประกอบรวมแล้วยังมีองค์ประกอบย่อยเพิ่มขึ้นอีกซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple-Factor Theory)

เทอร์สโตน (L.L. Thurstone) เสนอทฤษฎีเมื่อปี ค.ศ. 1933 เขาได้ทำการวิจัยโครงสร้างทางสมองอย่างกว้างขวาง และได้ใช้หลักการวิเคราะห์สมัยใหม่ที่เรียกว่า การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Factor Analysis) มาใช้ ทำให้สามารถแยกแยะความสามารถทางสมองออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้หลายอย่าง ทำให้เขามีความเชื่อว่าความสามารถทางสมองไม่ได้ประกอบด้วยความสามารถรวมเป็นเป็นแกนกลางดังเช่น G-factor ของสเปียร์แมน หากแต่ประกอบด้วยองค์ประกอบเป็นกลุ่มๆ หลายๆ กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีหน้าที่เป็นอย่างไรๆ ไปโดยเฉพาะ หรืออาจจะทำงานร่วมกันบ้างก็ได้ ความสามารถทั่วไปของสเปียร์แมน เทอร์สโตนเห็นว่าเป็นเพียงองค์ประกอบทางภาษาเท่านั้น องค์ประกอบย่อยๆ นี้เทอร์สโตนให้ชื่อว่า ความสามารถปฐมภูมิของสมอง (Primary Mental Abilities) เขาแยกองค์ประกอบย่อยโดยยึดน้ำหนักขององค์ประกอบเด่นๆ (Loading Factor) เป็นสำคัญออกเป็นเจ็ดประการ คือ

3.1 องค์ประกอบด้านภาษา (Verbal Factor ใช้ตัวย่อว่า V.) เป็นความสามารถในการเข้าใจภาษาและการสื่อสารต่างๆ ไป ความสามารถในการอ่านเอาเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์ได้อย่างดี

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Word Fluency Factor ใช้ตัวย่อว่า W.) เป็นความสามารถที่จะใช้คำได้มากในเวลาจำกัดได้ถูกต้องรวดเร็ว ซึ่งส่งผลให้มีความสามารถในการเจรจา และการประพันธ์ทั้งร้อยแก้วและร้อยกรองตอบโต้ทันทีทันใด

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor ใช้ตัวย่อว่า N.) องค์ประกอบนี้ส่งผลให้มีความเข้าใจในวิชาคณิตศาสตร์ต่างๆ ได้ดี มีความสามารถมองเห็น

ความสัมพันธ์และความหมายของจำนวนและมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตศาสตร์ได้อย่างดีด้วย

3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor ใช้ตัวย่อว่า S.) ความสามารถด้านนี้จะส่งผลให้คนเข้าใจถึงขนาดและมิติต่างๆ อันได้แก่ ความสั้น ยาว ไกล ใกล้ และพื้นที่หรือทรวงทรงที่มีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่างๆ เมื่อนำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตเมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor ใช้ตัวย่อว่า M.) เป็นความสามารถด้านความจำ และมีสติระลึกรู้จนสามารถถ่ายทอดได้ ความจำในที่นี้อาจจะเป็นความจำแบบนกแก้ว หรือจำโดยอาศัยสิ่งสัมพันธ์ได้ ซึ่งถือว่า เป็นความจำในองค์ประกอบนี้ทั้งนั้น

3.6 องค์ประกอบด้านสังเกตพิจารณา (Perceptual Factor ใช้ตัวย่อว่า P.) องค์ประกอบของสมองด้านนี้ได้แก่ความสามารถด้านเห็นรายละเอียด ความคล้อยคลึงหรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของต่างๆ อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor ใช้ตัวย่อว่า R.) บางทีก็ใช้ Induction หรือ General Reasoning องค์ประกอบนี้แสดงถึงความสามารถด้านวิจารณ์อนุมานหาเหตุผลค้นคว้าหาความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการทั้งหลายที่สร้างกฎหรือทฤษฎีเทอร์สโตนมององค์ประกอบด้านนี้ในรูปอุปมานและอนุมาน ในระยะหลังผู้ศึกษาด้านนี้มองเห็นว่าจะวัดเหตุผลทั่วไปได้ดีด้วยเลขคณิตเหตุผล (Arithmetic Reasoning)

4. ทฤษฎีไฮราคัล (Hierarchical Theories) ทฤษฎีนี้เบิร์ท (Burt) เนอร์นอน (Vernon) และฮัมเฟรย์ (Humphreys) โดยเฉพาะ เนอร์นอน (Vernon) ได้เสนอโครงสร้างของเชาว์ปัญญา ในปี ค.ศ. 1960 โดยเริ่มต้นอธิบายตามแบบของสเปียร์แมน นั่นคือเนอร์นอนเริ่มจุดแรกด้วย G-factor ขึ้นต่อไปแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ๆ คือ Verbal-education (V : ed) และ Practical-mechanical (k : m) องค์ประกอบใหญ่ 2 อันนี้เรียกรวมกันว่า Major Group Factors องค์ประกอบใหญ่ 2 อันนี้ยังแบ่งย่อยชอยลงไปอีก ด้านองค์ประกอบ Verbal-educational แบ่งย่อยเป็นองค์ประกอบด้านภาษา (Verbal) และองค์ประกอบด้านตัวเลข (Numerical) และอื่นๆ อีก ในทำนองเดียวกันองค์ประกอบ Practical-mechanical แบ่งย่อยออกเป็น Mechanical Information, Spatial และ Manual และยังมีอื่นๆ แต่ยังไม่กำหนด กลุ่มองค์ประกอบนี้เรียกว่า Minor Group Factor ระดับที่ต่ำสุดขององค์ประกอบในรูปแบบนี้ยังมีองค์ประกอบย่อยๆ ไปอีก เรียกว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors)

5. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three Faces of Intellect Model) ทฤษฎีนี้สร้างขึ้นโดย กิลฟอร์ด (Guilford) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ของคุณลักษณะโดยจัดระบบของคุณลักษณะของเชาว์ปัญญาเป็น 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของการคิด (Operations) มีส่วนประกอบ
ห้าส่วนคือ

- การรู้การเข้าใจ (Cognition) หมายถึงความสามารถที่เห็นสิ่งเร้าแล้วเกิด
การรับรู้ เข้าใจในสิ่งนั้นๆ คืออะไร

- ความจำ (Memory) หมายถึงความสามารถในการเก็บสะสมความรู้แล้ว
สามารถระลึกนึกออกมาได้

- การคิดเอกนัย (Convergent Production) หมายถึงเป็นความสามารถใน
การตอบสิ่งเร้าได้หลายแง่หลายมุมแตกต่างกันออกไป เช่น ให้ออกประโยชน์ของก้อนอิฐมาให้
มากที่สุดที่จะบอกได้ ถ้าผู้ใดคิดได้มากและแปลกที่สุดมีเหตุมีผล ถือว่าผู้นั้นมีความคิดแบบ
เอกนัย

- การคิดแบบประเมินค่า (Evaluation) หมายถึงเป็นความสามารถในการ
ดีราค่าลงสรุป โดยอาศัยเกณฑ์ที่ดีที่สุด

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Content) เป็นด้านที่ประกอบด้วยสิ่งเร้าและข้อมูลต่างๆ
แบ่งออกได้ 4 อย่าง

- ภาพ (Figural) หมายถึงสิ่งเร้าที่เป็นรูปธรรมหรือรูปที่แน่นอน สามารถ
จับต้องได้ หรือเป็นรูปภาพที่ระลึกนึกออกได้ดังรูปนั้นก็

- สัญลักษณ์ (Symbolic) หมายถึงข้อมูลที่เป็นเครื่องหมายต่างๆ เช่น
ตัวอักษร ตัวเลข โน้ตดนตรี รวมทั้งสัญญาณต่างๆ ด้วย

- ภาษา (Semantic) หมายถึงข้อมูลที่เป็นถ้อยคำพูดหรือภาษาเขียนที่มี
ความหมาย สามารถใช้ติดต่อสื่อสารแต่ละกลุ่มได้ แต่ส่วนใหญ่มองในด้านคิด (Verball
Thinking) มากกว่าเขียน คือ มองความหมาย

- พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึงข้อมูลที่เป็นการแสดงออก รวมถึง
ทัศนคติ ความต้องการ การรับรู้ ความคิด ฯลฯ

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Products) เป็นผลของกระบวนการจัดทำของ
ความคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลผลิตของความคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา ผลผลิตของความคิด
แยกได้เป็นรูปร่างต่างๆ กัน ซึ่งแบ่งออกได้ 6 อย่าง คือ

- หน่วย (Units) หมายถึงสิ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างไปจากสิ่ง
อื่นๆ เช่น คน สุนัข แมว เป็นต้น

- จำพวก (Classes) หมายถึงชุดของหน่วยที่มีคุณสมบัติร่วมกัน เช่น
ข้าวโพดกับมะพร้าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเหมือนกัน ดังนี้ เป็นต้น

- ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึงผลของการโยงความคิดสองประเภท
หรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์ อาจจะเป็นหน่วยกับ
หน่วย จำพวกกับจำพวก ระบบกับระบบ ก็ได้ เช่น คนกับอาหาร ต้นไม้กับปุ๋ย ดังนี้ เป็นต้น

- ระบบ (Systems) หมายถึงการจัดองค์การ จัดแบบแผนหรือจัดรวมโครงสร้างให้อยู่ในระบบว่าจะไรมาก่อนมาหลัง
- การแปลงรูป (Transformations) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ให้มีรูปแบบใหม่ การเปลี่ยนแปลงอาจจะมองในรูปแบบของข้อมูลหรือประโยชน์ก็ได้
- การเกี่ยวพัน (Implications) หมายถึงความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ ขยายความเพื่อการพยากรณ์หรือคาดคะเนข้อความในตรรกวิทยา ประเภท “ถ้า ... แล้ว ...” ก็ เป็นพวกใช้คาดคะเนโดยอาศัยเหตุและผล

6. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two-level Theory of Mental Ability) ทฤษฎีนี้เสนอโดยเจนเซน (Jensen) เมื่อปี ค.ศ. 1968 เจนเซนได้เสนอทฤษฎีนี้ว่า ความสามารถทางสมองมีอยู่สองระดับ ระดับ I (Level I) เป็นความสามารถด้านเรียนรู้และจำ อย่างนกแก้ว นั่นคือความสามารถที่จะสั่งสมหรือเก็บสะสมข้อมูลไว้ได้และพร้อมที่จะระลึกนึก ออกได้ ระดับนี้ไม่ได้นำรวมการแปลงรูปหรือการจัดกระทำทางสมองแต่อย่างใด หรือพูดอีกอย่าง หนึ่งว่าระดับนี้ไม่ได้ใช้วิธีการคิดใดๆ เลยจากสิ่งที่สมองรับเข้าไป ระดับ II (Level II) เป็นระดับ ของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้างมโนภาพ เหตุผล และแก้ปัญหา ระดับ II นี้ดูไปก็เหมือนกับ องค์ประกอบทั่วไป (G-factor) นั่นเอง

7. ทฤษฎีปัญญาของแคทเทลล์ ทฤษฎีนี้คิดโดย อาร์ บี แคทเทลล์ (R.B. Cattell) เสนอทฤษฎีปัญญาว่า โครงสร้างเชาว์ปัญญา ประกอบด้วยสองส่วนคือ

7.1 ส่วนที่เป็นฟลูอิด (Fluid Component) เป็นความสามารถทั่วไป ผู้ที่มี ปริมาณความสามารถด้านนี้สูงจะสามารถทำงานชนิดต่างๆ ได้ดี เช่น ความสามารถด้านเหตุผล เจริญอุปมานและอนุมานเหตุผลสัมพันธ์ ความสามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของอนุภาพ เป็นต้น

7.2 ส่วนที่เป็นคริสตอลไลซด์ (Crystallized Component) เป็นความสามารถ ที่เชื่อมโยงกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมอย่างใกล้ชิด พูดง่ายๆ ว่าเป็นความสามารถที่จะเข้าใจ ภาษา ความสามารถในการประเมินคุณค่าของสังคม เป็นต้น

บุญชม ศรีสะอาด (2526:4-5) กล่าวว่า การจัดประเภทแบบทดสอบความถนัด ของ เมท์เรนส์ และเลห์แมน วิลเลียม (William) จัดแบบทดสอบวัดความถนัดออกเป็นสี่ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบความถนัดทั่วไปรายบุคคล (Individually Administer Test of General Aptitude) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ทำนายผลสำเร็จทางการเรียน และใช้ในทางคลินิก ได้แก่ แบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาเด็กของเวคสเลอร์ (Wechsler Intelligence Scale for Children) ฯลฯ

2. แบบทดสอบความถนัดทั่วไปของกลุ่ม (Group Test of General Aptitude) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในสถาบันการศึกษาอย่างกว้างขวางกว่าแบบทดสอบรายบุคคล ได้แก่

แบบทดสอบอาร์มีแอลฟา (Army Alpha) แบบทดสอบโอติส-เลนนอน (Otis-Lennon Mental Ability Test) ฯลฯ

3. แบบทดสอบความถนัดพิเศษ (Special Aptitude Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้ในการพิจารณาตัดสินใจเกี่ยวกับการคัดเลือกทางอาชีพและทางการศึกษา ได้แก่ แบบทดสอบวัดการมองเห็นและการได้ยิน (Test of Visual and Hearing) แบบทดสอบความถนัดด้านจักรกล (Mechanical Aptitude Test) ฯลฯ

4. แบบทดสอบวัดความถนัดพหุคูณ (Multifactor Aptitude Test) ได้แก่ แบบทดสอบดิฟเฟอเรนเชียลแอปติจูด เทสต์ (Differential Aptitude Tests) ฯลฯ

3.3 ประโยชน์ของแบบทดสอบวัดความถนัด

ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ (2527:119-124) กล่าวถึงประโยชน์ของแบบทดสอบความถนัดดังนี้

1. ใช้ในการสอบคัดเลือก
2. ใช้ในการแยกประเภทนักเรียน
3. ใช้ในการวินิจฉัยความสามารถ
4. ใช้ในการพยากรณ์ความสำเร็จ
5. ใช้ในการวัดพัฒนาการ
6. ใช้ในการเปรียบเทียบสติปัญญา
7. ใช้ในการประเมินผลการศึกษา
8. ใช้ในการวิจัย

3.4 การวัดความถนัดด้านตัวเลข

ความถนัดด้านตัวเลข เป็นความสามารถด้านความสัมพันธ์ของปริมาณ จำนวน หรือด้านคณิตศาสตร์ เพื่อตรวจสอบกันดูว่า ผู้ตอบมีมโนภาพทางคณิตศาสตร์เพียงใด ไม่ใช่ดูเพียงการจำกฎเกณฑ์ ทฤษฎี และวิธีการเท่านั้นแต่จะต้องดูให้ลึกลงไปในแง่ของความสัมพันธ์ของปริมาณตัวเลข การออกข้อสอบวัดด้านนี้ นิยมออกหลายรูปแบบ แม้แต่การบวก ลบ คูณหาร ธรรมดาก็สามารถออกเป็นข้อสอบได้ ให้มีจำนวนข้อสอบหลายข้อ และมีเวลาในการทำจำกัด ผู้ที่ทำให้คะแนนสูงๆ สามารถพยากรณ์ได้ว่าเขามีความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้เช่นกัน แต่แบบทดสอบมาตรฐานที่นิยมออกมากก็มีตัวเลขอนุกรม ปริมาณเปรียบเทียบ โจทย์คณิตศาสตร์เหตุผล การอ่านกราฟ อ่านตารางตัวเลข และมโนภาพทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

ตัวเลขอนุกรม (Number Series)

ตัวเลขอนุกรมเป็นลักษณะการวางเรียงตัวเลขอย่างเป็นระบบ มีกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นชุดๆ แล้วตัดตัวเลขตัวใดตัวหนึ่งในระบบออก หรืออาจเป็นตัวถัดไป แล้วหาตัวที่น่าจะเป็นตัวเลขใด ตัวเลขอนุกรมมีอยู่หลายแบบ

1. ตัวเลขอนุกรม เป็นอนุกรมในแนวเดียว แต่สามารถทำได้หลายระบบ

ก. ระบบเดียว ตัวอย่าง 2 3 5 8 ...?... ตัวระบบ คือ +1, +2, +3 ไปเรื่อยๆ แบบนี้ ดังนั้นคำตอบต้องเป็น $8+4 = 12$ ตัวสำคัญคือระบบ จะยากจะง่ายอยู่ที่วิธีการกำหนดระบบ

ข. ระบบซ้อน จะเป็นระบบที่เขียนให้ซ้อนกันอย่างน้อยสองระบบขึ้นไป เช่น +1, +2, +1, +3, +1, +4 หรือ +3, -1, +4, -2, +5, -3 เป็นต้น ระบบซ้อนนี้ อาจจะเป็น + กับ - หรือสลับเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์แบบต่างๆ แม้กระทั่งการยกกำลัง หรือใส่ log ก็สามารถนำมาสร้างอนุกรมได้

นอกจากคำนึงถึงระบบแล้ว อนุกรมระบบหนึ่งๆ อาจจะทำให้เลือกหาตัวคำตอบได้อีกหลายแบบ

ก. แบบเติมตัวหน้า หลักในการเขียนข้อสอบ ผู้เขียนเขียนอนุกรมให้สมบูรณ์ก่อนแล้วจึงหาวิธีตัด ตัวที่ต้องการให้ผู้ตอบตอบ เช่น อนุกรมสมบูรณ์ 5 4 6 4 5 2 2 ตัดตัวหน้าออก

...?... 4 6 4 5 2 2 มีค่าเท่าไร

ก. 0

ข. 1

ค. 2

ง. 4

จ. 5

ระบบนี้คือ +2, -2, +1, -3, +0 เป็นลักษณะสองระบบ ระบบหนึ่ง -2, -3, อีกระบบหนึ่ง +2, +1, +0 ดังนั้นหน้า - ก็ควรจะเป็น -1 คำตอบจึงเป็น 5 จึงจะถูก

ข. แบบเติมตัวหลัง หลักการก็เหมือนข้อ ก. เพียงแต่สร้างอนุกรมให้สมบูรณ์แล้วหาตัวต่อไปสุดท้ายเท่านั้นเอง ดังตัวอย่าง

5 7 4 7 5 9 ...?... เป็นเท่าไร

ก. 4

ข. 6

ค. 7

ง. 8

จ. 10

คำตอบถูกคือ ง ทั้งนี้เพราะระบบจะเป็น 2 ระบบ คือ +2, -3, +3, -2, +4, ต่อไปจาก -3, -2 เป็น -1 ดังนั้น $9-1 = 8$ คำตอบถูกจึงเป็น 8

ค. แบบเติมระหว่างหัวท้าย แบบนี้หลักการแรกเหมือนข้อ ก. เพียงแค่ตัดตัวเลขอนุกรมที่อยู่แฉกกลาง จะเยื้องไปทางหน้าหรือทางหลังก็ได้ตามความสะดวก ดังตัวอย่าง

3 3 5 2 ...?... 7 3 27 31 มีค่าเท่าไร

ก. 2

ข. 3

ค. 4

ง. 6

จ. 8

คำตอบถูกต้องคือ ค ทั้งนี้เพราะอนุกรมนี้มีสามระบบ เป็นดังนี้ ยกกำลัง 1 +2 -3 กำลัง 2 +3 -4 กำลัง 3 +4 -5 จะเห็นว่ามีระบบกำลัง ระบบบวกและระบบลบ จุด ? เป็น 2 กำลัง 2 พอดีเป็น 4

ง. แบบหาจุดที่ระบบผิด หลักการเหมือนข้อ ก. คือทำระบบของอนุกรมให้สมบูรณ์ก่อน แล้วมาเติมแต่งว่าจะให้จุดใดเป็นจุดที่ระบบชุดนี้ผิด นั่นคือให้ตัวเลขในอนุกรมที่กำหนดให้ว่าตัวไหนผิดควรได้รับการแก้ไข ดังตัวอย่าง

จุดใดที่อนุกรมผิด 7 3 3 5 4 2 5 1 3 7

ก. 2

ข. 3

ค. 4

ง. 5

จ. 7

คำตอบถูกต้องคือ ค เพราะ 4 เป็นจุดอนุกรมผิด ทั้งนี้เพราะระบบเป็นดังนี้ -4, $\times 1$, +2, -4, $\times 2$, +3, -4, $\times 3$, +4

วิธีการกำหนดระบบในการสร้างข้อสอบตัวเลขอนุกรมนั้น จะต้องมีส่วนตั้งตัวแรกก่อนเสมอ ต่อจากนั้นจึงกำหนดระบบหรือแนวโน้มของตัวเลข ซึ่งมีวิธีการกำหนดอยู่หลายวิธี เช่น บวก ลบ คูณ หาร และแบบผสม

ก. วิธีบวก ขั้นแรกกำหนดตัวต้นก่อน ต่อจากนั้นกำหนดระบบเป็นลักษณะเพิ่มขึ้นแบบการบวก การกำหนดระบบอาจเป็นแบบตรงๆ หรือแบบขึ้นลงตามกลวิธีก็ได้ เช่น ถ้า +1, +2, +3 ... ไปเรื่อยๆ อย่างนี้เรียกว่า แบบธรรมดา ถ้า +1, +2, +1, +4 ... ไปเรื่อยๆ อย่างนี้เรียกว่า เพิ่มอย่างมีกลวิธี ดังตัวอย่าง

3 5 7 9 ...?...

ก. 10

ข. 11

ค. 13

ง. 14

จ. 16

แบบนี้ระบบเพิ่มขึ้นทีละ 2 คือ +2, +2, +2 ไปเรื่อยๆ ดังนั้นถัดจาก 9+2 จึงเป็น 11 คำตอบถูกจึงเป็น ข

ข. วิธีลบ ใช้วิธีคล้ายกันกับวิธีบวก เพียงแต่ระบบเกิดจากการลบเป็นหลัก ตัวตั้งแรกมักจะมีค่ามากหน่อย เพื่อป้องกันการลบไปลบมาเป็นเครื่องหมายติดลบ ซึ่งไม่นิยมใช้ ดังตัวอย่าง

25 22 19 16 ...?...

ก. 9

ข. 12

ค. 13

ง. 14

จ. 15

ระบบของข้อนี้เป็นค่าลบเท่ากันตลอด คือ -3, -3, -3 ดังนั้นระบบต่อไปก็ต้องเป็น -3 ตัวเลขถัดไปจึงเกิดจาก $16-3 = 13$ คำตอบถูกจึงเป็น ค

ค. วิธีคูณ อาศัยวิธีเดียวกันกับวิธีที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ระบบเป็นผลของการคูณ นั่นคือ ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการคูณ ดังนั้นตัวตั้งจะต้องตั้งไว้น้อยหน่อย มิฉะนั้นค่าของตัวถัดๆ ไปจะสูงเกินไปดังตัวอย่าง

3 6 12 24 ...?...

ก. 26

ข. 32

ค. 40

ง. 48

จ. 58

ระบบนี้ตัวคูณคงที่คือ 2 คูณต่อกันไปเรื่อยๆ ดังนั้นตัวสุดท้ายเกิดจาก $24 \times 2 = 48$ คำตอบถูกจึงเป็นข้อ ง

ง. วิธีหาร เป็นแบบเดียวกันกับวิธีคูณนั่นเอง แต่การตั้งตัวเลขตัวแรกต้องระวังหน่อย นอกจากจะเริ่มต้นด้วยตัวเลขที่มีค่ามากแล้ว จะต้องหาตัวที่ระบบหารได้ลงตัวเป็นระยะ ด้วยการให้เป็นเลขเศษส่วนไม่ค่อยดีนัก แต่ถ้าจำเป็นก็สามารถนำมาใช้ได้ วิธีที่ง่ายอีกแบบหนึ่งก็คือให้คิดกลับข้างกันกับวิธีคูณ นั่นคือ ทำวิธีคูณก่อนจะเป็นระบบธรรมดาหรือระบบช้อนก็ได้ พอเสร็จแล้วนำมาเขียนกลับข้างกันก็จะเป็นระบบการหารที่มีคุณภาพ คือไม่มีเศษส่วน เช่น ตัวอย่าง

120 40 20 5 5 ...?...

ก. 0

ข. 1

ค. 2

ง. 3

จ. 4

ระบบเกิดจากการหาร 2 ระบบ คือ หาร 3, หาร 2, หาร 4, หาร 1, หาร 5, นั่นคือระบบหารด้วย 3, 4, 5 และ 2, 1, 0 ดังนั้นคำตอบถูกคือ ข ได้จาก 5 หาร 5 = 1 นั่นเอง

จ. วิธีผสม เป็นการสร้างระบบโดยอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันออกไป เช่น บวกกับลบ บวกกับหาร บวกกับยกกำลัง ลบกับคูณ ฯลฯ สามารถนำมาเกี่ยวข้องกันอย่างน้อย 2 ระบบขึ้นไป จะทำให้ตัวเลขอนุกรมคิดยากขึ้น ดังตัวอย่าง

5 5 2 4 1 1

ก. 0

ข. 1

ค. -2

ง. -3

จ. 4

มี 2 ระบบแบบผสม คือ ยกกำลังกับการลบ นั่นคือยกกำลัง 1, -3, กำลัง 2, -3 ยกกำลัง 3, -3 อย่างนี้เรื่อย ๆ คำตอบของเลขถัดไปจึงเป็น $1-3 = -2$ คำตอบถูกคือ ค

2. ตัวเลขอนุกรมหลายชั้น คำว่าอนุกรมหลายชั้น หมายถึงมีอนุกรมธรรมดาอย่างน้อยสองอนุกรมเกี่ยวข้องกัน ในอนุกรมธรรมดายังมีหลายระบบ ดังนั้นถ้ามีอย่างน้อยสองอนุกรม ผู้ตอบอาจจะต้องคิดถึงระบบ จะทำให้ยากขึ้นกว่าอนุกรมธรรมดา อนุกรมแบบนี้มีอยู่ 3 ชนิดที่นิยมใช้ในแบบทดสอบมาตรฐานทั่วไป

แบบที่ 1 กำหนดอนุกรมให้สองอนุกรม แต่ละอนุกรมมี 5 ตัว อนุกรมหนึ่งจะถูกทุกตัวส่วนอีกอนุกรมหนึ่งจะมีตัวเลขเรียงติดอยู่หนึ่งตัว และถ้าอนุกรมเรียงถูกทั้งสองอนุกรม

แล้วจะมีผลรวมเท่ากับจำนวนที่กำหนดให้ ดังนั้นอนุกรมแบบนี้ต้องการให้ผู้ตอบหาตัวผิบนั่นเอง ดังตัวอย่าง

	ก	ข	ค	ง	จ
อนุกรมหนึ่ง	5	6	6	5	7
อนุกรมสอง	3	4	6	9	13
ผลรวมตัวเลขทุกตัวเมื่ออนุกรมถูก					62

ผลรวมที่ถูกคือ 62 แต่อนุกรมสองอันรวมกันได้ 64 แสดงว่าตัวเลขที่ผิบนั่นจะต้องเกินไป 2 หลักการเขียนก็ต้องอาศัยจากหลักการคิด พิจารณาอนุกรมที่ตัวเลขเรียงค่าตามลำดับว่าเพิ่มขึ้นเป็นระบบหรือไม่ ในที่นี้เพิ่มขึ้น +1, +2, +3, +4 อนุกรมสองนี้ถูกแน่ เหลืออนุกรมหนึ่งที่ต้องรวมกันได้ 27 จึงจะถูก ขณะนี้ยังรวมกันได้ 29 ยังเกินไป 2 ไม่ตัวใดก็ตัวหนึ่งระบบความแตกต่างของแต่ละช่วงจะเป็น +1, +0, -1, +2, เอา 2 ระบบนี้มาพิจารณาไม่ +1, +0 ก็ต้องเป็น -1, +2 คำตอบคือ ข.

แบบที่ 2 เป็นแบบเอาอนุกรมที่ไม่ยากนักมาเข้าคู่กันสองอนุกรม จะมีตัวเลข 5 ตัวหรือมากกว่านั้นก็ได้ และให้มีผิพทั้งสองอนุกรม คำตอบให้เอาตัวเลขที่ผิพในอนุกรมมาไว้เป็นคู่ ดังตัวอย่าง

อนุกรมหนึ่ง	2	3	4	5	7
อนุกรมสอง	1	3	5	6	9

ก. 2, 3

ข. 3, 5

ค. 5, 7

ง. 7, 6

จ. 7, 9

วิธีเขียนตัวเลือกเอาอนุกรมหนึ่งนำหน้า เลขอนุกรมสองตามหลัง ในตัวอย่างนี้ อนุกรมหนึ่งเพิ่มขึ้นทีละ 1 ตัวเลขที่ผิพคือ 7 อนุกรมสองเพิ่มขึ้นทีละ 2 ตัวเลขที่ผิพคือ 6 คำตอบถูกจึงเป็น 7, 6 อนุกรมแบบนี้จุดประสงค์เพื่อจะวัดวิธีคิดสองอย่างในข้อเดียวกัน อนุกรมอาจยาวกว่านี้ก็ได้

แบบที่ 3 เป็นแบบกำหนดแนวโน้มของอนุกรมให้เป็นชุดๆ แล้วหาระบบการเรียงที่เกี่ยวข้องกัน เพราะทุกอนุกรมจะเชื่อมโยงแนวความคิดให้ซึ่งกันและกัน การพิจารณา

ระบบการเรียงหรือแนวโน้มของตัวเลขเป็นสิ่งสำคัญมาก ผู้เขียนข้อสอบจะต้องรักษาความเป็นปรนัยให้ดียิ่งขึ้นให้มีโอกาสเป็นได้หลายแง่หลายมุม จะทำให้คำตอบนั้นมีปัญหาในภายหลัง วิธีนี้บางโครงสร้างเป็นลักษณะหลายมิติ คือสัมพันธ์หรือเกี่ยวพันกันทั้งแนวดิ่งและแนวนอน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1	3	7
2	4	8
5	?	11

- ก. 5
- ข. 6
- ค. 7
- ง. 9
- จ. 10

ระบบของอนุกรมสัมพันธ์กันทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง แนวนอนมีลักษณะเพิ่มจาก 1 เป็น +2, +4 แนวนอนเป็นลักษณะ +1, +3 ดังนั้นตรง ? จึงน่าจะเป็น 7 จึงจะถูกต้อง เพราะถ้าคิดตามแนวนอนคือ $5+2 = 7$ ถ้าคิดตามแนวดิ่งเกิดจาก $3+1 = 4$, $4+3 = 7$

คณิตศาสตร์เหตุผล

การออกข้อสอบคณิตศาสตร์แบบนี้จะถามเน้นในเรื่องวิธีการ หลักการ การแปลความ การตีความ การขยายความ การไล่เลียงหาเหตุผล การเปรียบเทียบ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มโนภาพ ขั้นตอนการพิสูจน์ และประเมินค่า เป็นต้น ข้อสอบคณิตศาสตร์แบบนี้ความเข้าใจด้านภาษาเป็นส่วนใหญ่ เมื่ออ่านโจทย์ไม่เข้าใจแล้วโอกาสจะทำคณิตศาสตร์เหตุผลได้ถูกต้องจะมีน้อย ผู้สร้างคำถามหรือโจทย์จึงต้องพยายามใช้ภาษาที่คนทั่วไปเข้าใจง่าย และมีความเป็นปรนัยในตัวของมันเอง การออกข้อสอบคณิตศาสตร์เหตุผลวัดความถนัดจะต้องใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่คนทั่วไปรู้ แต่กลวิธีถามแปลกแตกต่างออกไป ความยากมิใช่อยู่ว่าเนื้อหาแต่อยู่ที่กลวิธีการถามและการสร้างโจทย์ การแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้นั้นต้องอาศัยเหตุผลขั้นตอนของการคิดที่ถูกต้อง เมื่อผู้ใดมีความสามารถทางคณิตศาสตร์เหตุผลสูง การนำคณิตศาสตร์ไปใช้ก็มีโอกาสผิดพลาดได้น้อย

ตัวอย่างโจทย์คณิตศาสตร์เหตุผล

- (1) พี่จ่ายเงิน 50 บาท ให้น้องสองคน น้องจะได้รับเงินคนละเท่าไร โจทย์ข้อนี้ไม่ชัดเจนในแง่ใด
- ก. จำนวนผู้จ่าย
 - ข. สัดส่วนการจ่าย
 - ค. ลักษณะการจ่าย
 - ง. เหตุผลของการจ่าย
 - จ. ระยะเวลาในการจ่าย
- (2) ถ้า X มีค่าอยู่ระหว่าง 4 และ 8 และ Y มีค่าอยู่ระหว่าง 20 และ 40 ดังนั้น $\frac{X}{Y}$ มีค่าอยู่ระหว่างใด
- ก. $2\frac{1}{2}$ และ 5
 - ข. $2\frac{1}{2}$ และ 10
 - ค. 5 และ 10
 - ง. 8 และ 20
 - จ. 4 และ 40

แบบเปรียบเทียบปริมาณ

ความสามารถด้านตัวเลขแบบนี้ เป็นการกำหนดสถานการณ์ให้ หรือกำหนดการคิดทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ ให้ แล้วพยายามแยกผลออกมาเป็น 2 ส่วน เป็นคอลัมน์ ก. กับคอลัมน์ ข. ต่อจากนั้นจะให้ผู้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์ มาพิจารณาว่าคำตอบควรเป็นอย่างไร โดยมีเงื่อนไขการตอบเพียง 4 อย่างเท่านั้น

- ก. ถ้าปริมาณในคอลัมน์ ก. มีค่ามากกว่า
- ข. ถ้าปริมาณในคอลัมน์ ข. มีค่ามากกว่า
- ค. ถ้าปริมาณทั้ง 2 มีค่าเท่ากัน
- ง. ถ้าข้อมูลไม่สามารถพิจารณาความสัมพันธ์ได้

ตัวเลือกแทนที่จะเป็น 5 ตัวเลือก ก็จะมีเท่ากับจำนวนเงื่อนไขเท่านั้น นั่นคือตัวเลือกมีเพียง 4 ตัวเลือก การออกข้อสอบความสามารถด้านตัวเลขแบบนี้ นิยมออกในแบบทดสอบ SAT และ GRE ซึ่งดำเนินการจัดสร้างโดย ETS (Educational Testing Service) ซึ่งถือเป็นสถาบันสร้างข้อสอบที่มีชื่อเสียงที่สุดแห่งหนึ่งของโลก ตัวอย่างการออกข้อสอบเป็นดังนี้

คำชี้แจง มีปริมาณอยู่ 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งอยู่ด้าน คอลัมน์ ก. อีกกลุ่มหนึ่งอยู่ด้าน คอลัมน์ ข. ให้ท่านเปรียบเทียบค่าปริมาณทั้งสองด้านนี้ แล้วเลือกตอบ

ก. ถ้าปริมาณในคอลัมน์ ก. มีค่ามากกว่า

ข. ถ้าปริมาณในคอลัมน์ ข. มีค่ามากกว่า

ค. ถ้าปริมาณทั้งสองคอลัมน์เท่าๆ กัน

ง. ถ้าความสัมพันธ์ไม่สามารถตัดสินใจได้จากข้อมูลที่ให้

x มีค่าเท่ากับ 25 เปอร์เซนต์ของ 12

y มีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซนต์ของ 40

คอลัมน์ ก.

คอลัมน์ ข.

$$\frac{x}{y}$$

$$\frac{y}{x}$$

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบความถนัดทางการเรียน จำนวน 1 ฉบับ คือ แบบทดสอบความถนัดด้านตัวเลข (Number)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นผู้วิจัยได้แยกศึกษา จำแนกเป็นงานวิจัยต่างประเทศ และ งานวิจัยในประเทศ

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

บราวน์ และโฟรลิส (Brown & Forsythe. 1974:129-232) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร ในกรณีที่มีมากกว่า 2 ประชากร ในกรณีขนาดตัวอย่างเล็กโดยศึกษาทั้งกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน นอกจากนั้นได้ทดลองเปลี่ยนค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนที่ระดับต่างๆ กัน ภายใต้การแจกแจงแบบปกติ สถิติที่นำมาศึกษาคือ สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test สถิติทดสอบแบบ Modified F สถิติทดสอบของ Welch and James พบว่า ในกรณีที่ประชากรที่นำมาทดสอบมีค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทั้งในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .01 ในขณะที่สถิติทดสอบแบบ Modified F และสถิติทดสอบของ Welch and James สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ทั้งในกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน

แบลร์ และ ฮิกกินส์ (Blair and Higgins. 1980 : 309-335) ได้ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบวิลคอกซัน กับสถิติทดสอบที โดยใช้วิธีมอนติ

คาร์โล ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากรไม่เป็นแบบปกติ พบว่า สถิติทดสอบของ วิลคอกซัน มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบทีมาก

روبสัน (Robeson. 1989) ได้ศึกษาการใช้ข้อมูล polychotomous ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ด้วยวิธีมอนติคาร์โล ซิมูเลชัน เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาด 5, 10 และ 15 มีจำนวนกลุ่มตัวอย่าง 2 และ 3 กลุ่ม ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงแบบโค้งปกติ และไม่ปกติ พบว่า เมื่อลักษณะการแจกแจงของข้อมูลเหมือนกัน และความแปรปรวนเท่ากัน สถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วัลลิส ดีกว่าการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยเฉพาะเมื่อกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 หรือ 3 กลุ่ม และขนาดของกลุ่มตัวอย่างเป็น 5 หรือ 10

4.2 งานวิจัยภายในประเทศ

เจิตพร หัษชะวณิช (2529 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกบางวิธีกับ แรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากร โดยวิธีพาราเมตริกและวิธีนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบแบบที่ การทดสอบแบบเอฟ กับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และการทดสอบแบบแมน-วิทนีย์ แบบครัสคัล-วอลลิส กับแรงค์ ทรานสฟอร์มเมชัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรที่ทำการศึกษามีค่าเท่ากับ 5 เปอร์เซ็น 10 เปอร์เซ็น 20 เปอร์เซ็น และ 30 เปอร์เซ็น ขนาดตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 4 6 8 10 20 และ 40 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของประชากร 2 ประชากร ผลจากการใช้การทดสอบแบบที่ และแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน ไม่แตกต่างกันเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีที่ตรงกันมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย และเมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 10 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันมีค่ามากกว่า 0.90 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล ผลจากการใช้แรงค์ ทรานสฟอร์มเมชัน และการทดสอบแบบแมน-วิทนีย์จะไม่แตกต่างกัน เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 6 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันทั้งสองวิธีนี้มีค่ามากกว่า 0.90 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 3 ประชากร ผลจากการใช้การทดสอบเอฟ และแรงค์ทรานสฟอร์มเมชันจะไม่แตกต่างกัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีที่ให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 8 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.90 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ผลจากการใช้ทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส และแรงค์ทรานสฟอร์มเมชันจะไม่แตกต่างกัน ค่าสัดส่วน

ของผลการทดสอบที่ตรงกันทั้งสองวิธีนี้จะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 0.85 ส่วนในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบดัดเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อสัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรและขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น มีผลทำให้สัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าสัดส่วนนี้ก็ยังน้อยกว่า 0.75 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 4 ประชากรการทดสอบแบบเอฟ และแรงค์ ทรานสฟอร์เมชันจะให้ผลไม่แตกต่างกัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันของทั้งสองวิธีนี้จะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 8 ผลการทดสอบสัดส่วน เท่ากับ 0.95 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ผลจากการใช้การทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส และแรงค์ทรานสฟอร์เมชันจะไม่แตกต่างกัน ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันของสองวิธีนี้มีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำกรวิจัย เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 10 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.85 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบดัดเบิ้ลเอ็กซ์โปเนนเชียล ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากร เท่ากับ 30 เปอร์เซนต์ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันของทั้งสองวิธีนี้มีค่ามากกว่า 0.75

นันทา วงษ์วิโรจน์ (2532 : บทคัดย่อ)ได้ศึกษาเรื่องสถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบสถิติทดสอบที่มีความแข็งแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากรโดยใช้สถิติทดสอบ 3 วิธีคือ สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test และสถิติทดสอบแบบ Trimmed W และสถิติทดสอบแบบ Trimmed F โดยศึกษาถึงความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1และอำนาจการทดสอบทั้ง 3 วิธีในกรณีที่ศึกษากรณีที่ประชากรทั้ง 3 ชุด มีการแจกแจงแบบเดียวกัน คือการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงปกติปลอมปนขนาดตัวอย่างที่ใช้แบ่งเป็น 2 กรณีคือ ขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ซึ่งกระทำซ้ำกันหนึ่งพันครั้งในแต่ละกรณี ผลการศึกษารูปได้ว่า ความแข็งแกร่งของการทดสอบ โดยพิจารณาความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของ Cochran (อ้างจาก Ramsey. 1980 : 337-349) คือ ถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง (0.007, 0.015) ที่ระดับนัยสำคัญ .01 และถ้าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง (0.04, 0.06) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 จะถือว่าการทดสอบนี้สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ พบว่า การแจกแจงประชากรขนาดตัวอย่าง อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซนต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง และระดับนัยสำคัญมีผลต่อความแข็งแกร่งของการทดสอบ อำนาจการทดสอบเมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันทุกประชากรแล้ว สถิติทดสอบแบบ ANOVA F-Test จะมีอำนาจการทดสอบสูงสุดในทุกขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญที่ศึกษา แต่เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติปลอมปน พบว่าสถิติทดสอบแบบ Trimmed W และ Trimmed F จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบ

แบบ ANOVA F-Test ซึ่งการเลือกใช้สถิติทดสอบแบบ Trimmed W หรือ Trimmed F นั้นพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน อัตราส่วนของค่าเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง จะมีผลต่อค่าอำนาจการทดสอบของค่าทดสอบสถิติทั้ง 3 มากที่สุดเมื่อกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ คือ อัตราส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบรองลงมาคือ ลักษณะการแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่าง เปอร์เซ็นต์การตัดข้อมูลที่ปลายหางของการแจกแจง ที่ระดับนัยสำคัญตามลำดับ

พิมพ์ญ กลัษอุดม (2532 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วัลลิส และสถิติทดสอบไคสแควร์ การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วัลลิส และสถิติทดสอบไคสแควร์ เมื่อนำมาปรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบมาตราส่วนประมาณค่า เมื่อตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่แจกแจงแบบปกติ โดยศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 และ 3 กลุ่ม ทั้งที่มีขนาดเท่ากัน และไม่เท่ากัน ทำการทดลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลซิมูเลชัน โดยจำลองการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) สถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วัลลิส และสถิติทดสอบไคสแควร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่แตกต่างกัน และสามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ตามที่ระบุทั้ง $\alpha = .05$ และ $\alpha = .01$ ยกเว้นในกรณีที่กลุ่มตัวอย่างมีขนาด (50,50) สถิติทดสอบเอชไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนได้ตามที่ระบุ 2) สถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วัลลิส มีอำนาจในการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบไคสแควร์

กมลทิพย์ ปรัชญชรินทร์ (2541 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่ม การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาเปรียบเทียบอำนาจ (power of the test) ของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 3 และ 5 กลุ่ม ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F) ตัวสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (KW) ตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอว์ (NS) และตัวสถิติทดสอบแบบดัดแปลงอย่างต่อเนื่อง (CA) เมื่อสุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน ได้แก่ การแจกแจงแลมดาของดุกีร์ การแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงลอการิธึมขนาดของตัวอย่างเท่ากัน เท่ากับ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โลกระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ อำนาจการทดสอบพิจารณา 2 กรณี คือ กรณีแรก ประชากรมีการแจกแจงปกติ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอว์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด กรณีที่สอง การแจกแจงของประชากรไม่ใช่แบบปกติ โดยทั่วไป ตัวสถิติทดสอบ ครัสคัล-วัลลิสมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ยกเว้น กรณีความเบ้อยู่ระหว่าง 0.0 - 0.5 และความโด่งอยู่ในระดับต่ำและปานกลาง พบว่า ตัวสถิติทดสอบ

เอฟมีอำนาจการทดสอบสูงกว่า เมื่อ $n \leq 10$ และตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกออร์มีอำนาจการทดสอบสูงกว่า เมื่อ $n > 10$ ค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามความเบ้ ความโด่ง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ โดยเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย

สิรินุช เอี่ยมเขียว (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการทดสอบพหุคูณรายคู่ 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 ว่าจะให้ผลการเปรียบเทียบพหุคูณแตกต่างกันหรือไม่ และการเปรียบเทียบพหุคูณวิธีใด ใช้กลุ่มตัวอย่างเท่าใดจึงจะเหมาะสมที่สุด กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2, 4 และ 6 ของนักเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 583 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบ 2 ขั้นตอนแล้ว นำมากำหนดเป็นประชากรเทียม เพื่อสุ่มเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน 40 คน 80 คน และ 120 คน ขนาดละ 10 ครั้ง ด้วยการสุ่มแบบใส่คืน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือแบบทดสอบวัดความถนัดด้านเหตุผลแบบสรุปความ ตามแนวของเธอร์สโตน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น 0.634 ผลการศึกษาพบว่า ผลการเปรียบเทียบพหุคูณ จากการทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธี ในกลุ่มตัวอย่างขนาด 120 คน มีจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนขนาด 20 คน 40 คน และ 80 คน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการเปรียบเทียบพหุคูณระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 4 ขนาด ที่ทดสอบพหุคูณรายคู่ 3 วิธี มีจำนวนผลการยอมรับสมมติฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริพร กิตติสุภาพ (2544 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่มีต่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's HSD , วิธี Scheffe' และวิธี Brown - Forsythe. การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาผลการแจกแจงของข้อมูลห้าลักษณะ คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งปกติ, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางขวา, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางซ้าย, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบสูงแหลม และ การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบแบนราบจะมีผลกระทบต่อการทดสอบพหุคูณสามวิธีคือ วิธี Tukey's HSD , วิธี Scheffe' และวิธี Brown - Forsythe แตกต่างกันหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 โรงเรียนกลุ่มที่ 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 เมื่อ

วิเคราะห์จากการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบโค้งปกติ, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางขวา, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบโค้งเบ้ทางซ้าย, การแจกแจงข้อมูลเป็นแบบสูงแหลม รวมทั้งการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบแบนราบ 2) ผลการเปรียบเทียบพหุคูณสามวิธี คือ วิธี Tukey's HSD , วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe ที่ทดสอบด้วยพหุคูณเดียวกัน ในการแจกแจงของข้อมูลต่างกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ศึกษาเกี่ยวกับวิธีทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยนั้น จะเป็นการศึกษาถึงอำนาจการทดสอบ และค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ที่มีการทดสอบทางสถิติที่ต่างกัน และศึกษาถึงรูปแบบของลักษณะข้อมูลที่น่ามาใช้กับสถิติทดสอบนั้นๆ ว่าให้ผลการทดสอบเป็นอย่างไร

จากการศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว จะเห็นว่างานวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น นอกจากเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาแล้ว ยังต้องพบปัญหาในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสม ซึ่งมีสถิติทดสอบให้เลือกหลายตัว เช่น สถิติทดสอบที สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบแมน-วิทนีย์ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ซึ่งผลการวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีผู้ศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ว่าแต่ละสถิติทดสอบ แต่ละข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่าไรจึงจะให้ผลการเปรียบเทียบแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 116 โรงเรียน จำนวน 3,640 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 159,598 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 ของโรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 โรงเรียน จำนวนห้องเรียน 12 ห้องเรียน และจำนวนนักเรียน 593 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

ประมาณกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาด้วยความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ควรเลือกจากประชากรพบว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 398 คน (ลวิน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540 : 400 ; อ้างอิงจาก Yamanae. 1967 : 886-887) แต่ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง 593 คน ซึ่งทำการสุ่มดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งโรงเรียนออกเป็นชั้นโดยใช้ขนาดโรงเรียนเป็นชั้น (Strata) โดยแบ่งโรงเรียนออกเป็น 3 ขนาด คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ โรงเรียนขนาดใหญ่ และโรงเรียนขนาดกลาง คือ

1. โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีนักเรียนมากกว่า 2,500 คน มี 51 โรงเรียน
2. โรงเรียนขนาดใหญ่ มีนักเรียน 1,500-2,500 คน มี 40 โรงเรียน
3. โรงเรียนขนาดกลาง มีนักเรียน 500-1,500 คน มี 25 โรงเรียน

สุ่มโรงเรียนมาประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของแต่ละขนาด ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 2 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 1 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยให้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 เป็นชั้นของการสุ่ม (Strata) และห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) ได้ 12 ห้อง ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่าง 593 คน ดังแสดงในตาราง

ตาราง 1 รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

โรงเรียน	ม. 1			ม. 2			ม. 3		
	ห้อง	ห้อง ที่สุ่ม ได้	นัก เรียน	ห้อง	ห้อง ที่สุ่ม ได้	นัก เรียน	ห้อง	ห้อง ที่สุ่ม ได้	นัก เรียน
<u>ขนาดใหญ่พิเศษ</u>									
1. เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า	14	1	49	12	1	54	12	1	53
2. สารวิทยา	14	-	-	14	1	52	14	1	53
3. สายน้ำผึ้ง	13	1	48	13	-	-	14	1	45
<u>ขนาดใหญ่</u>									
1. กุญชรวิทย์วิทยารามวิทยา	10	-	-	10	1	44	10	1	44
2. วัดราชบพิธ	10	1	55	10	1	48	10	-	-
<u>ขนาดกลาง</u>									
1. มัธยมสันนิบาตวิทยา	8	1	49	8	-	-	5	-	-
รวม	69	4	199	67	4	199	65	4	195

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลขตามแนวของเทอร์สโตน รวม 30 ข้อ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบมี 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความถนัดด้านตัวเลขมาจาก ภาวนา วงศ์เพ็ญทักษ์ (2541 : 87-98) ที่ทำการศึกษารื่อง จำนวนข้อและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธีต่างกัน โดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัดด้านคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียวจำนวน 100 ข้อ ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ .9509 และนุชริน ไบโพธิ์ (2544 :111-118) ที่ทำการศึกษารื่อง การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการตรวจสอบข้อสอบที่กำหนดหน้าที่ต่างกันระหว่างวิธี

Lord 's χ^2 วิธี Mantel-Haenszel และวิธี SIBTEST โดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัดด้านคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบมีคำตอบที่ถูกเพียงข้อเดียวจำนวน 60 ข้อ ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ .895 โดยผู้วิจัยนำมาหาคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลขไปทดลองสอบครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาจำนวนประมาณ 200 คน แล้วนำไปวิเคราะห์ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยวิธี KR – 20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งได้ค่าความเชื่อมั่น .8808

2. จัดทำรูปเล่มของแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข พร้อมคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ เพื่อนำไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 30 นาที

2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข การตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แต่จะบอกถึงความสามารถของนักเรียน โปรดทำให้เต็มความสามารถของนักเรียน

เครื่องหมาย ? คือเลขจำนวนใด

(0) 2 4 6 8 ?

ก 9

ข 10

ค 11

ง 12

จ 13

คำตอบข้อที่ถูกคือ ข

(00) 20 15 11 8 6 ?

ก 1

ข 2

ค 3

ง 4

จ 5

คำตอบข้อที่ถูกคือ จ

3. ให้กาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบเพียงข้อละหนึ่งคำตอบเท่านั้น ถ้าตอบเกินกว่าหนึ่งคำตอบจะถือว่าข้อนั้นไม่ได้คะแนน

4. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนเพื่อกำหนด วัน เวลา ที่ทำการทดสอบ
3. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบด้วยตนเอง จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่ทำการทดสอบในแต่ละครั้ง
4. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตามวัน เวลา ที่นัดหมายไว้
5. ชี้แจงให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจและทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทำแบบทดสอบครั้งนี้พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบด้วย
6. อธิบายถึงวิธีการทำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนพิจารณาหาแนวโน้มของตัวเลขที่ต้องการจากข้อใดจาก ก. ถึง จ. แล้วเลือกคำตอบที่ถูกที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว
7. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มมาแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน ดังนี้ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งข้อให้ 0 คะแนน และนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 593 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม
2. สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ และกลุ่มต่ำสุด มีวิธีการสุ่มคือ
 1. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้
 - 1.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดมาจำนวน 10%, กลุ่มสูงมาจำนวน 40%, กลุ่มต่ำมาจำนวน 40% และกลุ่มต่ำสุดมาจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม
 - 1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

2. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวกหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบสูงแหลมโดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบสูงแหลมหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบโดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลในแต่ละลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ของทุกกลุ่มทุกขนาด มาทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

4. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยตัวสถิติทดสอบที่แตกต่างกัน ในการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน โดยวิธี Q - test

5. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยตัวสถิติทดสอบเดียวกัน ในการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยวิธี χ^2 - test

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

นำแบบทดสอบไปทดลองครั้งที่ 1 แล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ จากสูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (บุญเขต ภิญโญนนตพงษ์. 2545 : 129 ; อ้างอิงจาก Kuder and Richardson. 1937)

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ทำถูกในข้อหนึ่งๆ
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่งๆ หรือคือ $1-p$
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนั้น

2. สถิติทดสอบสมมติฐาน

2.1 สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวน

2.2 สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ F-test (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2538 : 113)

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

เมื่อ	F	แทน	ค่าการแจกแจงของ F
	MS_b	แทน	ความแปรปรวน (Mean square) ระหว่างกลุ่ม
	MS_w	แทน	ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

2.3 สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Siegel. 1956 : 185)

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

เมื่อ	H	แทน	Kruskal-Wallis Statistics
	k	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
	n_j	แทน	จำนวนลำดับที่ทุกๆ ตัวในกลุ่มตัวอย่างใดๆ
	N	แทน	จำนวนลำดับที่ทุกๆ ตัวในกลุ่มตัวอย่างนับรวมกัน
	R_j	แทน	ผลรวมของลำดับที่ในกลุ่มตัวอย่างใดๆ

2.4 สถิติทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้สูตร Kolmogorov-Smirnov Test (กัลยา วานิชย์บัญชา. 2539 :249)

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

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

2.5 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความเบ้ (วิรัช วรรณรัตน์. 2535 :28)

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

เมื่อ	S_k	แทน	ค่าความเบ้
	M_3	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 3
	M_2	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 2
	S	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.6 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความโด่ง (วิรัช วรรณรัตน์. 2535 : 30)

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

เมื่อ	K_u	แทน	ค่าความโด่ง
	M_2	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 2
	M_4	แทน	ค่าโมเมนต์ที่ 4

2.7 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่แตกต่างกันของสถิติทดสอบเอฟกับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน โดยใช้ Q-test (บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. 2527 : 77)

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

เมื่อ	Q	แทน	การทดสอบแบบ Q
	k	แทน	จำนวนสถิติที่ทดสอบ
	P	แทน	จำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0 ของแต่ละสถิติทดสอบ
	T	แทน	ผลรวมของจำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0 หรือ $T = \sum P$
	X	แทน	จำนวนสถิติทดสอบที่ปฏิเสธ H_0 ในหนึ่งกลุ่มตัวอย่าง
	df		= k - 1

2.7 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญที่ได้มาจากการเปรียบเทียบวิธีเดียวกัน ในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยใช้สูตร χ^2 - test (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2541 : 219)

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

เมื่อ χ^2 แทน การทดสอบไค - กำลังสอง

O แทน ค่าความถี่ที่ได้มาจริง (จำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0)

E แทน ค่าความถี่ที่ได้มาตามทฤษฎีหรือที่คาดหวัง (จำนวนกลุ่มที่คาดหวังว่าจะปฏิเสธ H_0)

$$df = (r-1)(c-1)$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S^2	แทน	ค่าความแปรปรวน
F-Test	แทน	สถิติทดสอบเอฟ
H-Test	แทน	สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส
Q	แทน	สถิติทดสอบแบบ Q
χ^2	แทน	สถิติทดสอบแบบไค-กำลังสอง
A	แทน	ยอมรับสมมติฐานหลัก
R	แทน	ไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก
ม.1	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
ม.2	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2
ม.3	แทน	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ปกติ	แทน	การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติ
เบ้บวก	แทน	การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก
เบ้ลบ	แทน	การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ
สูงแหลม	แทน	การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม
แบนราบ	แทน	การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความถนัดด้านตัวเลข

2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้าลักษณะ และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบเอฟ

3.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

3.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ในสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

4.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

4.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

การวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้จากการนำคะแนนผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 593 คน ที่เป็นประชากรเทียม มาหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวน รวมทั้งหมดและแยกตามระดับชั้น ดังปรากฏในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความถนัดด้านตัวเลขจำนวน 30 ข้อ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

นักเรียนชั้น	N	k	$\bar{X}$	S^2
ม.1	199	30	20.79	26.986
ม.2	199	30	23.22	20.325
ม.3	195	30	25.33	14.708
รวม	593		23.10	24.086

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 2 ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความถนัดด้านตัวเลขของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 593 คน มีค่าเฉลี่ย 23.10 ค่าความแปรปรวน 24.086 โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 20.79 ค่าความแปรปรวน 26.986 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 23.22 ค่าความแปรปรวน 20.325 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 25.33 ค่าความแปรปรวน 14.708

2. การทดสอบความแตกต่างของรูปทรงการแจกแจงของข้อมูล และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบคริสต์ล-วิลลิส ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูลหารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด มาทดสอบความแตกต่างจำนวนผลการทดสอบ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันโดยใช้ Q-test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ในแต่ละขนาดตัวอย่าง และการแจกแจงของข้อมูล

ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	สถิติทดสอบ	การแจกแจงของข้อมูล									
		ปกติ		เบ้บวก		เบ้ลบ		สูงแหลม		แบนราบ	
		A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
10 คน	F	9	21	17	13	29	1	7	23	16	14
	H	9	21	12	18	29	1	7	23	20	10
Q-test		0		3.57		0		0		4	
20 คน	F	6	24	0	30	21	9	0	30	16	14
	H	6	24	0	30	3	27	0	30	19	11
Q-test		0		0		18**		0		3	
30 คน	F	1	29	0	30	9	21	0	30	7	23
	H	1	29	0	30	7	23	0	30	8	22
Q-test		0		0		2		0		3	
40คน	F	2	28	0	30	5	25	0	30	12	18
	H	2	28	0	30	2	28	0	30	15	15
Q-test		0		0		3		0		3	
50คน	F	0	30	0	30	3	27	0	30	0	30
	H	0	30	0	30	3	27	0	30	0	30
Q-test		0		0		0		0		0	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 3 ปรากฏว่า เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสมีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงรูปทรงอื่นๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ ที่เหลือทั้งหมด ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสมีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันหารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างต่างกันหาขนาด ในสถิติทดสอบเอฟ

3.1 การเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบเอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มตัวอย่างหาขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ในแต่ละรูปทรงการแจกแจงข้อมูลหารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ด้วยสถิติทดสอบเอฟ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบด้วย χ^2 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟจากกลุ่มตัวอย่างห้า
ขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล		จำนวนผลการทดสอบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง					χ^2
		10	20	30	40	50	
ปกติ	A	9	6	1	2	0	18.06**
	R	21	24	29	28	30	
เบ้บวก	A	17	0	0	0	0	76.69**
	R	13	30	30	30	30	
เบ้ลบ	A	29	21	9	5	3	67.32**
	R	1	9	21	25	27	
สูงแหลม	A	7	0	0	0	0	29.37**
	R	23	30	30	30	30	
แบนราบ	A	16	16	7	12	0	27.45**
	R	14	14	23	18	30	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($\chi^2 = 18.06$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ($\chi^2 = 76.69$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ($\chi^2 = 67.32$) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ($\chi^2 = 29.37$) และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ($\chi^2 = 27.45$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	20	30	40	50
ปกติ	10	.80	7.68*	5.45	10.59*
	20		4.04	2.31	6.67*
	30			.35	1.02
	40				2.07
เบ้บวก	10	23.72*	23.72*	23.72*	23.72*
	20		0	0	0
	30			0	0
	40				0
เบ้ลบ	10	7.68*	28.71*	39.10*	45.27*
	20		9.60*	17.38*	22.50*
	30			1.49	3.75
	40				.58
สูงแหลม	10	7.92**	7.92*	7.92*	7.92*
	20		0	0	0
	30			0	0
	40				0
แบนราบ	10	0	5.71	1.07	21.82*
	20		5.71	1.07	21.82*
	30			1.93	7.92*
	40				15.00*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 50 คน และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ที่เหลือออกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือออกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือออกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือออกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30 และ 40 คน ที่เหลือออกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ในแต่ละขนาดตัวอย่างห้าขนาด ด้วยสถิติทดสอบเอฟ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างรูปทรงการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้การทดสอบด้วย χ^2 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟจากการแจกแจง
ข้อมูลห้ารูปทรง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง		จำนวนผลการทดสอบตามการแจกแจงของข้อมูล					χ^2
		ปกติ	เบ้บวก	เบ้ลบ	สูงแหลม	แบนราบ	
10	A	9	17	29	7	16	39.96**
	R	21	13	1	23	14	
20	A	6	0	21	0	16	59.20**
	R	24	30	9	30	14	
30	A	1	0	9	0	7	24.28**
	R	29	30	21	30	23	
40	A	2	0	5	0	12	30.37**
	R	28	30	25	30	18	
50	A	0	0	3	0	0	12.25*
	R	30	30	27	30	30	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อรูปทรงการแจกแจงข้อมูลต่างกันห้ารูปทรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน ($\chi^2 = 39.96$) 20 คน ($\chi^2 = 59.20$) 30 คน ($\chi^2 = 24.28$) 40 คน ($\chi^2 = 30.37$) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ($\chi^2 = 12.25$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	การแจกแจง ของข้อมูล	เบ้บวก	เบ้ลบ	สูงแหลม	แบนราบ
10	ปกติ	4.34	28.71*	.34	3.36
	เบ้บวก		13.42*	6.94*	.07
	เบ้ลบ			33.61*	15.02*
	สูงแหลม				5.71
20	ปกติ	6.67*	15.15*	6.67*	7.18*
	เบ้บวก		32.31*	0	21.82*
	เบ้ลบ			32.31*	1.76
	สูงแหลม				21.82*
30	ปกติ	1.02	7.68	1.02	5.19
	เบ้บวก		10.59*	0	7.92*
	เบ้ลบ			10.59*	.34
	สูงแหลม				7.92*
40	ปกติ	2.07	.01	2.07	9.32*
	เบ้บวก		2.30	0	15.00*
	เบ้ลบ			5.45	4.02*
	สูงแหลม				15.00*
50	ปกติ	0	3.16	0	0
	เบ้บวก		3.16	0	0
	เบ้ลบ			3.16	3.16
	สูงแหลม				0

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 7 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้การทดสอบด้วย χ^2 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล		จำนวนผลการทดสอบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง					χ^2
		10	20	30	40	50	
ปกติ	A	9	6	1	2	0	18.06**
	R	21	24	29	28	30	
เบ้บวก	A	12	0	0	0	0	52.17**
	R	18	30	30	30	30	
เบ้ลบ	A	29	3	7	2	3	84.39**
	R	1	27	23	28	27	
สูงแหลม	A	7	0	0	0	0	29.37**
	R	23	30	30	30	30	
แบนราบ	A	20	19	8	15	0	38.65**
	R	10	11	22	15	30	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 8 ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($\chi^2 = 18.06$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ($\chi^2 = 52.17$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ($\chi^2 = 84.39$) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ($\chi^2 = 29.37$) และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ($\chi^2 = 38.65$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล	ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	20	30	40	50
ปกติ	10	.80	7.68*	5.45	10.59*
	20		4.04	2.31	6.67*
	30			.35	1.02
	40				2.07
เบ้บวก	10	15.00*	15.00*	15.00*	15.00*
	20		0	0	0
	30			0	0
	40				0
เบ้ลบ	10	45.27*	33.61*	48.65*	45.27*
	20		1.92	.22	0
	30			3.27	1.92
	40				.22
สูงแหลม	10	7.92*	7.92*	7.92*	7.92*
	20		0	0	0
	30			0	0
	40				0
แบนราบ	10	.07	9.64*	1.71	30.00*
	20		8.15*	1.09	27.80*
	30			3.45	9.23*
	40				20.00*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 9 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 50 คน และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 20, 30, 40 และ 50 คน ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30, และ 40 คน และกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน มีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ในแต่ละขนาดตัวอย่างห้าขนาด ด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างรูปทรงการแจกแจงของข้อมูล โดยใช้การทดสอบด้วย χ^2 ทดสอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง		จำนวนผลการทดสอบตามการแจกแจงของข้อมูล					χ^2
		ปกติ	เบ้บวก	เบ้ลบ	สูงแหลม	แบนราบ	
10	A	9	12	29	7	20	43.92**
	R	21	18	1	23	10	
20	A	6	0	3	0	19	54.71**
	R	24	30	27	30	11	
30	A	1	0	7	0	8	21.97**
	R	29	30	23	30	22	
40	A	2	0	2	0	15	48.45**
	R	28	30	28	30	15	
50	A	0	0	3	0	0	12.25*
	R	30	30	27	30	30	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 10 ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสจากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันห้ารูปทรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน ($\chi^2 = 43.92$) 20 คน ($\chi^2 = 54.71$) 30 คน ($\chi^2 = 21.97$) 40 คน ($\chi^2 = 48.45$) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ($\chi^2 = 12.25$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ปรากฏผลดังแสดงในตาราง

ตาราง 11 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วย สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

ขนาด กลุ่มตัวอย่าง	การแจกแจง ของข้อมูล	เบ้บวก	เบ้ลบ	สูงแหลม	แบนราบ
10	ปกติ	.66	28.71*	.34	8.08*
	เบ้บวก		22.26*	1.93	4.29
	เบ้ลบ			33.61*	9.02*
	สูงแหลม				11.38*
20	ปกติ	6.67*	1.18	6.67*	11.59*
	เบ้บวก		3.16	0	27.80*
	เบ้ลบ			3.16	18.37*
	สูงแหลม				27.80*
30	ปกติ	1.02	5.19	1.02	6.41
	เบ้บวก		7.92*	0	9.23*
	เบ้ลบ			7.92*	.09
	สูงแหลม				9.23*
40	ปกติ	2.07	0	2.07	13.87*
	เบ้บวก		2.07	0	20.00*
	เบ้ลบ			2.07	13.87*
	สูงแหลม				20.00*
50	ปกติ	0	3.16	0	0
	เบ้บวก		3.16	0	0
	เบ้ลบ			3.16	3.16
	สูงแหลม				0

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงของข้อมูลมีจำนวนการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การศึกษานี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-Test) และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test) ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มีการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบเอฟกับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อมีการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ
 - 2.1 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส
 - 3.1 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

สมมติฐานการศึกษา

1. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันมีสมมติฐานดังนี้
 - 1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ

2.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมติฐานดังนี้

2.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2 จากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางบวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

2.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3 การทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

3.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมติฐานดังนี้

3.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2 จากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางบวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

3.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 จำนวน 593 คน โรงเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร ได้มาโดยวิธีสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ตามแนวของเทอร์สโตน รวม 30 ข้อ เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบมี 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบความถนัดด้านตัวเลขมาจาก ภาวนา วงศ์เพ็ญทักษ์ (2541 : 87-98) และนุชริน ไบโพธิ์ (2544 :111-118) มีความเชื่อมั่น .8808

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา ขออนุญาตผู้บริหารโรงเรียนเพื่อกำหนด วัน เวลา ที่ทำการทดสอบ
3. วางแผนในการดำเนินการสอบโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอบด้วยตนเอง จัดเตรียมแบบทดสอบให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่ทำการทดสอบในแต่ละครั้ง
4. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ตามวัน เวลา ที่นัดหมายไว้
5. ชี้แจงให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจและทราบถึงวัตถุประสงค์ในการทำแบบทดสอบครั้งนี้พร้อมทั้งขอความร่วมมือในการทำแบบทดสอบด้วย
6. อธิบายถึงวิธีการทำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ซึ่งมีทั้งหมด 30 ข้อ เป็นข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ ให้นักเรียนพิจารณาหาแนวโน้มของตัวเลขที่ต้องการจากข้อใดจาก ก. ถึง จ. แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว
7. หลังจากได้ดำเนินการสอบกลุ่มตัวอย่างครบทุกโรงเรียนที่ทำการสุ่มมาแล้วนั้น นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน ดังนี้ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่าหนึ่งข้อให้ 0 คะแนน และนำผลมาวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 593 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม
2. สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ และกลุ่มต่ำสุด มีวิธีการสุ่มคือ
 1. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

2. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวกหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบสูงแหลมโดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบสูงแหลมหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบโดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

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

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลในแต่ละลักษณะการแจกแจงของข้อมูล ของทุกกลุ่มทุกขนาด มาทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

4. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยตัวสถิติทดสอบที่แตกต่างกัน ในการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน โดยวิธี Q - test

5. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยตัวสถิติทดสอบเดียวกัน ในการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยวิธี χ^2 - test

สรุปผลการวิจัย

1. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงของข้อมูลเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ได้ดังนี้

1.1 การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งปกติและกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนการเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนการเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.3 การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คนจากผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนการเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.4 การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนการเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

1.5 การแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อทดสอบความแตกต่างของจำนวนการเปรียบเทียบผลการทดสอบ พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบเอฟ

2.1 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30 และ 40 คน และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส

3.1 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ให้ผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันห้าลักษณะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 20, 30 และ 40 คน และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน

อภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส การแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งเบ้ลบ โค้งสูงแหลม โค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ที่จะให้ผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ยอมรับสมมติฐานหลักต่างกันหรือไม่ เมื่อลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ ผลการวิเคราะห์สามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. การศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง และในแต่ละขนาดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติและกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวกและกลุ่ม

ตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งกลับและกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลมและกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบและกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน จำนวนผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก รูปทรงของการแจกแจงใกล้เคียงกัน กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน 20 คน 30 คน ถือว่าเป็นกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก ซึ่งอาจจะให้ค่าใกล้เคียงกัน และค่าสถิติพื้นฐาน เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำมาทดสอบนัยสำคัญทางสถิติจึงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งกลับ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20 คน จำนวนผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 1.3 ที่ตั้งไว้ และได้สอดคล้องกับงานวิจัยของโรบสัน (Robeson, 1989) ที่กล่าวว่า เมื่อข้อมูลเป็นลักษณะ polychotomous data สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสใช้ได้ผลดีกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เมื่อข้อมูลมีรูปทรงการแจกแจงเหมือนกันและความแปรปรวนเท่ากัน

2. การศึกษาจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานในระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาดจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งกลับ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 2.1 ที่ตั้งไว้ จากการศึกษาจะเห็นว่า ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐาน

3. การศึกษาจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานในระหว่างการแจกแจงของข้อมูลรูปทรง จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน 20 คน 30 คน และ 40 คน จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 2.2 จากการศึกษาจะเห็นว่า รูปทรงของการแจกแจงของข้อมูลมีผลต่อจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก

4. การศึกษาจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานในระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาดจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งกลับ แจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 3.1 ที่ตั้งไว้ จากการศึกษาจะเห็นว่า ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐาน

5. การศึกษาจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานในระหว่างการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน 20 คน 30 คน และ 40 คน จำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 3.2 จากการศึกษานี้จะเห็นว่า รูปทรงของการแจกแจงของข้อมูลมีผลต่อจำนวนผลการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก

ข้อเสนอแนะ

ผลงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ และการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากคะแนนความถนัดด้านตัวเลขของกลุ่มตัวอย่าง สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส สถิติทดสอบใดก็ได้

1.2 ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากคะแนนความถนัดด้านตัวเลขของกลุ่มตัวอย่าง ที่ทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติได้

1.3 ในการเลือกขนาดกลุ่มตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คะแนนความถนัดด้านตัวเลข ควรเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ 40 คนขึ้นไป

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ด้วยวิธีการจำลองข้อมูล (Simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์

2.2 ควรศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากข้อมูลที่มีการควบคุมค่าความแปรปรวนหรือการกระจายของคะแนนแต่ละชุดให้เท่ากัน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลทิพย์ ปรัชญชรินกร. (2541). การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่ม. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2539). หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เจิตพร หัษชะวนิช. (2529). การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชวาล แพร็ดกุล. (2517). การทดสอบเพื่อค้นหาและพัฒนาสมรรถ. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2541). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : เทพเนรมิตการพิมพ์.
- ทองหล่อ ภิภาวิน. (2523). การวัดความถนัด. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นันทา วงษ์วิโรจน์. (2532). สถิติทดสอบที่มีความแกร่งสำหรับทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยประชากร. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นิภา ศรีไพโรจน์. (2533). สถิตินอนพาราเมตริก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นุชริน ไบโพธิ์. (2544). การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการตรวจสอบข้อสอบที่กำหนดหน้าที่ต่างกันระหว่างวิธี Lord's χ^2 วิธี Mantel-Haenszel และวิธี SIBTEST. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2526). แบบทดสอบวัดความถนัด. มหาสารคาม : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2527). การทดสอบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- (2545). ประมวลสาระชุดวิชา การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา (หน่วยที่ 3). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

- บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2543). *สถิติวิเคราะห์เพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ : คณะสังคมศาสตร์ และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พิมพ์เพ็ญ กลัษุฒ. (2532). *การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบเอชของครัสคัล-วอลลิส และสถิติทดสอบไคสแควร์*. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2531). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- มัลลิกา บุญนาค. (2536). *สถิติเพื่อการตัดสินใจ*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระวีวรรณ พันธุ์พานิช. (2541). *สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2527). *หลักการสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- , (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- , (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- , (2541). *เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียนและความสามารถทั่วไป*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2535). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ : สำนักงานทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา วิทยาลัยวิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- วินัส พิษณุชัย และสมจิต วัฒนาขยางกุล. (2537). *สถิติสำหรับนักสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประกายพรึก.
- ภาวนา วงศ์เพ็ญทักษ์. (2541). *จำนวนข้อและความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อสอบด้วยวิธีต่างกัน*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริพร กิตติสุภาพ. (2544). *ผลกระทบของการแจกแจงข้อมูลที่มีต่อการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Tukey's HSD , วิธี Scheffe' และวิธี Brown – Forsythe*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- สัมพันธ์ พันธุ์พุกษ์. (2536). "การออกแบบการวิจัยเพื่อใช้สถิติทดสอบที่มีอำนาจการทดสอบสูง," *ศึกษาศาสตร์ มข.* 16 : 19-22.

- สิรินุช เอี่ยมเขียว. (2544). ผลการเปรียบเทียบพหุคูณรายคู่ภายใต้ความแปรปรวนที่แตกต่างกัน จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- เอกชัย ชัยประเสริฐสิทธิ. (2527). สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- Bingham, Walter Van Dyke. (1937). *Aptitude and Aptitude Testing*. New York : Harper and Brothers.
- Blair, R.C. and Higgins, J.J. (1980). "Comparison of the Power of Wilcoxon's Rank-sum Statistic to that of Student's t Statistic under Various non- normal Distribution. *Journal of Educational Statistics*. 5 : 309-335.
- Brown, M. B. and Forsyth, A. B. (1974). "The Small Sample Behavior of Some Statistical which Test the Equality of Several Means," *Technometrics*. 16 : 129-132.
- Cronbach. (1970). *Essentials of Psychological Testing*. 3rd ed. New York : Harper & Row Publishers.
- Conover, W. J. (1980). *Practical Nonparametric Statistics*. 2nd ed. New York : John Wiley & Sons.
- Freeman, Frank S. (1966). *Theory and Practice of Psychological Testing*. 3rd ed. New York : Holt Rinchart and Winston.
- Kruskal, W.H. (1952). "A Nonparametric Test for the Several Sample Problem," *The Annals of Mathematical Statistics*. 23 : 525-540.
- Kruskal, W.H. and Wallis, W.A. (1952). "Use of Rank in One Creterion Variance Analysis," *Journal of the American Statistical Association*. 47 : 583-621.
- Robeson, G. Lee. (1989). "The Analysis of Polychotomous Data using the Analysis of Variance (F) and the Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Rank," *Dissertation of Doctor Degree*. Temple University.
- Siegel, Sidney. (1956). *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw-Hill Kogakusha Tokyo.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- [illegible]

ตาราง 12 ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	8.67	9.61	8.70	14.74	18.96	24.16	3.27	6.73	34.98	41.80
2	6.11	9.59	10.93	17.12	8.61	13.80	7.66	15.93	13.67	23.34
3	6.97	10.35	9.84	15.05	18.56	22.60	20.10	26.84	14.34	24.84
4	10.84	14.24	6.49	12.16	19.03	22.31	12.21	21.84	13.20	22.64
5	6.99	11.98	8.25	12.38	10.45	16.02	13.17	22.80	14.22	26.06
6	8.51	12.24	9.56	13.35	42.38	42.16	10.54	19.58	15.18	26.02
7	5.45	9.40	7.41	13.03	24.29	27.78	12.41	20.11	16.07	27.20
8	2.69	5.24	8.60	13.19	14.21	17.88	13.14	23.34	14.89	26.39
9	5.48	9.74	6.07	10.75	6.48	11.63	15.62	26.10	15.10	25.24
10	6.04	9.77	10.94	17.73	13.43	18.12	28.17	33.42	14.16	25.56
11	1.14	2.72	2.05	4.66	8.59	14.51	17.60	30.87	15.41	26.59
12	6.73	10.07	24.34	30.81	9.13	15.66	14.11	24.18	14.31	25.19
13	6.80	9.06	27.32	30.70	8.99	15.54	20.30	30.19	14.91	25.62
14	8.03	9.68	14.13	23.62	9.76	15.96	15.67	24.67	14.45	24.57
15	9.68	11.12	29.77	32.45	8.48	15.26	15.21	23.20	15.35	26.25
16	8.06	11.00	9.90	13.12	20.92	26.66	12.20	19.18	14.81	24.78
17	6.59	9.50	2.55	5.74	8.35	13.41	9.10	15.74	13.11	23.50
18	6.52	9.16	10.04	15.17	12.04	19.41	11.27	18.94	16.96	28.44
19	8.20	11.06	7.79	12.90	10.42	15.89	11.75	19.24	15.63	25.39
20	5.19	7.91	7.25	12.02	12.48	17.84	11.47	18.79	13.14	25.47
21	9.16	11.51	21.22	24.00	10.54	18.34	11.15	18.13	15.58	25.73
22	7.21	11.29	6.09	9.94	13.46	22.22	13.26	22.73	13.72	23.29
23	6.77	10.27	3.14	5.44	9.13	15.84	13.22	21.93	14.86	25.98
24	11.31	12.88	4.77	8.41	14.14	23.34	12.47	21.51	22.14	35.30
25	3.37	5.14	11.60	15.64	18.79	24.66	10.90	18.95	16.84	25.39
26	11.52	12.75	7.48	12.98	17.61	23.64	11.82	20.21	15.89	26.43
27	10.05	11.40	5.68	9.60	14.55	23.01	4.29	8.94	16.86	27.57
28	5.40	7.28	8.22	15.53	16.58	23.22	12.27	21.77	17.41	27.40
29	2.86	4.46	12.33	19.54	3.13	7.49	11.72	18.10	21.52	32.66
30	.822	1.28	21.38	25.96	6.92	12.04	20.80	24.12	17.12	30.06

ตาราง 13 ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	7.83	12.14	14.13	24.84	32.02	45.29	53.24	62.32	83.41	82.30
2	4.26	8.74	14.85	24.69	25.54	40.51	62.14	69.43	88.24	84.03
3	6.60	9.87	17.05	26.43	41.27	49.38	52.59	64.20	115.8	94.13
4	5.61	8.98	19.23	27.73	47.02	50.81	55.69	63.83	113.3	93.55
5	2.99	6.98	14.61	23.76	33.95	45.82	50.29	62.32	117.3	97.43
6	4.63	9.64	14.97	24.44	40.57	48.94	61.91	65.95	127.7	99.66
7	5.47	9.12	19.93	27.67	42.96	50.61	63.82	68.90	115.6	94.59
8	3.56	8.54	20.69	28.15	35.47	46.55	55.50	63.28	127.3	96.88
9	4.98	9.38	17.36	27.08	31.32	44.11	62.72	68.78	126.5	97.58
10	3.60	8.88	13.96	23.81	41.80	50.33	60.47	66.35	118.2	96.16
11	5.03	10.07	15.00	25.43	35.93	47.74	56.72	65.39	130.0	98.05
12	5.33	10.09	19.63	28.52	37.52	47.67	59.03	64.90	119.6	95.32
13	5.78	10.73	19.56	25.05	31.99	44.61	54.15	63.48	123.1	96.81
14	4.82	8.37	19.66	27.26	10.80	22.48	50.70	63.75	119.3	95.71
15	6.47	11.79	16.07	24.98	34.63	46.25	54.02	63.54	112.9	94.54
16	5.81	10.28	14.10	24.50	34.96	46.07	54.41	61.91	116.1	95.39
17	3.21	7.64	16.70	25.11	32.15	44.76	49.38	63.67	112.9	94.44
18	8.36	11.04	14.84	24.68	39.45	49.34	51.63	63.69	122.5	97.13
19	2.04	5.21	16.11	25.30	37.34	47.17	50.88	61.88	88.04	89.46
20	10.94	12.86	28.86	33.02	31.51	43.04	58.96	67.07	94.89	91.57
21	3.01	6.74	16.96	25.12	40.34	49.64	95.53	76.68	57.03	65.93
22	5.54	9.64	16.79	25.48	38.83	49.70	85.91	72.72	73.07	83.27
23	9.61	10.98	14.90	24.13	44.86	51.62	93.93	75.47	67.58	79.12
24	2.48	6.74	18.81	29.37	49.00	52.35	103.0	78.57	66.64	78.48
25	6.01	10.66	42.06	34.80	75.26	55.61	98.31	79.45	60.98	77.50
26	4.95	9.76	48.87	37.38	78.89	58.38	101.4	77.32	48.02	68.38
27	7.45	11.39	37.19	32.55	76.88	57.39	100.4	77.17	69.53	82.20
28	4.31	8.67	33.04	31.96	97.89	62.35	99.62	75.87	62.99	80.12
29	8.34	12.12	38.83	34.22	80.76	57.80	99.27	74.85	61.67	79.71
30	8.74	13.12	31.16	31.75	71.33	56.53	117.4	78.67	53.80	74.70

ตาราง 14 ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	.311	1.14	5.11	11.18	6.75	17.29	6.57	20.81	19.13	50.77
2	.747	3.56	5.47	11.49	4.77	15.23	6.13	16.84	19.23	51.76
3	1.49	4.87	4.45	10.15	5.55	11.63	9.88	23.82	24.02	56.20
4	1.95	5.43	2.77	10.65	5.36	14.88	8.42	23.15	24.93	57.55
5	.460	1.34	6.44	13.56	5.95	12.63	9.46	26.17	24.49	56.95
6	2.42	6.39	5.70	12.56	5.76	15.72	7.68	20.30	23.55	53.77
7	2.24	5.71	2.49	8.04	6.48	20.14	7.37	23.30	19.27	52.22
8	2.71	6.31	5.75	13.37	5.93	17.96	7.06	21.54	26.09	58.73
9	2.10	6.11	5.32	12.97	7.33	16.56	8.23	19.46	21.14	48.48
10	1.19	4.13	3.67	9.94	6.07	21.14	9.94	23.57	21.07	47.87
11	1.95	5.08	4.03	12.18	4.92	13.21	6.72	24.31	5.85	11.02
12	4.21	8.06	3.39	7.88	8.55	21.81	8.29	25.06	5.54	12.82
13	1.37	3.32	3.32	12.01	5.46	14.65	7.94	22.41	6.02	11.26
14	3.37	9.08	2.81	9.88	3.77	12.85	7.36	23.54	4.79	11.93
15	6.51	11.61	3.53	10.84	6.60	14.60	10.95	25.64	4.48	7.31
16	.759	3.40	4.34	12.14	4.98	14.18	11.19	25.73	5.55	12.51
17	.856	3.14	6.20	12.21	7.40	18.05	5.60	18.47	4.54	7.70
18	1.71	5.37	3.22	12.49	6.47	13.98	8.34	23.91	5.61	7.08
19	2.16	5.13	4.86	12.40	2.30	4.74	7.45	20.47	5.33	10.32
20	1.71	4.99	4.40	9.50	1.25	4.32	10.21	24.27	8.69	23.80
21	1.16	5.08	6.14	13.63	2.41	6.04	8.21	22.46	8.39	27.99
22	1.24	3.69	5.02	12.48	2.98	5.14	8.55	22.42	11.81	30.51
23	.947	4.62	3.72	10.52	2.85	5.22	11.70	30.45	11.42	28.79
24	2.18	5.26	5.94	12.88	2.14	5.87	10.48	28.53	14.99	41.53
25	1.61	3.88	3.94	12.10	3.11	4.76	10.68	28.82	13.17	36.77
26	2.23	5.52	3.33	10.75	21.79	31.86	3.21	8.86	12.71	36.84
27	1.95	5.65	2.57	6.94	17.33	29.60	3.57	9.82	11.53	33.01
28	2.03	4.28	4.34	11.94	16.08	31.92	3.68	8.53	12.20	34.15
29	1.66	4.59	2.94	9.95	15.99	29.97	3.67	10.39	14.99	39.54
30	2.09	7.50	3.84	10.48	20.47	32.89	3.36	10.12	15.32	41.64

ตาราง 15 ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	14.80	15.79	45.91	35.44	24.88	37.11	57.65	64.64	63.98	76.89
2	12.76	15.48	47.12	35.39	44.52	49.32	55.31	65.17	63.61	75.71
3	7.46	11.76	63.11	39.04	38.49	45.21	60.69	65.11	46.91	69.98
4	10.98	13.90	17.02	24.72	37.71	46.99	17.14	32.13	73.71	79.47
5	9.96	13.16	41.21	33.86	39.47	45.80	63.28	68.21	54.84	73.74
6	7.42	11.92	25.38	29.60	46.07	48.80	17.40	32.30	69.89	78.92
7	8.27	12.37	20.80	29.05	47.27	48.80	35.49	47.33	46.34	61.29
8	4.57	9.14	28.54	30.38	39.89	48.32	60.58	66.05	47.71	64.08
9	3.13	7.52	26.20	30.44	34.10	46.56	29.01	42.21	52.69	73.37
10	6.85	10.25	19.73	25.62	45.47	47.75	104.4	72.86	57.04	70.97
11	6.26	10.76	14.37	23.20	38.76	47.61	99.62	71.97	57.17	71.48
12	8.29	11.84	22.29	30.15	42.36	48.12	51.55	61.62	65.84	77.30
13	10.05	13.22	30.28	31.69	40.75	46.40	52.95	62.24	72.22	80.41
14	13.28	15.49	8.86	14.85	38.31	46.71	60.53	68.33	66.91	76.60
15	12.10	14.18	36.27	33.36	37.34	46.21	49.83	60.28	53.93	72.25
16	3.11	5.28	39.69	31.83	14.85	23.20	47.25	57.91	61.40	76.09
17	6.04	9.98	38.39	31.09	42.86	48.57	56.22	65.10	54.42	70.90
18	7.33	10.55	24.69	29.75	36.68	46.56	45.15	58.35	75.42	79.85
19	8.08	12.91	27.81	31.74	27.95	37.90	39.28	54.43	60.95	74.68
20	5.60	10.08	16.58	25.32	27.03	38.76	66.25	67.41	74.72	81.89
21	7.04	10.99	19.74	25.78	22.04	36.50	64.80	65.68	59.04	76.87
22	11.31	12.24	5.53	11.16	43.42	48.06	48.37	58.49	74.22	81.29
23	11.35	13.82	15.13	20.52	23.82	36.10	49.76	59.54	59.94	74.51
24	8.52	12.01	23.01	28.55	19.08	35.26	42.04	51.07	81.85	86.14
25	4.01	6.49	13.69	19.64	31.99	45.42	59.93	62.82	61.67	80.58
26	8.30	11.11	101.5	43.56	33.60	47.75	51.50	61.35	68.28	79.87
27	2.78	6.96	100.6	43.39	32.76	44.73	30.30	44.73	70.45	78.70
28	3.61	6.13	100.4	42.80	55.76	56.30	53.05	60.85	64.12	77.11
29	9.03	11.78	29.63	30.20	48.45	53.89	37.05	51.59	78.31	84.25
30	2.42	5.94	37.02	34.24	52.50	52.02	47.71	59.08	44.65	62.90

ตาราง 16 ค่าสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) ในการทดสอบความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยสามระดับ จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	9.34	11.61	4.37	6.34	8.68	12.67	.087	.121	8.49	10.35
2	12.58	14.06	3.72	4.74	7.52	9.996	11.22	14.85	14.12	22.37
3	9.88	13.18	23.11	27.37	16.44	19.22	2.67	4.998	11.25	17.30
4	16.36	15.73	4.12	6.15	13.50	16.60	1.57	3.22	9.78	15.66
5	9.72	12.12	83.71	42.95	7.27	10.61	1.75	3.64	12.97	20.16
6	3.70	5.98	25.34	29.48	6.99	10.15	2.00	3.82	12.58	19.29
7	1.90	3.68	35.69	34.79	7.90	10.86	2.20	4.17	11.93	20.79
8	7.31	4.86	1.88	3.09	7.31	10.70	2.46	5.19	12.31	18.28
9	6.59	8.649	96.12	43.53	10.42	13.99	4.84	7.47	11.21	17.85
10	6.91	9.06	50.50	36.24	9.54	11.88	3.05	5.09	6.33	11.03
11	8.57	11.53	37.96	33.89	7.00	11.69	2.39	4.29	8.67	13.62
12	6.17	9.31	3.18	4.74	6.45	10.30	15.65	18.15	10.36	17.34
13	9.64	12.37	2.02	3.85	7.23	11.20	9.50	12.63	10.02	17.74
14	2.86	4.46	1.78	3.64	2.67	4.34	3.81	6.12	10.19	17.71
15	12.23	14.44	1.49	2.77	2.07	3.72	9.69	11.76	17.08	23.55
16	1.93	2.84	1.54	2.95	1.92	3.75	8.99	10.74	19.83	29.98
17	11.07	12.79	2.56	4.50	2.38	4.74	5.47	7.98	18.34	25.41
18	9.72	10.57	2.12	3.38	1.81	3.69	5.69	8.37	16.62	22.05
19	3.85	6.18	3.05	5.53	2.14	3.98	1.02	1.74	13.79	21.14
20	3.84	5.68	3.56	6.55	10.96	15.73	14.76	16.40	12.63	19.08
21	2.97	3.59	6.17	8.90	12.30	16.30	8.71	11.60	16.26	24.60
22	4.55	7.35	3.90	5.15	7.56	12.13	6.27	8.55	14.50	22.55
23	2.41	3.93	4.41	6.60	6.98	10.57	15.19	17.86	13.46	21.21
24	1.42	2.03	4.25	5.45	7.75	10.89	10.83	13.48	6.41	12.51
25	2.68	4.12	6.55	10.35	18.42	21.94	11.61	16.00	9.05	16.03
26	1.23	2.12	20.47	20.64	5.46	8.48	14.73	20.76	7.54	13.40
27	.521	.824	18.28	18.80	7.61	14.04	19.56	20.23	7.51	13.31
28	1.62	2.68	8.36	8.59	6.79	10.75	10.29	16.08	5.30	10.20
29	1.12	1.49	8.40	9.87	6.45	10.38	16.45	18.57	6.80	11.77
30	1.318	2.31	7.85	8.13	2.24	4.53	11.45	16.96	9.02	14.38

ตาราง 17 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-
วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
20	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
24	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
25	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
28	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
29	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
30	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

ตาราง 19 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
11	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
14	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1
15	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
16	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
17	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
18	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
19	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
20	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
21	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
22	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
23	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
24	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
25	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
26	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
27	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
28	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1
29	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1
30	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1

ตาราง 20 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
28	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

ตาราง 21 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (H-Test) จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

กลุ่ม ตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)									
	10		20		30		40		50	
	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H
1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
2	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
5	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
6	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
7	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
8	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
9	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
10	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
11	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
12	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
13	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
15	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
17	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
18	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
20	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
21	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
22	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
23	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
24	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
25	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
27	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
28	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
29	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
30	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1

หมายเหตุ

0 คือ ยอมรับสมมติฐานหลัก

1 คือ ไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก

ภาคผนวก ข
แบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

แบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาทำ 30 นาที ฉะนั้นนักเรียนควรรีบตอบโดยเร็วและให้ครบทุกข้อจึงจะได้คะแนนดี
2. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านคณิตศาสตร์ การตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์แต่จะบอกถึงความสามารถของนักเรียน โปรดทำให้เต็มความสามารถ

ตัวอย่างแบบทดสอบ

(0) เครื่องหมาย ? คือเลขจำนวนใด

2 4 6 8 ?

ก 9

ข 10

ค 11

ง 12

จ 13

คำตอบข้อที่ถูกคือ ข

3. ให้กาเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบเพียงข้อละหนึ่งคำตอบเท่านั้น ถ้าตอบเกินกว่าหนึ่งคำตอบจะถือว่าข้อนั้นไม่ได้คะแนน

4. อย่าขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้

คำชี้แจง เครื่องหมาย ? คือเลขจำนวนใด

1. 1 4 9 16 25 ?

- ก. 32 ข. 34
ค. 36 ง. 38
จ. 40

2. 6 10 18 34 ?

- ก. 46 ข. 56
ค. 66 ง. 76
จ. 86

3. 3 7 13 21 ?

- ก. 30 ข. 31
ค. 32 ง. 33
จ. 34

4. 640 160 40 10 ?

- ก. 5 ข. 4
ค. 3 ง. 2.5
จ. 1.5

5. 64 ? 16 4

- ก. 25 ข. 36
ค. 49 ง. 64
จ. 81

6. 60 56 66 62 ?

- ก. 68 ข. 70
ค. 72 ง. 74
จ. 46

7. 3 9 4 16 5 ?

- ก. 18 ข. 20
ค. 22 ง. 23
จ. 25

8. 1 22 4 33 9 44 ?

- ก. 8 ข. 10
ค. 12 ง. 14
จ. 16

9. 5 7 4 6 3 ?

- ก. 1 ข. 2
ค. 3 ง. 4
จ. 5

10. 1 8 5 12 ? 16 13

- ก. 5 ข. 6
ค. 7 ง. 8
จ. 9

11. 30 13 33 13 36 13 ?

- ก. 38 ข. 39
ค. 40 ง. 41
จ. 42

12. 8 12 10 16 12 ?

- ก. 18 ข. 20
ค. 22 ง. 24
จ. 26

13. 5 6 1 2 7 8 3 ?

ก. 4 ข. 5

ค. 6 ง. 7

จ. 8

14. 21 7 3 ? 5 6 24 3 8

ก. 11 ข. 15

ค. 30 ง. 33

จ. 35

15. 4 7 11 6 9 13 8 ?

ก. 9 ข. 10

ค. 11 ง. 12

จ. 13

16. 18 3 6 24 4 6 15 3 ?

ก. 6 ข. 5

ค. 4 ง. 3

จ. 2

17. 2 0 2 1 2 ?

ก. 0 ข. 1

ค. 2 ง. 3

จ. 4

18. 15 20 17 22 19 24 ?

ก. 21 ข. 23

ค. 25 ง. 27

จ. 29

19. 7 14 9 18 11 22 ?

ก. 10 ข. 11

ค. 12 ง. 13

จ. 14

20. -6 3 -5 4 -4 5 ?

ก. 6 ข. -6

ค. 3 ง. -3

จ. 5

21. 2 4 8 3 6 12 4 8 ?

ก. 12 ข. 16

ค. 24 ง. 32

จ. 42

22. 3 2 6 4 2 8 5 2 ?

ก. 9 ข. 10

ค. 11 ง. 12

จ. 13

23. 4 5 8 6 7 10 8 9 ?

ก. 10 ข. 11

ค. 12 ง. 13

จ. 14

24. 6 1 6 5 2 7 4 3 ?

ก. 6 ข. 7

ค. 8 ง. 9

จ. 10

25. 24 12 22 11 20 10 18 ?

ก. 12 ข. 11

ค. 10 ง. 9

จ. 8

26. 36 6 64 8 100 10 ?

ก. 121 ข. 132

ค. 144 ง. 156

จ. 184

27. 7 3 5 6 2 4 5 ?

ก. 5 ข. 4

ค. 3 ง. 2

จ. 1

28. 3 7 8 4 7 6 5 7 ?

ก. 4 ข. 5

ค. 6 ง. 7

จ. 8

29. 15 16 14 17 13 18 ?

ก. 16 ข. 15

ค. 14 ง. 13

จ. 12

30. 8 9 4 8 10 16 8 11

5 8 12 ?

ก. 20 ข. 25

ค. 30 ง. 35

จ. 40

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวปิยมาภรณ์ ศรีสุข
วันเดือนปีเกิด	28 กรกฎาคม 2520
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	16-16/1 อาคารบุญประคอง พหลโยธิน 35 ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2536	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนนารีนุกูล
พ.ศ. 2539	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเบญจมะมหาราช
พ.ศ. 2543	วท.บ. (เศรษฐศาสตร์เกษตร) จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2545	กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ