

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ในการทดสอบ
ความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน



ปริญญานิพนธ์
ของ
ชินกร น้อยคำยาง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา

พฤษภาคม 2552

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ในการทดสอบ
ความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาและสถิติทางการศึกษา

พฤษภาคม 2552

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ในการทดสอบ
ความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน



บทคัดย่อ
ของ
ชินกร น้อยคำยาง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
พฤษภาคม 2552

ชินกร น้อยคำยาง. (2552).การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ในการทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน.

ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม :

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์, รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบที และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ ที่วิเคราะห์จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งเบ้ลบ โค้งสูงแหลม และโค้งแบนราบ และจากกลุ่ม ตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวนนักเรียน 769 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน แล้วนำมาสุ่ม แบบใส่คืน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีการแจกแจงรูปทรงและขนาดตัวอย่างตามที่ กำหนด เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

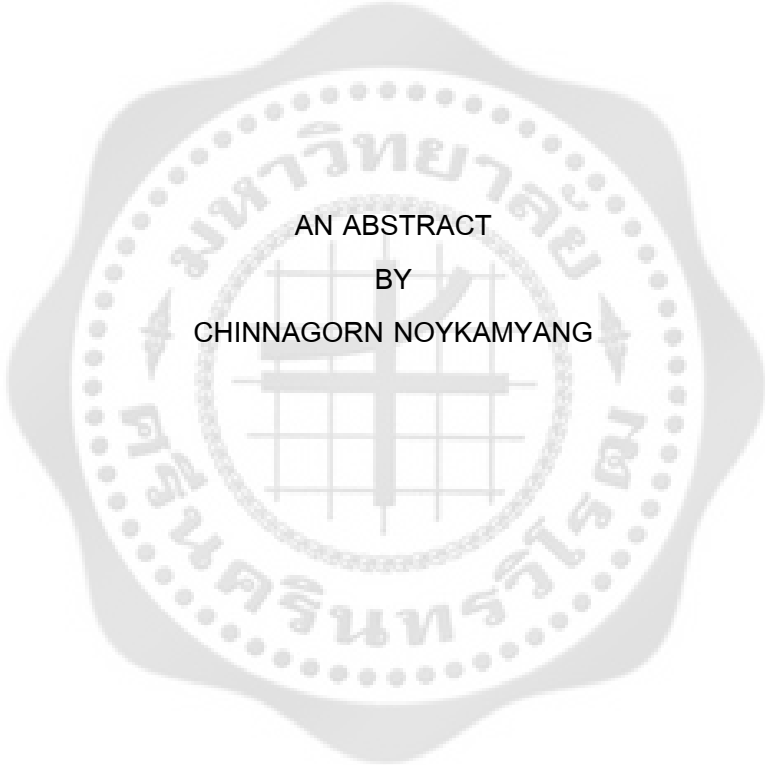
ผลการศึกษาพบว่า

1. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง ผลการ ทดสอบทั้งสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง

2. สำหรับการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ผลการทดสอบ ทั้งสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ การ แจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทุกรูปทรงการ แจกแจง ยกเว้นสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบแตกต่างกันอย่าง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่ม ตัวอย่างขนาด 10, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างทุกขนาด การ แจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งสูง แหลม และกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 30, 40 และ 50 คน และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และ กลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติ ทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจก แจงรูปทรงอื่นๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ ที่เหลือ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

A COMPARATIVE STUDY OF THE RESULTS OF PARAMETRIC AND
NONPARAMATRIC STATISTICS TESTING THE DIFFERENCE
BETWEEN TWO INDEPENDENT POPULATION



AN ABSTRACT
BY
CHINNAGORN NOYKAMYANG

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

May 2009

Chinnagorn Noykhamyang. (2009). *A Comparative Study of the Results of Parametric and Nonparametric Statistics Testing the Difference Between Two Independent Population*. Master Thesis. M.Ed. (Educational Research and Statistics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Boonchird Pinyoanuntapong, Assoc. Prof. Nipa Sripairot.

The purpose of this study was to compare the results of parametric including t-test and nonparametric statistics testing including the Mann–Whitney *U* test and the Kolmogorov–Smirnov Two-Sample test analyzed by distributing different five shapes of data which were normal distribution, positive skewness distribution, negative skewness distribution, leptokurtic distribution, platykurtic distribution with different sample sizes of 10, 20, 30, 40, and 50.

The subjects comprised 769 Matthayomsuksa I and II students of schools under the Office of Fundamental Education Commission, Bangkok Education Area in the 2nd semester of 2008 academic year, through two-stage random sampling in order to get subjects with distributing shapes and sample sizes. Numeric aptitude test was administered.

The results revealed that:

1. The comparison between five distributing shapes, results of t-test, the Mann–Whitney *U* test and the Kolmogorov–Smirnov Two-Sample test with one sample size, it was found that there were no significant difference on sample sizes.
2. The comparison between five distributing shapes, results of t-test, the Mann–Whitney *U* test and the Kolmogorov–Smirnov Two-Sample test with the same distributing shape, it was found that there were no significant difference on all sample sizes, except the Kolmogorov–Smirnov Two-Sample test and negative skewness distribution.
3. The testing results as to normal distribution and sample sizes of 10, 40 and 50, positive skewness distribution and all sample sizes, negative skewness distribution and sample sizes of 10, 30, 40, and 50, leptokurtic distribution and sample sizes of 10, 30, 40 and 50, and platykurtic distribution and sample sizes of 30, 40 and 50, t-test, the Mann–Whitney *U* test and the Kolmogorov–Smirnov Two-Sample test were significant difference at .01 level whereas there were no significant difference on other distributing shapes and resting sample sizes.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ในการทดสอบ
ความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน

ของ

ชินกร น้อยคำยาง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและสถิติทางการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)

วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2552

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตน์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์นิภา ศรีไพโรจน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ละเอียต รัชเณร์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสะดวกอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเชิด ภิญโญนนันทพงษ์ ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ นิภา ศรีไพโรจน์ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์นี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ชูศรี วงศ์รัตนะ และ อาจารย์ ดร.ละเอียต รักษาเผ่า คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทำให้ ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาทุกท่านที่ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ ประสพการณ์ที่ดีและมีคุณค่ายิ่งต่อผู้วิจัย

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ บิดา มารดา และ บุรพคณาจารย์ทุกท่าน

ชินกร น้อยคำยาง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
สมมุติฐานในการวิจัย.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย.....	10
สถิติทดสอบที.....	10
สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์.....	14
สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ.....	17
การแจกแจงของข้อมูล.....	22
ความถนัดทางการเรียน.....	29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	39
งานวิจัยในต่างประเทศ.....	39
งานวิจัยในประเทศ.....	40
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	44
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	44
ประชากร.....	45
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง.....	44
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	45
วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล.....	47
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	47
สถิติที่ใช้ในวิเคราะห์ข้อมูล.....	49

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	54
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	55
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	56
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	71
ความมุ่งหมายของการศึกษา.....	71
สมมติฐานในการวิจัย.....	71
กลุ่มตัวอย่าง.....	75
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	75
วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล.....	76
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	76
สรุปผลการวิจัย.....	78
อภิปรายผล.....	80
ข้อเสนอแนะ.....	82
บรรณานุกรม.....	84
ภาคผนวก.....	88
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	105

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา.....	45
2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านความถนัดทางด้านตัวเลข ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา.....	56
3 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีจากกลุ่มตัวอย่างห้ำ ขนาด.....	57
4 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติ ทดสอบที จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้ำขนาด.....	58
5 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีจากการแจกแจงข้อมูล ห้ำรูปทรง.....	60
6 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู จากกลุ่มตัวอย่างห้ำขนาด.....	61
7 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วย สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้ำขนาด.....	62
8 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู จากการแจกแจงข้อมูลห้ำรูปทรง.....	64
9 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ จากกลุ่มตัวอย่างห้ำขนาด.....	65
10 การเปรียบเทียบผลการยอมรับและไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วย สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้ำขนาด.....	66
11 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ จากการแจกแจงข้อมูลห้ำรูปทรง.....	67
12 เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูล และแต่ละ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง.....	68
13 เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูล และแต่ละ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง เป็นรายคู่.....	70

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การวิจัย เรามักจะได้ยินและคุ้นเคยจนดูเหมือนว่า ทุกคนเข้าใจความหมายนี้เป็นอย่างดี การวิจัยไม่ได้หมายความว่าเพียงเป็นการศึกษาค้นคว้าสิ่งใหม่ๆ หรือค้นหาคำตอบที่กำลังเป็นปัญหาเท่านั้น แต่การวิจัย เป็นกระบวนการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และข้อเท็จจริง อย่างมีหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (เพ็ญแข แสงแก้ว. 2540 : 15) ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า สถิติเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิจัยเกือบทุกสาขาของการวิจัย

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิจัยออกเป็น 4 ประการ คือ วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือรวบรวมข้อมูล วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมวลผลหรือวิเคราะห์ข้อมูล และวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการประมวลผลหรือวิเคราะห์ข้อมูลสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ สถิติพรรณนา (Descriptive statistics) และสถิติอ้างอิง (Inferential statistics) สถิติพรรณนาเป็นวิธีการทางสถิติที่จะช่วยให้ทราบถึงคุณลักษณะของกลุ่มที่ต้องการศึกษาในตัวแปรต่างๆ อาจจะเป็นกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มประชากร กรณีเป็นกลุ่มตัวอย่างจะไม่วางนัยทั่วไปหรือสรุปครอบคลุมยังมวลประชากร ของกลุ่มตัวอย่างนั้น สำหรับสถิติอ้างอิง เป็นวิธีการทางสถิติที่วิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ที่มีสมาชิกในกลุ่มจำนวนหนึ่ง อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นสรุปผลวางนัยทั่วไปหรืออ้างอิงไปยังมวลประชากรของกลุ่มตัวอย่างนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการทดสอบสมมติฐาน สถิติอ้างอิงมีทั้งประเภทที่เป็นพารามетริกและนอนพารามетริก (บุญชม ศรีสะอาด. 2541 :14 -15)

การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน เป็นการตรวจสอบว่าค่ากลางของลักษณะที่สนใจศึกษาในประชากรนั้น ๆ แตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งตัวสถิติที่มีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มคือตัวสถิติทดสอบที ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้น คือ ตัวอย่างที่ได้มาจากการสุ่มเป็นอิสระจากกัน ข้อมูลของประชากรที่นำมาใช้ในการทดสอบมีการแจกแจงแบบปกติ แต่ในทางปฏิบัติข้อสมมตินี้อาจไม่เป็นความจริง กล่าวคือ ลักษณะของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจมีการแจกแจงของประชากรที่ต้องการศึกษา เบี่ยงเบนไปจากการแจกแจงปกติถ้าผู้วิจัยยังคงใช้ สถิติทดสอบที ผลสรุปที่ได้ อาจขัดแย้งกับความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากสถิติทดสอบที จะมีความไว (Sensitive) ต่อลักษณะการแจกแจงของประชากรที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน เรามุ่งที่จะตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากร โดยคาดหวังว่ารูปทรงของการแจกแจงของประชากร ไม่มีผลต่อการสรุปผลของการทดสอบ สมมติว่าในการวิจัยสรุปผลได้ว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก H_0 เมื่อข้อมูลมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ แต่เมื่อเปลี่ยนการแจกแจงของข้อมูลจากการแจกแจงปกติ ไปเป็นการแจกแจงแบบอื่นแล้ว ผลการ

ทดสอบกลับยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 ซึ่งลักษณะเช่นนี้กล่าวได้ว่า วิธีการทดสอบที่นำมาใช้นั้นมีความไวต่อการแจกแจงของประชากรที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นอันจะมีผลทำให้การสรุปผลผิดพลาดไปจากความเป็นจริง

จากปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เองได้มีนักสถิติหลายท่านพัฒนาตัวทดสอบสถิติที่มีคุณสมบัติที่ดีและเหมาะสม กล่าวคือเมื่อลักษณะของข้อมูลที่นำมาทดสอบมีข้อตกลงเบื้องต้นผิดไปบ้าง จะมีผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่อการแจกแจงตัวอย่างของตัวทดสอบสถิตินั้น (Sampling Distribution of the Test Statistics) ลักษณะเช่นนี้เรียกตัวทดสอบสถิตินั้นว่ามีความแกร่ง (Robustness) โดยตัวทดสอบสถิติที่มีความแกร่งนั้น กรณีที่ข้อตกลงเบื้องต้นผิดพลาดไปบ้างจะต้องไม่ทำให้ความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type 1 error) มากขึ้น ดังนั้นคุณสมบัติที่จะชี้ให้เห็นว่าตัวทดสอบสถิตินั้นมีความแกร่งหรือไม่นั้น จะพิจารณาได้จากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

ในทางปฏิบัติบ่อยครั้งที่พบว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นมียุ่ไม่น้อยที่ไม่เป็นไปตามข้อตกลงดังกล่าว เช่น ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ พบว่า จำนวนหน่วยทดลองที่ใช้มีไม่มากเนื่องจากจำกัดด้วยจำนวนหน่วยทดลอง เวลา ค่าใช้จ่าย หรือภายใต้เงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่ง ปัญหาที่พบคือข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งข้อมูลในลักษณะนี้อาจจะพบได้บ่อยๆ ซึ่งถ้าเราทดสอบด้วยสถิติแบบพาราเมตริกเป็นทางเลือกที่ไม่ค่อยดี เพราะผลสรุปของการวิจัยที่ได้จากการทดสอบที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูลนั้นไม่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปดังที่ โคชแรนและค็อก (Cochran and Cox. 1975) กล่าวว่า ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยอาจไม่ตรงตามข้อตกลงเบื้องต้นที่กำหนดไว้ ดังนั้นค่าต่างๆ ที่นำมาวิเคราะห์จึงเป็นเพียงค่าประมาณมากกว่าเป็นค่าที่แท้จริง และการที่ข้อตกลงเบื้องต้นไม่เป็นจริงนี้ ยังมีผลต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบด้วย ซึ่งค่ากล่าวเหล่านี้แสดงว่าผลสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานโดยการที่ข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นย่อมส่งผลกระทบต่อสรุปผลของข้อมูลได้

จากผลกระทบดังกล่าวจึงเป็นที่น่าสนใจในการหาวิธีการทดสอบที่เหมาะสมกว่ามาแทนการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test Independent) ซึ่งเป็นสถิติพาราเมตริก เมื่อข้อมูลไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ซึ่งได้มีนักสถิติหลายท่านทำการศึกษาพัฒนาตัวสถิติทดสอบขึ้นมา เช่น สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (The Mann-Whitney U test) และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test) ซึ่งเป็นสถิตินอนพาราเมตริก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบพาราเมตริกกับสถิตินอนพาราเมตริกดังกล่าว เนื่องจากสถิติดังกล่าวเป็นการทดสอบความแตกต่างระหว่างประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกันทำให้ผลการทดสอบแตกต่างกันหรือไม่ โดยศึกษาตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างต่างกันคือ 10 20 30 40 และ 50 และลักษณะการแจกแจงที่ต่างกันคือ มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ มีการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก มีการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ มีการแจกแจงเป็นโค้งแหลมสูง และมีการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ โดยการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบดังกล่าวโดยใช้แบบวัดความถนัดด้านตัวเลข

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบที และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบที
 - 1.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 1.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู
 - 2.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ
 - 3.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบทีและสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ผลการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นแนวทางในการเลือกใช้สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่อิสระจากกัน ได้เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 114 โรงเรียน จำนวน 2,385 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 112,715 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 โรงเรียน จำนวน 16 ห้องเรียน และมีจำนวนนักเรียน 769 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

ประมาณกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยด้วยความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ควรเลือกจากประชากรพบว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 398 คน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540 : 400 ; อ้างอิงจาก Yamane. 1967 : 886-887) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง 769 คน โดยทำการสุ่มดังนี้

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

1. โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีนักเรียนมากกว่า 2,500 คน มี 44 โรงเรียน
2. โรงเรียนขนาดใหญ่ มีนักเรียน 1,500-2,500 คน มี 44 โรงเรียน
3. โรงเรียนขนาดกลาง มีนักเรียน 500-1,500 คน มี 26 โรงเรียน

สุ่มโรงเรียนมาประมาณร้อยละ 5 ของแต่ละขนาด ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 2 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยให้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 เป็นชั้นของการสุ่ม (Strata) และห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) ได้จำนวน 16 ห้องเรียน ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 769 คน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ

3.1.1 สถิติทดสอบ

- (1) สถิติทดสอบที (t-test Independent)
- (2) สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (The Mann-Whitney U test)
- (3) สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test)

3.1.2 การแจกแจงข้อมูล ได้แก่

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

(5) การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic distribution)

3.1.3 ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

(1) 10 คน

(2) 20 คน

(3) 30 คน

(4) 40 คน

(5) 50 คน

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการทดสอบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สถิติทดสอบ หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน ในการศึกษาครั้งนี้จำแนกเป็น

1.1 สถิติทดสอบที่ หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม เมื่อประชากรที่นำมาทดสอบเป็นอิสระต่อกัน มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ทดสอบหลายรูปแบบการแจกแจง

1.2 สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู หมายถึง ถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่มเมื่อประชากรที่นำมาทดสอบเป็นอิสระต่อกันได้มาโดยการสุ่มข้อมูลเป็นคะแนนแบบต่อเนื่องกัน (Continuous Score) และตัวแปรอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) เป็นอย่างน้อย

1.3 สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ หมายถึง วิธีการทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่ม เมื่อประชากรที่นำมาทดสอบเป็นอิสระต่อกัน ได้มาโดยการสุ่ม และตัวแปรอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) เป็นอย่างน้อย

2. ผลการทดสอบ หมายถึง จำนวนครั้งของผลการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของประชากรสองกลุ่มในการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักของสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. การแจกแจงข้อมูล หมายถึง การกระจายของข้อมูลที่น่าเสนอในรูปการแจกแจงความถี่เรียงตามลำดับคะแนนน้อยไปหามาก และ แสดงในรูปของโค้งของการแจกแจงความถี่ ในการศึกษาครั้งนี้ใช้การแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ

3.1 การแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์และค่าความโด่งเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์

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

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

3.4 การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม (Leptokurtic Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ และค่าความโด่งมากกว่า .5

3.5 การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic Distribution) หมายถึง ลักษณะของโค้งการแจกแจงของข้อมูลที่อยู่ในรูปสมมาตร โดยค่าสัมประสิทธิ์ความเบ้เป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ และค่าความโด่งน้อยกว่า -.5

4. ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร ที่ได้ทำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข จากกลุ่มตัวอย่าง 769 คน ที่กำหนดให้เป็นประชากรเทียม ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

5. ความถนัดทางการเรียน หมายถึง ความสามารถที่บุคคลที่ได้มาจากการศึกษา ประสบการณ์ และการฝึกฝนของตนเอง

6. แบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการเข้าใจ ความสัมพันธ์ และความหมายของจำนวน และมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ และหาร

สมมุติฐานในการวิจัย

1. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบที

1.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมุติฐานดังนี้

1.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน

1.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน

1.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน

๖ ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการ

๖ ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการ

๖. ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการ

๖ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการ

^๖ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ

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

3.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผล
การไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผล
การไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้กลับ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2 จากขนาดกลุ่มตัวเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสงแหลม การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

3.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.3 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

3.2.5 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผลการ

ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบ โคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มี สมมติฐาน ดังนี้

4.1 เมื่อมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธ สมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธ สมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธ สมมติฐานหลัก แตกต่างกัน

4.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธ สมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธ สมมติฐานหลักแตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

1.1 สถิติทดสอบที (t-test Independent)

1.2 สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (The Mann-Whitney U test)

1.3 สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test)

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการแจกแจงของข้อมูล

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความถนัดทางการเรียน

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

4.2 งานวิจัยในประเทศ

1. สถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

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

1.1 สถิติทดสอบที (t-test Independent)

การทดสอบที (t-test) เป็นเทคนิคการทดสอบสมมติฐานชนิดหนึ่งที่น่าสนใจ นิยมใช้การทดสอบโดยวิธีการนี้ใช้ในกรณีข้อมูลมีจำนวนน้อย ($n < 30$) ซึ่งในกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กค่าความแปรปรวน (s^2) จะเปลี่ยนไปมากในแต่ละตัวอย่าง จึงทำให้การแจกแจงของ random variable มีลักษณะการแจกแจงไม่เป็นโค้งปกติเท่าที่ควร เราจึงไม่สามารถแทนค่าสถิตินี้ด้วย standard normal variable Z ได้ และลักษณะการแจกแจงดังกล่าวนี้เป็นแบบกลุ่มของการแจกแจง (family of distributions) ที่ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่างซึ่งมีส่วนทำให้ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (s) แปรเปลี่ยนไป และค่าสถิติที่ได้รับก็เปลี่ยนแปลงตามกันไปในแต่ละตัวอย่าง ดังนั้น William S. Gosset จึงได้เขียนบทความโดยใช้นามปากกาว่า "Student" ในปีค.ศ. 1908 เขาเสนอความคิดเรื่อง degree of freedom (ชั้นแห่งความเป็นอิสระ) สำหรับใช้กับการแจกแจงในลักษณะเช่นนี้ และเรียกการแจกแจงของค่าสถิติดังกล่าวว่า t - distribution เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าจำนวนชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) เพิ่มขึ้นอย่างไม่จำกัด ($df = \infty$) การแจกแจงแบบ t จะมีลักษณะคล้ายกับการแจกแจง Z แต่เมื่อจำนวน df ลดลง การแจกแจงแบบ t จะมีลักษณะแตกต่างไปจากการแจกแจง

แบบ Z อย่างเห็นได้ชัด คำว่า "ชั้นแห่งความเป็นอิสระ" หรือ degree of freedom (df) หมายถึง ความเป็นอิสระที่คะแนนหรือข้อมูลจะแปรเปลี่ยนไปได้อย่างสมบูรณ์เต็มที่ สมมติว่าเรามีข้อมูลอยู่ 3 จำนวน คือ a, b, c และ $a + b + c = k$ ถ้ากำหนดให้ $a = 3$, $b = 4$ จะได้ $c = k - 7$ อย่างแน่นอน ข้อมูล c ไม่มีอิสระในการกำหนดคะแนนเหมือนกับข้อมูล a และ b เราสามารถกำหนดค่า a, b ได้อย่างอิสระเสรี แต่ค่าของ c จะเท่ากับ $k - (a+b)$ อยู่เสมอเป็นค่าคงที่ (fixed) ไม่มีอิสระในการกำหนดคะแนนเลย เพราะจะต้องมีความสัมพันธ์กับ a และ b ตามที่กำหนดไว้ ฉะนั้นถ้ามีข้อมูลหรือคะแนน 3 จำนวน จะได้ข้อมูลที่มีอิสระในการแปรเปลี่ยนจริงๆ เพียง $3-1 = 2$ จำนวน ในทำนองเดียวกันถ้ามีคะแนนอยู่ n จำนวนจะได้ชั้นแห่งความเป็นอิสระของคะแนนชุดนั้นๆ (df) = $n - 1$ (บึงอร ภาวภิรมย์ขวัญ. 2523:103-104)

การทดสอบ t กรณี assume $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

เมื่อตั้งข้อตั้งเบื้องต้นว่า "กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมาจากประชากรเดียวกันหรือมาจากกลุ่มประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน" (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546:168 อ้างอิงจาก Chase. 1976 : 145) ดังนั้นจากสูตรการหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการแจกแจงของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

จะได้

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\sigma^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

โดยทั่วไปเราไม่สามารถหา σ^2 (ความแปรปรวนของกลุ่มประชากร) แต่สามารถใช้ S^2 (ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง) เป็นค่าประมาณที่ปราศจากความลำเอียงของ σ^2 ได้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546:168 อ้างอิงจาก Kohout. 1974 : 343) ในกรณีนี้จะมีความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง (Sample variance) 2 ตัวคือ S_1^2 และ S_2^2 ซึ่งต่างก็เป็นค่าประมาณที่ปราศจากความลำเอียง (Unbiased estimator) ของ σ_1^2 และ σ_2^2 ตามลำดับ ซึ่งนำไปใช้หาความแปรปรวนร่วม (Pooled variance : S_p^2) ได้จากสูตรดังนี้

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

ดังนั้นสูตร t-test ที่ใช้เมื่อตั้งข้อตกลงว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ คือ

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

หรือ

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

เมื่อ $df = n_1 + n_2 - 2$

การทดสอบ t กรณี assume $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ เมื่อมีเหตุผลที่จะเชื่อว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ซึ่งถ้าใช้สูตร t-test ที่มีการหาความแปรปรวนร่วม (S_p^2) จะให้ค่าที่ไม่ถูกต้อง(ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2546:169) สำหรับการใช้ t-test ในกรณีเช่นนี้ Fisher กับ Behrens ได้ช่วยกันคิดค่าสถิติ t ขึ้นมา จึงเรียก sampling distribution ของค่าสถิติ t ว่า Behrens Fisher distribution ต่อมา Fisher และ Yates ได้คิดตารางแสดงค่า t ในปี ค.ศ. 1953 และมีการปรับปรุงตารางดังกล่าวนี้ในปี ค.ศ. 1957 โดย Cochran และ Cox (Winer. 1962 : 42)

สูตรการหาค่าสถิติ t จาก Behren-Fisher distribution คือ

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

หรือ

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

Satterthwaite (1946) ได้คิดประมาณค่าจากการแจกแจงของค่าสถิติ t โดยคำนึงถึง Student's t distribution ด้วย เพื่อกำหนดค่าโดยประมาณของชั้นแห่งความเป็นอิสระ (df) ให้เป็นค่าที่ใกล้เคียงจำนวนเต็มที่สุดจากสูตรต่อไปนี้

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

การทดสอบความแปรปรวน (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546:171-172)

ในการทดสอบค่าที (t-test) ถ้าไม่สามารถตัดสินใจว่าจะตั้งข้อดกลงว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ หรือจะตั้งข้อดกลงว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ ควรจะต้องมีการทดสอบความแปรปรวนก่อนโดยใช้การทดสอบค่าเอฟ (F-test) ในการทดสอบค่าเอฟจะตั้งสมมติฐานไร่นัยสำคัญ (H_0) ดังนี้

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

และตั้งสมมติฐานอื่น (H_1) ดังนี้

$$H_1 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

F-test สำหรับการทดสอบความเท่ากันของความแปรปรวน 2 ค่าในเรื่องนี้มักจะอยู่ในรูปสองหางเสมอ (Kohout. 1974 : 349)

สูตรการทดสอบค่าเอฟเป็นดังนี้

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

โดยมี $df_1 = n_1 - 1$, $df_2 = n_2 - 1$

สูตรนี้ใช้เมื่อ $s_1^2 > s_2^2$ ถ้า $s_2^2 > s_1^2$ ต้องใช้สูตร

$$F = \frac{s_2^2}{s_1^2}$$

โดยมี $df_1 = n_2 - 1$, $df_2 = n_1 - 1$

นั่นคือในการใช้สูตร F-test จะเอาความแปรปรวนตัวที่มีค่ามากเป็นตัวตั้งและ df ตัวแรก (df_1) เป็น df ของเศษ ส่วน df ตัวที่สอง (df_2) เป็น df ของส่วนเสมอ

นำค่า F ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่า F ที่เปิดจากตาราง

1) ถ้า $F \text{ คำนวณ} \geq F \text{ ตาราง}$ ความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันจะต้องใช้สูตรการทดสอบทีกรณี assume $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

2) ถ้า F คำนวณ $< F$ ตาราง ความแปรปรวนของทั้งสองกลุ่มเท่ากันกันจะต้องใช้สูตรการทดสอบทีกรณี assume $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

1.2 สถิติทดสอบแมน-วิทนี ยู (The Mann-Whitney U test)

การทดสอบของแมน-วิทนี ยู ใช้ทดสอบตัวแปรตามที่วัดได้จากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกันว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ เมื่อข้อมูลที่วัดได้อยู่ในระดับเรียงอันดับ แต่จะใช้กับคะแนนสอบ(ระดับอันดับ) ก็ได้ ถ้ามีการเรียงคะแนนตามลำดับมากน้อยแล้วจัดอันดับตามขนาดที่เพิ่มขึ้นโดยให้คะแนนน้อยที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง อันดับสองตามลำดับ นอกจากนี้สถิติแมน-วิทนี ยู ยังเหมาะสมเป็นพิเศษเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็กมาก (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546: 346 อ้างอิงจาก Borg. 1981 : 266) Mann และ Whitney ได้คิดค้นวิธีการทดสอบนี้เมื่อปี ค.ศ. 1974 และให้ค่าสถิติที่คำนวณได้เป็นค่า U จึงตั้งชื่อการทดสอบนี้ว่า "Mann-Whitney U test" การทดสอบของแมน-วิทนี ยู อาจนำไปใช้แทนการทดสอบที ได้ในกรณีที่ต้องการหลีกเลี่ยงข้อตกลงเบื้องต้นของการทดสอบที

การทดสอบตามวิธี The Mann-Whitney U test มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้ (นิภา ศรีไพโรจน์. 2533:120-123)

ระดับของตัวแปร

ตัวแปรอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale) เป็นอย่างน้อย

ลักษณะของข้อมูล

ข้อมูลได้จากกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกันและได้มาโดยการสุ่มข้อมูลเป็นคะแนนแบบต่อเนื่องกัน (Continuous Score)

สมมติฐาน

H_0 : กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอย่างอิสระทั้ง 2 กลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน (ค่าเฉลี่ยเท่ากัน)

H_1 : กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาอย่างอิสระทั้ง 2 กลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงไม่เหมือนกัน

การทดสอบ

การทดสอบอาจเป็นแบบหางเดียว (One-tailed test) หรือสองหาง (Two-tailed test) ก็ได้ มีวิธีการดังนี้

คำนวณหาค่า U โดยใช้สูตร

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - \sum R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - \sum R_2$$

เมื่อ n_1 แทน กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 1

n_2 แทน กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 2

$\sum R_1$ แทน ผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1

$\sum R_2$ แทน ผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 2

U Statistic ที่จะนำไปทดสอบ พิจารณาจากค่าของ U_1 และ U_2 ที่

คำนวณได้โดยเลือกค่าที่น้อยกว่าเป็น U Statistic

การทดสอบนี้สำคัญ

1. ในกรณีที่ $n_1 \leq 8$ และ $n_2 \leq 8$ (พิจารณาให้ $n_1 < n_2$) เมื่อหาค่า U ได้

แล้วก็นำไปเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นของ Mann-Whitney U Test จากตาราง และถ้า $9 \leq n_2 \leq 20$ ก็อาจหาค่าวิกฤติของ U (Critical Values of U in the Mann-Whitney U Test) ได้จากตาราง

2. ในกรณีที่ $n_2 > 20$ ถ้า n_1 และ n_2 ต่างก็มีขนาดใหญ่ ($n_2 > 20$)

U Statistic จะมีลักษณะใกล้เคียงการแจกแจงปกติ จึงนำค่า

U Statistic มาแปลงเป็น Z-Score โดยใช้สูตร

$$Z = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u}$$

เมื่อ μ_u แทนค่าเฉลี่ยของ U หาได้จาก

$$\mu_u = \frac{n_1 n_2}{2}$$

σ_μ แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ U หาได้จาก

$$\sigma_\mu = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$$

ในกรณีที่คะแนนเท่ากันหลายตัว ตำแหน่งของคะแนนนั้นได้มาโดยการเฉลี่ยตำแหน่ง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหาได้จาก

$$\sigma_\mu = \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n(n-1)} \left(\frac{n^3 - n}{12} - \sum T \right)}$$

เมื่อ $n = n_1 + n_2$

$$T = \frac{t^2 - t}{12}$$

t คือ จำนวนตัวอย่างที่มีตำแหน่งเดียวกัน

นำค่า Z ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤตของ Z จากตาราง ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

3. กรณีอื่นๆ อาจเปลี่ยนค่า U เป็น Z แล้วทดสอบนัยสำคัญตามวิธีการใน ข้อ 2. การตัดสินใจ

1. ในกรณีที่ $n_1 \leq 8$ และ $n_2 \leq 8$ ถ้าระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ (.01 หรือ .05) มากกว่าหรือเท่ากับค่าที่ได้จากการเปิดตาราง จะไม่ยอมรับ H_0

2. กรณี $9 \leq n_2 \leq 20$ ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤตของ U ที่เปิดจากตาราง จะไม่ยอมรับ H_0

3. กรณี $n_2 > 20$ หรือกรณีที่เปลี่ยนค่า เป็น Z ณ ระดับนัยสำคัญ .05 ($\alpha = .05$) ค่าวิกฤต (Critical Value) ของ Z จากตารางมีค่า ± 1.96 ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า $+1.96$ หรือน้อยกว่า -1.96 เราจะไม่ยอมรับ H_0 และ ณ $\alpha = .05$ ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง -1.96 กับ $+1.96$ ($-1.96 < Z < 1.96$) เราจะยอมรับ H_0 ณ $\alpha = .05$ ณ ระดับนัยสำคัญ.01 ($\alpha = .01$) ค่าวิกฤต (Critical Value) ของ Z จากตารางมีค่า ± 2.58 ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า $+2.58$ หรือน้อยกว่า -2.58 เราจะไม่ยอมรับ H_0 และ ณ $\alpha = .01$ ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง -2.58 กับ $+2.58$ ($-2.58 < Z < 2.58$) เราจะยอมรับ H_0 ณ $\alpha = .01$

การแปลผล

ถ้าไม่ยอมรับ H_0 สรุปว่า กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาทั้งสองกลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงไม่เหมือนกัน

ถ้ายอมรับ H_0 สรุปว่า กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาทั้งสองกลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน

หมายเหตุ ผู้วิจัยอาจตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณของค่า U ได้จาก

$$U = n_1 n_2 - U$$

เมื่อ U แทนค่า U ที่น้อยกว่า ซึ่งจะนำมาพิจารณาเป็นค่า U ในการคำนวณ

U แทนค่า U ที่มากกว่า ซึ่งไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณ

สำหรับลำดับขั้นในการคิดเพื่อทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างอิสระสองกลุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่ ทำตามลำดับขั้นดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน H_0 และ H_1
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ เช่น ให้ $\alpha = .01$ หรือ $.05$ เป็นต้น
3. การทดสอบ ทำเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 รวบรวมข้อมูลทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกันแล้วจัดอันดับ (Rank) ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม การจัดอันดับให้ค่าน้อยที่สุดเป็นอันดับ 1 ค่าที่ถัดมาเป็นอันดับ 2 ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ค่าที่สูงที่สุดจะเป็นอันดับสุดท้าย (ในกรณีที่ค่าที่จัดอันดับมีค่าเท่ากัน ให้เฉลี่ยอันดับของค่าเหล่านั้น)

3.2 หาผลรวมของอันดับของข้อมูลในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยให้

$\sum R_1$ เป็นผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1

$\sum R_2$ เป็นผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2

3.3 คำนวณหาค่า U จากสูตรที่กล่าวมาแล้ว สำหรับค่า U ที่จะนำไปทดสอบพิจารณาจากค่าของ U_1 และ U_2 ที่คำนวณได้ โดยเลือกค่าน้อยกว่า (อาจจะเป็น U_1 หรือ U_2 ก็ได้) เป็นค่า U

4. การทดสอบนัยสำคัญ พิจารณาตามขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามที่กล่าวมาแล้ว
5. การตัดสินใจ เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับ H_0
6. การแปลผล

1.3 สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test)

การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟแบบตัวอย่างอิสระ 2 กลุ่ม (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test) มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทดสอบว่าตัวอย่างอิสระ 2 กลุ่มมาจากประชากรเดียวกันหรือไม่ หรือมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่ โดยข้อมูลที่นำมาทดสอบจะต้องมีระดับการวัดอยู่ในมาตราเรียงลำดับหรือสูงกว่า

ในกรณีที่กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม จะทดสอบความสอดคล้องของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม โดยพิจารณาจากความถี่สะสม หากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมาจากประชากรเดียวกันแล้วเราคาดหวังว่าลักษณะการแจกแจงของความถี่สะสมควรจะเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน จะแตกต่างกันบ้างก็เนื่องมาจากการสุ่มเท่านั้น แต่ถ้าลักษณะการแจกแจงความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มแตกต่างกันที่จุดใดๆ มากกว่าค่าที่คาดหวังไว้แล้ว น่าจะเชื่อได้ว่าประชากรทั้ง 2 กลุ่มมาจากประชากรที่แตกต่างกัน

การทดสอบตามวิธี The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้ (นิภา ศรีไพโรจน์. 2533 :128-132)

ระดับของตัวแปร

ตัวแปรอยู่ในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal Scale)

ลักษณะของข้อมูล

ข้อมูลได้มาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ซึ่งถูกสุ่มขึ้นมาโดยกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มมีความเป็นอิสระต่อกัน

สมมติฐาน

H_0 : ประชากรกลุ่มที่ 1 และประชากรกลุ่มที่ 2 มีลักษณะการแจกแจงเหมือนกัน

H_1 : ประชากรกลุ่มที่ 1 และประชากรกลุ่มที่ 2 มีลักษณะการแจกแจงต่างกัน หรือ

H_1 : ประชากรกลุ่มที่ 1 มีค่ามากกว่า(หรือน้อยกว่า)ประชากรกลุ่มที่ 2

การทดสอบ

การทดสอบอาจเป็นการทดสอบแบบสองหาง (Two-tailed test) หรือหางเดียว (One-tailed test) ก็ได้ วิธีการทดสอบ อาจกระทำไดดังนี้

1. สร้างตารางแจกแจงความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มโดยใช้อันดับภาคพื้น(Interval) เดียวกัน

2. หาฟังก์ชันความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 โดยใช้สูตร

$$S_{n_1}(x) = \frac{k_1}{n_1}$$

เมื่อ $S_{n_1}(x)$ แทน ความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

K_1 แทน จำนวนความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมามีค่า $\leq x$ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 1

n_1 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 1

3. หาฟังก์ชันความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 โดยใช้สูตร

$$S_{n_2}(x) = \frac{k_2}{n_2}$$

เมื่อ $S_{n_2}(x)$ แทน ความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

K_2 แทน จำนวนความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมามีค่า $\leq x$ สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 2

n_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 2

4. หาผลต่างของความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มในแต่ละอันดับ

$$S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)$$

5. การทดสอบ ทำได้ 2 กรณีคือ

5.1 กรณีทดสอบแบบสองหาง (Two-tailed Test)

โดยมี H_1 : ประชากรกลุ่มที่ 1 และประชากรกลุ่มที่ 2 มีลักษณะการแจก

แจงต่างกัน

$$\text{หาได้จาก } D = \text{Maximum } |S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)|$$

5.2 กรณีทดสอบแบบหางเดียว (One-tailed Test)

โดยมี H_1 : ประชากรกลุ่มที่ 1 มีค่ามากกว่า (หรือน้อยกว่า) ประชากรกลุ่มที่ 2

$$\text{หาได้จาก } D = \text{Maximum } (S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x))$$

การทดสอบนัยสำคัญ

สามารถหาการแจกแจงการสุ่มของ D ได้ดังนี้

1. เมื่อ $n_1 = n_2 = n \leq 40$ นำค่า D ที่คำนวณได้(เฉพาะตัวเลขที่เป็นเศษของความถี่สัมพัทธ์สะสมของผลต่างที่สูงที่สุด) ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ (K_D) ในตารางค่าวิกฤติของ K_D

2. เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่(Large Sample) คือ $n_1 > 40, n_2 > 40$ โดยที่ n_1 กับ n_2 ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

2.1 ถ้าเป็นการทดสอบแบบสองหางค่าวิกฤติหาได้ดังนี้

$$\text{ณ } \alpha = .10 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.22 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\text{ณ } \alpha = .05 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.36 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\text{ณ } \alpha = .025 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.48 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\text{ณ } \alpha = .01 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.63 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\text{ณ } \alpha = .005 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.73 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

$$\text{ณ } \alpha = .001 \text{ ค่าวิกฤติ } D = 1.95 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

นำค่าวิกฤติของ D ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่า D ที่คำนวณได้จากข้อมูล

2.2 ถ้าเป็นการทดสอบแบบหางเดียว เมื่อคำนวณหาค่า D จากสูตร

$$D = \text{Maximum} (S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x))$$

แล้วนำค่า D มาคำนวณหาค่า χ^2 จากสูตร

$$\chi^2 = 4D^2 \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

จะได้การแจกแจงแบบไค-สแควร์โดยประมาณมี Degrees of freedom(df) = 2 นำไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติในตาราง χ^2 ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

การตัดสินใจ

1. เมื่อ $n_1 = n_2 = n \leq 40$ นำค่า D ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ (K_D) จากตารางค่าวิกฤติของ K_D

ถ้าค่า D ที่คำนวณได้ (ใช้เฉพาะตัวเลขที่เป็นเศษของความถี่สัมพัทธ์สะสมของผลต่างที่สูงที่สุด) มีค่าเท่ากับ หรือมากกว่าค่า K_D จากตาราง เราจะไม่ยอมรับ H_0 ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

ถ้าค่า D ที่คำนวณได้ (ใช้เฉพาะตัวเลขที่เป็นเศษของความถี่สัมพัทธ์สะสมของผลต่างที่สูงที่สุด) มีค่าน้อยกว่าค่า K_D จากตาราง เราจะยอมรับ H_0 ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

2. เมื่อ $n_1 > 40, n_2 > 40$ โดยที่ n_1 กับ n_2 ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน

2.1 ถ้าเป็นการทดสอบสองหาง

เมื่อค่า D ที่คำนวณได้จากข้อมูลมีค่าเท่ากับ หรือมากกว่าค่าวิกฤติของ D ที่หาได้เราจะไม่ยอมรับ H_0 ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

เมื่อค่า D ที่คำนวณได้จากข้อมูลมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ D ที่หาได้เราจะยอมรับ H_0 ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

2.2 ถ้าเป็นการทดสอบแบบหางเดียว

ต้องการค่า χ^2 โดยใช้สูตร

$$\chi^2 = 4D^2 \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

นำค่า χ^2 ที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของ χ^2 จากตาราง ที่ $df = 2$ ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้

เมื่อค่า χ^2 ที่คำนวณได้ เท่ากับหรือมากกว่าค่าวิกฤติของ χ^2 ที่เปิดจากตาราง เราจะไม่นยอมรับ H_0

เมื่อค่า χ^2 ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ χ^2 ที่เปิดจากตาราง เราจะยอมรับ H_0

การแปลผล

ถ้ายอมรับ H_0 หมายความว่า ประชากรกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีลักษณะการแจกแจงเหมือนกัน

ถ้าไม่ยอมรับ H_0 หมายความว่า ประชากรกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 มีลักษณะการแจกแจงต่างกัน

ลำดับขั้นตอนในการคิดเพื่อทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระ 2 กลุ่ม มาจากประชากรเดียวกันหรือไม่ หรือมีการแจกแจงความน่าจะเป็นเหมือนกันหรือไม่ ตามวิธีของ The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test ทำตามลำดับดังนี้

1. ตั้งสมมติฐาน H_0 และ H_1
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ เช่น ให้ $\alpha = .01$ หรือ $.05$ เป็นต้น
3. การทดสอบ ทำเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 สร้างตารางความถี่สะสมของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้อันตรภาคชั้นเดียวกัน

3.2 หาค่า $S_{n_1}(x)$, $S_{n_2}(x)$ และ $S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)$

3.3 คำนวณหาค่า D จากสูตร

$$D = \text{Maximum} \left| S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x) \right| \quad (\text{กรณีทดสอบสองหาง})$$

$$D = \text{Maximum} (S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)) \quad (\text{กรณีทดสอบหางเดียว})$$

4. การทดสอบนัยสำคัญ ทำดังนี้

4.1 ถ้า $n_1 = n_2 = n \leq 40$ เปิดตารางเพื่อหาค่าวิกฤติของ K_D ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้เปรียบเทียบกับค่า D ที่คำนวณได้

4.2 ถ้า $n_1 > 40$, $n_2 > 40$

ในกรณีทดสอบแบบสองหาง ค่าวิกฤติของ D ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ โดยใช้สูตรที่กล่าวมาแล้ว (หรือดูได้จากตาราง) เปรียบเทียบกับค่า D ที่คำนวณได้

ในกรณีทดสอบแบบหางเดียวต้องเปลี่ยนค่า D ที่คำนวณได้เป็น χ^2 ก่อน แล้วเปิดตารางเพื่อหาค่าวิกฤติของ χ^2 ที่ $df = 2$ ณ ระดับนัยสำคัญที่ตั้งไว้ เปรียบเทียบกับค่า χ^2 ที่คำนวณได้จากข้อมูล

5. การตัดสินใจ เพื่อตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือไม่ยอมรับ H_0
6. แปลผล

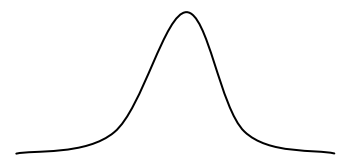
2. การแจกแจงของข้อมูล

การแจกแจงของข้อมูล ถ้าจำแนกตามลักษณะของข้อมูลแล้ว จำแนกได้ 2 ประเภท คือ การแจกแจงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) เช่น การแจกแจงยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) และการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous) เช่น การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution)

2.1 โค้งปกติ

อะบราฮัม เดอ มัวร์ (Abraham De Moivre) (ค.ศ. 1667-1754) ชาวฝรั่งเศสเป็นผู้ที่ศึกษา และได้สร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของการแจกแจงปกติขึ้นมาเป็นคนแรก ในปี ค.ศ. 1733 โดยการคำนวณจาก ลิมิตของฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินาม และต่อมา คาร์ล ฟรีดริช เกาส์ (Carl Friedrich Gauss) (ค.ศ. 1777-1855) ชาวเยอรมันได้พัฒนาต่อ โดยเกาส์ ได้สมการนี้จากการศึกษาความคลาดเคลื่อนของการวัดซ้ำๆ ในกลุ่มเดิม หรือความผิดพลาดในการวัดปริมาณเดียวกันซ้ำหลายๆ ครั้ง โดยค้นพบมาจากการวัดความคลาดเคลื่อนในการสังเกตทางดาราศาสตร์ ดังนั้นการแจกแจงปกตินี้จึงได้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า การแจกแจงแบบเกาส์ (Gaussian Distribution) (ธีระศักดิ์ อุไรนานนท์. 2546 : 347)

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540 : 133-135) ได้กล่าวถึง โค้งปกติ ว่าเป็นโค้งการแจกแจงความถี่รูปทรงระฆังคว่ำ มักอยู่ในรูปโค้งทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง เรียกว่า โค้งปกติ (Normal Curve) หรือการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ลักษณะโค้งปกติ

สมการของโค้งปกติเป็นดังนี้

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

- เมื่อ y แทน ส่วนสูงของโค้งขึ้นอยู่กับค่า x เฉพาะค่า
 π แทน ค่าตัวคงที่ มีค่าประมาณ 3.14159...
 e แทน ฐานของ Napierian logarithms มีค่าประมาณ 2.71828...
 N แทน จำนวนคนหรือสิ่งที่ศึกษา
 μ เป็นคะแนนเฉลี่ยของประชากร
 σ เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

การใช้ μ , σ แทนที่จะใช้ $\bar{X}$, S เพราะการศึกษาทฤษฎีทางคณิตศาสตร์นั้นส่วนใหญ่คือ กลุ่มประชากร (Population) สูตรทั้งหลายจึงเป็นรูป Theoretical model

โดยทั่วไปแล้วโค้งปกติเขียนในรูปคะแนนมาตรฐานเสมอ คะแนนมาตรฐานมีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 1 นั่นคือ $\mu = 0$ และ $\sigma = 1$ ถ้าให้พื้นที่ภายใต้โค้งมีค่าเป็น 1 N ก็จะเท่ากับ 1

คุณสมบัติของโค้งปกติ

1. เป็นโค้งรูปทรงสมมาตร (Symmetrical) กล่าวคือ ถ้าลากเส้นจากจุดโค้งสูงสุดไปตั้งฉากกับฐาน แล้วพับตามเส้นตั้งฉากนั้น ทั้งสองข้างจะทับกันสนิททุกๆ จุด
2. จุดคะแนนเฉลี่ย, มัธยฐาน และฐานนิยม เป็นจุดเดียวกัน
3. โค้งเป็นรูปเอซซิมโทติก (Asymptotic) คือ ปลายโค้งจะไม่จดกับฐาน เป็นเพียงค่อยๆ เข้าใกล้ฐาน (แกนนอน) มากขึ้นๆ ปลายฐานของโค้งจะอยู่ตั้งแต่ $-\infty$ ถึง $+\infty$
4. พื้นที่ใต้โค้งประมาณร้อยละ 68 จะอยู่ในขอบเขตของความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 1 จากคะแนนเฉลี่ย
5. ค่า $Z = \pm 1.96$ จะคลุมพื้นที่ภายใต้โค้งประมาณร้อยละ 95
 ค่า $Z = \pm 2.58$ จะคลุมพื้นที่ภายใต้โค้งประมาณร้อยละ 99
6. ส่วนสูงของโค้ง ถ้าคิดอัตราส่วนของความถี่จุดนั้นกับความถี่ทั้งหมด ซึ่งเรียกว่า Relative frequency $\left\{ \frac{f}{N} \right\}$ หรือ Probability แล้วมีค่า .3989

2.2 ความเบ้ (Skewness)

วิรัช วรรณรัตน์ (2535 : 26) กล่าวว่า การแจกแจงความถี่ของข้อมูลแบบต่อเนื่อง ถ้าข้อมูลมีการกระจายแบบสมมาตรโดยเส้นโค้งเป็นรูปประฆังและปลายโค้งมีลักษณะสมมาตรแล้ว

เรียกว่า การแจกแจงแบบสมมาตร (Symmetric Distribution) แต่ถ้าเส้นโค้งเป็นรูปประฆังแต่ปลายโค้งทั้งสองข้างไม่สมมาตรกันแล้ว โค้งจะเบ้ไปด้านใดด้านหนึ่ง เรียกว่า โค้งมีความเบ้

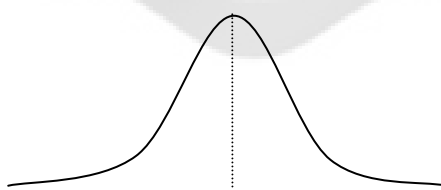
วินัส พิษวนิชย์ และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537 : 72) กล่าวว่า ความเบ้ คือข้อมูลชุดใดที่มีการแจกแจงสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงข้อมูลชุดนั้น จะมีลักษณะเป็นรูปประฆังที่สมมาตรที่มีมัธยเลขคณิต เส้นโค้งทางด้านขวาของมัธยเลขคณิต และทางด้านซ้ายมัธยเลขคณิต จะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ มัธยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท แต่ถ้าข้อมูลที่มีการแจกแจงไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปด้านใดด้านหนึ่ง มัธยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยมก็จะมีค่าต่างกัน

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540 : 121) กล่าวว่า ความเบ้ คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจง ที่ไม่อยู่ในรูปสมมาตร ถ้าลักษณะของโค้งลึบไปทางด้านคะแนนสูง เรียกว่า โค้งเบ้ไปทางบวก ถ้าโค้งลึบไปทางด้านคะแนนน้อย เรียกว่า โค้งเบ้ไปทางลบ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545 : 84) กล่าวว่า ความเบ้ คือ ขนาดความไม่สมมาตรของการแจกแจงข้อมูล เมื่อโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลมีลักษณะ สมมาตร (Symmetry) ถือว่าโค้งนั้นสมดุลหรือไม่เบ้ แต่ถ้าโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลไม่สมมาตรถือว่าโค้งนั้นเบ้

จากความหมายต่าง ๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความเบ้ คือ ลักษณะของโค้งการแจกแจงที่ไม่สมมาตร มีลักษณะเบ้ไปข้างใดข้างหนึ่ง ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน

ประชากรที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร เส้นโค้งที่ได้จากการแจกแจงจะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำที่สมมาตรกันที่ค่าเฉลี่ย เส้นโค้งทางด้านขวาและด้านซ้ายของค่าเฉลี่ยจะมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ ค่าเฉลี่ย (Mean) มัธยฐาน (Median) และฐานนิยม (Mode) จะมีค่าเท่ากันหรือทับกันสนิท ดังภาพประกอบ 2

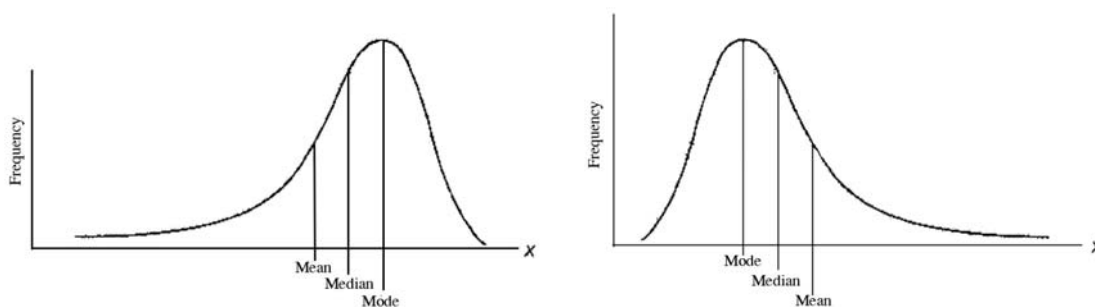


Mean=Median=Mode

ก. เส้นโค้งรูปประฆังที่มีลักษณะสมมาตรหรือไม่เบ้

ภาพประกอบ 2 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบสมมาตร

ส่วนประชากรที่มีการแจกแจงไม่สมมาตร เส้นโค้งที่ได้จะมีลักษณะเบ้ไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน และค่าฐานนิยมจะมีค่าต่างกัน ดังภาพประกอบ 3



Mode > Median > Mean

ข. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่ามากหรือเบ้ซ้าย

Mean > Median > Mode

ค. เส้นโค้งเบ้ไปทางค่าน้อยหรือเบ้ขวา

ภาพประกอบ 3 แสดงเส้นโค้งของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่สมมาตร

จากภาพประกอบ 3 ประชากรจะมีการแจกแจงไปทางซ้าย ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าฐานนิยมและประชากรจะมีการแจกแจงเบ้ไปทางขวา ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่ามากกว่าฐานนิยม

การวัดความเบ้ (Measure of Skewness) วิธีการวัดความเบ้มีสามวิธีคือ

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

1) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้ว

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

2) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา (Positive skewness Distribution)

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

3) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางซ้าย (Negative skewness Distribution)

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

ซึ่งการหาความเบ้นั้นอาศัยระบบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับฐานนิยมในการวัดความเบ้ คือ

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

แนวความคิดการวัดความเบ้ตามลักษณะดังกล่าวนี้ เป็นการวัดภาพรวม โดยการแจกแจงมีลักษณะเหมือนเดิม ทั้งนี้เพราะความต่างรวมของค่าเฉลี่ยกับค่าฐานนิยมของข้อมูลชุดใดๆ อาจเท่ากัน แต่ลักษณะการกระจายของข้อมูลอาจต่างกันก็ได้ ดังนั้นเพื่อให้การเปรียบเทียบระหว่างชุดต่างๆ ถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงควรลดการกระทบกระเทือนของการกระจาย โดยนำค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเข้ามาเกี่ยวข้องในการคิดคำนวณด้วยผลที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ความเบ้ของเพียร์สัน คือ

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

อย่างไรก็ตาม การใช้ค่าฐานนิยมในการคิดคำนวณ ถ้าอันตรภาคชั้นใหญ่เกินไปหรือเล็กเกินไป จะทำให้ค่าฐานนิยมผิดไปจากความจริงได้ ดังนั้นถ้าการแจกแจงไม่เบ้มากเกินไปนิยมที่จะใช้ค่ามัธยฐานที่มีความสัมพันธ์กับค่าฐานนิยมแทนลงในสมการ คือ

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

โดยค่าความเบ้จะมีค่าอยู่ระหว่าง +3 ถึง -3

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

1) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้ว

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

2) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

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

3) ถ้าการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวา

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

$$\text{ดังนั้น } S_k = \frac{Q_3 + Q_1 - 2Q_2}{Q_3 - Q_1}$$

โดยค่าความเบ้จะมีค่าระหว่าง +1 ถึง -1 แต่ถ้าวการแจกแจงเป็นโค้งสมมาตรแล้วค่าความเบ้จะเท่ากับศูนย์ และถ้าวโค้งเบ้ไปทางขวาค่าที่ได้จะเป็นบวก ถ้าวเบ้ไปทางซ้ายค่าที่ได้จะเป็นลบ

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_2 เป็นค่าโมเมนต์ที่ 3
 S เป็นค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์ คำนวณได้จาก

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

เมื่อ M_r คือค่าโมเมนต์ที่ r

การวัดความเบ้ด้วยโมเมนต์ที่สามนี้จะให้ค่าดังนี้

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

2.3 ความโด่ง (Kurtosis)

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

วินัส พิชาวนิชย์ และสมจิต วัฒนาขยางกุล (2537 : 76) กล่าวว่า ความโด่ง ก็คือการวัดเส้นโค้งว่าจะมีความโด่งมากน้อยเพียงไร เส้นโค้งที่เราเรียกว่าเส้นโค้งปกติ เส้นโค้งใดที่โด่งผิดจากเส้นโค้งปกติ ก็นับเป็นเส้นโค้งที่ไม่ปกติทั้งสิ้นแม้จะเป็นรูปประฆังที่สมมาตรก็ตาม

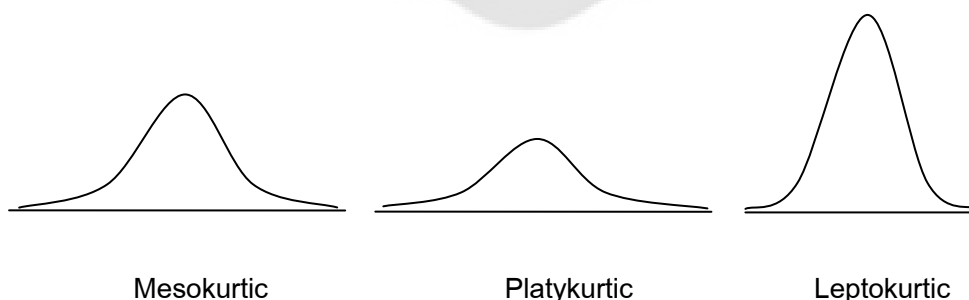
ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2540 : 121-126) กล่าวว่า ความโด่ง หมายถึง ลักษณะการโค้งของการแจกแจงความถี่ว่าสูงโด่งหรือเตี้ย นั่นคือพยายามมองโค้งของการแจกแจงตามแนวตั้ง ลักษณะความโด่งมีสามประเภท คือ โด่งมาก (Leptokurtic), โด่งปานกลาง (Mesokurtic) และโด่งน้อยหรือโค้งการแจกแจงเป็นรูปแบนๆ (Platykurtic)

ศิริชัย กาญจนวาสี (2545 : 86) กล่าวว่า ความโด่ง (Ku) คือ ขนาดความสูงของการแจกแจงข้อมูล เมื่อโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลมีขนาดสูงโด่ง เรียกว่า Leptokurtic หรือโค้งการแจกแจงความถี่ของข้อมูลมีขนาดเตี้ยแบน เรียกว่า Platykurtic แต่ถ้าโค้งจากการแจกแจงความถี่มีขนาดไม่สูงโด่งหรือเตี้ยแบนเกินไป เรียกว่าขนาดความสูงปานกลาง หรือ Mesokurtic

จากความหมายต่างๆ ที่นักสถิติและนักการศึกษาได้ให้ไว้ อาจสรุปได้ว่า ความโด่ง คือ ลักษณะของโค้งของการแจกแจงที่สมมาตร ที่มีความโด่งของโค้งต่างกัน

ความโด่งของการแจกแจงประชากร มีสามลักษณะดังนี้

- 1) เส้นโค้งที่มีความโด่งปกติ เรียกว่า โค้งชนิดปกติ (Mesokurtic)
- 2) เส้นโค้งที่แบนราบกว่าปกติ เรียกว่า โค้งชนิดแบนราบ (Platykurtic)
- 3) เส้นโค้งที่มีความโด่งกว่าปกติ เรียกว่า โค้งชนิดแหลมสูง (Leptokurtic)



ภาพประกอบ 4 แสดง Kurtosis แบบต่างๆ ของโค้งของการแจกแจง

การวัดความโด่ง

การวัดความโด่งสามารถพิจารณาได้จาก โมเมนต์ที่ 4 คือ

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

โดย $Ku = 3$ แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)

$Ku < 3$ แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic)

$Ku > 3$ แสดงว่า เป็นโค้งแหลมสูง (Leptokurtic)

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

โดย $Ku = 0$ แสดงว่า เป็นโค้งปกติ (Mesokurtic)

$Ku < 0$ แสดงว่า เป็นโค้งแบนราบ (Platykurtic)

$Ku > 0$ แสดงว่า เป็นโค้งแหลมสูง (Leptokurtic)

ซึ่งการแจกแจงแบบโค้งสูงจะมีความโด่งสูงและฐานแคบกว่าการแจกแจงปกติ แต่ถ้การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบจะมีความโด่งแบนราบและฐานกว้างกว่าการแจกแจงปกติ

จากเอกสารข้างต้นจะเห็นว่า ความเบ้ ความโด่ง มีหลายแบบ แต่ผู้วิจัยสนใจศึกษาห้าแบบ คือ การแจกแจงแบบโค้งปกติ การแจกแจงแบบเบ้บวก การแจกแจงแบบเบ้ลบ การแจกแจงแบบแหลมสูง และการแจกแจงแบบแบนราบ

3. ความถนัดทางการเรียน

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านตัวเลข ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.1 ความหมายของความถนัด

นักการศึกษา นักจิตวิทยา และนักวัดผลการศึกษา ได้ให้ความหมายของความถนัด (Aptitude) ไว้แตกต่างกันดังนี้

ครอนบาช (Cronbach. 1970 : 38) กล่าวว่า ความถนัดเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่กว้างขวางและอ้างอิงถึงสถานการณ์อนาคต

ชวาล แพรัตกุล (2517 : 1) กล่าวว่า ความถนัด หมายถึง สมรรถวิสัย (Capacity) และทิศทางแห่งความมอกงามของสมองหรือกล่าวให้ง่ายขึ้นก็หมายถึง ชีตความสามารถสูงสุดของบุคคล

ที่เขาอาจมีได้ต่อการเรียนรู้และการฝึกฝนในวิทยาการต่าง ๆ และทักษะทั้งปวง ถ้าเขาได้รับการฝึกฝนและประสบการณ์ที่เหมาะสม

สมบุรณ์ ชิตพงษ์ และสำเริง บุญเรืองรัตน์ (2518 : 17) กล่าวว่า ความถนัด หมายถึง ศักยภาพที่มีอยู่ในตัวบุคคลอันเป็นผลมาจากการฝึกฝนความรู้ และประสบการณ์ทั้งสิ้นทั้งปวง

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2527 : 27) กล่าวว่า ความถนัด หมายถึง ความสามารถที่บุคคลได้รับประสบการณ์ ฝึกฝนตนเอง และสั่งสมไว้มากจนเกิดเป็นทักษะเด่นชัด ด้านใดด้านหนึ่ง พร้อมทั้งจะปฏิบัติกิจกรรมด้านนั้นได้อย่างดี

จากความหมายของความถนัด ดังกล่าว อาจสรุปได้ว่า ความถนัด หมายถึง ความสามารถทางสมองของแต่ละบุคคลที่เกิดจากการเรียนรู้ ฝึกฝน และประสบการณ์ ซึ่งบุคคลนั้นสามารถแสดงออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2 ทฤษฎีสมรรถภาพสมองและความถนัด

ทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถภาพสมองและความถนัดมีหลายทฤษฎี แต่ที่สำคัญมีดังต่อไปนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2527 : 27-34)

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดียว (Uni – Factor Theory) บางทฤษฎีนั้นเรียกว่า Global Theory ผู้คิดทฤษฎีนี้คือ บิเนต์ และซิมอน (Binet and Simon. 1905) ทฤษฎีนี้เสนอโครงสร้างเชาว์ปัญญาเป็นลักษณะอันหนึ่งอันเดียวไม่แบ่งออกเป็นส่วย่อยคล้ายกับเป็นความสามารถทั่วไป (General Ability) นั้นเอง ในปี ค.ศ.1905 หรือ พ.ศ.2448 บิเนต์ และซิมอน ได้สร้างข้อสอบวัดตามแนวความคิดของเขาเป็นครั้งแรก ข้อสอบฉบับนี้สร้างวัดเชาว์ปัญญาเป็นแบบ Global Measure คือ วัดออกมาเป็นคะแนนเดียวแล้วแปลความหมายว่าใครมีปัญญาระดับใด

2. ทฤษฎีสององค์ประกอบ (Bi-Factor Theory) ทฤษฎีนี้เสนอโดยนักจิตวิทยาชาวอังกฤษ ชื่อ สเปียร์แมน (Charles Spearman) ในปี ค.ศ. 1927 ทฤษฎีนี้เกิดจากการวิเคราะห์คุณลักษณะโดยขบวนการทางสถิติ พบว่าสมรรถภาพทางสมองของมนุษย์นั้นมียุทธประกอบอยู่สองประการ คือ องค์ประกอบทั่วไป (General Factor) เรียกย่อ ๆ ว่า G-Factor และองค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factor) เรียกย่อ ๆ ว่า S-Factor แต่ละองค์ประกอบมีกิจกรรมเฉพาะตัวชนิดหนึ่งของมัน สมรรถภาพทั่วไปที่เรียกว่า G-Factor จะสอดแทรกอยู่ในทุกอริยาบถของความคิดและการกระทำของมนุษย์ แต่ละคนก็มีสมรรถภาพสมองชนิดทั่วไปนี้แตกต่างกันออกไปมากน้อยตามแต่ละบุคคล ส่วนองค์ประกอบเฉพาะ หรือ S-Factor นั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้มนุษย์มีความแตกต่างกัน และเป็นความสามารถพิเศษที่มีอยู่ในแต่ละบุคคล เช่น ความสามารถพิเศษด้านดนตรี ด้านศิลปะ การวาดเขียน ทางเครื่องยนต์กลไก และทางช่างต่าง ๆ เป็นต้น

3. ทฤษฎีหลายองค์ประกอบ (Multiple-Factor Theory) ทฤษฎีนี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางของนักจิตวิทยาชาวอเมริกัน ผู้นำในการสร้างทฤษฎีนี้คือ เทอร์สโตน (I.L.

Thurstone) เสนอทฤษฎีนี้เมื่อปี ค.ศ. 1933 โดยทำการวิจัยโครงสร้างทางสมองออกได้หลายอย่าง แต่ที่เห็นเด่นชัดและสำคัญ ๆ มีอยู่ 7 ประการ คือ

3.1 องค์ประกอบทางด้านภาษา (Verbal Factor ใช้ตัวย่อว่า V.) องค์ประกอบทางสมองส่วนนี้ จะส่งผลให้รู้ถึงความสามารถด้านความเข้าใจในภาษาและการสื่อสารทั่วไป ผู้มีองค์ประกอบด้านนี้สูงจะมีความสามารถในการอ่านเรื่อง อ่านแบบเข้าใจความหมาย รู้ความสัมพันธ์ของคำ รู้ความหมายของศัพท์ได้อย่างดี

3.2 องค์ประกอบด้านความคล่องแคล่วในการใช้ถ้อยคำ (Word Fluency Factor ใช้ตัวย่อว่า W.) เป็นความสามารถที่จะใช้คำได้มากในเวลาจำกัด เช่น ให้หาคำที่ขึ้นต้นด้วย “ต” มากที่สุดในเวลาที่จำกัด

3.3 องค์ประกอบด้านจำนวน (Number Factor ใช้ตัวย่อว่า N.) เป็นความสามารถที่มองเห็นความสัมพันธ์ และความหมายของจำนวน และมีความแม่นยำคล่องแคล่วในการบวก ลบ คูณ หาร ในวิชาเลขคณิตเป็นอย่างดี

3.4 องค์ประกอบด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor ใช้ตัวย่อว่า S.) เป็นความสามารถที่จะเข้าใจถึงขนาดและมิติต่าง ๆ ได้แก่ ความสั้นยาว ใกล้เคียง และพื้นที่หรือทรงตันที่มีขนาดและปริมาตรที่ต่างกัน สามารถสร้างจินตนาการให้เห็นส่วนย่อยและส่วนผสมของวัตถุต่าง ๆ ที่นำมาซ้อนทับกันสามารถรู้ความสัมพันธ์ของรูปทรงเรขาคณิตเมื่อเปลี่ยนแปลงที่อยู่

3.5 องค์ประกอบด้านความจำ (Memory Factor ใช้ตัวย่อว่า M.) เป็นความสามารถในการจำเรื่องราว และมีสติรู้ลึกจนสามารถถ่ายทอดได้

3.6 องค์ประกอบด้านการสังเกตพิจารณา (Perceptual Factor ใช้ตัวย่อว่า P.) เป็นความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดความคล้ายคลึง หรือความแตกต่างระหว่างสิ่งของต่าง ๆ อย่างรวดเร็วถูกต้อง

3.7 องค์ประกอบด้านเหตุผล (Reasoning Factor ใช้ตัวย่อว่า R.) เป็นความสามารถในการจัดประเภทอุปมาอุปไมย และสรุปความได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

4. ทฤษฎีไฮราซิคอล (Hierarchical Theory) ผู้นำทฤษฎีนี้คือ เวอร์นอน (Vernon) เบิร์ต (Burt) ชาวอังกฤษ และฮัมฟรี (Humphreys) ชาวอเมริกัน โดยเวอร์นอนได้เสนอโครงสร้างของเชาว์ปัญญาในปี ค.ศ. 1960 โดยเริ่มต้นอธิบายตามแบบของสเปียร์แมน นั่นคือ เวอร์นอนเริ่มจุดแรกด้วย G-Factor ขึ้นต่อไปแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบใหญ่ ๆ คือ ความถนัดทางภาษา (Verbal Education ; V : ed) ความถนัดทางช่าง (Practical Mechanical ; K : m) ซึ่งองค์ประกอบใหญ่ทั้งสองรวมเรียกว่า Verbal-Education ; V : ed ยังแบ่งย่อยออกเป็นองค์ประกอบด้านภาษา (Verbal) องค์ประกอบด้านตัวเลข (Number) และอื่น ๆ อีก ส่วนด้าน K : m ได้แบ่งออกเป็นความรู้เชิงกล (Mechanical Information) มิติสัมพันธ์ (Spatial) ความสามารถในการใช้กลไกของกล้ามเนื้อ (Psychomotor Abilities) และอื่น ๆ อีก ซึ่งแต่ละองค์ประกอบย่อยยังแบ่งออกเป็นองค์ประกอบย่อย ๆ ลงไปอีกเป็นองค์ประกอบต่ำที่สุด เรียกว่า องค์ประกอบเฉพาะ (Specific Factors)

5. ทฤษฎีโครงสร้างสามมิติของปัญญา (Three Faces of Intellect Model) สร้างขึ้นโดย กิลฟอร์ด (Guidford) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณลักษณะเชาว์ปัญญาเป็น 3 มิติ คือ

มิติที่ 1 ด้านกระบวนการหรือวิธีการของการคิด (Operations) มีส่วนประกอบย่อย 5 ส่วน คือ การรู้การเข้าใจ (Cognition) ความจำ (Memory) ความคิดนอกเนกนัย (Divergent Production) การคิดแบบเอกนัย (Convergent Production) และการคิดแบบประเมินค่า (Evaluation)

มิติที่ 2 ด้านเนื้อหา (Content) เป็นด้านที่ประกอบด้วยสิ่งเร้าและข้อมูลต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 4 อย่าง ดังนี้ ภาพ (Figural) สัญลักษณ์ (Symbolic) ภาษา (Semantic) และพฤติกรรม (Behavioral)

มิติที่ 3 ผลการคิด (Products) เป็นผลของกระบวนการจัดกระทำของความคิดกับข้อมูลจากเนื้อหา แบ่งออกเป็น 6 อย่าง ดังนี้ หน่วย (Unit) จำพวก (Classes) ความสัมพันธ์ (Relation) ระบบ (System) การแปลงรูป (Transformation) และการประยุกต์ (Implication)

6. ทฤษฎีความสามารถทางสมองสองระดับ (Two-Level Theory of Mental Ability) ทฤษฎีนี้เสนอโดยเจนเซน (Jensen) เสนอทฤษฎีว่าความสามารถทางสมองมีสองระดับ คือ ระดับ I (Level I) เป็นความสามารถด้านการเรียนรู้และจำอย่างนกแก้ว นั่นคือ เป็นความสามารถที่จะสะสมหรือเก็บข้อมูลไว้ได้และพร้อมที่จะระลึกนึกออกได้ ระดับ II (Level II) เป็นระดับของการจัดกระทำทางสมองเป็นขั้นสร้างมโนภาพ เหตุผล และแก้ปัญหา ระดับนี้เหมือนองค์ประกอบทั่วไป (G-Factor)

7. ทฤษฎีปัญญาของแคทเทลล์ ผู้คิดทฤษฎีนี้ คือ อาร์ บี แคทเทลล์ (R.B.Cattell) เขาเสนอทฤษฎีปัญญาวา โครงสร้างเชาว์ปัญญา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

7.1 ส่วนที่เป็นฟลูอิด (Fluid Component) เป็นความสามารถทั่วไป ผู้ที่มีความสามารถด้านนี้สูงจะสามารถทำงานเหล่านี้ได้ดี เช่น ความสามารถด้านเหตุผลเชิงอุปมานและอนุมานเหตุผลสัมพันธ์ความสามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมภาพ เป็นต้น

7.2 ส่วนที่เป็นคริสตอลไลซ์ (Crystallized Component) เป็นความสามารถที่เชื่อมโยงกับวัฒนธรรมและสิ่งแวดล้อมอย่างใกล้ชิด เป็นความสามารถที่จะเข้าใจภาษาความสามารถที่จะประเมินคุณค่า เป็นต้น

3.3 ประโยชน์ของแบบทดสอบวัดความถนัด

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2527 : 119-124) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบความถนัดมีประโยชน์และมีความจำเป็นอย่างมากต่อการพัฒนาการศึกษาทั้งทางตรงและทางอ้อม สรุปได้ 9 ประการดังนี้

1. ใช้ในการสอบคัดเลือก
2. ใช้ในการแยกประเภทนักเรียน
3. ใช้ในการวินิจฉัยความสามารถ

4. ใช้ในการแนะนำการศึกษาและอาชีพ
5. ใช้ในการพยากรณ์ความสำเร็จ
6. ใช้สำหรับวัดพัฒนาการ
7. ใช้สำหรับเปรียบเทียบสติปัญญา
8. ใช้ในการวิจัย
9. ใช้ในการประเมินผลการศึกษา

3.4 ลักษณะแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข

แบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2541 : 93-102) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบและค้นคว้า ผู้ตอบมีมีโนภาพทางคณิตศาสตร์เพียงใด แต่จะต้องดูให้ลึกลงไปในแง่ของความสัมพันธ์ของปริมาณตัวเลข โดยทั่วไปแล้วการออกข้อสอบวัดด้านนี้ นิยมออกหลายรูปแบบ แม้แต่ การบวก ลบ คูณ หาร ก็สามารถออกเป็นข้อสอบให้มีจำนวนข้อสอบหลายข้อ และมีเวลาทำจำกัด ผู้ที่ทำได้คะแนนได้สูง ๆ สามารถพยากรณ์ได้ว่าเขามีความสามารถทางคณิตศาสตร์ได้เช่นกัน แต่ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลขแบบเลขอนุกรม

ตัวเลขอนุกรม (Number series)

ตัวเลขอนุกรมเป็นลักษณะการวางเรียงตัวเลขอย่างเป็นระบบ มีกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นชุด ๆ แล้วตัดตัวเลขตัวใดตัวหนึ่งในระบบออกหรืออาจเป็นตัวถัดไป แล้วให้หาตัวที่น่าจะเป็นตัวเลขใด ตัวเลขอนุกรมมีอยู่หลายแบบ

1. ตัวเลขอนุกรมธรรมดา เป็นอนุกรมในแนวเดียว แต่สามารถทำได้หลายระบบ

ก. ระบบเดียว ตัวอย่าง 2 3 5 8? ตัวระบบ คือ +1, +2, +3 ไปเรื่อย ๆ แบบนี้ ดังนั้นคำตอบต้องเป็น $8+4 = 12$ ตัวสำคัญคือ ระบบ จะยากจะง่ายอยู่ที่วิธีการกำหนดระบบ

ข. ระบบซ้อน จะเป็นระบบที่เขียนให้ซ้อนกันอย่างน้อย 2 ระบบขึ้นไป เช่น +1, +2, +1, +3, +1, +4 หรือ +3, -1, +4, -2, +5, -3 เป็นต้น ระบบซ้อนนี้อาจจะเป็น + กับ - หรือ สลับเครื่องหมายทางคณิตศาสตร์แบบต่าง ๆ แม้กระทั่งการยกกำลังก็สามารถมาสร้างเป็นอนุกรมได้

วิธีการกำหนดระบบในการสร้างข้อสอบตัวเลขอนุกรมนั้น จะต้องมีส่วนตั้งตัวแรกก่อนเสมอ ต่อจากนั้นจึงกำหนดระบบหรือแนวโน้มของตัวเลข ซึ่งมีวิธีกำหนดอยู่หลายวิธี เช่น การบวก ลบ คูณ หาร และแบบผสม

1.1 วิธีบวก ขั้นแรกกำหนดตัวต้นก่อน ต่อจากนั้นกำหนดระบบเป็นลักษณะเพิ่มขึ้นแบบการบวก การกำหนดระบบอาจเป็นแบบตรง ๆ หรือแบบขึ้นลงตามกลวิธีก็ได้ เช่น ถ้า +1, +2, +3...ไปเรื่อย ๆ อย่างนี้เรียกว่า แบบธรรมดา ถ้า +1, +2, +1, +4 ...ไปเรื่อย ๆ อย่างนี้เรียกว่า เพิ่มอย่างมีกลวิธี ดังตัวอย่าง

ข้อ (1) 3 5 7 9 ...?...

- ก. 10 แบบนี้ระบบเพิ่มขึ้นทีละ 2 คือ +2, +2, +2 ไปเรื่อย ๆ ดังนั้นถัดจาก 9 + 2
- ข. 11 จึงเป็น 11 คำตอบถูก จึงเป็น ข
- ค. 13
- ง. 14
- จ. 16

ข้อ (2) 3 4 6 9 ...?...

- ก. 12 แบบนี้ระบบเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน คือ +1, +2, +3... เขียนให้เห็นแนวโน้ม
- ข. 13 ดังนั้นต่อไปเป็น +4 ดังนั้น $9+4 = 13$ คำตอบจึงเป็น ข
- ค. 15
- ง. 16
- จ. 17

ข้อ (3) 7 8 10 11 14 15 ...?...

- ก. 16 แบบนี้ระบบเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน คือ +1, +2, +3... เขียนให้เห็นแนวโน้ม
- ข. 17 ดังนั้น ต่อไปเป็น +4 ดังนั้น $9 + 4 = 13$ คำตอบจึงเป็น ข
- ค. 18
- ง. 19
- จ. 21

1.2 วิธีลบ ใช้วิธีคล้ายกันกับวิธีบวก เพียงแต่ระบบเกิดจากการลบเป็นหลัก ตัวตั้งแรกมักจะมีค่ามากหน่อย เพื่อป้องกันการลบไปลบมาเป็นเครื่องหมายติดลบ ซึ่งไม่นิยมใช้ ดังตัวอย่าง

ข้อ (1) 25 22 19 16 ...?...

- ก. 9 ระบบของข้อนี้เป็นค่าลบเท่ากันตลอด คือ -3, -3, -3 ดังนั้น ระบบต่อไปก็
- ข. 12 ต้องเป็น -3 ตัวเลขถัดไปจึงเกิดจาก $16 - 3 = 13$ คำตอบถูกจึงเป็น ค
- ค. 13
- ง. 14
- จ. 15

ข้อ (2) 25 24 21 19 16 13 ...?...?

- ก. 7 ระบบของข้อนี้ใช้กฎวิธี -1, -3, -2, -3, -3, -3 เป็นลักษณะระบบข้อหายาก
- ข. 9 ขึ้นน้อย แต่ต้องให้สามารถเห็นแนวโน้มได้ ตัวเลขต่อไปจึงเป็น
- ค. 10 $13 - 3 = 10$ ตอบ ค
- ง. 11
- จ. 12

1.3 วิธีคูณ อาศัยวิธีเดียวกันกับวิธีที่กล่าวมาแล้ว เพียงแต่ระบบเป็นผลของการคูณนั่นเอง ตัวเลขที่เพิ่มขึ้นจากการคูณ ดังนั้นตัวตั้งจะต้องตั้งไว้น้อยน้อย มิฉะนั้นค่าของตัวถัด ๆ ไป จะสูงเกินไป ดังตัวอย่าง

ข้อ (1) 3 6 12 24 ...?...?

- ก. 26 ข้อนี้ระบบตัวคูณคงที่ คือ 2 คูณต่อกันไปเรื่อย ๆ ดังนั้นตัวสุดท้ายเกิดจาก
- ข. 32 $24 \times 2 = 48$ คำตอบถูก จึงเป็นข้อ ง
- ค. 40
- ง. 48
- จ. 58

ข้อ (2) 3 3 6 6 18 ...?...?

- ก. 9 ข้อนี้ระบบจะซับซ้อนขึ้นมาหน่อย แต่ก็ยังไม่มากนัก เกิดจาก $x1, x2, x1,$
- ข. 12×3 , เป็นระบบ $x1, x1$ กับระบบ $x2, x3, x4$ ไปเรื่อย ๆ ดังนั้น $18 \times 1 = 18$
- ค. 13 ข้อถูก คือ ก
- ง. 14
- จ. 14

1.4 วิธีหาร เป็นแบบเดียวกับวิธีคูณ นอกจากจะต้องเริ่มต้นด้วยตัวเลขที่มีค่ามาก แล้วจะต้องหาตัวที่ระบบหารได้ลงตัวเป็นระยะด้วยการให้เป็นเลขเศษส่วน เป็นวิธีไม่ค่อยดีนัก แต่ถ้าจำเป็นก็สามารถนำมาใช้ได้ วิธีง่ายอีกแบบหนึ่งก็คือ ให้คิดกลับข้างกันกับวิธีคูณ นั่นคือ ทำวิธีคูณก่อน จะเป็นระบบธรรมดาหรือระบบซ้อนก็ได้ พอเสร็จแล้วนำมาเขียนกลับข้างกันก็จะเป็นระบบการหารที่มีคุณภาพ คือ ไม่มีเศษส่วน เช่น ตัวอย่าง

ข้อ (1) 1005 10 5 ...?...?

- ก. 1 ข้อนี้ระบบเกิดจากเอา 2 หาร แล้วเอา 5 หาร สลับกันไป นั่นคือ หาร 2,
- ข. 2 หาร 5, หาร 2, หาร 5 ดังนั้น หาร 5 = 1 คำตอบถูก คือ ก แต่ตัวเลือก
- ค. 3 ค่อนข้างจะลงได้ยาก
- ง. 4
- จ. 5

ข้อ (2) 120 40 20 5 5 ...?...?

- ก. 0 ข้อนี้เป็นการหาร 2 ระบบ สังเกตดูจะเห็นว่า หาร 3, หาร 2, หาร 4, หาร 1,
- ข. 1 หาร 5 นั่นคือ ระบบหารด้วย 3, 4, 5 และ 2, 1, 0 ดังนั้น คำตอบถูก คือ ข
- ค. 2 ได้จาก 5 หาร 5 = 1 นั่นเอง
- ง. 3
- จ. 4

1.5 วิธีผสม เป็นการสร้างระบบโดยอาศัยวิธีทางคณิตศาสตร์แตกต่างกันออกไป เช่น บวกกับลบ บวกกับหาร บวกกับยกกำลัง ลบกับคูณ ฯลฯ สามารถนำมาเกี่ยวข้อกันอย่างน้อย 2 ระบบขึ้นไป จะทำให้ตัวเลขอนุกรมคิดยากขึ้น ดังตัวอย่าง

ข้อ (1) 2 5 4 8 7 ...?...?

- ก. 10 ข้อนี้มี 2 ระบบ คือ บวกกับลบ +3, -1 ; +4, -1 ต่อไปนี้ +5 ดังนั้นเลขถัดไป
- ข. 12 จะเป็น $7 + 5 = 12$ คำตอบถูกต้องจึงเป็นตัวเลือก ข
- ค. 13
- ง. 14
- จ. 15

ข้อ (2) 5 5 2 4 1 1 ...?...?

- ก. 0 ข้อนี้มี 2 ระบบแบบผสม คือ ยกกำลังกับการลบ นั่นคือ ยกกำลัง 1, -3,
- ข. 1 กำลัง 2, -3 ยกกำลัง 3, -3 อย่างนี้เรื่อย ๆ คำตอบของเลขถัดไปจึงเป็น
- ค. -2 $1 - 3 = 2$ ตัวถูกคือ ค
- ง. -3
- จ. -5

2. เลขอนุกรมหลายชั้น คำว่าอนุกรมหลายชั้น หมายถึง มีอนุกรมธรรมดาอย่างน้อย 2 อนุกรมเกี่ยวข้งกัน ในอนุกรมธรรมดายังมีหลายระบบ ดังนั้นถ้ามีอย่างน้อย 2 อนุกรม ผู้ตอบจะต้องคิดถึง 4 ระบบ จะทำให้ยากกว่าอนุกรมธรรมดา อนุกรมแบบนี้มีอยู่ 3 ชนิด ที่นิยมใช้ทั่ว ๆ ไป คือ

2.1 แบบที่ผิด 1 ตำแหน่ง กำหนดอนุกรมให้ 2 อนุกรม แต่ละอนุกรมมี 5 ตัว อนุกรมหนึ่งจะถูกทุกตัว ส่วนอีกอนุกรมหนึ่งจะมีตัวเลขเรียงผิดอยู่ตัวหนึ่ง และถ้าอนุกรมเรียงถูกต้องทั้ง สองอนุกรมแล้วจะมีผลรวมเท่ากับจำนวนเลขที่กำหนดให้ ดังนั้น อนุกรมแบบนี้ต้องการให้ผู้ตอบหาตัวผิดนั่นเอง ดังตัวอย่าง

(1)	ก	ข	ค	ง	จ
อนุกรมหนึ่ง	1	2	3	4	5
อนุกรมสอง	1	3	6	7	9
ผลรวมตัวเลขเมื่ออนุกรมถูก					40

ข้อนี้ถ้าพิจารณาให้ดีแล้ว อนุกรมหนึ่งถูก รวมกันได้ 15 ดังนั้น อนุกรมสองจะต้องรวมกันได้ 25 จึงจะถูก แต่อนุกรมสองที่กำหนดปรากฏว่ารวมกันได้ 26 ซึ่งเกินไป 1 คงจะผิดตรงไหนแน่ พิจารณาจาก 1 ถึง 3 แปลว่า เพิ่ม 2, 3 ถึง 6 เพิ่ม 3, 6 ถึง 7 เพิ่ม 1 ส่วน 7 ถึง 9 เพิ่ม 2 แสดงว่าอนุกรมนี้ต้องเพิ่มทีละ 2 จึงจะถูก ดังนั้นจุดที่ผิด คือ 6 ซึ่งต้องเป็น 5 คำตอบจึงเป็น ค ผลรวมทั้งหมดเท่ากับ 40 พอดี

(2)	ก	ข	ค	ง	จ
อนุกรมหนึ่ง	5	6	6	5	7
อนุกรมสอง	3	4	6	9	13
ผลรวมตัวเลขเมื่ออนุกรมถูก					62

สำหรับข้อนี้ ผลรวมที่ถูกคือ 62 แต่อนุกรมสองอันรวมกันได้ 64 แสดงว่าตัวเลขที่ผิดนั้นจะต้องเกินไป 2 หลัก การเขียนก็ต้องอาศัยจากหลักการคิด ดังนั้นข้อนี้ลองคิดดูว่าอนุกรมใดที่ผิด และผิดที่จุดใดถ้าคิดไม่ออกให้พิจารณาอนุกรมตัวเลขที่เรียงค่าตามลำดับดูก่อนว่าเพิ่มขึ้นเป็นระบบหรือไม่ ในที่นี้เพิ่มขึ้น +1, +2, +3, +4 อนุกรมสองนี้ถูกแน่ เหลืออนุกรมหนึ่งที่ต้องรวมกันได้ 27 จึงจะถูก ขณะนี้รวมกันได้ 29 ยังเกินไป 2 ไม่ตัวใดก็ตัวหนึ่ง ถ้ายังไม่ออกให้ดูระบบความแตกต่างของแต่ละช่วงจะเป็น +1, +0, -1, +2, เอา 2 ระบบนี้มาพิจารณาไม่ +1, +0, ก็ต้องเป็น -1, +2 แน่ ๆ คำตอบคือ ข

2.2 แบบที่ผิด 2 ตำแหน่ง เป็นแบบเอาอนุกรมที่ไม่ยากนักมาเข้าคู่กัน 2 อนุกรม จะมีตัวเลข 5 ตัวหรือมากกว่านั้นก็ได้ และให้มีผิดทั้งสองอนุกรม คำตอบให้อาตัวเลขที่ผิดในอนุกรม มาไว้เป็นคู่ ดังตัวอย่าง

(1) ให้หาตัวเลขที่ผิดอนุกรมจาก

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 ตัวเลขที่ผิด คือ 7 อนุกรมสองเพิ่มขึ้นทีละ 2 ตัว เลขที่ผิด คือ 6 คำตอบถูกจึงเป็น 7, 6 อนุกรมแบบนี้ จุดประสงค์เพื่อ จะวัดวิธีคิดสองอย่างในข้อเดียวกัน อนุกรมอาจยาวกว่านี้ก็ได้

2.3 แบบกำหนดแนวโน้มของอนุกรมให้เป็นชุด ๆ แล้วหาระบบการเรียงที่เกี่ยวข้องกัน เพราะทุกอนุกรมจะเชื่อมโยงแนวความคิดให้ซึ่งกันและกัน การพิจารณาระบบการเรียงหรือแนวโน้มของตัวเลขเป็นสิ่งสำคัญมาก ผู้เขียนข้อสอบจะต้องรักษาความเป็นปรนัยให้ดี อย่าให้มีโอกาสเป็นไปได้หลายแง่หลายมุม จะทำให้คำตอบมีปัญหาในภายหลัง วิธีนี้บางโครงสร้างเป็นลักษณะหลายมิติ คือ สัมพันธ์ หรือเกี่ยวพันกันทั้งแนวตั้งและแนวนอน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1)

8	
4	2

4	
2	1

20	
10	?

- ก. 2 แบบนี้ให้พิจารณาแต่ละชุดก่อน เช่นชุดแรกเกิดจาก 2 คูณ จาก 2 เป็น 4
 ข. 4 เป็น 8 ชุดที่ 2 เป็นลักษณะ 2 คูณ เช่นเดียวกัน เพียงแต่ตัวเลขเปลี่ยนไป
 ค. 5 ดังนั้นชุดที่ 3 คงต้อง 2 คูณเหมือนกัน เพราะมีแนวโน้มอย่างนั้น คำตอบ
 ง. 6 ถูกคือ 5 วิธีการคิดอาจจะเอา 2 หารจากเลขหลักบนลงมาก็ได้
 จ. 7

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในต่างประเทศ

แบลร์ และ ฮิกกินส์ (Blair and Higgins. 1980 : 309-335) ได้ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบของวิลค็อกชันกับการทดสอบที่ภายใต้ลักษณะการแจกแจงของประชากรแบบ Uniform, Laplace, Half normal, Exponential, mixed normal และ Mixed-normal และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีขนาด (n_1 , n_2) เท่ากับ (3, 9), (6, 6), (9, 27), (18, 18), (27, 81) และ (54, 54) พบว่า สถิติทดสอบของวิลค็อกชัน มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าสถิติทดสอบที่มาก

คอนโนเวอร์ และ ไอแมน (Conover and Iman. 1982 : 715-745) ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวทดสอบสถิติแบบพาราเมตริก และตัวทดสอบสถิติแบบนอนพาราเมตริก 2 ตัวทดสอบ คือ ตัวทดสอบสถิติของ Quade และตัวทดสอบสถิติของ McSweeney และ Porter ในการวิเคราะห์ ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ที่มี 4 ทรีตเมนต์ เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ แบบลอกนอร์มอล แบบเอกซ์โปเนนเชียล แบบยูนิฟอร์ม และแบบโคชี สำหรับ ตัวแปรร่วมกำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 เท่ากันทุกกลุ่ม ผลการศึกษาพบว่า ตัวทดสอบสถิติแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 ตัวทดสอบ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกรูปแบบการแจกแจง ส่วนตัวทดสอบสถิติแบบพาราเมตริกสามารถควบคุมได้เฉพาะการแจกแจงแบบปกติและแบบยูนิฟอร์ม เมื่อพิจารณาถึงอำนาจการทดสอบของตัวทดสอบสถิติแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 2 ตัวทดสอบ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่าตัวทดสอบสถิติแบบพาราเมตริกเมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบลอกนอร์มอล แบบเอกซ์โปเนนเชียลและแบบโคชี

คามิส (Khamis. 1990 : 317-335) ได้พัฒนาการทดสอบของ Kolmogorov และ Smirnov แบบ delta-corrected เฉพาะกรณีที่มีพารามิเตอร์ของการแจกแจง โดยใช้ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่างที่มีพารามิเตอร์ที่เรียกว่า delta โดยการใช้นิยามของฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของตัวอย่างนี้ พบว่าไม่ว่าจะทดสอบโดยใช้ค่า delta ไตจะไม่มีผลกระทบต่อระดับนัยสำคัญของการทดสอบ และค่า delta ที่ใช้ในการคำนวณจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 และให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุดเมื่อพิจารณาการถดถอยเชิงเส้นตรงระหว่างอำนาจการทดสอบกับค่า delta ซึ่งได้มีการศึกษาแล้วพบว่าเมื่อค่าความชันของเส้นถดถอยเป็นบวก ค่า delta ที่ดีที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 1 และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อค่าความชันของเส้นถดถอยเป็นลบ โดยอาศัยคุณสมบัติว่าอำนาจการทดสอบที่แต่ละค่าของ delta จะเป็นแบบทางเดียว (Monotonic) กล่าวคือ อำนาจการทดสอบที่แต่ละค่าของ delta จะเป็นแบบไม่เพิ่มขึ้นทางเดียว (Non-Increasing) และเป็นแบบไม่ลดลงทางเดียว (Non-Decreasing)

คามิส (Khamis. 2000 : 439-450) ได้พัฒนาการทดสอบของ Kolmogorov และ Smirnov แบบ two stage delta-corrected จากปัญหาของการใช้การทดสอบของ Kolmogorov และ Smirnov

แบบ delta-corrected พบว่าเมื่อใช้ค่า δ ที่แตกต่างกัน คือ 0 หรือ 1 อาจจะทำให้ผลสรุปของการทดสอบที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่สามารถหาข้อสรุปได้ชัดเจน ซึ่งการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov โดย Kolmogorov และ Sminov แบบ two stage delta-corrected จะประกอบด้วย 2 การทดสอบ คือ การทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov แบบ 0-corrected และแบบ 1-corrected เมื่อใช้การทดสอบ 2 การทดสอบมาประกอบกัน จะมีผลทำให้ค่าของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบสูงขึ้นเล็กน้อย จึงได้มีการปรับค่าวิกฤตของการทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov แบบ two stage delta-corrected เพื่อให้ได้ค่าของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของการทดสอบเป็นไปตามระดับที่กำหนด โดยวิธีการทดสอบสมมติฐานถ้าพบว่าการปฏิเสธสมมติฐานหลักของการทดสอบใดการทดสอบหนึ่งหรือปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบจึงจะสรุปว่ายอมรับสมมติฐานหลัก การศึกษานี้จะแสดงให้เห็นว่าการทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov แบบ two stage delta-corrected นั้น มีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov

งานวิจัยในประเทศ

เจิตพร หัซซะวณิช (2529 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยประชากร โดยวิธีพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบที่ การทดสอบเอฟ กับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ และการทดสอบแบบแมน-วิทนีย์ แบบครัสคัล-วอลลิส กับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรที่ทำการศึกษามีค่าเท่ากับ 5 เปอร์เซ็น 10 เปอร์เซ็น 20 เปอร์เซ็น และ 30 เปอร์เซ็น ขนาดตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 4 6 8 10 20 และ 40 ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของประชากร 2 ประชากร ผลจากการใช้การทดสอบที่ และแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน ไม่แตกต่างกันเมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ ซึ่งมีค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีที่ตรงกันมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการศึกษา และเมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 10 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันมีค่ามากกว่า 0.90 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติกและแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล ผลการใช้แรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน และการทดสอบแบบแมน-วิทนีย์จะไม่แตกต่างกัน เมื่อขนาดตัวอย่างมากกว่า 6 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันทั้งสองวิธีนี้มีค่ามากกว่า 0.90 ในทุกกรณีที่ทำการศึกษา เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 3 ประชากร ผลการทดสอบเอฟ และแรงค์ทรานสฟอร์มเมชันจะไม่แตกต่างกัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการศึกษา เมื่อขนาดของตัวอย่างมากกว่า 8 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่

ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.90 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ผลจากการใช้การทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส และแรงค์ทรานสฟอร์เมชันจะไม่แตกต่างกัน ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการวิจัย เมื่อขนาดของตัวอย่างมากกว่า 8 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.85 ส่วนในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล เมื่อค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรและขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น มีผลทำให้สัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามค่าสัดส่วนนี้ยังน้อยกว่า 0.75 เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากร 4 ประชากร การทดสอบเอฟ และแรงค์ทรานสฟอร์เมชันจะไม่แตกต่างกัน เมื่อประชากรมีการแจกแจงปกติ ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการวิจัย เมื่อขนาดของตัวอย่างมากกว่า 8 ผลการทดสอบสัดส่วนเท่ากับ 0.95 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบโลจิสติก ผลจากการใช้การทดสอบแบบครัสคัล-วอลลิส และแรงค์ทรานสฟอร์เมชันจะไม่แตกต่างกัน ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75 ในทุกกรณีที่ทำการวิจัย เมื่อขนาดของตัวอย่างมากกว่า 10 ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบที่ตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.85 ในกรณีที่ประชากรมีการแจกแจงแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียลค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรของประชากรเท่ากับ 30 เปอร์เซ็น ค่าสัดส่วนของผลการทดสอบทั้งสองวิธีให้ผลตรงกันจะมีค่ามากกว่า 0.75

นิดา แก้วหาวงษ์ (2535 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของการทดสอบ Kolmogorov และ Sminov 3 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov (D_n) การทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov แบบ modified (S_n) และการทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov แบบ delta-corrected (g_n, δ) โดยใช้ค่า δ เท่ากับ 0 และ 1 ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยศึกษาความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ โดยศึกษาอำนาจการทดสอบเมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบดับเบิลเอ็กซ์โปเนนเชียล และแบบโลจิสติก การจำลองแบบข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MINITAB ที่ขนาดตัวอย่าง 5, 10 และ 20 ตามลำดับ การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำทั้งกรณีที่ทราบ และไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง ตามสมมติฐานหลัก การวิเคราะห์ข้อมูล กรณีที่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์จะทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ 2 แบบ นั่นคือค่าเฉลี่ยของตัวอย่างและความแปรปรวนของตัวอย่างที่ใช้ตัวหารด้วย n และ $n-1$ ในแต่ละสถานการณ์ทำการทดลอง 500 ครั้ง เพื่อคำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของการทดสอบ Kolmogorov และ Sminov ทั้ง 3 แบบ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ กรณีทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง สถิติทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov ทั้ง 3 แบบ สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไว้ได้ทุกสถานการณ์ที่ศึกษาและสถิติทดสอบของ S_n ให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อค่าเฉลี่ยของประชากรเพิ่มขึ้น รองลงมาคือ สถิติทดสอบของ g_n, δ กรณีไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง สถิติทดสอบของ Kolmogorov และ Sminov ทั้ง 3 แบบ เมื่อตัวประมาณค่าหารด้วย n สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไว้ได้เฉพาะที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 10 และ 20 ที่ทุกระดับนัยสำคัญ สถิติทดสอบของ $g_n, \delta = 0$ ให้

อำนาจการทดสอบสูงที่สุดที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5 แต่ไม่สามารถความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเป็น 10 และ 20 สถิติทดสอบของ g_n , $\delta = 1$ ให้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด รองลงมา คือ สถิติทดสอบของ S_n เมื่อตัวประมาณค่าหารด้วย n สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เกือบทุกขนาดตัวอย่างและทุกระดับนัยสำคัญ สถิติทดสอบของ S_n ไม่สามารถความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5 และระดับนัยสำคัญ .05 สถิติทดสอบของ g_n , $\delta = 1$ ให้อำนาจการทดสอบสูงในเกือบทุกสถานการณ์ที่ศึกษา รองลงมา คือ สถิติทดสอบของ S_n

กมลทิพย์ ปรัชญชรินทร์ (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบอำนาจของการทดสอบ (power of the test) ของตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร 3 และ 5 กลุ่ม ได้แก่ ตัวสถิติทดสอบเอฟ (F) ตัวสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (KW) ตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอว์ (NS) และตัวสถิติทดสอบแบบดัดแปลงอย่างต่อเนื่อง (CA) เมื่อสุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน ได้แก่ การแจกแจงแลมดตาของตูเกีร์ การแจกแจงปกติ การแจกแจงแกมมา และการแจกแจงลอกลนอร์มอล ขนาดของตัวอย่างที่กำหนดเท่ากัน เท่ากับ 5, 10, 20, 30, 40 และ 50 ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.10 ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ อำนาจการทดสอบพิจารณา 2 กรณี คือ กรณีแรก ประชากรมีการแจกแจงปกติ พบว่าที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตัวสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงสุด และที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 ตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอว์มีอำนาจการทดสอบสูงสุด กรณีที่สอง การแจกแจงของประชากรไม่ใช่แบบปกติ โดยทั่วไป ตัวสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิสมีอำนาจการทดสอบสูงสุด ยกเว้น กรณีความเบ้อยู่ระหว่าง 0.0-0.5 และความโด่งอยู่ในระดับต่ำและปานกลาง พบว่า ตัวสถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบสูงกว่า เมื่อ $n < 10$ และตัวสถิติทดสอบนอร์มอลสกอว์มีอำนาจการทดสอบสูงกว่า เมื่อ $n > 10$ ค่าอำนาจการทดสอบจะแปรผันตามความเบ้ ความโด่ง จำนวนกลุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย

ปิยมาภรณ์ ศรีสุข (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ กับ สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ที่วิเคราะห์จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งสูงแหลม โค้งแบนราบ และจากกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกัน ห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2544 สังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 593 คน ที่ได้จากการสุ่มแบบสองขั้นตอน แล้วนำมาสุ่มแบบใส่คืน ผลการศึกษาพบว่า 1. ผลการเปรียบเทียบระหว่างสถิติทดสอบ เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงรูปทรงอื่น ๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่าง ๆ ที่เหลือทั้งหมด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 2. การเปรียบเทียบระหว่างการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง ผลการทดสอบทั้งสถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ที่กลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน 3. การเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มตัวอย่าง

ที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ผลการทดสอบทั้ง สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ของทุกรูปแบบการแจกแจง

สุพัตรา ชะมะบุตร (2546 : บทคัดย่อ) ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบสถิติทดสอบสำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์ในแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบเอฟ และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือสถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอว์ ซึ่งประกอบด้วยสถิติทดสอบเทอรี-โฮฟฟ์ ดิง นอร์มอล-สกอว์ และสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอว์ โดยศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบทั้ง 4 วิธี เมื่อความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก สำหรับข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้จากการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล กระทำซ้ำ 10,000 ครั้งในแต่ละกรณี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1. ค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของสถิติทดสอบเอฟสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้สูงสุด รองลงมาเป็นสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอว์ (สถิติทดสอบเทอรี-โฮฟฟ์ ดิง นอร์มอล-สกอว์ สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอว์) และสถิติทดสอบฟรีดแมน ตามลำดับ แต่เมื่อจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ($BL > 4$) สถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธีสามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ ใกล้เคียงกับสถิติทดสอบเอฟ ทั้งในกรณีที่ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก 2. อำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอว์ (สถิติทดสอบเทอรี-โฮฟฟ์ ดิง นอร์มอล-สกอว์ มีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแวน เดอ แวร์เดน นอร์มอล-สกอว์) มีค่ามากกว่าอำนาจการทดสอบ ของสถิติทดสอบเอฟ ส่วนสถิติทดสอบฟรีดแมน ไม่สามารถควบคุมอัตราความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ จึงไม่ได้นำมาทำการเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ เมื่อขนาดของการทดลองมีขนาดเล็ก ($TR=3$ และ $BL=4$) แต่เมื่อจำนวนทรีทเมนต์ และจำนวนบล็อกเพิ่มขึ้น ($TR=4,5$ และ $BL=7,10$) สถิติทดสอบเอฟมีอำนาจการทดสอบใกล้เคียงกับสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริกทั้ง 3 วิธี เมื่อความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของทรีทเมนต์มาก และความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ และแบบโลจิสติก

จากการศึกษาเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว จะเห็นว่างานวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยนั้น นอกจากเลือกใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ศึกษาแล้ว ยังต้องพบปัญหาในการเลือกใช้สถิติทดสอบที่เหมาะสม เช่น สถิติทดสอบที สถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบแมน-วิทนี ยู สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ และสถิติครัสคัล-วัลลิส ซึ่งผลการวิจัยที่ผ่านมายังไม่พบว่ามีผู้ศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบที และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบแมน-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ ว่าแต่ละสถิติทดสอบ แต่ละข้อมูลที่แตกต่างกัน แต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่าไรจึงจะให้ผลการเปรียบเทียบแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

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

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 114 โรงเรียน จำนวน 2,385 ห้องเรียน และมีนักเรียนทั้งหมดจำนวน 112,715 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 ของโรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 8 โรงเรียน จำนวน 16 ห้องเรียน และมีนักเรียนจำนวน 769 คน ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling) มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

ประมาณกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาด้วยความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบตารางขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ควรเลือกจากประชากรพบว่าต้องใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 398 คน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2540 : 400 ; อ้างอิงจาก Yamane. 1967 : 886-887) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่าง 769 คน ซึ่งทำการสุ่มดังนี้

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

1. โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ มีนักเรียนมากกว่า 2,500 คน มี 44 โรงเรียน
2. โรงเรียนขนาดใหญ่ มีนักเรียน 1,500-2,500 คน มี 44 โรงเรียน
3. โรงเรียนขนาดกลาง มีนักเรียน 500-1,500 คน มี 26 โรงเรียน

สุ่มโรงเรียนมาประมาณร้อยละ 5 ของแต่ละขนาด ได้โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษ 3 โรงเรียน โรงเรียนขนาดใหญ่ 3 โรงเรียน และโรงเรียนขนาดกลาง 2 โรงเรียน

ขั้นที่ 2 สุ่มห้องเรียนโดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) โดยให้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 เป็นชั้นของการสุ่ม (Strata) และห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) ได้ 16 ห้อง ในการวิจัยครั้งนี้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 769 คน ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 รายชื่อโรงเรียน และจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา

โรงเรียน	ม. 1			ม. 2		
	ห้อง	ห้องที่สุ่มได้	นักเรียน	ห้อง	ห้องที่สุ่มได้	นักเรียน
ขนาดใหญ่พิเศษ						
1. บางกะปิ	12	1	50	12	1	49
2. พระโขนงพิทยาลัย	12	1	48	12	1	48
3. สามเสนวิทยาลัย	13	1	52	13	1	50
ขนาดใหญ่						
1. เทพศิลา	10	1	49	10	1	49
2. มัธยมวัดธาตุทอง	10	1	47	10	1	46
3. มัธยมวัดหนองจอก	14	1	51	14	1	50
ขนาดกลาง						
1. ทวีวัฒนา	9	1	45	7	1	45
2. มักกะสันพิทยา	8	1	46	7	1	44
รวม	88	8	388	85	8	381

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ซึ่งสร้างตามแนวทฤษฎีของเทอร์สโตน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะข้อที่เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านตัวเลขจากแบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านตัวเลขของ นุชริน ไบโพธิ์ (2544 : 111-118) ที่ทำการศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการตรวจข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกันระหว่างวิธี Lord' χ^2 วิธี Mantel – Haenszel และวิธี SIBTEST โดยใช้แบบทดสอบวัดความถนัดด้านคณิตศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบเลือกตอบที่ถูกเพียงข้อเดียวจำนวน 60 ข้อ ซึ่งมีความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ .895

1. นำแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลขไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาจำนวน 100 คน แล้วนำไปวิเคราะห์ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยวิธี KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่น .8466

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 และนำผลมาบันทึกเป็นประชากรเทียมแล้วสุ่มตามขนาดและตามลักษณะการแจกแจงที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 769 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม
2. สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ กลุ่มต่ำสุด
 1. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้
 - 1.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดจำนวน 10% กลุ่มสูงจำนวน 40% กลุ่มต่ำจำนวน 40% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม
 - 1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่
 2. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้
 - 2.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดจำนวน 10% กลุ่มสูงจำนวน 15% กลุ่มต่ำจำนวน 25% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 50% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวก หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

3.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดจำนวน 50% กลุ่มสูงจำนวน 25% กลุ่มต่ำจำนวน 15% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบ หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นสูงแหลม โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

4.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดจำนวน 5% กลุ่มสูงจำนวน 45% กลุ่มต่ำจำนวน 45% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 5% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นสูงแหลม หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

5.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มสูงสุดจำนวน 20% กลุ่มสูงจำนวน 30% กลุ่มต่ำจำนวน 30% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 20% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบ หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลในแต่ละลักษณะการแจกแจงข้อมูล ของทุกกลุ่มทุกขนาด มาทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ

4. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที่แตกต่างกัน ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันและกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน โดยใช้ Q-test

5. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบเดียวกัน ในการการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยใช้สูตร $\chi^2 - \text{test}$

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

นำแบบทดสอบไปทดลองแล้วนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบจากสูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 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 เท่ากับ $1 - p$
 s_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือฉบับนั้น

2. สถิติทดสอบที่เป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 สถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวน

2.2 สถิติทดสอบที (t-test Independent) (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2546 : 165-166)

กรณี $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

- | | | | |
|-------|-------------|-----|----------------------------------|
| เมื่อ | t | แทน | สถิติทดสอบที |
| | $\bar{X}_1$ | แทน | คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 |
| | $\bar{X}_2$ | แทน | คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 |
| | S_p^2 | แทน | ความแปรปรวนร่วม |
| | n_1 | แทน | ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1 |
| | n_2 | แทน | ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2 |

กรณี $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

เมื่อ	t	แทน	สถิติทดสอบที
	$\bar{X}_1$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	$\bar{X}_2$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	S_1^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	S_2^2	แทน	ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างที่ 2
	n_1	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	n_2	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

2.3 สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (The Mann-Whitney U test)

(นิภา ศรีไพโรจน์. 2533 :121)

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - \sum R_1$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - \sum R_2$$

เมื่อ	U_1, U_2	แทน	สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู
	n_1	แทน	กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 1
	n_2	แทน	กลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรกลุ่มที่ 2
	$\sum R_1$	แทน	ผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 1
	$\sum R_2$	แทน	ผลรวมของอันดับของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่ 2

2.4 สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test)

(นิภา ศรีไพโรจน์. 2533 :129)

$$D = \text{Maximum } |S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)|$$

เมื่อ	D	แทน	สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ
-------	-----	-----	-------------------------------

$S_{n_1}(x)$ แทน ความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 1

$S_{n_2}(x)$ แทน ความถี่สัมพัทธ์สะสมของกลุ่มตัวอย่างที่ 2

2.5 สถิติทดสอบการแจกแจงแบบปกติ โดยใช้สูตร Kolmogorov-Smirnov test
(กัลยา วาณิชย์บัญชา. 2539 : 249)

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

เมื่อ $F(x)$ แทน ความถี่สะสมของคะแนนที่สังเกตได้

$S(x)$ แทน ความถี่ของคะแนนที่คาดหวัง

นำค่า D ที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต ซึ่งเปิดจากตาราง Kolmogorov-Smirnov test ถ้า D ที่คำนวณได้ น้อยกว่า D ที่เปิดตาราง หมายความว่า ลักษณะการแจกแจงของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ

2.6 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความเบ้ (วิรัช วรรณรัตน์. 2535 : 28)

$$S_k = \frac{M_3}{S^2} = \frac{M_3}{M_2 \sqrt{M_2}}$$

เมื่อ S_k แทน ค่าความเบ้

M_3 แทน ค่าโมเมนต์ที่ 3

M_2 แทน ค่าโมเมนต์ที่ 2

S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยค่าโมเมนต์คำนวณได้จาก

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

เมื่อ M_r คือค่าโมเมนต์ที่ r

2.7 สถิติที่ใช้ในการทดสอบความโด่ง (วิรัช วรรณรัตน์. 2535 : 30)

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

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

3. สถิติทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่แตกต่างกันของสถิติทดสอบ t-test Independent สถิติทดสอบ The Mann-Whitney U test และ สถิติทดสอบ The Kolmogorov-Smirnov Two-Sample test ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันและกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน โดยใช้ Q-test (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์. 2527 : 77)

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

เมื่อ	Q	แทน	การแจกแจงแบบ 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

นำค่า Q ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่า Qวิกฤต ซึ่งเปิดจากตาราง ไค – สแควร์ ที่ $df = k - 1$ ถ้าค่า Q ที่คำนวณได้ มากกว่า Q วิกฤต หมายความว่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบต่างกัน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกัน

3.2 สถิติทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างจำนวนกลุ่มที่มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมีนัยสำคัญที่ได้มาจากการเปรียบเทียบวิธีเดียวกัน ในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยใช้สูตร χ^2 - test (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2546 : 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)

ในกรณีที่ตารางการแจกแจงเป็นแบบ 2X2 ค่า Degrees of freedom (df) = (r-1)(c-1) = (2-1)(2-1) = 1 (r แทนจำนวนแถว c แทนจำนวนสดมภ์) การคำนวณหา χ^2 – test (นิภา ศรีโพธิ์โรจน์. 2533 :104-105) หาได้จาก

$$\chi^2 = \frac{n \left(|O_{11}O_{22} - O_{12}O_{21}| - \frac{n}{2} \right)^2}{n_{1.}n_{2.}n_{.1}n_{.2}}$$

เมื่อ	χ^2	แทน	การทดสอบไค – กำลังสอง
	O	แทน	ค่าความถี่ที่ได้มาจริง (จำนวนกลุ่มที่ปฏิเสธ H_0)
	n	แทน	ผลรวมทั้งหมดของความถี่ที่สังเกตได้
	$n_{1.}$	แทน	ผลรวมของความถี่ที่สังเกตได้ในแถวที่ 1
	$n_{2.}$	แทน	ผลรวมของความถี่ที่สังเกตได้ในแถวที่ 2
	$n_{.1}$	แทน	ผลรวมของความถี่ที่สังเกตได้ในสดมภ์ที่ 1
	$n_{.2}$	แทน	ผลรวมของความถี่ที่สังเกตได้ในสดมภ์ที่ 2

นำค่า χ^2 ที่คำนวณได้ไปเทียบกับค่า χ^2 วิกฤต ซึ่งเปิดจากตาราง ไค – สแควร์ ที่ df = n – 1 ถ้าค่า χ^2 ที่คำนวณได้ มากกว่า χ^2 วิกฤต หมายความว่าลักษณะการแจกแจงของข้อมูลต่างกันให้ผลการทดสอบแตกต่างกัน

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความถนัดทางด้านตัวเลข
2. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้าลักษณะ และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ในการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที

- 2.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

- 2.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

3. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้าลักษณะ และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ในการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมน-วิทนี

- 3.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบแมน-วิทนี จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

- 3.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบแมน-วิทนี จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้าลักษณะ และกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันห้าขนาด ในการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ

- 4.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

- 4.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

5. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมน-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ และจากขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน คือ ขนาด 10, 20, 30, 40, และ 50 คน

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
S^2	แทน	ความแปรปรวน
Sk	แทน	ค่าความเบ้
Ku	แทน	ค่าความโด่ง
t-test	แทน	สถิติทดสอบที
U-test	แทน	สถิติทดสอบแมน-วิทนีย์ ยู
K-S test	แทน	สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ
Q	แทน	สถิติทดสอบคิว
χ^2	แทน	สถิติทดสอบแบบไค-กำลังสอง
Not Rej.	แทน	ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก
Rej.	แทน	ปฏิเสธสมมติฐานหลัก
Nor.	แทน	การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ
Pos.	แทน	การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก
Neg.	แทน	การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ
Lep.	แทน	การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม
Plat.	แทน	การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบความถนัดทางด้านตัวเลข

การวิเคราะห์ตอนนี้ ได้จากการนำผลการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข กับกลุ่มตัวอย่างขนาด 769 คน ที่เป็นประชากรเทียม (Sudo Population) มาหาค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง รวมทั้งหมดและแยกตามระดับชั้น ดังปรากฏในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนความสามารถทางสมองด้านความถนัดทางด้านตัวเลข ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

นักเรียนชั้น	N	k	$\bar{x}$	SD	Sk	Kur	K-S test
ม.1	388	30	20.43	3.36	-.172	-.054	2.16**
ม.2	381	30	23.11	3.10	-.499	-.169	
รวม	769	30	21.75	3.50	-.327	-.257	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตาราง 2 ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนความถนัดด้านตัวเลขของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 769 คน มีค่าเฉลี่ย 21.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.50 ค่าความเบ้ -.327 ค่าความโด่ง -.257 โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 20.43 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.36 ค่าความเบ้ -.172 ค่าความโด่ง -.054 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 23.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.10 ค่าความเบ้ -.499 ค่าความโด่ง -.169 จากการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิธรอฟ พบว่า ข้อมูลจากประชากรเทียม 769 คน ที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

2. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด ในสถิติทดสอบที่

2.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที่ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ในแต่ละรูปทรงการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ด้วยสถิติ

ทดสอบที่ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 - test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 3 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ จากกลุ่มตัวอย่างห้า ขนาด

การแจกแจงของ ข้อมูล		จำนวนผลการทดสอบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง					χ^2
		10	20	30	40	50	
Nor.	Not Rej.	20	21	12	10	5	24.91**
	Rej.	10	9	18	20	25	
Pos.	Not Rej.	22	17	11	6	3	33.92**
	Rej.	8	13	19	24	27	
Neg.	Not Rej.	19	26	13	12	11	21.31**
	Rej.	11	4	17	18	19	
Lep.	Not Rej.	21	26	10	7	9	37.52**
	Rej.	9	4	20	23	21	
Plat.	Not Rej.	26	25	12	9	14	33.09**
	Rej.	4	5	18	21	16	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 3 เมื่อการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ของการแจกแจงข้อมูล รูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($\chi^2 = 24.91$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ($\chi^2 = 33.92$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ($\chi^2 = 21.31$) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ($\chi^2 = 37.52$) และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ($\chi^2 = 33.09$) ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 - test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 4

ตาราง 4 การเปรียบเทียบผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีจากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล	ขนาดกลุ่ม ตัวอย่าง	20	30	40	50
Nor.	10	.00	3.28	5.40	13.44**
	20		4.31	6.67**	15.27**
	30			.07	2.95
	40				1.42
Pos.	10	1.17	6.73**	15.07**	22.22**
	20		1.67	7.05**	12.68**
	30			1.31	4.57
	40				0.52
Neg.	10	3.20	1.67	2.40	3.27
	20		10.55**	12.13**	13.82**
	30			.00	.07
	40				.00
Lep.	10	1.57	6.67**	11.32**	8.07**
	20		15.63**	21.82**	17.55**
	30			.33	.00
	40				.09
Plat.	10	.00	12.13**	17.55**	9.08**
	20		10.15**	15.27**	7.33**
	30			.29	.61
	40				1.13

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 4 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบที จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ด้วยสถิติทดสอบที มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 - test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 5

ตาราง 5 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที จากการแจกแจงข้อมูล
ห้ารูปทรง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง		จำนวนผลการทดสอบตามการแจกแจงของข้อมูล					χ^2
		Nor.	Pos.	Neg.	Lep.	Plat.	
10	Not Rej.	20	22	19	21	26	4.83
	Rej.	10	8	11	9	4	
20	Not Rej.	21	17	26	26	25	11.55
	Rej.	9	13	4	4	5	
30	Not Rej.	12	11	13	10	12	.73
	Rej.	18	19	17	20	18	
40	Not Rej.	10	6	12	7	9	3.67
	Rej.	20	24	18	23	21	
50	Not Rej.	5	3	11	9	14	13.10
	Rej.	25	27	19	21	16	

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 5 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่าง
ขนาดเดียวกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบทีกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มี
จำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อรูปทรงของการแจกแจงข้อมูลต่างกัน
แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรง
ต่างกันห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด ในสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู

3.1 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากการแจกแจงข้อมูล
รูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มตัวอย่างห้า
ขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ในแต่ละรูปทรงการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง คือ
การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้
ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ด้วยสถิติ
ทดสอบแมนน์-วิทนี ยู มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของ
กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด

การแจกแจงของ ข้อมูล		จำนวนผลการทดสอบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง					χ^2
		10	20	30	40	50	
Nor.	Not Rej.	22	24	12	11	6	31.47**
	Rej.	8	6	18	19	24	
Pos.	Not Rej.	25	17	12	8	6	31.37**
	Rej.	5	13	18	22	24	
Neg.	Not Rej.	23	25	12	12	10	26.52**
	Rej.	7	5	18	18	20	
Lep.	Not Rej.	20	26	12	7	8	35.65**
	Rej.	10	4	18	23	22	
Plat.	Not Rej.	28	25	12	12	15	32.22**
	Rej.	2	5	18	18	15	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 6 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู ของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($\chi^2 = 31.47$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ($\chi^2 = 31.37$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ($\chi^2 = 26.52$) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ($\chi^2 = 35.65$) และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ($\chi^2 = 32.22$) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 7

ตาราง 7 การเปรียบเทียบผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล	ขนาดกลุ่ม ตัวอย่าง	20	30	40	50
Nor.	10	.09	5.50	6.73**	15.07**
	20		8.40**	9.87**	19.27**
	30			.00	1.98
	40				1.31
Pos.	10	3.89	10.15**	17.24**	21.62**
	20		1.07	4.39	7.05**
	30			.68	1.98
	40				.09
Neg.	10	.10	6.86**	6.86**	9.70**
	20		10.15**	10.15**	13.44**
	30			.07	.07
	40				.07
Lep.	10	2.33	3.28	9.70**	8.10**
	20		12.13**	21.82**	19.62**
	30			1.23	.68
	40				.00
Plat.	10	.65	16.88**	16.88**	11.82**
	20		10.15**	10.15**	6.08
	30			.07	.27
	40				.27

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 7 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 40 และ 50 คนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 และ 40 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู
จากการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง		จำนวนผลการทดสอบตามการแจกแจงของข้อมูล					χ^2
		Nor.	Pos.	Neg.	Lep.	Plat.	
10	Not Rej.	22	25	23	20	28	7.39
	Rej.	8	5	7	10	2	
20	Not Rej.	24	17	25	26	25	10.33
	Rej.	6	13	5	4	5	
30	Not Rej.	12	12	12	12	12	.00
	Rej.	18	18	18	18	18	
40	Not Rej.	11	8	12	7	12	3.30
	Rej.	19	22	18	23	18	
50	Not Rej.	6	6	10	8	15	8.89
	Rej.	24	24	20	22	15	

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 8 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วย สถิติทดสอบ แมนน์-วิทน์นีย์ ยู กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อรูปทรงของการแจกแจงข้อมูลต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด ในสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ

4.1 การเปรียบเทียบกับสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ในแต่ละรูปทรงการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 9

ตาราง 9 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไคโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ จากกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด

การแจกแจงของ ข้อมูล		จำนวนผลการทดสอบตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง					χ^2
		10	20	30	40	50	
Nor.	Not Rej.	28	25	18	18	15	18.62**
	Rej.	2	5	12	12	15	
Pos.	Not Rej.	29	27	20	18	14	25.99**
	Rej.	1	3	10	12	16	
Neg.	Not Rej.	27	25	22	22	20	5.86
	Rej.	3	5	8	8	10	
Lep.	Not Rej.	28	28	21	14	17	26.65**
	Rej.	2	2	9	16	13	
Plat.	Not Rej.	29	27	25	20	22	12.01**
	Rej.	1	3	5	10	8	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 9 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบไคโมโกรอฟ-สมิ์รโนฟ ของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ($\chi^2 = 18.62$) การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ($\chi^2 = 25.99$) การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ($\chi^2 = 26.65$) และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ($\chi^2 = 12.01$) สำหรับการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ($\chi^2 = 5.86$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบรายคู่ต่อไป โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 10

ตาราง 10 การเปรียบเทียบผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากกลุ่มตัวอย่างที่ละคู่ ทั้งหมดห้าขนาด

การแจกแจง ของข้อมูล	ขนาดกลุ่ม ตัวอย่าง	20	30	40	50
Nor.	10	.65	7.55**	7.55**	11.82**
	20		2.95	2.95	6.08
	30			.07	.27
	40				.27
Pos.	10	.27	7.12**	9.82**	16.09**
	20		3.54	5.69	11.09**
	30			.07	1.70
	40				.06
Lep.	10	.27	4.01	13.41**	8.89**
	20		4.01	13.41**	8.89**
	30			2.47	.65
	40				.27
Plat.	10	.27	1.67	7.12**	4.71
	20		.14	3.54	1.78
	30			1.42	.39
	40				.08

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 10 ปรากฏว่า การเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน พบว่า

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 30 40 และ 50 คน กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 และ 50 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก แตกต่างกับกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.2 การเปรียบเทียบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำจำนวนผลการทดสอบ จากการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ ในแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด คือ ขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มาทดสอบความแตกต่างของจำนวนผลการทดสอบระหว่างขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ χ^2 -test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบผลการทดสอบ จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลห้ารูปทรง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง		จำนวนผลการทดสอบตามการแจกแจงของข้อมูล					χ^2
		Nor.	Pos.	Neg.	Lep.	Plat.	
10	Not Rej.	28	29	27	28	29	1.65
	Rej.	2	1	3	2	1	
20	Not Rej.	25	27	25	28	27	2.27
	Rej.	5	3	5	2	3	
30	Not Rej.	18	20	22	21	25	4.31
	Rej.	12	10	8	9	5	
40	Not Rej.	18	18	22	14	20	4.95
	Rej.	12	12	8	16	10	
50	Not Rej.	15	14	20	17	22	6.21
	Rej.	15	16	10	13	8	

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 11 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันแต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ปรากฏว่า ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบ โคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อรูปทรงของการแจกแจงข้อมูลต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน คือ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ และจากขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน คือ ขนาด 10, 20, 30, 40, และ 50 คน

การวิเคราะห์ครั้งนี้ได้นำจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด มาทดสอบความแตกต่างจำนวนผลการทดสอบ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างในกลุ่มของการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกันโดยใช้ Q-test ทดสอบ ผลจากการทดสอบปรากฏดังตาราง 3

ตาราง 12 เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูล และแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง	สถิติทดสอบ	การแจกแจงของข้อมูล									
		Nor.		Pos.		Neg.		Lep.		Plat.	
		Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.
10 คน	t-test	20	10	22	8	19	11	21	9	26	4
	U-test	22	8	25	5	23	7	20	10	28	2
	K-S test	28	2	29	1	27	3	28	2	29	1
Q-test		13.0**		9.25**		12.0**		14.3**		4.67	
20 คน	t-test	21	9	17	13	26	4	26	4	25	5
	U-test	24	6	17	13	25	5	26	4	25	5
	K-S test	25	5	27	3	25	5	28	2	27	3
Q-test		6.5		18.2**		0.67		4.0		2.67	

ตาราง 12 (ต่อ)

ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง	สถิติทดสอบ	การแจกแจงของข้อมูล									
		Nor.		Pos.		Neg.		Lep.		Plat.	
		Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.	Not Rej.	Rej.
30 คน	t-test	12	18	11	19	13	17	10	20	12	18
	U-test	12	18	12	18	12	18	12	18	12	18
	K-S test	18	12	20	10	22	8	21	9	25	5
Q-test		9.0		14.6**		16.5**		18.7**		19.9**	
40 คน	t-test	10	20	6	24	12	18	7	23	9	21
	U-test	11	19	8	22	12	18	7	23	12	18
	K-S test	18	12	18	12	22	8	14	16	20	10
Q-test		12.7**		20.7**		16.7**		12.3**		17.6**	
50 คน	t-test	5	25	3	27	11	19	9	21	14	16
	U-test	6	24	6	24	10	20	8	22	15	15
	K-S test	15	15	14	16	20	10	17	13	22	8
Q-test		18.2**		17.6**		15.2**		14.6**		14.3**	

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 12 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ปรากฏว่า เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างทุกขนาด การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างขนาด 10, 30, 40 และ 50 คน และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนการแจกแจงรูปทรงอื่นๆ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างๆ ที่เหลือ ผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะทำการเปรียบเทียบเป็นรายคู่โดยใช้ Q-test ทดสอบ ดังแสดงในตาราง 13

ตาราง 13 เปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูล และแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง เป็นรายคู่

วิธีการเปรียบเทียบเป็นรายคู่		ลักษณะการแจกแจง				
		Nor.	Pos.	Neg.	Lep.	Plat.
n = 10	t-test - U-test	2	1.8	4	1	2
	t-test - K-S test	8**	7**	8**	7**	3
	U-test - K-S test	6	4	4	8**	1
n = 20	t-test - U-test	3	0	1	0	0
	t-test - K-S test	4	10**	0.33	2	2
	U-test - K-S test	1	10**	0	2	2
n = 30	t-test - U-test	0	0.33	0.33	2	0
	t-test - K-S test	4.5	9**	9**	11**	11.3**
	U-test - K-S test	6	8**	10**	9**	11.3**
n = 40	t-test - U-test	0.33	2	0	0	3
	t-test - K-S test	8**	12**	8.33**	7**	11**
	U-test - K-S test	7**	10**	8.33**	7**	8**
n = 50	t-test - U-test	1	3	1	0.33	1
	t-test - K-S test	10**	11**	7.36**	8**	8**
	U-test - K-S test	9**	8**	8.33**	9**	7**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ตามตาราง 13 เมื่อการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ปรากฏว่า ผลเปรียบเทียบจำนวนผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูล และแต่ละขนาดกลุ่มตัวอย่าง เป็นรายคู่

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ

สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลือนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ



บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบแบบพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบที และสถิติทดสอบแบบนอนพาราเมตริก คือ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยกำหนดเป็นความมุ่งหมายเฉพาะ ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบที
 - 1.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 1.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู
 - 2.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 2.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ
 - 3.1 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน
 - 3.2 เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงต่างกัน แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน
4. เพื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบ ของสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ เมื่อประชากรมีลักษณะการแจกแจงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน

สมมุติฐานในการวิจัย

1. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบที
 - 1.1 จากการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงเดียวกัน แต่ขนาดกลุ่มตัวอย่างต่างกันห้าขนาด คือ 10, 20, 30, 40 และ 50 คน มีสมมุติฐานดังนี้
 - 1.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.1.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน
 - 1.1.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมุติฐานหลักแตกต่างกัน

1.2 จากขนาดกลุ่มตัวเดียวกัน แต่การแจกแจงของข้อมูลมีรูปทรงต่างกันห้ารูปทรง คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ มีสมมติฐานดังนี้

1.2.2 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผล
การไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

1.2.4 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 40 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผล
การไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนีย ยู

2.1.1 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้กลับ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.1.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ แต่กลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน ให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

2.2.1 เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน การแจกแจงข้อมูลต่างกัน ให้จำนวนผล
การไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4. การทดสอบด้วยสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีสมมติฐาน ดังนี้

4.1 เมื่อมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.2 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.3 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.4 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

4.5 เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างเดียวกันในขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ผลการทดสอบของสถิติทดสอบแต่ละวิธีให้จำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 769 คน โรงเรียนในสังกัดคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน เขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบสองขั้นตอน (Two-Stage Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดด้านตัวเลข ซึ่งสร้างตามแนวทางปฏิบัติของเทอร์สโตน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะข้อที่เป็นแบบทดสอบวัดความถนัดทางด้านตัวเลขจากแบบทดสอบวัดความถนัดทางคณิตศาสตร์ของ นุชริน ไบโพธิ์ (2544 : 111-118) มีค่าความเชื่อมั่น .8466

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ขอนหนังสือจากบัณฑิตวิทยาลัย 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 และนำผลมาบันทึกเป็นประชากรเทียมแล้วสุ่มตามขนาดและตามลักษณะการแจกแจงที่กำหนด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลที่ได้มาจากการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างขนาด 769 คน มาบันทึกเป็นประชากรเทียม
2. สุ่มข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างให้มีขนาด 10, 20, 30, 40 และ 50 คน ซึ่งแต่ละขนาดจะสุ่มมา 30 กลุ่ม โดยทำการสุ่มแบบใส่คืน และแบ่งกลุ่มคะแนนออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มสูงสุด กลุ่มสูง กลุ่มต่ำ กลุ่มต่ำสุด
 1. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งปกติ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้
 - 1.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มกลุ่มสูงสุดจำนวน 10% กลุ่มสูงจำนวน 40% กลุ่มต่ำจำนวน 40% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม
 - 1.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งปกติหรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่
 2. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

2.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มกลุ่มสูงสุดจำนวน 10% กลุ่มสูงจำนวน 15% กลุ่มต่ำจำนวน 25% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 50% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

2.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้บวก หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

3.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มกลุ่มสูงสุดจำนวน 50% กลุ่มสูงจำนวน 25% กลุ่มต่ำจำนวน 15% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 10% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

3.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นโค้งเบ้ลบ หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

4. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นสูงแหลม โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

4.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มกลุ่มสูงสุดจำนวน 5% กลุ่มสูงจำนวน 45% กลุ่มต่ำจำนวน 45% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 5% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

4.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นสูงแหลม หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

5. สุ่มให้ข้อมูลมีลักษณะการแจกแจงเป็นแบบแบนราบ โดยดำเนินการตามเงื่อนไขดังนี้

5.1 สุ่มคะแนนมาจากกลุ่มกลุ่มสูงสุดจำนวน 20% กลุ่มสูงจำนวน 30% กลุ่มต่ำจำนวน 30% และกลุ่มต่ำสุดจำนวน 20% จากข้อมูลทุกขนาดๆ ละ 30 กลุ่ม

5.2 ทำการทดสอบการแจกแจงว่าเป็นแบบแบนราบ หรือไม่ โดยทดสอบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลตามสถิติที่ใช้วิเคราะห์ เมื่อไม่เป็นผู้วิจัยได้ทำการสุ่มใหม่

3. นำข้อมูลในแต่ละลักษณะการแจกแจงข้อมูล ของทุกกลุ่มทุกขนาด มาทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ คือ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคโลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ

4. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วมีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที่แตกต่างกัน ในลักษณะการแจกแจงของข้อมูลที่มีลักษณะเดียวกันและกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดเดียวกัน โดยใช้ Q-test

5. ทดสอบความแตกต่างของจำนวนกลุ่มที่เมื่อทดสอบด้วยสถิติแล้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบเดียวกัน ในการการแจกแจงข้อมูลรูปทรงต่างกันและกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน โดยใช้สูตร $\chi^2 - \text{test}$

สรุปผลการวิจัย

1. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบที

1.1 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

1.2 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู

2.1 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบจากการแจกแจงของข้อมูลที่มีรูปทรง และกลุ่มตัวอย่างห้าขนาด ในสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ

3.1 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่การแจกแจงเป็นโค้งปกติ การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ สำหรับการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การทดสอบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อการแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกันแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากการแจกแจงข้อมูลรูปทรงเดียวกัน และจากขนาดกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน ได้ดังนี้

สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธ และปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลืออนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4.5 การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 30, 40 และ 50 คน ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนกลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาเป็นรายคู่พบว่า ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ มีจำนวนการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ที่เหลืออนอกนั้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ การแจกแจงข้อมูลที่มีรูปทรงต่างกัน คือ การแจกแจงเป็นโค้งปกติ โค้งเบ้บวก โค้งเบ้ลบ โค้งสูงแหลม โค้งแบนราบ และกลุ่มตัวอย่างขนาดต่างกัน คือ 10, 20, 30, 40, และ 50 คน ว่าจะให้ผลการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักต่างกันหรือไม่ เมื่อลักษณะของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ ผลการวิเคราะห์สามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาดจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ เมื่อการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 1.1 ที่ตั้งไว้ จากการศึกษาจะเห็นว่า ขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก และเมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 50 คน ขนาด 20 กับ 40 และ 50 คนเมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 30, 40 และ 50 คน ขนาด 20 กับ 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน กับ 30, 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 กับ 30, 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 กับ 30, 40 และ 50 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างการแจกแจงข้อมูลหารูปทรง จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที เมื่อกลุ่มตัวอย่างขนาดเดียวกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 1.1 ที่ตั้งไว้

3. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาดจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู เมื่อการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 2.1 ที่ตั้งไว้ จากการศึกษาจะเห็นว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก และเมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 40 และ 50 คน ขนาด 20 กับ 30 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 30 40 และ 50 คน ขนาด 20 กับ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน กับ 30, 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 คน กับ 40 และ 50 คน ขนาด 20 กับ 30, 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 30, 40 และ 50 คน ขนาด 20 คน กับ 30 และ 40 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างการแจกแจงข้อมูลหารูปทรง จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู เมื่อกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 2.2 ที่ตั้งไว้

5. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างขนาดกลุ่มตัวอย่างห้าขนาดจากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษาข้อ 3.1 ที่ตั้งไว้ จากการศึกษาจะเห็นว่าขนาดของกลุ่มตัวอย่างมีผลต่อจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐาน และเมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 30 40 และ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 30 40 และ 50 คน ขนาด 20 กับ 50 คน เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 และ 20 คน กับ 40 และ 50 คน และเมื่อการแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ กลุ่มตัวอย่างขนาด 10 กับ 40 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

6. การศึกษาจำนวนผลการไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลักระหว่างการแจกแจงข้อมูลหารูปทรง จากการทดสอบด้วยสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อกลุ่มตัวอย่าง

เดียวกัน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานของการศึกษา ข้อ 3.2 ที่ตั้งไว้

7. การศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ไม่ปฏิเสธและปฏิเสธสมมติฐานหลัก จากการวิเคราะห์ด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ในแต่ละการแจกแจงของข้อมูลห้ารูปทรง และในแต่ละขนาดของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า สถิติทดสอบที่ กับสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกลักษณะการแจกแจงและทุกขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปิยะมาภรณ์ ศรีสุข (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการใช้สถิติทดสอบเอฟ กับสถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส ซึ่งเป็นสถิติทดสอบพาราเมตริกและนอนพาราเมตริก ผลการศึกษาพบว่าผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นเมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ และกลุ่มตัวอย่างขนาด 20 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สถิติทดสอบที่ กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 20, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สำหรับ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู กับ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ เมื่อการแจกแจงเป็นโค้งปกติ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้บวก ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 20, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งเบ้ลบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งสูงแหลม ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 10, 30, 40 และ 50 คน การแจกแจงเป็นโค้งแบนราบ ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 30, 40 และ 50 คน ให้ผลการทดสอบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะในการนำไปใช้ และการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1.1 ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ มีความแตกต่างกันตามลักษณะการแจกแจงของข้อมูล และขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้นควรเลือกวิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลนั้นๆ

1.2 ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง สามารถเลือกใช้ สถิติทดสอบที่ และสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู สถิติทดสอบใดก็ได้เนื่องจากผลการทดสอบให้ผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ การแจกแจง

ข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้ลบ การแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม และการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบและขนาดกลุ่มตัวอย่างเป็น 10, 20, 30, 40 และ 50 คน

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัย

2.1 การศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ ด้วยวิธีการจำลองข้อมูล (Simulation) ด้วยคอมพิวเตอร์

2.2 การศึกษาเปรียบเทียบผลการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที่ สถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู และ สถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ จากข้อมูลที่มีการควบคุมความแปรปรวน



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กมลทิพย์ ปรัชญชรินทร์. (2541). การเปรียบเทียบตัวสถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรหลายกลุ่ม. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ถ่ายเอกสาร)
- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2539). หลักสถิติ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เจิตพร หัซชะวณิช. (2529). การเปรียบเทียบวิธีการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรโดยวิธีพาราเมตริกและนอนพาราเมตริกบางวิธีกับแรงค์ทรานสฟอร์มเมชัน. วิทยานิพนธ์ พ.ม. (สถิติ). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ถ่ายเอกสาร)
- ชวาล แพรัตกุล. (2517). การทดสอบเพื่อค้นและพัฒนาสมรรถภาพ. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2546). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [ผู้จัดทำหน้า]
- ธีระศักดิ์ อรุณานนท์. (2546). ความน่าจะเป็นและสถิติประยุกต์ เล่ม 1. กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์.
- นิฉา แก้วหาวงษ์. (2535). การศึกษาเปรียบเทียบกำลังการทดสอบของสถิติโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ 3 แบบ ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ : กรณีทราบและไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจง. วท.ม. (สถิติประยุกต์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (ถ่ายเอกสาร).
- นิภา ศรีโพธิ์โรจน์. (2533). สถิตินอนพาราเมตริก. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- นุชริน ไบโพธิ์. (2544). การเปรียบเทียบความสอดคล้องของผลการตรวจสอบข้อสอบที่ทำหน้าที่ต่างกัน ระหว่างวิธี Lord's χ^2 วิธี Mantel - Haenszel และวิธี SIBTEST. กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ถ่ายเอกสาร)
- บั้งอร ภูภิรมย์ขวัญ. (2523). สถิติประยุกต์ทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญนนตพงษ์. (2545). ประมวลสาระชุดวิชา การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา(หน่วยที่ 3). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช สาขาวิชาศึกษาศาสตร์.

- (2527). *การทดสอบอิงเกณฑ์: แนวคิดและวิธีการ*. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- ปิยมภรณ์ ศรีสุข. (2545). *การเปรียบเทียบผลการทดสอบสถิติทดสอบเอฟ (F-Test) กับ สถิติทดสอบครัสคัล-วัลลิส (Kruskal-Wallis Test)*. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. (ถ่ายเอกสาร)
- เพ็ญแข แสงแก้ว. (2540). *การวิจัยทางสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี : ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ล้วน สายศ และอังคณา สายยศ. (2541). *เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียนและความสามารถทั่วไป*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.
- (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น
- (2527). *หลักการสร้างแบบทดสอบความถนัดทางการเรียน*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- วิรัช วรรณรัตน์. (2535). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วินัส พิชาวนิชย์ และสมจิต วัฒนาขยางกุล. (2537). *สถิติสำหรับนักสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ประกายพริก.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2545). *สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิจัยการศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมบุญ ชิตพงษ์ และ สำเริง บุญเรืองรัตน์. (2518). *การวัดความถนัด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- สุพัทธา ชะมะบุตร. (2546). *การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบเอฟ สถิติทดสอบฟรีดแมน และสถิติทดสอบนอร์มอล-สกอว์ สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (วิจัยการศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ถ่ายเอกสาร)
- 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.
- Cochran, William G. and Cox, Gertrude M. (1975). *Experimental Design*. 2nd ed. New York : John Wiley and Sons.
- Conover, W.J. and R.L. Iman. (1982). "Analysis of covariance using the rank transformation," *Biometric*. 38:715-745.
- Cronbach, Lee J. (1970). *Essentials of Psychological Testing*. 3rd ed. New York : Harper & Row.

- Khamis, H.J. (2000). "The two-stage delta-corrected Kolmogorov-Smirnov Test,"
Journal of Application Statistics. 27 : 835-840.
- (1990). "The delta-corrected Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit,"
Journal of Statistics Planning and Inference. 24 : 317-335.
- Kohout, Frank J. (1974). *Statistics for social scientists : a coordinated learning system*.
New York : John Wiley.
- Winer, B.J. (1962). *Statistical Principles in Experiment Design*. New York : McGraw-Hill.



ภาคผนวก



อบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย

อบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย

ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบไครอฟ-สมิธโนฟ (K-S test) จากการแจกแจง

ด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบไครอฟ-สมิธโนฟ (K-S test) จากการแจกแจง

- [illegible]

ตาราง 14 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ค่าสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (K-S test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสองกลุ่ม จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ

กลุ่มตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)								
	10			20			30		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	0.17	10.50	0.51	1.35	35.50	0.67	2.81*	55.50*	1.04
2	2.11	3.50	1.03	1.54	30.00	0.89	2.68*	55.50*	1.04
3	4.77*	0.00*	1.44*	0.92	38.00	0.76	1.91	72.50	1.26
4	0.91	9.00	0.63	0.87	37.50	0.47	2.21*	46.00*	1.42*
5	2.63*	10.50	0.38	2.80*	47.00	0.44	2.25*	82.00	0.65
6	2.91*	1.00*	1.29	0.38	44.50	0.49	2.43*	53.00*	1.46*
7	3.30*	1.00*	1.26	3.16*	14.50*	1.64*	1.53	64.00	1.34
8	2.66*	2.00*	0.94	0.76	36.50	0.60	1.62	77.00	0.95
9	1.05	4.50	0.82	1.12	30.50	1.00	1.26	69.50	1.11
10	2.88*	2.50	0.96	0.15	48.00	0.44	3.63*	38.50*	1.64*
11	2.28	3.00	0.94	0.97	36.00	0.67	3.47*	35.50*	1.64*
12	2.03	3.00	1.03	0.39	36.50	0.91	2.57*	53.50*	1.41*
13	0.81	9.00	0.63	0.34	36.50	0.68	1.43	71.50	1.09
14	2.79*	2.50*	0.94	1.80	30.50	1.01	2.73*	55.50*	1.34
15	0.56	9.50	0.63	0.50	43.50	0.40	3.58*	44.00*	1.43*
16	2.39*	1.50*	1.16	2.52*	24.50	1.07	2.90*	49.50*	1.27
17	0.91	7.50	0.51	2.76*	20.50*	1.11	2.43*	58.00*	1.22
18	1.59	5.50	0.77	1.22	32.50	0.51	1.57	77.00	0.82
19	0.57	8.50	0.64	3.58*	13.00*	1.56*	3.47*	35.50*	1.86*
20	0.31	9.00	0.41	1.57	29.50	1.07	2.80*	52.50*	1.64*
21	1.35	4.00	0.82	4.99*	7.50*	1.78*	3.38*	33.50*	1.47*
22	1.39	6.00	0.90	0.87	28.00	0.83	1.53	81.00	1.04
23	1.49	7.00	0.63	1.45	31.50	0.76	3.10*	43.00*	1.64*
24	0.67	10.00	0.63	2.60*	17.50*	1.56*	1.59	58.50*	1.48*
25	4.78*	0.00*	1.54*	5.08*	5.00*	1.77*	1.22	76.50	0.64
26	1.05	4.50	1.26	1.33	34.50	0.89	0.69	95.00	0.73
27	0.01	9.00	0.48	0.48	44.50	0.36	0.85	90.00	0.74
28	1.71	6.00	0.94	2.08	20.50	0.92	1.48	73.50	1.09
29	0.08	9.00	0.62	0.89	36.00	0.67	2.60*	46.50*	1.36*
30	3.06*	2.00*	1.26	2.37*	25.00	0.89	3.52*	44.00*	1.35

ตาราง 14 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)					
	40			50		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	0.89	163.00	1.09	2.23*	164.00*	1.53*
2	3.37*	95.00*	1.29	3.80*	136.00*	1.55*
3	2.40*	103.50*	1.49*	2.30*	190.00*	1.27
4	0.67	143.00	0.72	2.70*	182.00*	1.35*
5	1.54	164.00	0.72	0.47	287.00	0.80
6	2.54*	109.50*	1.03	3.90*	142.00*	1.42*
7	2.53*	111.00*	1.10	2.45*	189.00*	1.26
8	1.43	150.00	0.94	3.39*	147.00*	1.51*
9	2.73*	103.50*	1.44*	3.63*	124.00*	1.62*
10	0.81	188.50	0.51	3.38*	147.00*	1.82*
11	3.30*	82.00*	1.38*	2.46*	191.00*	1.12
12	1.91	121.50*	1.35	2.49*	189.50*	1.13
13	3.49*	91.00*	1.62*	2.48*	177.50*	1.41*
14	3.02*	99.00*	1.17	3.42*	128.00*	1.89*
15	2.69*	113.00*	1.33	2.49*	207.00*	1.06
16	2.81*	103.00	1.30	3.35*	154.00*	1.45*
17	3.24*	90.50*	1.59*	2.50*	162.50*	1.24
18	4.14*	66.50*	1.67*	2.79*	186.00*	1.06
19	2.42*	122.00	1.09	2.68*	177.00*	1.38*
20	4.00*	74.00*	1.43*	3.16*	158.00*	1.57*
21	4.29*	65.50*	1.98*	2.35*	188.00*	1.21
22	2.71*	101.00*	1.62*	1.16	227.00	0.98
23	2.17*	126	1.16	1.79	201.00	0.86
24	2.78*	107.00*	1.46*	3.31*	154.50*	1.46*
25	2.19*	124.50*	1.40*	1.99	217.00	1.08
26	1.23	157.00	0.73	3.66*	130.00*	1.64*
27	1.44	147.00	0.81	2.42*	199.00*	1.47*
28	1.15	158.00	0.69	2.52*	186.50*	1.27
29	2.33*	119.00*	1.42*	1.28	250.00	0.89
30	1.51	126	0.74	2.05*	209.50	0.83

ตาราง 15 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ค่าสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (K-S test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสองกลุ่ม จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก

กลุ่มตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)								
	10			20			30		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	2.46*	3.50	1.16	0.49	39.50	0.56	2.94*	45.50*	1.60*
2	2.03	2.00*	1.03	2.84*	18.50*	1.52*	0.99	80.50	0.74
3	0.78	9.50	0.63	2.17*	13.50*	1.16	2.75*	50.00*	1.29
4	5.12*	0.00*	1.26	3.58*	15.50*	1.11	1.49	77.00	0.81
5	1.94	11.00	0.64	0.70	27.00	0.98	2.89*	78.50	0.81
6	1.85	6.00	0.63	1.24	30.00	0.65	4.81*	25.00*	1.92*
7	1.72	5.50	0.77	2.34*	25.00	0.74	4.81*	25.00*	1.92*
8	1.56	4.50	1.03	3.43*	13.50*	1.31	2.69*	47.50*	1.38*
9	3.51*	0.00*	1.44*	2.05	25.50	0.89	1.25	77.00	1.00
10	2.61*	4.00	0.94	2.51*	20.50*	1.11	3.44*	37.50*	1.64*
11	3.11*	2.00*	1.16	1.40	34.00	0.78	1.50	65.00	1.34
12	0.40	10.00	0.77	0.73	40.00	0.60	2.23*	56.00	0.90
13	0.71	11.00	0.63	1.53	27.50	1.11	2.77*	54.00*	1.09
14	2.61*	3.00	1.03	0.83	30.50	0.53	1.62	52.50	0.88
15	0.70	9.00	0.63	1.21	33.50	0.45	2.26*	58.50*	1.12
16	0.96	7.50	0.51	2.32*	16.00*	1.12	2.08*	63.00*	1.24
17	0.17	11.00	0.38	0.82	40.50	0.67	5.73*	17.50*	1.91*
18	0.59	8.50	0.64	4.13*	8.00*	1.34	1.92	61.00*	1.04
19	1.53	6.50	0.63	2.69*	14.00*	1.19	1.25	77.50	0.73
20	1.66	4.50	0.94	2.92*	14.50*	1.14	1.81	70.50	0.95
21	0.66	9.00	0.77	0.38	44.50	0.44	1.87	75.00	0.97
22	0.51	7.50	0.94	0.36	44.50	0.42	2.32*	60.00*	1.19
23	1.50	6.00	0.94	1.60	27.50	0.82	0.92	88.00	1.00
24	1.88	5.00	0.90	1.74	22.00	1.05	3.66*	29.00*	1.39*
25	2.24	3.50	0.90	2.61*	18.50*	1.28	2.12*	62.00*	1.14
26	2.58*	3.00	1.16	3.02*	14.50*	1.42*	2.51*	54.00*	1.56*
27	4.13*	1.00*	1.29	1.29	37.50	0.74	6.25*	13.00*	2.18*
28	1.64	5.50	1.16	3.51*	9.50*	1.46*	0.39	105.00	0.56
29	0.66	10.50	0.63	1.22	34.50	0.91	3.75*	25.50*	1.97*
30	2.02	4.00	0.90	2.06	22.00*	1.16	3.18*	38.00*	1.16

ตาราง 15 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)					
	40			50		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	3.16*	95.50*	1.45*	5.19*	79.50*	1.98*
2	1.93	134.50	0.85	3.20*	162.50*	1.49*
3	3.28*	95.00*	1.52*	6.29*	61.50*	2.34*
4	1.10	146.50	0.74	2.66*	175.50*	1.16
5	4.63*	179.00	0.74	2.09*	300.50	0.56
6	3.63*	88.00*	1.55*	2.97*	160.00*	1.39*
7	2.90*	99.50*	1.22	4.03*	124.50*	1.83*
8	1.12	153.50	1.00	2.55*	211.00	0.95
9	2.78*	102.50*	1.62*	3.36*	167.00*	1.13
10	1.79	143.50	0.82	2.35*	200.00*	1.13
11	4.48*	59.50*	2.11*	2.96*	183.50*	1.24
12	3.07*	97.00*	1.20	3.06*	158.50*	1.79*
13	2.14*	125.50	1.21	3.59*	3.08*	1.34
14	2.30*	118.00*	1.06	3.05*	147.00*	1.47*
15	3.14*	91.00*	1.44*	3.71*	138.00*	1.50*
16	2.65*	103.00*	1.33	3.60*	143.00*	1.44*
17	3.37*	78.50*	1.34	3.16*	166.50*	1.15
18	3.24*	100.50*	1.09	3.20*	158.00*	1.45*
19	4.27*	65.00*	1.80*	1.52	235.50	0.72
20	1.61	143.50	0.72	1.95	224.50	0.91
21	3.65*	70.00*	1.73*	3.11*	171.50*	1.29
22	3.90*	78.00*	1.42*	2.75*	149.50*	1.86*
23	4.30*	61.50*	1.75*	2.40*	187.50*	0.99
24	2.88*	81.00*	1.67*	3.39*	155.00*	1.69*
25	2.72*	109.00*	1.06	2.07*	215.50	0.99
26	2.62*	105.50*	1.02	1.32	241.00	0.88
27	2.73*	103.00*	1.28	4.39*	124.50*	1.74*
28	3.46*	87.00*	1.42*	4.62*	98.50*	1.92*
29	2.42*	116.00*	1.08	4.04*	119.00*	1.88*
30	1.95	136.50	0.97	2.67*	171.50*	1.38*

ตาราง 16 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ค่าสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสองกลุ่ม จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งกลับ

กลุ่มตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)								
	10			20			30		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	2.67*	3.00	1.26	0.55	40.50	0.44	1.92	65.00	1.07
2	1.98	4.50	0.90	1.79	32.50	0.74	2.94*	50.00*	1.09
3	0.07	11.00	0.25	0.16	38.00	0.43	3.81*	34.00*	1.46*
4	1.76	6.00	0.51	1.19	36.50	0.74	2.31*	55.50*	1.19
5	2.60*	5.00	0.63	2.03	29.00	0.89	1.81	100.50	0.83
6	4.51*	0.00*	1.54*	1.72	26.00	1.23	4.74*	28.50*	2.17*
7	2.58*	3.50	1.16	1.80	23.00	1.36*	3.41*	43.50*	1.46*
8	0.27	10.00	0.41	1.66	29.00	1.11	2.98*	53.50*	1.44*
9	1.93	4.00	0.94	2.64*	20.50*	1.11	1.74	55.50	1.03
10	2.89*	0.00*	1.58*	1.61	17.00	1.00	1.93	64.50	1.19
11	1.74	5.00	1.03	3.90*	11.00*	1.37*	3.67*	33.00*	1.29
12	1.08	10.00	0.63	0.41	47.50	0.33	0.95	92.50	0.73
13	3.13*	2.00*	1.26	0.76	38.00	0.39	1.97	64.50*	1.17
14	1.49	5.50	0.94	0.61	46.00	0.54	3.20*	40.00*	1.34
15	2.70*	2.50*	0.94	0.49	45.00	0.67	2.55*	57.50*	1.24
16	0.46	12.00	0.77	0.49	44.00	0.44	2.19*	66.50	0.88
17	3.12*	1.50*	1.29	1.60	24.00	0.72	1.96	54.00*	1.16
18	0.63	8.50	0.77	4.58*	8.00*	1.57*	1.45	72.00	0.73
19	5.14*	0.00*	1.54*	2.45*	20.00*	1.46*	2.83*	54.00*	1.22
20	1.70	4.50	0.90	1.70	30.00	0.92	3.17*	37.00*	1.49*
21	1.77	3.50	0.82	1.84	21.00*	1.48*	1.28	76.00	1.12
22	1.00	8.50	0.63	0.30	48.50	0.51	0.87	77.00	0.64
23	2.61*	2.50*	1.03	1.69	32.50	0.74	2.70*	54.00*	1.51*
24	1.20	8.50	0.77	0.09	34.50	0.51	1.72	79.00	1.01
25	0.38	10.00	0.64	0.91	34.50	0.80	2.85*	49.00*	1.60*
26	0.90	9.00	0.63	0.78	40.50	0.44	2.24*	58.50*	1.09
27	2.52*	3.00	1.03	0.82	39.00	0.56	2.24*	56.50*	1.26
28	2.06	3.50	0.94	1.75	31.50	0.91	1.62	65.00	0.89
29	1.99	5.00	0.90	0.83	40.00	0.54	1.07	84.50	0.83
30	0.17	12.00	0.77	0.81	39.00	0.71	3.39*	43.50*	1.41*

ตาราง 16 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)					
	40			50		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	3.57*	81.50*	1.51*	1.75	219.00	1.36*
2	3.19*	98.00*	1.22	1.58	229.00	1.16
3	2.10*	120.50*	1.06	3.40*	146.00*	1.77*
4	1.89	129.00	1.04	1.59	236.50	0.92
5	1.75	192.00	0.36	1.83	274.50	0.49
6	2.09*	117.00*	1.03	2.38*	196.00*	1.01
7	1.39	150.50	0.68	2.23*	196.00*	1.47*
8	2.93*	97.50*	1.57*	3.45*	147.50*	1.55*
9	2.56*	106.00*	1.26	2.49*	189.00*	0.96
10	3.96*	68.00*	1.87*	2.09*	205.00*	1.13
11	3.52*	71.50*	1.50*	3.98*	133.50*	1.58*
12	0.54	166.00	0.85	2.78*	178.00*	1.19
13	2.33*	115.50*	1.22	3.17*	156.00*	1.53*
14	2.30*	115.50*	1.32	1.98	202.00	0.92
15	2.98*	91.00*	1.18	2.18*	182.00*	1.25
16	5.44*	44.50*	1.98*	3.31*	145.00*	1.92*
17	0.58	166.50	0.77	3.05*	155.00*	1.30
18	2.27*	110.50*	1.25	2.27*	208.00*	1.00
19	2.25*	122.50*	0.98	0.67	283.50	0.56
20	1.52	149.00	0.74	1.68	200.50*	1.09
21	2.50*	116.00*	0.97	2.57*	207.50*	0.94
22	1.72	128.00	1.42*	3.21*	162.00*	1.33
23	2.81*	98.00*	1.44*	1.29	253.50	0.72
24	2.81*	95.00*	1.38*	4.46*	102.00*	1.95*
25	0.49	170.00	0.82	2.19*	197.00*	1.14
26	0.98	156.00	0.96	3.44*	148.00*	1.73*
27	1.82	110.50	0.94	2.57*	195.50*	1.43*
28	1.71	130.00	0.98	1.74	207.50	1.15
29	0.88	165.00	0.94	1.73	203.50	1.27
30	2.31*	124.00*	1.11	1.90	241.00	0.99

ตาราง 17 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ค่าสถิติทดสอบแมนน์-วิทน์นีย์ ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (K-S test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสองกลุ่ม จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม

กลุ่มตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)								
	10			20			30		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	2.64*	2.00*	1.03	1.19	39.00	0.56	2.41*	60.00*	0.87
2	3.01*	1.00*	1.29	0.15	45.00	0.67	1.92	65.50	1.04
3	0.94	6.00	0.94	3.87*	1.50*	1.82*	3.91*	29.50*	1.71*
4	0.01	9.00	0.48	0.90	31.00	0.86	2.68*	43.50*	1.52*
5	1.02	9.00	0.90	0.97	43.00	0.56	2.96*	72.00	0.90
6	2.39*	1.50*	1.16	1.80	28.00	0.98	1.30	79.50	1.26
7	2.91*	1.00*	1.29	0.87	39.00	0.44	1.42	64.00	1.04
8	0.31	9.00	0.41	2.36*	20.50*	0.89	1.81	59.50	0.67
9	1.13	4.50	1.03	0.83	34.00	0.91	2.24*	54.50*	1.16
10	0.44	10.00	0.77	1.43	33.00	0.89	1.91	64.00	1.09
11	1.85	6.00	0.63	1.29	33.50	0.58	2.06*	60.00*	1.04
12	2.27	2.50*	1.26	0.07	46.50	0.44	3.25*	44.00*	1.46*
13	2.56*	1.50*	1.16	1.76	27.00	1.11	0.57	85.50	0.38
14	0.72	6.00	0.94	2.03	26.50	1.18	2.45*	47.00*	1.61*
15	0.86	5.00	0.90	1.59	30.50	0.67	3.01*	49.00*	1.31
16	1.86	5.00	0.77	0.64	39.00	0.36	1.74	59.50	1.16
17	0.67	10.00	0.38	0.04	35.50	0.51	0.76	84.00	0.73
18	0.67	7.50	0.64	1.34	32.00	0.89	3.38*	40.00*	1.44*
19	0.32	12.50	0.31	0.33	47.00	0.36	2.92*	50.00*	1.51*
20	0.88	9.00	0.63	1.23	36.50	0.67	3.14*	46.00*	1.27
21	0.76	7.50	0.41	0.48	40.00	0.63	2.31*	53.00*	1.65*
22	0.00	11.50	0.63	1.64	31.50	0.67	2.14*	60.50	1.04
23	2.65*	2.50*	1.03	2.70*	12.50*	1.47*	3.52*	37.50*	1.75*
24	1.17	7.00	0.51	1.10	40.00	0.40	3.26*	42.50*	1.56*
25	2.05	5.50	0.77	2.65*	18.50*	1.32	0.93	87.00	0.91
26	7.69*	0.00*	1.54*	0.59	39.00	0.60	0.33	99.50	0.69
27	5.07*	0.00*	1.54*	1.33	35.00	0.67	2.26*	62.50*	1.04
28	2.46*	2.50*	1.26	1.75	21.00	1.17	2.59*	60.50*	1.09
29	1.77	5.00	0.94	1.49	31.00	0.87	3.01*	44.00*	1.34
30	1.44	4.50	1.03	0.45	42.00	0.63	3.13*	41.00*	1.25

ตาราง 17 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)					
	40			50		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	3.26*	88.50*	1.46*	3.94*	135.50*	1.85*
2	5.13*	37.50*	2.12*	2.20*	190.50*	1.33
3	4.13*	67.50*	2.03*	4.24*	103.50*	1.80*
4	2.12*	117.50*	1.52*	2.52*	174.00*	1.43*
5	1.98	186.50	0.39	2.66*	227.00	1.03
6	2.64*	105.50*	1.03	3.57*	135.50*	1.79*
7	2.34*	119.00*	1.01	2.19*	196.50*	1.69*
8	1.82	137.00	0.92	3.83*	144.00*	1.56*
9	1.09	159.50	0.90	2.51*	197.00*	1.13
10	3.17*	96.50*	1.36*	2.61*	206.00*	1.18
11	3.33*	90.50*	1.47*	2.09*	197.50*	0.95
12	3.79*	71.50*	1.56*	3.19*	166.00*	1.27
13	4.42*	61.50*	1.53*	1.99	215.00	1.21
14	3.59*	63.00*	1.80*	2.69*	170.00*	1.83*
15	2.60*	118.50*	0.98	2.96*	172.00*	1.51*
16	3.42*	72.50*	1.87*	1.58	218.00	1.03
17	3.16*	97.00*	1.47*	1.02	251.00	0.81
18	2.67*	111.50*	1.36*	2.69*	168.00*	1.21
19	2.78*	96.00*	1.43*	2.98*	148.50*	1.38*
20	1.88	130.00	0.90	1.80	205.00*	1.19
21	2.20*	132.00	0.89	4.05*	122.00*	1.92*
22	3.27*	95.00*	1.44*	2.79*	166.50*	1.21
23	4.37*	66.50*	1.62*	2.61*	172.50*	1.50*
24	1.98	134.50	1.06	0.93	285.00	0.54
25	1.82	127.50*	1.10	4.34*	105.50*	1.90*
26	2.81*	115.00*	1.32	1.01	244.50	0.99
27	2.97*	101.50*	1.57*	3.35*	131.00*	1.89*
28	2.34*	117.00*	1.09	2.00	204.00*	1.12
29	1.61	142.50	0.69	1.73	225.50	0.77
30	2.10*	124.50*	1.04	1.26	237.00	0.80

ตาราง 18 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ค่าสถิติทดสอบแมนน์-วิทนี ยู (U-test) และค่าสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิร์นอฟ (K-S test) ในการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยสองกลุ่ม จากการแจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

กลุ่มตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)								
	10			20			30		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	0.15	9.50	0.34	1.62	31.00	0.89	2.84*	52.50*	1.26
2	2.02	3.50	0.94	0.15	41.00	0.29	2.44*	58.00*	1.09
3	3.22*	1.50*	1.16	0.64	39.00	0.76	1.57	74.00	0.91
4	1.85	4.00	0.90	0.60	36.00	0.68	2.23*	63.50*	1.12
5	1.02	10.00	0.55	0.02	39.00	0.89	3.04*	61.50*	1.17
6	1.24	7.00	0.94	1.58	32.50	0.67	2.01	61.00*	1.27
7	0.96	9.00	0.63	1.86	26.50	0.91	1.31	80.50	0.83
8	0.96	8.00	0.51	0.80	40.50	0.78	0.82	93.00	0.44
9	0.04	11.50	0.12	1.22	27.50	0.91	1.24	83.00	0.73
10	0.68	11.50	0.51	0.13	46.50	0.67	0.82	92.00	0.58
11	2.63*	3.00	1.29	0.16	40.50	0.91	0.62	89.00	0.88
12	2.57*	3.00	0.94	0.88	36.00	0.53	5.44*	17.00*	2.01*
13	0.37	8.50	0.38	2.14*	26.50	1.11	2.37*	59.00	1.11
14	1.36	5.50	0.94	3.21*	15.00*	1.11	1.61	75.50	1.39*
15	0.31	12.00	0.31	2.70*	15.50*	1.37*	6.02*	11.50*	2.23*
16	0.00	11.50	0.25	1.12	35.50	0.67	2.73*	54.00*	1.29
17	1.18	8.50	0.63	0.52	43.50	0.53	2.54*	56.50*	1.09
18	1.20	6.00	0.94	0.26	39.50	0.96	1.98	64.50	1.14
19	0.90	8.00	0.51	0.75	43.50	0.53	1.85	53.00*	1.03
20	0.96	8.50	0.63	0.48	42.50	0.83	2.09*	58.50*	1.27
21	0.05	11.50	0.38	0.87	34.00	0.63	2.22*	63.50	0.88
22	1.95	4.00	0.90	1.71	28.00	0.73	2.54*	56.00*	1.44*
23	0.31	7.00	0.55	3.53*	10.00*	1.47*	1.59	72.00	1.27
24	0.39	10.50	0.31	3.11*	14.50*	1.64*	2.37*	58.00*	0.82
25	3.77*	0.00*	1.54*	0.65	38.50	0.74	3.51*	38.00*	1.46*
26	0.55	9.50	0.51	0.15	50.00	0.22	2.44*	54.00*	1.26
27	1.71	4.50	1.26	0.39	43.00	0.91	2.73*	55.50*	1.27
28	1.31	6.50	0.77	0.24	41.50	0.89	1.95	74.50	1.17
29	0.29	10.50	0.38	1.47	29.50	0.91	2.33*	58.50*	1.27
30	1.43	6.50	0.94	1.96	23.00*	1.32	2.74*	47.50*	1.26

ตาราง 18 (ต่อ)

กลุ่มตัวอย่างที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)					
	40			50		
	t-test	U-test	K-S test	t-test	U-test	K-S test
1	2.33*	120.50*	1.17	4.82*	103.50*	1.88*
2	2.58*	110.00*	1.24	2.97*	168.00*	1.32
3	2.94*	113.00*	1.14	4.51*	99.00*	1.78*
4	3.95*	70.50*	2.01*	3.33*	152.00*	1.32
5	2.91*	191.50	0.56	4.53*	268.50	1.12
6	1.27	157.50	0.63	5.03*	102.00*	2.08*
7	2.21*	111.50*	1.22	2.19*	190.50*	1.20
8	3.29*	85.50*	1.67*	3.03*	139.50*	1.50*
9	2.62*	85.00*	1.20	1.14	258.50	0.53
10	2.84*	103.00*	1.24	1.83	212.50	1.03
11	0.89	166.00	0.88	2.62*	173.00*	1.38*
12	3.19*	81.00*	2.11*	2.27*	190.00*	1.46*
13	3.29*	87.00*	1.67*	2.39*	173.00*	1.03
14	2.97*	80.50*	1.70*	1.56	231.50	0.79
15	0.95	153.00	0.71	1.67	232.50	0.90
16	2.05*	109.00*	1.41*	2.45*	189.00*	1.15
17	2.03*	129.50	0.80	3.29*	150.50*	1.52*
18	1.82	133.00	0.92	1.86	216.50	0.98
19	0.98	158.50	1.15	3.50*	155.00*	1.47*
20	1.29	144.50	0.82	1.19	242.50	0.67
21	2.68*	105.50*	1.47*	1.72	217.00	1.00
22	1.85	129.50	0.98	0.59	285.00	0.50
23	3.11*	88.00*	1.30	2.77*	186.00*	0.98
24	1.60	152.00	0.56	1.54	235.50	0.80
25	0.60	172.00	0.68	2.11*	207.50*	1.03
26	2.10*	121.50	1.09	0.62	286.50	0.56
27	2.48*	113.50*	1.14	1.82	220.00	1.07
28	3.81*	77.50*	1.42*	0.14	303.00	0.52
29	3.15*	92.50*	1.42*	0.16	277.50	0.52
30	2.73*	101.00*	1.36*	1.56	231.00	1.06

ตาราง 19 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบ
แมนน์-วิทนี ยู (U-test) และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) จากการ
แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งปกติ

กลุ่ม ตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)														
	10			20			30			40			50		
	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
7	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
10	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
11	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
14	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
16	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
17	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
19	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
24	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
30	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0

ตาราง 20 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบ
แมนน์-วิทนี ยู (U-test) และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) จากการ
แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้บวก

กลุ่ม ตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)														
	10			20			30			40			50		
	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
3	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
4	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
8	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
9	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
10	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
13	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
17	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
18	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
19	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
20	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
22	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
24	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0
26	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
27	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
28	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
30	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1

ตาราง 21 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบ
แมนน์-วิทนี ยู (U-test) และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) จากการ
แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งเบ้กลับ

กลุ่ม ตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)														
	10			20			30			40			50		
	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0
7	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
10	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
11	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
13	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1
14	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
15	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1
17	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
18	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
19	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
23	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
25	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
26	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
27	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0

ตาราง 22 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบ
แมนน์-วิทนี ยู (U-test) และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) จากการ
แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งสูงแหลม

กลุ่ม ตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)														
	10			20			30			40			50		
	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test
1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
3	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
8	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
11	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
12	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
19	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
22	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
23	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
26	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
27	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
28	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
29	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0

ตาราง 23 จำนวนผลการทดสอบ ที่ทำการทดสอบด้วยสถิติทดสอบที (t-test) สถิติทดสอบ
แมนน์-วิทนี ยู (U-test) และสถิติทดสอบโคลโมโกรอฟ-สมิรโนฟ (K-S test) จากการ
แจกแจงข้อมูลเป็นโค้งแบนราบ

กลุ่ม ตัวอย่าง ที่	ขนาดกลุ่มตัวอย่าง (คน)														
	10			20			30			40			50		
	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test	t- test	U- test	K-S test
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1
2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
12	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
14	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
15	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0
17	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
20	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0
24	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
25	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
26	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
30	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายชินกร น้อยคำยาง
วันเดือนปีเกิด	30 มกราคม 2517
สถานที่เกิด	อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	6/470 พระยาสุเรนทร์ 33 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิเคราะห์นโยบายและแผน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2534	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านม่วงพิทยาคม
พ.ศ. 2543	วท.บ. (สถิติประยุกต์) จากสถาบันราชภัฏจันทรเกษม
พ.ศ. 2552	กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

