



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ห้ด้วยสถิติ Wilcoxon-Mann-Whitney  
เมื่อคำนึงถึงข้อกำหนดเบื้องต้น จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ MINITAB  
Reliability of Wilcoxon-Mann-Whitney Test in Statistical Packages SPSS  
MINITAB when considering the assumption.

ศษ.ร.  
ค ๕๔๖๓  
๒๕๕๕

นางอุมมาพร อินทศร

สาขา.....  
เลขทะเบียน 141514  
รับเดือนปี 16 ส.ค. 2559

b.....12๗56659  
i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2555

คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.  
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ชื่อโครงการ ความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon – Mann – Whitney  
เมื่อคำนึงถึงข้อกำหนดเบื้องต้น จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ MINITAB

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ต.ค. 2554 ถึง ก.ย. 2555

หัวหน้าโครงการ รศ.อุมาพร จันทร สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง kcumapor@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

สถิติทดสอบวิศคอกซ์มัน – แมนวิทนี (WMW) สามารถใช้ทดสอบถึงความเท่ากันของ ค่ากลางจาก ประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน มีข้อกำหนดเบื้องต้นที่สำคัญคือ ประชากรทั้งสองกลุ่มนั้นต้องมาจากการแจกแจงเดียวกันนั้น แต่ผู้นำไปใช้มักจะเลยถึงข้อกำหนดนี้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อหาผลสรุปว่า โปรแกรม SPSS และ MINITAB ได้คำนึงถึงข้อกำหนดดังกล่าวหรือไม่

ข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้โดยวิธีการจำลองด้วยวิธีมอนติคาร์โล เมื่อกำหนดให้ประชากรมีการแจกแจงเหมือนกันและต่างกัน และกำหนดให้มีค่ากลางเท่ากันและต่างกัน จากการทดลองสุ่มตัวอย่าง 1,000 ชุดจากแต่ละประชากรที่กำหนดให้ เมื่อกำหนดขนาดตัวอย่างจากสองประชากร,  $n_1 - n_2$  ด้วยขนาด 10 – 10, 10 – 20 และ 10 – 30 และใช้ระดับนัยสำคัญในทดสอบคือ 0.05 และ 0.10 ทำการเปรียบเทียบระดับนัยสำคัญที่แท้จริง (Empirical  $\alpha$ ) และอำนาจการทดสอบที่แท้จริง (Empirical power) ที่ได้จากสถิติ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB

การศึกษาพบว่าสถิติ WMW สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ตามเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley ได้เฉพาะกรณีที่สองประชากรมีการแจกแจงเหมือนกัน ในเกือบทุกรูปแบบของการศึกษา โดย MINITAB จะให้ค่าต่ำกว่า SPSS ที่ทุกระดับนัยสำคัญที่กำหนด และทุกรูปแบบของ  $n_1 - n_2$  แต่ในกรณีการแจกแจงต่างกันในทุกกรณีจะไม่สามารถควบคุมค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ส่วนอำนาจการทดสอบที่แท้จริง พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงเข้าใกล้ค่า 1 ทั้งในกรณีการแจกแจงเหมือนกันหรือต่างกัน โดย SPSS ให้ค่ามากกว่า MINITAB เล็กน้อย

คำสำคัญ: สถิติทดสอบวิลคอกชัน – แมนวิทนีย์ การแจกแจงเหมือนกัน โปรแกรม SPSS และ MINITAB



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Research Title: Reliability of Wilcoxon-Mann-Whitney Test in Statistical Packages SPSS, MINITAB when considering the assumption.

Researcher: Associate Professor Umaporn Chantasorn

Faculty: Science

Department: Applied Statistics

### ABSTRACT

The Wilcoxon-Mann-Whitney test (WMW test) can be used to examine the equality of location parameter (mean or median) of 2 independent populations. However, there exist a pre-condition which is always overlooked by user that the two populations must have the same distributional form. The objective of this research is therefore to see whether the statistical package SPSS and MINITAB have taken this into account.

The Monte Carlo method is applied to obtain data for this study. Various alternative conditions concerning the population distribution-same or different- and given value of mean-equal or unequal- were examined. For each situation, 1000 iterations were examined by applying a different sample size,  $n_1 - n_2$ ; 10-10, 10-20, 10-30 and at .05 and .10 level of significance. Comparisons of Empirical  $\alpha$  and Empirical power of the test among the WMW test statistics from SPSS and MINITAB were done.

It is found that only the case the two population has the same distribution, WMW test statistic has ability to control probability of Type I error on any situation. However in any case MINITAB give less value than SPSS. Except the case where distribution is different that WMW test statistic cannot control the probability for every situations.

It is also found that Empirical power in all cases has value approaching 1 for the same or different distributions. And in any cases, SPSS gives slightly high value than MINITAB.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

**KEYWORDS:** Wilcoxon-Mann-Whitney test ,Same distribution, SPSS,MINTAB,



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากความช่วยเหลือจาก นางสาวรพรรณ เจริญขำ ที่ใช้เวลาเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555



รศ.อุมาพร จันทศร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	13
บทที่ 4 ผลการวิจัย	15
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	25
5.1 ผลสรุป	25
5.2 การอภิปรายผล	25
5.3 ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ประวัตินักวิจัย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การแจกแจงเหมือนกัน และค่ากลางเท่ากัน	15
4.2 การแจกแจงเหมือนกัน และค่ากลางต่างกัน	18
4.3 การแจกแจงต่างกัน และค่ากลางเท่ากัน	20
4.4 การแจกแจงต่างกัน และค่ากลางต่างกัน	22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการเปรียบเทียบ 2 กรรมวิธีโดยพิจารณาจากค่ากลาง มักเกิดขึ้นเสมอในแทบทุกสาขาวิชา อาทิเช่น การเปรียบเทียบผลการลดความดันโลหิตของผู้ป่วยความดันโลหิตสูงจากยาสมุนไพรไทยกับยาต่างประเทศ การเปรียบเทียบระยะเวลาที่วิ่งได้ของการใช้น้ำมันเบนซินกับน้ำมันแบบไบโอดีเซล หรือผลผลิตที่ได้จากการใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น ขบวนการที่จะให้คำตอบแก่การเปรียบเทียบเหล่านี้คือ ขบวนการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ด้วยการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกรรมวิธีมาอย่างเป็นอิสระกัน และหาความน่าจะเป็นที่ตัวอย่างสุ่มนี้จะเข้าไปตามสมมติฐานที่ตั้งเพื่อทดสอบว่ามีค่าใหญ่เพียงพอที่จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ ผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ การยอมรับ หรือปฏิเสธ สมมติฐานที่ตั้งเพื่อทดสอบ (Null Hypothesis) ค่าความน่าจะเป็นนี้จะได้จากการแจกแจงของสถิติที่ใช้ทดสอบภายใต้ข้อกำหนดเบื้องต้นบางประการ เช่น สถิติทดสอบ  $t$  ( $t$ -test) มีข้อกำหนดเบื้องต้นว่า ตัวอย่าง 2 ชุดนั้นต้องถูกสุ่มมาจากประชากรแบบปกติ 2 ชุด ที่เป็นอิสระกันและก่อนที่จะใช้ก็ต้องเลือกว่าจะใช้สถิติ  $t$  แบบค่าความแปรปรวนของ 2 ประชากรนั้นมีค่าเท่ากัน หรือไม่เท่ากัน (1) แม้ว่าในปัจจุบันมีงานวิจัยสนับสนุน  $t$ -test นี้ว่ามีคุณสมบัติแกร่ง (Robust) คือ ในกรณีที่ข้อกำหนดของความแปรปรวนที่เท่ากันและขนาดตัวอย่างมีขนาดใหญ่พอ รวมทั้งมีขนาดเท่ากันจาก 2 ประชากร ไม่เป็นจริง  $t$ -test ก็ยังคงมีประสิทธิภาพเหมือนเดิม แต่จะไม่มีคุณสมบัติแกร่งเมื่อขนาดตัวอย่างต่างกัน (ก็จะให้ค่า  $\alpha$  และ  $1-\beta$  ที่เปลี่ยนไป)

ในกรณีที่ข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบ  $t$  ไม่เป็นจริง นักสถิติจะแนะนำให้ใช้สถิติทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งจะมีข้อกำหนดเบื้องต้นน้อยกว่าสถิติ  $t$  เช่น สถิติทดสอบของ Wilcoxon - Mann - Whitney (WMW) ที่ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในสาขาวิชาต่างๆมากมาย (2) เพราะสามารถใช้ได้ในกรณีที่ตัวอย่างมีขนาดเล็ก และข้อมูลมีมาตราวัดต่ำ คือมาตราวัดแบบเรียงลำดับ แต่มีผลงานวิจัยของ Zimmerman (3) ที่ได้ข้อสรุปว่า การทดสอบนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้แทนที่  $t$ -test ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน และมีความแปรปรวนของประชากรต่างกัน แม้ว่าสถิติทดสอบนี้จะมีข้อกำหนดเบื้องต้นเพียงว่า การแจกแจงต้องมีลักษณะต่อเนื่อง (ไม่จำเป็นต้องทราบการแจกแจง) แต่ต้องมีการแจกแจงที่เหมือนกันใน 2 ประชากร (Identical Distribution) (4) ถ้าข้อกำหนดเบื้องต้นเหล่านี้เป็นจริง การ

ทดสอบนี้จะมีคุณสมบัติไม่เอนเอียง (Unbiased test) และคงเส้นคงวา (Consistent test) ข้อกำหนดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าเกี่ยวกับการแจกแจงที่เหมือนกันนี้ มักถูกกล่ล่ล่ล่จะตรวจสอบก่อนที่จะใช้สถิติ Wilcoxon - Mann - ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Whitney ทั้งที่มีสถิติทดสอบแบบไม่ใช่พารามิเตอร์อีกแบบหนึ่ง คือ Fligner – Policello (5) ที่สามารถใช้แทนที่ได้ ในกรณีที่ข้อกำหนดเกี่ยวกับการแจกแจงที่เหมือนกัน หรือความแปรปรวนเท่ากัน ไม่เป็นจริง หรืออาจใช้การทดสอบแบบ Permutation สำหรับข้อมูลที่มีค่าตัวแปรมีลักษณะต่อเนื่อง

การให้ความสำคัญแก่ข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบแต่ละวิธีนั้น จะทำให้ได้การแจกแจงที่ถูกต้องของสถิติทดสอบ นั่นหมายถึง ได้ค่าความน่าจะเป็นจากตัวอย่างสุ่มที่จะเป็นไปตามสมมติฐานเพื่อทดสอบ ที่ถูกต้องหรือค่าที่แท้จริง ทำให้ผลการทดสอบสมมติฐานน่าเชื่อถือและนำไปประยุกต์ได้อย่างถูกต้องสำหรับประชากรที่ถูกสุ่มตัวอย่างมา

ในปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปถูกใช้เป็นที่เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูลแทนที่การคำนวณด้วยมือ (Calculation by Hand) แต่ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของแต่ละโปรแกรมจะต่างกัน เช่น การกำหนด Default (เช่น ใช้ระดับนัยสำคัญ .05 ในการทดสอบสมมติฐาน หรือการปรับค่าซ้ำ (Ties) นักวิจัยมักนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ เช่น SPSS, MINITAB ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon – Mann – Whitney จากทั้ง 2 โปรแกรม ไม่มีการตรวจสอบข้อกำหนดเบื้องต้น รวมทั้งถ้าผู้วิจัยตรวจสอบเองแล้วพบว่าข้อกำหนดดังกล่าวไม่เป็นจริง ก็ไม่มีสถิติทดสอบอื่นที่จะใช้แทนที่ Wilcoxon – Mann – Whitney เลย (คือไม่มีสถิติทดสอบ Fligner – Policello หรือสถิติทดสอบแบบ Permutation) และไม่ควรที่จะกลับไปใช้สถิติทดสอบ เพราะข้อกำหนดเกี่ยวกับการแจกแจงปกติไม่เป็นจริง รวมทั้ง SPSS จะไม่ปรับค่าซ้ำ (Correction for ties) ให้ในกรณีที่ Default ของเครื่อง ยกเว้นผู้ใช้ต้องเลือกใช้ Module Exact จากโปรแกรมที่ถูกลิขสิทธิ์เท่านั้น จึงได้ค่าความน่าจะเป็นที่แท้จริง (p-value)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงจะศึกษาว่าโปรแกรม SPSS และ MINITAB ได้สร้าง algorithm โดยให้ความสำคัญเกี่ยวกับข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบ WMW หรือไม่ เพราะมีผลการวิเคราะห์ทางสถิติของ โปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ที่มีข้อผิดพลาด หรือทำให้เข้าใจผิด (Misleading) ในหลายประเด็น เช่น การศึกษาของ Bergmann, Ludbrook and Spooren (2) เกี่ยวกับการปรับค่าซ้ำ (Correction for ties) การปรับค่าต่อเนื่อง (correction for continuity) และการปรับค่าซ้ำและค่าต่อเนื่อง (correction for continuity and ties) ของสถิติทดสอบ WMW หรืองานของ Berdhard (6) ที่ให้ข้อสรุปว่า เฉพาะกรณีขนาดตัวอย่างเล็กและไม่มีค่าซ้ำเท่านั้น ค่า p (p-value) ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูปด้วยสถิติแบบไม่ใช่พารามิเตอร์ จึงจะเป็นค่าที่ถูกต้องแท้จริง (exact p-value) หรือการศึกษาของกมล (7,8) ที่ให้ผู้ใช้ระมัดระวังผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPSS

งานวิจัยที่ผ่านมา ยังไม่ได้คำนึงถึงข้อกำหนดเบื้องต้นเกี่ยวกับประชากรทั้งสองที่ต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน หรือมีการแจกแจงที่เหมือนกัน หรือจะใช้ได้ดีในกรณีขนาดตัวอย่างเท่ากัน ตามผลงาน

ของ Zimmerman ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้ จะทำให้นักวิจัยที่ใช้สถิติ WMW จากโปรแกรม SPSS หรือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

MINITAB ได้ทราบถึงข้อจำกัดในการใช้ และระมัดระวังในการใช้ และได้ผลสรุปที่แน่ใจว่าจะถูกต้องอย่างแท้จริง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์หลักคือ ศึกษาว่า โปรแกรม SPSS และ MINITAB ได้คำนึงถึงข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบ WMW เพียงใด โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 ศึกษาถึงความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ของสถิติทดสอบ WMW ในกรณีที่ประชากรทั้งสองมีค่ากลางไม่ต่างกัน ซึ่งจะแยกเป็นกรณีที่ประชากรทั้งสองมาจากการแจกแจงที่เหมือนกันและต่างกัน โดยศึกษาที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10 และที่ขนาดตัวอย่างเท่ากัน หรือต่างกัน

1.2.2 ศึกษาถึงอำนาจการทดสอบของสถิติ WMW ในกรณีที่ประชากรทั้งสองมีค่ากลางต่างกัน ที่มาจากการแจกแจงเดียวกัน หรือต่างกัน และเงื่อนไขเช่นเดียวกับข้อ 1.2.1

1.2.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB โดยเปรียบเทียบทั้งความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 และอำนาจการทดสอบ

โดยใช้การสร้างเลขสุ่มด้วยวิธีมอนติคาร์โล ทำซ้ำด้วยตัวอย่าง 1,000 ชุดในแต่ละกรณี จากเมนูการใช้สถิติ WMW ด้วยโปรแกรม SPSS และ MINITAB

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการตรวจสอบจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่างๆคือ สมมาตร เบ้ซ้าย เบ้ขวา โดยทำซ้ำ 1,000 ชุดจากแต่ละคู่ของประชากร ด้วยขนาดตัวอย่างที่เท่ากัน ใกล้เคียงกัน และต่างกันมาก โดยเปรียบเทียบประชากร 2 กลุ่มที่มีการแจกแจงเหมือนกัน และต่างกัน ซึ่งแยกเป็นกรณีที่ทั้ง 2 ประชากรมีค่ากลางไม่แตกต่างกัน และแตกต่างกัน และทำการทดสอบสมมติฐานที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10

เป็นการศึกษาเฉพาะกรณีที่ค่าตัวแปรสุ่มที่สร้างขึ้นมา ไม่มีค่าซ้ำกัน (no ties) เท่านั้นเนื่องจากในกรณีมี ties การใช้คำสั่งจากโปรแกรม SPSS จำเป็นต้องเลือก Module Exact เท่านั้น ซึ่งไม่ใช่ Default ของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1.4.1 สร้างการแจกแจงของ 2 ประชากรด้วยการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ตามลักษณะที่กำหนดในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1.4.1.1 กำหนดให้ 2 ประชากรมีการแจกแจงที่เหมือนกัน และ ต่างกัน ดังนี้

Uniform, Standard normal, t, Exponential, Chi-Square ด้วยค่ากลางที่เท่ากันและต่างกัน

1.4.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 10 – 10, 10 – 20, 10 – 30

1.4.1.3 จำนวนทำซ้ำ = 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

1.4.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบและค่าพี (p – value)

โดยนำข้อมูลในข้อ 1.4.1.1 ไปวิเคราะห์ด้วยเมนูใน SPSS เพื่อทดสอบ  $H_0$ : ค่ากลางของ 2 ประชากรไม่แตกต่างกัน คือเมนู Nonparametric Test ด้วยสถิติทดสอบ WMW และนำข้อมูลชุดเดิมนั้น วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB เมนู Basic Statistics ด้วยสถิติทดสอบ WMW ในแต่ละสถานการณ์ ในข้อ 1.4.1.2 และ 1.4.1.3

1.4.3 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ที่แท้จริง (Empirical  $\alpha$ )

เมื่อใช้ข้อมูลจาก 2 ประชากรที่มีค่ากลางไม่ต่างกัน ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ WMW ด้วยโปรแกรม SPSS และ MINITAB เป็นจำนวน 1,000 ชุดตัวอย่าง ในแต่ละสถานการณ์ หากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น ( $H_0$ : ค่ากลางของ 2 ประชากรไม่แตกต่างกัน) เมื่อกำหนด  $\alpha = 0.05$  หรือ 0.10 คือนับว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพิน้อยกว่า .05 และ .10 และนำมาหารด้วยค่า 1,000

1.4.4 คำนวณค่าอำนาจการทดสอบที่แท้จริง (Empirical  $1 - \beta$ ) เมื่อใช้ข้อมูลจาก 2 ประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ WMW ด้วยโปรแกรม SPSS และ MINITAB เป็นจำนวน 1,000 ชุดตัวอย่าง ในแต่ละสถานการณ์ หากค่าอำนาจการทดสอบโดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น ( $H_0$ : ค่ากลางของ 2 ประชากรไม่แตกต่างกัน) เมื่อกำหนด  $\alpha = 0.05$  หรือ 0.10 คือนับว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพิน้อยกว่า .05 และ .10 และนำมาหารด้วยค่า 1,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ภายใต้ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการสร้างระบบของโปรแกรม SPSS และ MINITAB

1.5.1 ทำให้สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบ WMW เพื่อทดสอบผลต่างของค่ากลางจาก 2 ประชากรที่เป็นอิสระกัน จากโปรแกรม SPSS ในแต่ละกรณี (ขนาดตัวอย่างเท่ากันหรือต่างกัน ระดับนัยสำคัญ ความเหมือนกันของการแจกแจงของ 2 ประชากร) ให้ได้ผลที่น่าไว้วางใจอย่างแท้จริง (valid test)

1.5.2 ทำให้สามารถเลือกใช้สถิติทดสอบ WMW เพื่อทดสอบผลต่างของค่ากลางจาก 2 ประชากรที่เป็นอิสระกัน จากโปรแกรม MINITAB ในแต่ละกรณี (ขนาดตัวอย่างเท่ากันหรือต่างกัน ระดับนัยสำคัญ ความเหมือนกันของการแจกแจงของ 2 ประชากร) ให้ได้ผลที่น่าไว้วางใจอย่างแท้จริง (valid test)

1.5.3 เพื่อเป็นข้อสรุปให้นักวิจัยที่ต้องการทดสอบผลต่างของค่ากลางจาก 2 ประชากรที่เป็นอิสระกัน ด้วยสถิติ WMW วาควรจะใช้โปรแกรมใดระหว่าง SPSS และ MINITAB จึงจะได้อำนาจการทดสอบสูงที่สุด ภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ (ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญต่างๆ ความเหมือนกันของการแจกแจงของ 2 ประชากร)

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I error) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น เมื่อสมมติฐานเบื้องต้นเป็นจริง ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 จะกำหนดเบื้องต้นไว้ที่  $\alpha = .05$  หรือ  $.10$

ในงานวิจัยนี้จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ที่แท้จริง (Empirical  $\alpha$ ) นี้ เมื่อมีผลการทดสอบที่พบว่า ด้วยสถิติทดสอบ WMW ของ SPSS และ MINITAB มีนัยสำคัญทางสถิติ (คือ ปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น หรือ คือกรณีที่ค่า Sig ของการทดสอบมีค่าน้อยกว่า  $.05$  หรือ  $.10$ ) จากการทดสอบด้วยข้อมูลตัวอย่าง 1,000 ชุด จากประชากรที่มีค่ากลางไม่ต่างกัน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับสัดส่วนของจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นต่อจำนวนครั้งที่ทดลองทั้งหมด คือ 1,000 ครั้ง

ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (Type II error) หมายถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานเบื้องต้น เมื่อสมมติฐานเบื้องต้นเป็นเท็จ ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 กำหนดด้วย  $\beta$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และอำนาจการทดสอบคือ ความน่าจะเป็นหรือ โอกาสที่จะเกิดการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น เมื่อสมมติฐานเบื้องต้นเป็นเท็จ กำหนดด้วย  $1 - \beta$

ในงานวิจัยนี้จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 นี้ เมื่อมีผลการทดสอบที่พบว่า ด้วยสถิติทดสอบ WMW ของ SPSS และ MINITAB แล้ว พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ยอมรับสมมติฐานเบื้องต้น) ของการทดสอบจากข้อมูลตัวอย่างของประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน

ในงานวิจัยนี้จะเกิดอำนาจการทดสอบที่แท้จริง (Empirical  $1 - \beta$ ) เมื่อมีผลการทดสอบที่พบว่า ด้วยสถิติทดสอบ WMW ของ SPSS และ MINITAB แล้ว พบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ (ปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น คือกรณีที่ค่า Sig ของการทดสอบมีค่าน้อยกว่า .05 หรือ .10) ของการทดสอบจากข้อมูลตัวอย่าง 1,000 ชุด ของประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะมีค่าเท่ากับสัดส่วนของจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นต่อจำนวนครั้งที่ทดลองทั้งหมด คือ 1,000 ครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทดสอบความแตกต่างกันของค่ากลางของ 2 ประชากรที่เป็นอิสระกันด้วยวิธีของ Wilcoxon–Mann–Whitney (WMW) บางครั้งเรียกว่า Mann–Whitney U Test หรือ Mann–Whitney–Wilcoxon Test โดย Wilcoxon ได้ศึกษากรณีใช้ผลรวมลำดับที่ (rank sum) เป็นตัวสถิติทดสอบ โดยที่ Mann และ Whitney ได้ชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวสถิติทดสอบที่เขาตั้งขึ้นกับของ Wilcoxon การทดสอบนี้นับได้ว่าเป็นการทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มักนิยมใช้เพื่อเลี่ยงการใช้การทดสอบแบบที่ ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ หรือเมื่อข้อมูลมีมาตราวัดต่ำกว่าแบบอันตรภาค

##### ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลประกอบด้วยตัวอย่างสุ่ม ด้วยค่า  $X_1, X_2, \dots, X_{n_1}$  จากประชากรที่ 1 และตัวอย่างสุ่มอีก 1 ชุด ด้วยค่าสังเกต  $Y_1, Y_2, \dots, Y_{n_2}$  จากประชากรที่ 2 ซึ่งเป็นอิสระกัน
2. ตัวอย่าง 2 ชุดนี้เป็นอิสระกัน
3. ค่าตัวแปรสุ่มมีค่าต่อเนื่อง (continuous)
4. มาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับ (ordinal scale)
5. ฟังก์ชันการแจกแจง ของ 2 ประชากร ต่างกันเฉพาะค่ากลาง (ซึ่งนิยมวัดด้วยมัธยฐาน,  $M_x$ ,  $M_y$ ) นั่นคือประชากรทั้ง 2 ต้องมีการแจกแจงที่เหมือนกัน ต่างกันเฉพาะค่ากลางเท่านั้น

หมายเหตุ: ในทางปฏิบัติ ไม่จำเป็นต้องทราบว่ามี การแจกแจงแบบใด

สมมติฐาน ถ้าให้  $M_x$  และ  $M_y$  แทนค่ามัธยฐานของประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ อาจทำการทดสอบสองหางหรือหางเดียว ได้ดังนี้

$$H_0: M_x = M_y$$

$$H_1: M_x \neq M_y$$

หรือ  $H_0: M_x \geq M_y$

$$H_1: M_x < M_y$$

หรือ  $H_0: M_x \leq M_y$

$$H_1: M_x > M_y$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้จะเสนอวิธีการของ Wilcoxon (1945) และ Mann, Whitney (1947) ซึ่งต่างก็เสนอวิธีการทดสอบของตนเอง และในที่สุดสามารถหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธีดังต่อไปนี้

### 2.1.1 วิธีการของ Wilcoxon

ได้ใช้แนวคิดคล้ายการทดสอบของ Wilcoxon Signed Rank Test คือใช้ผลรวมของลำดับที่ (sum of ranks or rank sum) ของตัวอย่างชุดหนึ่ง ในข้อมูลรวมทั้งหมด ( $n_1 + n_2$  จำนวน) ที่ได้เรียงลำดับจากน้อยไปหามาก โดยคาดว่าถ้า  $H_0$  เป็นจริง ในข้อมูลรวมทั้งหมดนั้นค่าลำดับที่ของตัวอย่างชุดหนึ่งควรจะมีคละกัน ไปทั้งค่าน้อย ปานกลาง และมาก ซึ่งจะทำให้ได้ผลรวมลำดับที่ค่าหนึ่งที่ไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป แต่ถ้า  $H_1$  เป็นจริง ค่าผลรวมของลำดับที่จากตัวอย่างชุดหนึ่งจะมีค่ามาก หรือน้อยเกินไปดังตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้ามีตัวอย่างกลุ่มขนาด 4 ด้วยค่าตัวแปรกลุ่ม X และอีกชุดหนึ่งด้วยขนาด 5 ด้วยตัวแปรกลุ่ม Y ปรากฏว่าเมื่อนำทั้ง 9 จำนวนมารวมกัน และเรียงลำดับ

และให้  $S =$  ผลรวมของลำดับที่ของข้อมูล X ในข้อมูลรวมทั้งหมด

$$S = \sum_{i=1}^{n_1} \text{Rank}(X_i)$$

ถ้าข้อมูลรวมทั้งหมดเมื่อนำมาเรียงลำดับแล้วได้ลำดับที่ดังนี้

ชุดที่ 1 YYYYYXXXX กรณีนี้จะได้ค่า  $S = 6 + 7 + 8 + 9 = 30$   
 หรือ ชุดที่ 2 XXXXYYYYY กรณีนี้จะได้ค่า  $S = 1 + 2 + 3 + 4 = 10$   
 หรือ ชุดที่ 3 XYXYXYXYV กรณีนี้จะได้ค่า  $S = 1 + 3 + 5 + 7 = 16$

จะพบว่าในตัวอย่างรวมชุดที่ 1 ตัวแปร X อยู่ในตอนท้ายได้ค่า  $S = 30$  มีค่าใหญ่มากในตัวอย่างชุดนี้ น่าจะคาดเดาว่า ประชากรกลุ่ม X มีแนวโน้มที่จะมีค่ามากกว่ากลุ่ม Y

ในตัวอย่างรวมชุดที่ 2 ตัวแปร X อยู่ในตอนต้น ได้ค่า  $S = 10$  มีค่าน้อยดังนั้น น่าจะทำให้ยอมรับ  $H_1$  : ประชากร X มีแนวโน้มที่จะมีค่าน้อยกว่า Y ซึ่งจะมีค่าเท่ากับสัดส่วนของจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นต่อจำนวนครั้งที่ทดลองทั้งหมด คือ 1,000 ครั้ง

และในตัวอย่างรวมชุดที่ 3 ตัวแปร X อยู่ในลักษณะผสม (mix) กันอย่างดีกับ Y ทำให้มีลำดับที่ ทั้งค่าน้อย ปานกลาง และมาก ได้ค่า  $S = 16$  ซึ่งมีค่าปานกลางจากตัวอย่างนี้ น่าจะทำให้เรายอมรับ  $H_0$  : ประชากร X และ Y มีค่ามัธยฐาน ไม่ต่างกัน

Wilcoxon ได้สร้างตารางแสดงค่าความน่าจะเป็นของค่า S ที่น้อยหรือมากเกินไปนี้ ซึ่งสามารถใช้ตารางดังกล่าวหาค่า p-value เพื่อตัดสินใจยอมรับ  $H_0$  หรือปฏิเสธ  $H_0$  ได้ แต่เนื่องจากค่า S

ที่เล็กที่สุด จะแตกต่างกันไปตามขนาดตัวอย่างที่สุ่มมา จึงทำให้การสร้างตารางยากขึ้น และค่อนข้างใหญ่ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ทำให้ไม่สะดวกในการใช้ ในที่นี้ไม่เสนอวิธีการของ Wilcoxon โดยตรงนี้ แต่จะปรับสูตรสถิติที่ใช้ทดสอบให้สัมพันธ์กับค่า S นี้ และสอดคล้องกับวิธีของ Mann, Whitney ซึ่งจะได้อธิบายในลำดับต่อไป

ในกรณีตัวอย่างขนาดใหญ่สามารถประมาณการแจกแจงของ S ด้วยการแจกแจงปกติ ดังสูตร

$$Z = \frac{(S \pm 0.5) - n_1(n_1 + n_2 + 1)/2}{\sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

2.1.2 วิธีการของ Mann, Whitney

มักเรียกชื่อการทดสอบของเขาทั้งสองว่า Mann - Whitney U test ซึ่งกำหนดให้ตัวสถิติ U คือ การนับจำนวนค่าสังเกตในตัวอย่างชุดหนึ่งที่น่าหน้า (exceeding) แต่ละค่าสังเกตในตัวอย่างอีกชุดหนึ่งในข้อมูลที่นำมารวมกันและเรียงลำดับ การคำนวณหาค่า U สามารถทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ และวิธีการนี้ยังเป็นพื้นฐานในการหาช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างค่ามัธยฐานใน 2 ประชากรด้วย

ให้  $U = \sum_{i=1}^{n_1} U_i$   
 = ผลรวม (จำนวนค่า X ที่น้อยกว่า หรือนำหน้า X<sub>i</sub> ในข้อมูลรวมทั้งหมด) ที่เรียงลำดับแล้ว

เช่น มีข้อมูลรวม YYYYYXXXXX จะได้ U = 5 + 5 + 5 + 5 = 20  
 หรือ XXXXYYYYYY จะได้ U = 0  
 หรือ XXXYXXYY จะได้ U = 0 + 1 + 2 + 3 = 6

จะเห็นว่าค่า U ที่ใหญ่เกินไปหรือน้อยเกินไป ทำให้น่าจะเชื่อว่า H<sub>1</sub> เป็นจริง ในขณะที่ U ที่มีค่าปานกลางจะทำให้เชื่อว่า H<sub>0</sub> เป็นจริง ซึ่งจะสอดคล้องกับค่า S ของ Wilcoxon

นอกจากการนับจำนวนเพื่อหาค่า U แล้ว อาจใช้สูตรหาค่า U ดังนี้

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - S_2$$

เมื่อ S<sub>2</sub> = ผลรวมลำดับที่ของตัวแปร Y จากตัวอย่างขนาด n<sub>2</sub>

ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้ามีตัวอย่างสุ่มชุดที่ 1 และ 2 ด้วยค่าสังเกต ดังนี้

ข้อมูล X :	110	70	53	51	
ข้อมูล Y :	78	64	75	45	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวมทั้งหมดเข้าด้วยกัน และเรียงลำดับจะได้

45    51    53    64    70    75    78    82    110

Y    X    X    Y    X    Y    Y    Y    X

หาค่า            U            =            1+1+2+5 = 9

$$\begin{aligned} \text{ถ้าใช้สูตร } U &= 4 \times 5 + \frac{5(5+1)}{2} - (1+4+6+7+8) \\ &= 9 \end{aligned}$$

Mann-Whitney ได้สร้างตารางค่าความน่าจะเป็นเมื่อ U มีค่าต่าง ๆ ที่ค่า  $n_1, n_2$  ต่าง ๆ กัน แต่การใช้ตารางจำเป็นต้องเลือกใช้ค่า U ที่มีค่าน้อยที่สุด เพราะค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณในตารางเป็นความน่าจะเป็นด้านซ้ายของโค้งการแจกแจง

การเลือกใช้ค่า U ที่น้อยที่สุด ให้ใช้ความสัมพันธ์

$$U' = n_1 n_2 - U \quad \text{แล้วเลือกค่า } U' \text{ หรือ } U \text{ ที่เล็กที่สุด}$$

$$\text{เช่นตัวอย่างข้างต้น} \quad U' = 4 \times 5 - 9 = 11$$

ดังนั้นเลือกใช้  $U = 9$  เป็นสถิติที่ใช้ทดสอบ แต่การสร้างตารางการแจกแจงของค่า U จะง่ายขึ้น เนื่องจากค่าต่ำสุดของ  $U = 0$  เสมอ

ในกรณีตัวอย่างใหญ่สามารถประมาณการแจกแจงค่า U ด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐานได้ค่า

$$Z = \frac{U - n_1 n_2 / 2}{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 12}}$$

### 2.1.3 วิธีการของ Wilcoxon และ Mann-Whitney

Mann-Whitney ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถิติที่ใช้ทดสอบของเขากับของ Wilcoxon พบว่า ถ้าให้  $T = S - \frac{n_1(n_1+1)}{2}$  แล้วค่า T ที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่า U นั่นเอง (สามารถทดลองจากตัวอย่างข้างต้น จะพบว่าค่า T จะเท่ากับ U ในทุกกรณี) หลักในการหาอาณาเขตวิกฤตยังคงคล้ายการพิจารณาค่า S เนื่องจากค่า T มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่า S ดังนั้นค่า T ที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะทำให้ปฏิเสธ  $H_0$  เพื่อยอมรับ  $H_1$  แต่การสร้างตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นของค่า T จะง่ายขึ้น เนื่องจากค่าเล็กที่สุดของ  $T = 0$  เสมอ

$$\text{ดังนั้น} \quad \text{สถิติที่ใช้ทดสอบคือ} \quad T = S - \frac{n_1(n_1+1)}{2}$$

เมื่อ  $S =$  ผลรวมลำดับที่ของตัวอย่างขนาด  $n_1$  ในข้อมูลรวมทั้งหมดที่เรียงลำดับแล้ว

และ  $T' = n_1 n_2 - T$  นิยมเลือกใช้ค่าน้อยที่สุดระหว่าง T และ  $T'$  เป็นตัวสถิติทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การตัดสินใจ ใช้ตารางแสดงค่าวิกฤตของสถิติที่ใช้ทดสอบ T

ในกรณีการทดสอบสองหางจะปฏิเสธ  $H_0$  ถ้าพบว่าค่า T น้อยเกินไป หรือใหญ่เกินไป

$$\text{อาณาเขตวิกฤต คือ } T < W_{\frac{\alpha}{2}} \quad \text{หรือ} \quad T > W_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

$$\text{เมื่อ } W_{1-\frac{\alpha}{2}} = n_1 n_2 - W_{\frac{\alpha}{2}}$$

เมื่อเป็นการทดสอบหางเดียว ด้านน้อยกว่า คือ  $H_1 : M_X < M_Y$  จะปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อ พบว่าค่า T น้อยเกินไป

$$\text{อาณาเขตวิกฤต คือ } T < W_{\alpha}$$

เมื่อเป็นการทดสอบหางเดียว ด้านมากกว่า  $H_1 : M_X > M_Y$  จะปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อพบ ว่า T ใหญ่เกินไป

$$\text{อาณาเขตวิกฤต คือ } T > W_{1-\alpha} \quad \text{เมื่อ } W_{1-\alpha} = n_1 n_2 - W_{\alpha}$$

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการตรวจสอบโปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ SPSS, MINITAB, SAS ยังไม่มีการทดสอบข้อกำหนดเบื้องต้นของสถิติทดสอบ Wilcoxon – Mann – Whitney (WMW) นอกจากนี้ SPSS จำนวนค่า WMW แบบไม่ปรับค่า ties ยกเว้นผู้ใช้ต้องเลือก Module Exact (จากโปรแกรมที่ถูกต้องลิขสิทธิ์เท่านั้น) จึงจะทำการปรับค่าทำให้ ซึ่งจะมีผลต่อค่าพีที่ได้ นักวิจัยจึงต้องตรวจสอบค่าข้อมูลที่ได้ก่อนว่ามีซ้ำจำนวนมากหรือไม่ ถ้ามีจำนวนมากควรเลือก Module แบบ Exact

Reinhard Bergmann, John Ludbrook and Wilk P.J.M. Shooren (2000) ได้ทำการศึกษาถึงผลลัพธ์ของการใช้สถิติทดสอบ Wilcoxon-Mann Whitney จากโปรแกรมสำเร็จรูป 11 แบบ เช่น SPSS 8.0, StatXact 4.0, SigmaStat 2.03, S-Plus 2000, SAS 6.12 เป็นต้น พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จะแตกต่างกันในหลายด้าน เช่น การปรับ ties, การปรับค่าต่อเนื่อง, การปรับค่ากรณีตัวอย่างมีขนาดใหญ่ รวมทั้งการทำให้เข้าใจผิด หรือ Inadequate description of Algorithms

Leo Knüsel ได้ทำการศึกษาถึงความถูกต้องของค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามพัชของ ไฮเปอร์จีโอเมตริก แกมมา และ Inverse Beta จากโปรแกรม Excel 2003 พบว่าได้ค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามและพัชของจะถูกต้อง เมื่อค่าตัวแปรสุ่มมีค่าในช่วงกลาง ๆ ของการแจกแจงเท่านั้น แต่เมื่อตัวแปรสุ่มมีค่าในตอนต้นของการแจกแจง (extreme lower tail) Excel 2003 จะปิดค่าความน่าจะเป็นเหล่านั้นเป็น 0 ในขณะที่ Excel 97 ให้ค่าที่ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่าการสร้าง Algorithm ใน Excel 2003 ก็ยังคงมีข้อบกพร่องอยู่ แม้ว่าจะมีการปรับปรุงจาก Excel 97 แล้วก็ตาม

และงานวิจัย Bernhard, et al ศึกษาถึงความน่าเชื่อถือของสถิติทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์

แบบต่าง ๆ จากโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หรือการศึกษาของ McCullough และ Wilson พบว่าโปรแกรม Microsoft Excel 97 ให้ผลวิเคราะห์ยังไม่ถูกต้องในการวิเคราะห์การถดถอย (เชิงเส้นและไม่เชิงเส้น) การผลิตเลขสุ่ม และความน่าจะเป็นจากการแจกแจงแบบต่าง ๆ

ในขณะที่นักวิจัยไทยหลายท่านศึกษาถึงผลการวิเคราะห์จากโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ อาทิ กมลบุญมา (2547) ได้ทำการศึกษาถึงการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่าเฉลี่ยในการทดลองแบบแฟกทอเรียล กรณีตัวแบบอิทธิพลผสมของโปรแกรม SPSS ซึ่งพบว่าได้ค่าไม่ถูกต้อง ในขณะที่โปรแกรม SAS ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง และกมล ยังได้ศึกษาถึงการรายงานค่าพี (p - value) ด้วยสถิติทดสอบไค-สแควร์ จากตารางไขว้ของโปรแกรม SPSS ที่พบว่าเป็นค่าความน่าจะเป็นแบบด้านเดียว ไม่ใช่แบบสองด้านตามที่โปรแกรมรายงาน ดังนั้นผู้นำผลไปใช้ไม่จำเป็นต้องนำไปหารด้วยสอง เนื่องจากการทดสอบด้วยไค-สแควร์ เป็นการทดสอบแบบด้านเดียว

กฤษยา (2550) ที่เปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำลองแบบข้อมูลด้วยโปรแกรม SAS และ MINITAB พบว่าสำหรับตัวอย่างขนาดเล็กจะให้ผลไม่ต่างกัน แต่ตัวอย่างใหญ่ แนะนำให้ใช้โปรแกรม SAS มากกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการวิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 สร้างการแจกแจงของ 2 ประชากรด้วยการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล ตามลักษณะที่กำหนดในสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1 กำหนดให้ 2 ประชากรมีการแจกแจงที่เหมือนกัน และ ต่างกัน ดังนี้

Uniform คือ  $U(0,5)$  และ  $U(2,10)$

Normal คือ  $N(100,10)$ ,  $N(100,20)$ ,  $N(150,10)$  และ  $N(150,20)$

t คือ  $t(10)$  และ  $t(20)$

Exponential คือ  $Exp(5)$  และ  $Exp(8)$

Chi-Square คือ  $Chi(15)$  และ  $Chi(30)$

ด้วยค่ากลางที่แตกต่างกัน และต่างกัน

3.1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างเป็น 10 – 10, 10 – 20, 10 – 30

3.1.3 จำนวนทำซ้ำ = 1,000 รอบในแต่ละสถานการณ์

3.2 คำนวณค่าสถิติทดสอบและค่าที่ (p – value)

โดยนำข้อมูลในข้อ 3.1.1 ไปวิเคราะห์ด้วยเมนูใน SPSS เพื่อทดสอบ  $H_0$ : ค่ากลางของ 2 ประชากร ไม่แตกต่างกัน คือเมนู Nonparametric Test จาก สถิติทดสอบ WMW และนำข้อมูลชุดเดิมนั้น วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB ด้วยเมนู Basic Statistics ในแต่ละสถานการณ์ในข้อ 3.1.2 และ 3.1.3

3.3 คำนวณค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ที่แท้จริง (Empirical  $\alpha$ )

เมื่อใช้ข้อมูลจาก 2 ประชากรที่มีค่ากลางไม่ต่างกัน ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ WMW ด้วยโปรแกรม SPSS และ MINITAB เป็นจำนวน 1,000 ชุดตัวอย่าง ในแต่ละสถานการณ์ หากค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 โดยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น ( $H_0$ : ค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น) อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กลางของ 2 ประชากรไม่แตกต่างกัน) เมื่อกำหนด  $\alpha = 0.05$  หรือ  $0.10$  คือนับว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพี (หรือค่า Sig ที่ได้จากโปรแกรม) น้อยกว่า .05 และน้อยกว่า .10 แล้วหารด้วย 1,000 และเทียบค่ากับความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ที่กำหนดไว้ = .05 และ .10 ว่าสามารถควบคุมค่าได้หรือไม่ โดยใช้เกณฑ์ของ Cochran และ Bradley ดังนี้

เกณฑ์ของ Cochran จะมีเกณฑ์การพิจารณาว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ .10 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (.08 – .12)

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (.04 – .06)

เกณฑ์ของ Bradley จะมีเกณฑ์การพิจารณาว่าสามารถควบคุมความน่าจะเป็นได้ เมื่อ

ที่ระดับนัยสำคัญ .10 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (.05 – .15)

ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ถ้าค่าที่ได้มีค่าในช่วง (.025 – .075)

### 3.4 ค่าอำนาจการทดสอบที่แท้จริง (Empirical power)

เมื่อใช้ข้อมูลจาก 2 ประชากรที่มีค่ากลางต่างกัน ทดสอบด้วยสถิติทดสอบ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB เป็นจำนวน 1,000 ชุดตัวอย่าง ในแต่ละสถานการณ์ หาค่าอำนาจการทดสอบด้วยการนับจำนวนครั้งของการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น ( $H_0$ : ค่ากลางของ 2 ประชากรไม่แตกต่างกัน) คือนับว่ามีจำนวนกี่ครั้งที่ได้ค่าพี (หรือค่า Sig ที่ได้จากโปรแกรม) น้อยกว่า .05 และน้อยกว่า .10 แล้วหารด้วย 1,000 และจะเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบในแต่ละสถานการณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

ผลจากการทดลองใช้ข้อมูลตัวอย่าง 1000 ชุด จากประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงเหมือนกัน และต่างกัน โดยกำหนดให้มีค่ากลางเท่ากัน และ ต่างกัน เมื่อใช้สถิติทดสอบ WMW จาก โปรแกรม SPSS และ MINITAB นำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่า Empirical  $\alpha$  และค่า Empirical  $(1-\beta)$  สามารถสรุปผลได้รายละเอียด เมื่อแยกเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

4.1 กรณีประชากรสองกลุ่มที่มีการแจกแจงเหมือนกัน และมีค่ากลางเท่ากัน จะคำนวณหาค่า Empirical  $\alpha$  จากการนับจำนวนชุดตัวอย่างที่เกิดการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นด้วยสถิติ WMW และหารด้วยค่า 1000 จะได้ค่าดังตาราง 4.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ค่า Empirical  $\alpha$  ที่ได้จากการใช้สถิติ WMW จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน และค่ากลางเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง $n_1 - n_2$	SPSS		MINITAB	
	เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ		เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ	
	.05	.10	.05	.10
	U(0,5) + U(0,5)			
10 - 10	.044	.088	.033	.069
10 - 20	.064	.130	.057	.130
10 - 30	.042	.090	.041	.086
	U(2,10) + U(2,10)			
10 - 10	.053	.099	.047	.085
10 - 20	.045	.096	.041	.096
10 - 30	.048	.097	.047	.088
	N(100,10) + N(100,10)			
10 - 10	.055	.104	.045	.085
10 - 20	.035	.094	.032	.094
10 - 30	.064	.114	.062	.108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

10 – 20	.036	.078	.031	.077
10 – 30	.019	.046	.013	.042
	N(150,10) + N(150,10)			
10 – 10	.058	.106	.043	.085
10 – 20	.049	.101	.046	.088
10 – 30	.047	.093	.050	.091
	N(150,20) + N(150,20)			
10 – 10	.052	.100	.041	.083
10 – 20	.049	.088	.042	.085
10 – 30	.052	.097	.045	.087
	t(10) + t(10)			
10 – 10	.049	.095	.042	.085
10 – 20	.044	.084	.041	.084
10 – 30	.047	.097	.046	.092
	t(20) + t(20)			
10 – 10	.052	.106	.046	.093
10 – 20	.052	.091	.043	.091
10 – 30	.045	.101	.042	.089
	Exp(5) + Exp(5)			
10 – 10	.059	.113	.046	.098
10 – 20	.043	.108	.041	.108
10 – 30	.041	.092	.039	.084
	Exp(8) + Exp(8)			
10 – 10	.062	.120	.057	.110
10 – 20	.045	.098	.042	.097
10 – 30	.064	.110	.059	.105
	Chi(15) + Chi(15)			
10 – 10	.052	.097	.044	.080
10 – 20	.064	.114	.055	.114
10 – 30	.043	.089	.036	.085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

	Chi(30) + Chi(30)			
10 – 10	.056	.111	.048	.092
10 – 20	.053	.107	.049	.107
10 – 30	.051	.098	.047	.091

จากตารางที่ 4.1 ในกรณี การแจกแจงที่เหมือนกัน ผลสรุปจากการใช้สถิติ WMW จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ MINITAB จะพบว่า จากประชากรที่มีการแจกแจงที่เหมือนกัน คือ การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม (U(0,5) และ U(2,10)) การแจกแจงปกติ (N(100,10) และ N(100,20), N(150,10) และ N(150,20)) การแจกแจงที่ (t(10) และ t(20)) การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exp(5) และ Exp(8)) และการแจกแจงไคสแควร์ (Chi(15) และ Chi(30)) เมื่อสุ่มตัวอย่าง 1,000 ชุด จากแต่ละประชากรที่มีค่ากลางเท่ากัน จะพบว่าผลสรุปจาก SPSS และ MINITAB ได้ผลคล้ายกันทุกการแจกแจง คือ ได้ค่า Empirical  $\alpha$  ต่ำกว่าที่กำหนด คือ 0.05 และ 0.10 โดย MINITAB จะให้ค่าต่ำกว่า SPSS ในเกือบทุกการแจกแจง และที่ทุกระดับนัยสำคัญ เช่นที่ประชากรแบบ U(0,5) และ U(0,5) ที่  $\alpha = 0.05$  และ  $n_1 - n_2$  คือ 10 – 10 SPSS จะให้ค่า 0.044 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่า 0.033 เป็นต้น เช่นเดียวกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 โปรแกรม SPSS ให้ค่า 0.038 แต่ MINITAB ให้ค่า 0.069

มีบางกรณีคือ เพียง 8 กรณีจากทั้งหมด 72 กรณีเท่านั้นที่ MINITAB ให้ค่าเท่ากับค่าจาก SPSS และมีเพียงกรณีเดียวเท่านั้นที่ MINITAB ให้ค่ามากกว่าค่าจาก SPSS

ส่วนกรณีที่ผลสรุปจาก SPSS และ MINITAB ที่ให้ค่า Empirical  $\alpha$  ใหญ่กว่า  $\alpha$  ที่กำหนด จะพบว่า SPSS ได้จำนวนครั้งมากกว่า MINITAB ทั้งกรณีที่กำหนด  $\alpha = 0.05$  คือ SPSS ให้ค่าที่มากกว่า 0.05 อยู่ 18 กรณี จาก 36 กรณี คิดเป็นสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 50 MINITAB ให้ค่ามากกว่า 0.05 เพียง 6 กรณี จาก 36 กรณี เมื่อคิดเป็นสัดส่วนจะเท่ากับร้อยละ 16.66 ส่วนกรณีที่กำหนด  $\alpha = 0.10$  โปรแกรม SPSS ให้ค่ามากกว่า 0.10 อยู่ 15 กรณีเมื่อคิดเป็นสัดส่วนเท่ากับร้อยละ 41.66 MINITAB ให้ค่ามากกว่า 0.10 อยู่เพียง 7 กรณี จาก 36 กรณี

แต่เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran มาพิจารณาถึงความสามารถในการควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 โดยที่ระดับนัยสำคัญ .05 Cochran จะมีขอบเขต .04-.06 และที่ระดับนัยสำคัญ .10 มีขอบเขตในช่วง .08-.12 จะพบว่าโปรแกรม SPSS มี 9 ครั้งจาก 36 ครั้ง (ที่ให้ค่า Empirical  $\alpha$  นอกขอบเขต .04-.06) คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 25 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และยังได้รายละเอียดว่าใน 9 ครั้งนี้มีค่าที่สูงกว่าขอบเขตบน 7 ครั้ง อีก 2 ครั้งเป็นค่าที่ต่ำกว่าขอบเขตล่าง ส่วนที่ระดับความสำคัญ .10 มีเพียง 3 ครั้ง ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 8.33 โดยใน 3 ครั้งนี้ มีค่าที่สูงกว่าขอบเขตบนเพียง 2 ครั้งเท่านั้น

ส่วนโปรแกรม MINITAB จะพบว่า มีเพียง 7 ครั้ง (ที่ให้ค่า Empirical  $\alpha$  นอกขอบเขต .04-.06) ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 19.44 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยใน 7 ครั้งนี้ มีเพียง 1 ครั้งที่มีค่าสูงกว่าขอบเขตบน

(.06) ที่เหลือ 6 ครั้ง ได้ค่าที่ต่ำกว่าขอบเขตล่างทั้งหมด ส่วนที่ระดับนัยสำคัญ .10 จะได้ค่าสัดส่วนของค่าที่เกินขอบเขตเท่ากับร้อยละ 11.11

เมื่อใช้เกณฑ์ของ Bradley โปรแกรมทั้งสองสามารถควบคุมค่าได้ทั้งหมด ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10

เมื่อพิจารณาที่รูปแบบของ  $n_1 - n_2$  คือเป็นรูปแบบ 10 - 10 หรือ 10 - 20 หรือ 10 - 30 พบว่าโปรแกรม MINITAB ให้จำนวนครั้งที่ได้ Empirical  $\alpha$  ที่มากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไม่ต่างกันมาก คือ 3, 6 และ 4 ครั้ง (จาก 24 ครั้งในแต่ละกรณี ของ  $n_1 - n_2$  ตามลำดับ) ส่วน SPSS ได้จำนวนครั้งที่ได้ Empirical  $\alpha$  สูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด 0.05 และ 0.10 มีค่าลดลง เมื่อ  $n_1 - n_2$  มีความแตกต่างกันมากขึ้น คือ มีจำนวน 17, 9, 7 ครั้ง (จาก 24 ครั้งในแต่ละกรณี ของ  $n_1 - n_2$ ) ตามลำดับ

สามารถสรุปได้ว่า MINITAB สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของการเกิด Type I error ได้ดีกว่า SPSS ในทุกกรณี คือ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 0.10 และทุกรูปแบบของ  $n_1 - n_2$

4.2 กรณีประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน แต่มีค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical power ดังรายละเอียดจากตาราง 4.2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ค่า Empirical power ที่ได้จากการใช้สถิติ WMW จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกัน แต่ค่ากลางต่างกัน

ขนาดตัวอย่าง $n_1 - n_2$	SPSS		MINITAB	
	เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ		เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ	
	.05	.10	.05	.10
	U(0,5) + U(2,10)			
10 - 10	.951	.976	.944	.970
10 - 20	.992	.997	.990	.997
10 - 30	.997	1.000	.997	1.000
	N(100,10) + N(150,10)			
10 - 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

	N(100,10) + N(150,20)			
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	t(10) + t(20)			
10 – 10	.042	.088	.035	.077
10 – 20	.039	.083	.036	.083
10 – 30	.043	.094	.042	.089
	Exp(5) + Exp(8)			
10 – 10	.148	.228	.125	.203
10 – 20	.159	.241	.143	.241
10 – 30	.184	.279	.174	.271
	Chi(15) + Chi(30)			
10 – 10	.994	.988	.993	.997
10 – 20	.999	1.000	.999	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000

จากตารางที่ 4.2 กรณีค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้อ่านค่า Empirical Power จากการปฏิเสธสมมติฐานที่เป็นเท็จ (จากสมมติฐานที่กล่าวว่า ค่ากลางของ 2 ประชากรไม่ต่างกัน แต่ในความเป็นจริง สุ่มตัวอย่างมาจากประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน แต่มีค่ากลางต่างกัน) พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB ได้ค่าใกล้เคียงกัน คือโดยส่วนใหญ่ได้ค่าใกล้เคียง 1 โปรแกรม MINITAB ให้ค่าต่ำกว่า SPSS เล็กน้อย เช่น สุ่มตัวอย่างจากการแจกแจง  $U(0,5)$  และ  $U(2,10)$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ที่  $n_1 - n_2 = 10 - 10$  ได้ค่า Empirical Power จากโปรแกรม SPSS = 0.951 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่า 0.944 เป็นต้น และยังให้ละเอียดต่อไปว่า เมื่อเพิ่มระดับนัยสำคัญเป็น 0.10 และรูปแบบของ  $n_1 - n_2$  มีความแตกต่างกันมากขึ้น คือเป็น 10 – 20 หรือ 10 – 30 จะได้อ่านค่า Empirical Power สูงขึ้น ยกเว้น ถ้าสุ่มตัวอย่างจากการแจกแจง  $t(10) + t(20)$  และ  $Exp(5) + Exp(8)$  จะได้อ่านค่า Empirical power ค่อนข้างต่ำ เช่น จากการแจกแจง  $Exp(5) + Exp(8)$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 และ  $n_1 - n_2$  คือ 10 – 10 โปรแกรม SPSS ให้ค่า = 0.148 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่า 0.125 เป็นต้น ผลที่ได้แตกต่างจากการแจกแจงอื่นๆ ที่ศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะต้องทำการศึกษาในรายละเอียดในครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 กรณีประชากร 2 กลุ่มที่มีการแจกแจงต่างกันแต่มีค่ากลางเท่ากัน ซึ่งจะได้อำนาจ Empirical  $\alpha$  ดังรายละเอียดจากตาราง 4.3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.3 ค่า Empirical  $\alpha$  ที่ได้จากการใช้สถิติ WMW จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงต่างกัน แต่ค่ากลางเท่ากัน

ขนาดตัวอย่าง $n_1 - n_2$	SPSS		MINITAB	
	เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ		เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ	
	.05	.10	.05	.10
	U(0,10) + N(10,2)			
10 - 10	.983	.995	.978	.993
10 - 20	.998	1.000	.998	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	U(0,10) + t(10)			
10 - 10	.998	1.000	.997	1.000
10 - 20	1.000	1.000	.999	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	U(0,10) + Exp(10)			
10 - 10	.170	.275	.149	.252
10 - 20	.202	.324	.185	.324
10 - 30	.983	.995	.982	.994
	U(0,10) + Chi(10)			
10 - 10	.782	.883	.745	.850
10 - 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 30	.948	.979	.943	.976
	N(10,2) + t(10)			
10 - 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	N(10,2) + Exp(10)			
10 - 10	.195	.264	.192	.262
10 - 20	.187	.299	.183	.291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปดลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 4.3 (ต่อ)

10 – 30	.166	.256	.158	.249
N(10,2) + Chi(10)				
10 – 10	.081	.138	.090	.144
10 – 20	.047	.110	.050	.120
10 – 30	.047	.095	.044	.111
t(10) + Exp(10)				
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
t(10) + Chi(10)				
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
Exp(10) + Chi(10)				
10 – 10	0.120	0.210	0.122	0.215
10 – 20	0.174	0.259	0.179	0.262
10 – 30	0.204	0.306	0.207	0.309

จากตารางที่ 4.3 จากประชากร 2 กลุ่มที่มีการแจกแจงต่างกันแต่มีค่ากลางเท่ากัน เช่น  $U(0,10)$  และ  $N(10,2)$  หรือ  $U(0,10)$  และ  $t(10)$  เป็นต้น ผลสรุปจากการใช้สถิติ WMW จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS และ MINITAB จะพบว่า ทั้งสองโปรแกรมให้ค่า Empirical  $\alpha$  ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเข้าใกล้ 1 เป็นส่วนใหญ่ และเกือบทั้งหมดของกรณีศึกษา SPSS จะให้ค่าใหญ่กว่าค่าจาก MINITAB ในทุกระดับนัยสำคัญและทุกรูปแบบของ  $n_1 - n_2$

และเมื่อเพิ่มระดับนัยสำคัญจาก 0.05 เป็น 0.10 จะพบว่า ค่า Empirical  $\alpha$  จะมีค่าสูงขึ้น เช่นเดียวกับรูปแบบของ  $n_1 - n_2$  ที่ต่างกันมากขึ้น ก็จะได้ค่าสูงขึ้นเช่นกัน เช่น จากโปรแกรม SPSS เมื่อสุ่มตัวอย่างจากการแจกแจง  $U(0,10)$  และ  $N(10,2)$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ  $n_1 - n_2$  คือ 10 – 10 ได้ค่า Empirical  $\alpha$  เท่ากับ 0.983 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่าเท่ากับ 0.978 เมื่อเปลี่ยนระดับนัยสำคัญเป็น 0.10 จะได้ค่าเท่ากับ 0.995 จาก SPSS และค่า 0.993 จาก MINITAB และเมื่อรูปแบบของ  $n_1 - n_2$  เปลี่ยนเป็น 10 – 20 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จาก SPSS และ MINITAB จะได้ค่าเท่ากันคือ 0.998 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษามาก่อน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แม้ว่าจะมีบางคู่ของการแจกแจง เช่น  $U(0,10)$  และ  $Exp(10)$  หรือ  $N(10,2)$  และ  $Exp(10)$  หรือ  $N(10,2)$  และ  $Chi(10)$  หรือ  $Exp(10)$  และ  $Chi(10)$  จะได้ค่า Empirical  $\alpha$  ที่ไม่สูงมาก (คือเข้าใกล้ 1) แต่ค่าเหล่านั้น ก็มีค่าสูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดทั้งสิ้น เช่น จากการแจกแจง  $Exp(10)$  และ  $Chi(10)$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ  $n_1 - n_2$  คือ 10 - 10 SPSS ให้ค่าเท่ากับ 0.120 MINITAB ให้ค่า 0.122 เป็นต้น

และเมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran จะพบว่าเกือบทั้งหมดมีค่าสูงกว่าขอบเขตบน(คือค่า .06 หรือ .12 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10 ตามลำดับ) เมื่อคิดเป็นสัดส่วนจะพบว่าโปรแกรมทั้งสอง ให้ค่าที่อยู่ในขอบเขตของ Cochran เพียงร้อยละ 6.6 เท่านั้น ส่วนเกณฑ์ของ Bradley ทุกค่ามีค่าเกินขอบเขตบนทั้งหมด ทั้งที่ระดับนัยสำคัญ .05 และ .10

4.4 กรณีประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงต่างกัน และมีค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical power ดังรายละเอียดจากตาราง 4.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ค่า Empirical power ที่ได้จากการใช้สถิติ WMW จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงต่างกัน และค่ากลางต่างกัน

ขนาดตัวอย่าง $n_1 - n_2$	SPSS		MINITAB	
	เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ		เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ	
	.05	.10	.05	.10
	$U(0,10) + N(20,2)$			
10 - 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	$U(0,10) + t(20)$			
10 - 10	.999	.999	.999	.999
10 - 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 - 30	1.000	1.000	1.000	1.000
	$U(0,10) + Exp(20)$			
10 - 10	.651	.763	.621	.737
10 - 20	.778	.868	.762	.868
10 - 30	.865	.935	.859	.928
	$U(0,10) + Chi(20)$			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ตาราง 4.4 (ต่อ)

10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
$N(10,2) + t(20)$				
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
$N(10,2) + \text{Exp}(20)$				
10 – 10	.184	.265	.180	.261
10 – 20	.147	.249	.145	.249
10 – 30	.113	.220	.111	.220
$N(10,2) + \text{Chi}(20)$				
10 – 10	.997	1.000	.997	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
$t(10) + \text{Exp}(20)$				
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
$t(10) + \text{Chi}(20)$				
10 – 10	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 20	1.000	1.000	1.000	1.000
10 – 30	1.000	1.000	1.000	1.000
$\text{Exp}(10) + \text{Chi}(20)$				
10 – 10	0.820	0.886	0.825	0.890
10 – 20	0.888	0.928	0.891	0.931
10 – 30	0.906	0.956	0.910	0.961

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากตารางที่ 4.4 เมื่อกำหนดให้ค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้อำนาจ Empirical Power ที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานนั้นผิด หรือเป็นการตัดสินใจที่ถูกต้อง พบว่า ผลสรุปจากการใช้สถิติ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB ให้ผลคล้ายกันทุกกรณีของค่าระดับนัยสำคัญ และรูปแบบของ  $n_1 - n_2$  คือมีค่า Empirical Power ค่อนข้างสูงมากเข้าใกล้ 1 โดยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญให้สูงขึ้น จาก 0.05 เป็น 0.10 และความแตกต่างระหว่าง  $n_1 - n_2$  มากขึ้น และโปรแกรม SPSS จะให้ค่าสูงกว่า MINITAB เล็กน้อย เช่นจากการแจกแจง  $U(0,10)$  และ  $Exp(20)$  ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ  $n_1 - n_2$  คือ 10 - 10 โปรแกรม SPSS ให้ค่า 0.651 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่า 0.621 จากทุกคู่ของการแจกแจงที่ศึกษาในครั้งในครั้งนี้ ให้ผลดังกล่าวข้างต้น ยกเว้นคู่จากการแจกแจง  $N(10,2) + Exp(20)$  เท่านั้นที่ให้ค่า Empirical Power ค่อนข้างต่ำ คือในช่วง 0.145 - 0.265



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บทที่ 5

### ผลสรุป

#### 5.1 ผลสรุป

จากการศึกษาครั้งนี้เมื่อแยกตามวัตถุประสงค์จะได้รายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ของสถิติทดสอบ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB จะพบว่าเฉพาะกรณีประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกันเท่านั้นที่สถิติ WMW สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ให้ต่ำกว่าที่กำหนดได้เมื่อเทียบกับเกณฑ์ของ Cochran และ Bradley ก็ได้ผลสรุปเช่นเดียวกัน
2. อำนาจการทดสอบของสถิติ WMW จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB จะพบว่าทั้งในกรณีประชากร 2 กลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน และต่างกัน ส่วนใหญ่จะให้ค่าสูงมากคือ เข้าใกล้ 1
3. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ WMW จาก SPSS และ MINITAB จะพบว่า MINITAB สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้ดีกว่า SPSS ในทุกกรณี ทั้งระดับนัยสำคัญ .05 และ .10 และทุกรูปแบบของ  $n_1 = n_2$  ส่วนอำนาจการทดสอบพบว่า SPSS ให้ค่าสูงกว่า MINITAB เล็กน้อยในทุกกรณี

#### 5.2 การอภิปรายผล

ในทุกกรณี คือ การแจกแจงเหมือนกันและต่างกัน และแยกเป็นกรณีค่ากลางเท่ากันและต่างกันในโปรแกรม SPSS และ MINITAB ให้ผลคล้ายกัน ทั้งค่า Empirical  $\alpha$  และค่า Empirical  $1-\beta$  สามารถให้รายละเอียดของผลสรุปในแต่ละกรณี ดังนี้

##### กรณีการแจกแจงเหมือนกัน

เมื่อมีค่ากลางเท่ากัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical  $\alpha$  จากการทดลองใช้ข้อมูล 1,000 ชุด ในแต่ละกรณี (คือ การปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นทั้งที่เป็นจริง) ส่วนใหญ่ MINITAB จะควบคุม  $\alpha$  ได้ต่ำกว่าที่กำหนดมากกว่า SPSS ทั้งกรณีกำหนด  $\alpha = 0.05$  และ  $0.10$  คือควบคุมค่าได้ร้อยละ 83.33 และ 80.55 ตามลำดับ ในขณะที่ SPSS ควบคุมค่าได้เพียงร้อยละ 50 และ 58.33 ตามลำดับ เมื่อพิจารณา ตามเกณฑ์ ของ Cochran โดยพิจารณาเฉพาะค่าที่มากกว่าขอบเขตบน (.06 หรือ .12) จะพบว่า SPSS จะให้ค่าสัดส่วนของกรณี

ที่ควบคุมค่าได้คือไม่เกินค่าขอบเขตบน เท่ากับร้อยละ 80.55 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และร้อยละ 94.44 ที่ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ระดับนัยสำคัญ .10 ในขณะที่ MINITAB ให้ค่าร้อยละ 97.22 ทั้งสองระดับนัยสำคัญ ส่วนเกณฑ์ของ Bradley พบว่าควบคุมค่าได้ทั้งหมด

และเมื่อขนาดตัวอย่างที่เท่ากันและต่างกัน มีกรณีที่ได้ค่า Empirical  $\alpha$  ใหญ่กว่าที่กำหนดบ้างแต่ไม่มากนัก คือควบคุมค่าได้เพียงร้อยละ 87.5,75 และ 83.33 ของการใช้  $n_1 - n_2 = 10-10, 10-20$  และ  $10-30$  ตามลำดับ สรุปได้ว่าจากการศึกษาครั้งนี้ การใช้ ขนาดตัวอย่าง  $n_1 - n_2 = 10-10$  จะได้ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ต่ำที่สุด

และเมื่อค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical power หรือ อำนาจการทดสอบ จากการทดลองใช้ ข้อมูล 1,000 ชุด ในแต่ละกรณี (คือการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นเมื่อสมมติฐานนั้นเป็นเท็จ) พบว่าเมื่อ กำหนดให้ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงเดียวกัน คือ การแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม หรือปกติ หรือโคสแควร์ หรือเอ็กโปเนนเชียล แต่มีค่ากลางต่างกัน จากโปรแกรม SPSS และ MINITAB จะทำการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นที่กล่าวว่ามีค่ากลางเท่ากัน ด้วยค่าสัดส่วนที่สูงขึ้นเมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญในการทดสอบจาก 0.05 เป็น 0.10 โดยส่วนมากมีค่าเข้าใกล้ค่า 1

และมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ขนาดตัวอย่าง ( $n_1 - n_2$ ) ที่ต่างกันมากขึ้น โดยโปรแกรม SPSS ให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่า MINITAB เล็กน้อยในทุกกรณี (ยกเว้นกรณีแจกแจงปกติ จะให้อำนาจการทดสอบเท่ากัน) คือมีค่าเป็น 1 หรือ 100% ทุกค่า  $\alpha = 0.05$  และ 0.10 และทุกแบบของ  $n_1 - n_2$ )

ยกเว้นกรณีที่ประชากรมาจากการแจกแจงแบบ  $t$  (คือ  $t(10)$  และ  $t(20)$ ) และการแจกแจงแบบเอ็กโปเนนเชียล (คือ Exp(5) และ Exp(8)) ทั้งสองโปรแกรม ให้ค่าอำนาจการทดสอบต่ำมาก คือ ในช่วงร้อยละ 3.5 – 27.9 เท่านั้น ซึ่งต้องทำการศึกษารายละเอียดในครั้งต่อไป

#### กรณีการแจกแจงต่างกัน

แยกเป็นกรณีที่กำหนดให้ค่ากลางเท่ากัน และค่ากลางต่างกันซึ่งจะได้รายละเอียดของข้อสรุปดังนี้

กรณีค่ากลางเท่ากัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical  $\alpha$  จากการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น ( $H_0$ ) ที่ระบุว่าค่ากลางจากสองประชากรไม่ต่างกัน เมื่อสุ่มตัวอย่างมาจากประชากร 2 กลุ่มที่มีการแจกแจงต่างกัน จะพบว่าทั้งโปรแกรม SPSS และ MINITAB ส่วนใหญ่จะให้ค่า Empirical  $\alpha$  สูงมาก คือเข้าใกล้ ค่า 1 หรือ ร้อยละ 100 แปลความได้ว่า จากตัวอย่างอย่างละ 1,000 ชุด ที่ถูกสุ่มจากประชากร 2 กลุ่ม ที่มีการแจกแจงต่างกันแต่มีค่ากลางเท่ากัน ผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ WMW จะปฏิเสธ  $H_0$  ทุกชุดตัวอย่างจาก 1,000 ชุด นั่นคือ เกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า Empirical  $\alpha$  อื่นๆที่มีค่าต่างจาก 1 ทุกค่าจะมีค่าเกิน  $\alpha$  ที่กำหนดไว้ทั้งสิ้น โดยมีค่าใกล้เคียง 1 มาก เช่นมีค่า 0.950 ขึ้นไป หรือที่มีค่าต่ำ แต่ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สูงกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด คือ มีค่าในช่วง 0.08 – 0.324 เป็นต้น เมื่อใช้เกณฑ์ของ Cochran และ Bradley เกือบทั้งหมดมีค่าเกินขอบเขตบนของทั้งสองเกณฑ์

จึงสรุปได้ว่า สถิติ WMW ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะใช้ตรวจสอบการเท่ากันของค่ากลาง จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงต่างกัน ในทางปฏิบัติควรทำการตรวจสอบการแจกแจงของสอง ประชากรว่าต่างกันหรือไม่ในลำดับแรกก่อน ถ้าผลสรุปได้ว่าไม่ต่างกัน จึงจะใช้สถิติ WMW ในลำดับ ถัดไป แต่ถ้าผลสรุปได้ว่าต่างกัน ควรใช้สถิติอื่นๆ แทน WMW เช่น สถิติ Fligner-Policello

กรณีค่ากลางต่างกัน ซึ่งจะได้ค่า Empirical power จากการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นที่ระบุไว้ ค่า กลางจากสองประชากรไม่ต่างกัน พบว่าโปรแกรม SPSS และ MINITAB จะให้ค่า Empirical(1-β) สูง มาก ส่วนใหญ่จะมีค่าเป็น 1 ในทุกการแจกแจงที่ศึกษาในครั้งนี้และมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับนัยสำคัญ จาก .05 เป็น .10 รวมทั้งขนาดตัวอย่างที่ต่างกันมากขึ้นก็จะให้ค่า Empirical power สูงมากขึ้นด้วย แปล ความได้ว่าสถิติ WMW มีประสิทธิภาพสูงในการปฏิเสธ  $H_0$  เมื่อ  $H_0$  เป็นเท็จ ซึ่งเป็นการสรุปผลจาก ประชากรได้ถูกต้องสูงมากถึงร้อยละ 100

ผลสรุปรวม จากการศึกษาครั้งนี้ จะพบว่าสถิติ WMW มีประสิทธิภาพดี เฉพาะกรณีที่ประชากร สองกลุ่มมีการแจกแจงเหมือนกัน นั่นคือให้ผลสรุปที่ถูกต้อง ในทางทฤษฎี คือ ให้ค่า Empirical α ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (หรือมีความน่าจะเป็นที่จะเกิด Type I error ต่ำกว่าที่กำหนด หรือสามารถควบคุม Type I error ได้) และให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูง (คือค่า (1-β) เข้าใกล้ 1)

สรุปได้ว่า ในกรณีการแจกแจงเหมือนกัน สถิติทดสอบ WMW จะสามารถควบคุม Type I error และ Type II error ให้มีค่าต่ำได้ในทุกกรณีของระดับนัยสำคัญ แต่ในกรณีที่ประชากรสองกลุ่มมีการแจก แจกแจงต่างกัน สถิติ WMW จะไม่สามารถควบคุม Type I Error ได้เลย และยังมีค่าสูงมาก ส่วนใหญ่มีค่าเป็น 1 แต่ยังให้ค่าอำนาจการทดสอบที่สูง นั่นคือให้ผลสรุปถูกต้องเฉพาะกรณีที่ค่ากลางต่างกันเท่านั้น

ดังนั้นการใช้สถิติ WMW เพื่อตรวจสอบความเท่ากันของประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน จึงต้อง คำนึงถึงความเหมือนกันของการแจกแจงของประชากรทั้งสองเป็นสำคัญด้วย ผลสรุปในระดับประชากร จึงจะเชื่อมั่นได้ว่าสามารถควบคุม Type I error ได้จริงและยังมีอำนาจการทดสอบสูง

**ข้อสรุปของการนำไปปฏิบัติใช้จริง** ควรใช้สถิติ WMW จากโปรแกรม MINITAB มากกว่า โปรแกรม SPSS เนื่องจาก MINITAB สามารถควบคุม Type I error ได้ต่ำกว่า SPSS

เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการวิจัยของ Zimmerman (3) ซึ่งได้ข้อสรุปว่า สถิติ WMW นี้ไม่ เหมาะสมที่จะนำไปใช้แทนที่การทดสอบแบบที (t – test) ในกรณีขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน และมีความ แปรปรวนของประชากรต่างกัน พบว่าการวิจัยครั้งนี้สนับสนุนข้อพบของ Zimmerman คือ จากการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ครั้งนี้ เมื่อกำหนดให้ประชากรทั้งสองมีการแจกแจงต่างกัน รวมทั้งมีค่าความแปรปรวนต่างกัน แต่มีค่ากลางเท่ากัน จะพบว่าทุกกรณีไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เลย รวมทั้งมีค่าสูงมาก (เข้าใกล้ 1 หรือมีค่า = 1) และเมื่อใช้ขนาดตัวอย่างต่างกัน (เช่น กรณี  $n_1 - n_2$  คือ 10 - 20 และ 10 - 30) ก็จะพบว่าค่า Empirical  $\alpha$  ก็สูงมากขึ้นตามลำดับเช่นกัน

ส่วนในกรณีที่ได้อ่า Empirical  $\alpha$  และ Empirical power ต่างไปจากกรณีส่วนใหญ่ที่ศึกษาในครั้งนี้ ยังไม่สามารถหาค่าอธิบายได้ชัดเจน จึงควรศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อสรุปต่อไป

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากข้อกำหนดของสถิติทดสอบ WMW ที่กล่าวว่า 2 ประชากรนั้นต้องมีรูปร่างเหมือนกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรทดลองใช้ข้อมูลจาก 2 ประชากรที่มีค่าความแปรปรวนเท่ากัน (ซึ่งหมายถึงมีรูปร่างเหมือนกัน) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เกือบทั้งหมดจะเป็นกรณีค่าความแปรปรวนต่างกัน ซึ่งจะทำให้ได้รายละเอียดของงานวิจัยมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## บรรณานุกรม

1. P. Sprent **“Applied Nonparametric Statistical Methods”** 2<sup>nd</sup> ed. Chapman & Hall 1993.
2. Reinhard Bergmann, John Ludbrook, and Will P.J.M. Spooren **“Different Out comes of the Wilcoxon – Mann – Whitney Test From Different Packages.”** Journal of the American Statistician, 2000, 54, No. 1
3. Donald W.Zimmerman **“Failure of the Man-Whitney Test: A Note on the Simulation Study of Gibbons and Chakraborti”** Journal of Experimental Education,60(4), 359 – 364
4. J.V. Deshpande, A.P. Gore., A. Shanubhogue. **“Statistical Analysis of Nonnormal Data”**. New Age International Publishers Limited Wiley Eastern Limited. 1995
5. Myles Hollandes, Douglas A. Wolfe **“Nonparametric Statistical Methods.”** 2<sup>nd</sup> ed. John Willey & Son, Inc, 1999.
6. Bernhard, G., Alle, M., Herbold, M., Meyers, W. **“Investigation on the Reliability of Some Elementary Nonparametric Methods in Statistical Analysis Systems.”** Statistical Software Newsletter. 1988, 14, 19 – 26.
7. กมล นุชบา. **“การรายงานค่า p-value ที่ทำให้เข้าใจผิดของโปรแกรม SPSS สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางไขว้ด้วย ไค-สแควร์”** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ธรรมชาติ ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 ก.ค. – ธ.ค. 46
8. กมล นุชบา. **“การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานที่ไม่ถูกต้องของโปรแกรม SPSS ในการทดลองแบบแฟกทอเรียลกรณีตัวแปรอิทธิพลผสม”** วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ธรรมชาติ, 2547 ปีที่ 12 ฉบับที่ 1 ม.ค. – เม.ย.
9. กุศยา ปลั่งพงษ์พันธ์ **“การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการจำลองแบบข้อมูลโดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ”** การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ ประจำปี 2550.
10. Leo Knüsel. **“On the accuracy of statistical distributions in Microsoft Excel 2003”** Computational Statistics & Data Analysis, 48, 2005, 445 – 449
11. B.D. McCullough, Berry Wilson. **“On the accuracy of Statistical procedures in Microsoft Excel 97”** Computational Statistics & Data Analysis, 31, 1999, 27 – 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

## ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

### ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล นางอุมพร จันทสร  
ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
โทรศัพท์ 02 329-8000-99 ต่อ 6278 หรือ 6168  
โทรสาร 02 329-8426 e-mail: kcumapor@kmitl.ac.th

### ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา ปีที่จบ (ตรี โท เอก)	อักษรย่อ ปริญญา และชื่อเต็ม	สาขาวิชาเอก	ชื่อสถาบัน	ประเทศ
2522 ปริญญาตรี	วท.บ. (สถิติ)	สถิติ	ม. เชียงใหม่	ประเทศไทย
2525 ปริญญาโท	พณ.ม. (สถิติ)	สถิติ	จุฬาฯ	ประเทศไทย

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ: Nonparametric Statistics

### ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

1. การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเข้ารับราชการหรือภาคเอกชนของนักศึกษาในสาขาวิชาที่ขาดแคลน, 2536 วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 ม.ค. – มี.ค. 2536 (พฤษภาคม 2537) หัวหน้าโครงการ
2. ความคิดเห็นของคณาจารย์เกี่ยวกับการนำสถาบันอุดมศึกษาของรัฐออกนอกระบบราชการ, 2539 วารสารพัฒนบริหารศาสตร์ ปีที่ 34 ฉบับที่ 3 ก.ค. – ก.ย. 2537 (มีนาคม 2543) หัวหน้าโครงการ
3. การศึกษาถึงการเข้าสู่ตลาดแรงงานของบัณฑิตวิศวกรรมศาสตร์จากมหาวิทยาลัยเอกชน 2540, วิศวกรรมสาร ปีที่ 50 ฉบับที่ 2 กุมภาพันธ์ 2540 หัวหน้าโครงการ
4. ผลของการใช้ระเบียบทบทวมหาวิทยาลัยว่าด้วยการให้ข้าราชการไปปฏิบัติงานเพื่อเพิ่มพูนความรู้ทางวิชาการของสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย 2541, วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 ก.ย. 2541 หัวหน้าโครงการวิจัย
5. ประสิทธิภาพการผลิตบัณฑิตระดับปริญญาเอกของประเทศไทย วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 เมษายน 2545 หัวหน้าโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6. ผลงานตีพิมพ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับนานาชาติของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2549 วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 14 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2548

7. ความพึงพอใจของนายจ้าง/ผู้ประกอบการ/ผู้ใช้บัณฑิตที่มีต่อบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ ประจำปี การศึกษา 2542 – 45 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วารสารพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีที่ 14 ฉบับที่ 3 ธันวาคม 2549

8. สื่อการสอนผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เรื่อง “การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่มเบื้องต้น” วารสาร วิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2550

9. การเปรียบเทียบผลการทดสอบการแจกปกติ ด้วยสถิติทดสอบจากโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปีที่ 17 ฉบับที่ 2, ก.ค. - ธ.ค. 2551

10. โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติและสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทดสอบไคสแควร์กรณีที่มีคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ วารสารวิจัยและพัฒนาจร. ปีที่ 31 ฉบับที่ 4, ต.ค. – ธ.ค. 2551

11. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายโดยใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด วิธีของทิส และวิธีของบราวน์และมุด วารสารวิทยาศาสตร์ มก. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉบับที่ 26 เล่มที่ 3 ก.ย. - ธ.ค. 2551

12. Efficiency Comparisons Of Normality Test using Statistical Packages., Thammasat International Journal of Science and Technology, Vol.16, No.3, 2011

13. โปรแกรมคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบสมมติฐานทางสถิติแบบนอนพาราเมตริก (Program for Sample Size Determination of Common Nonparametric Tests) วารสารวิทยาศาสตร์ มก. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ฉบับที่ 28 เล่มที่ 1, 2553

14. สื่อการเรียนและโปรแกรมวิเคราะห์การแยกส่วนค่าไคสแควร์จากตารางสองทางวารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, 2555

15. โปรแกรมช่วยตัดสินใจเลือกสถิติทดสอบแบบไคสแควร์สำหรับตารางการจรวารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่ 21 ฉบับที่ 2, 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.