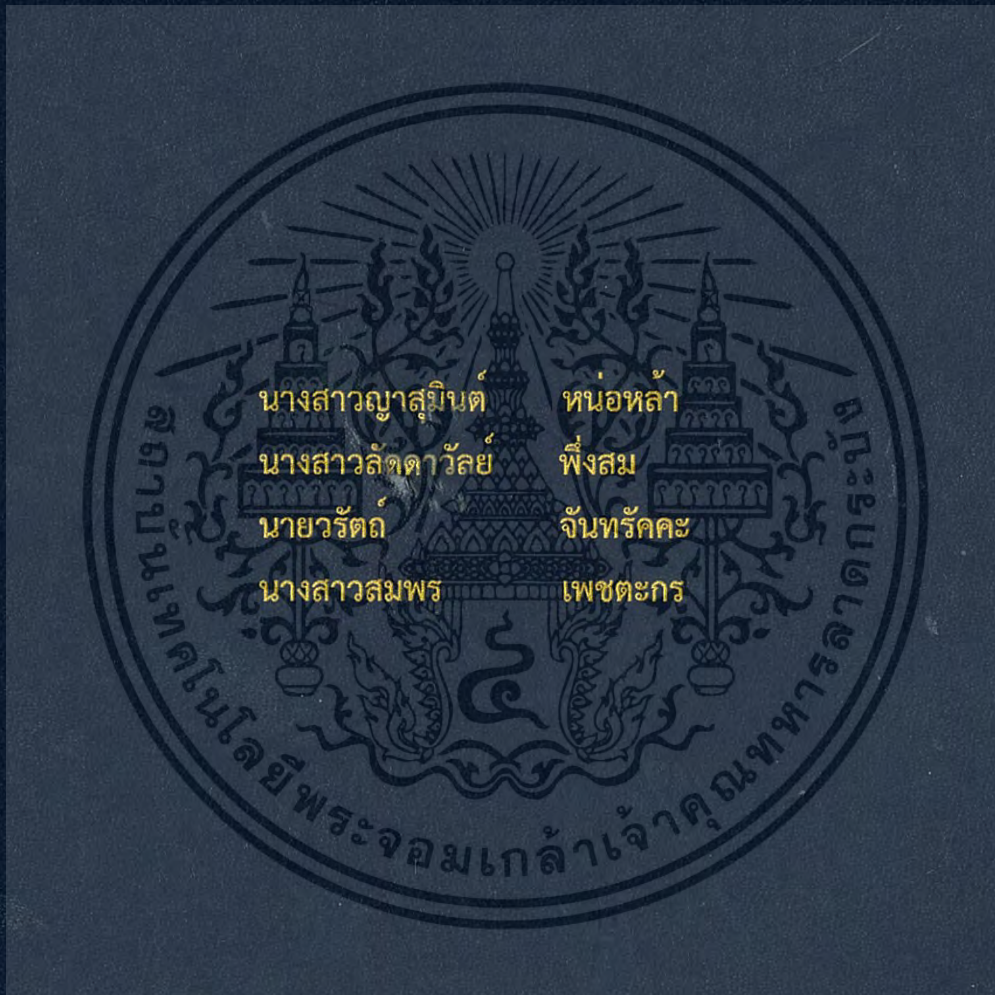


โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่าน
เว็บไซต์

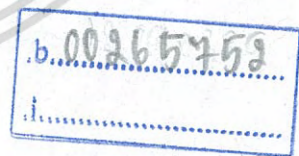
FRIEDMAN'S STATISTIC AND MULTIPLE COMPARISONS
CALCULATED PROGRAM VIA WEBSITE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่าน
เว็บไซต์

FRIEDMAN'S STATISTIC AND MULTIPLE COMPARISONS
CALCULATED PROGRAM VIA WEBSITE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FRIEDMAN'S STATISTIC AND MULTIPLE COMPARISONS
CALCULATED PROGRAM VIA WEBSITE



A SPECIAL PROBLEM SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN APPLIED STATISTICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์

Friedman's Statistic And Multiple Comparisons Calculated Program Via Website



ชื่อนักศึกษา นางสาวณัฐมินต์ หน่อหล้า
นางสาวลัดดาวัลย์ ฟุ้งสม
นายวรัทธ์ จันทร์คคะ
นางสาวสมพร เพชตะกร

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อุมพร จันทสร

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2558

| คณะกรรมการสอบ | ลายมือชื่อ |
|-------------------------------|--|
| ประธานกรรมการ รศ.อุมพร จันทสร |  |
| กรรมการ ผศ. ดลชาติ ตันติวานิช |  |
| กรรมการ อ.พรชัย หลายพล |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--------------------|---|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดีแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์ |
| ชื่อนักศึกษา | นางสาวญาสุมินต์ หน่อหล้า นางสาวลัดดาวัลย์ พึ่งสม นายวรรตต์ จันทระคะ นางสาวสมพร เพชตะกร |
| ปริญญา | วิทยาศาสตรบัณฑิต |
| ภาควิชา | สถิติประยุกต์ |
| ปีการศึกษา | 2558 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | รศ. อุมภาพร จันทศร |

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดีแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบเชิงซ้อนของการทดสอบพรีดีแมน โดยแยกเป็น 2 กรณี คือเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และเพื่อสร้างเว็บไซต์ที่นำเสนอโปรแกรมคำนวณพร้อมทั้งทฤษฎีและตัวอย่างให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง โดยใช้โปรแกรม NetBeans Version 7.3.1 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม การออกแบบเป็นแบบเมนู ซึ่งการใช้งานโปรแกรมสามารถเลือกระดับนัยสำคัญเพื่อนำไปคำนวณสถิติทดสอบพรีดีแมน หากผลที่ได้ปฏิเสธสมมติฐานหลักสามารถเปรียบเทียบเชิงซ้อนได้ในลำดับถัดไป โดยแยกเป็น 2 กรณีที่กล่าวข้างต้น ซึ่งโปรแกรมนี้ได้พัฒนาให้ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ที่ดำเนินภายใต้ระบบปฏิบัติการ WINDOWS 7 ขึ้นไป โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้จะมีส่วนช่วยในการเรียนการสอนวิชาสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ และสำหรับผู้สนใจทั่วไป หลังจากผ่านการทดสอบการทำงานของโปรแกรมสำเร็จรูปนี้ พบว่าความสะดวกในด้านการใช้งานและความถูกต้องของผลการคำนวณที่ได้นั้นมีความเที่ยงตรงในเกณฑ์ดี

Title Friedman's Statistic And Multiple Comparisons Calculated Program via website

Students Yasumin Norlar
Laddawan Pungsom
Warat Chantarakka
Somporn Pettakon

Degree Bachelor of Science

Department of Statistics

Year 2558

Adviser Associate Professor Umaporn Chantasorn

Abstract

This study has been create the Friedman's Statistic and Multiple-Comparisons Calculated Program. The purpose is to create a program to calculate Friedman's statistical test and multiple comparisons in two cases, one is to compare all of the possibilities, another is to compare with the control group; and to create the website to present the Calculated Program . The theory and examples are simple for self-studying, using NetBeans Version 7.3.1 as tool for development and design menu bar. This Program can be used to calculate the statistical significance level to test the Friedman's test. If the result rejects the null hypothesis, it can compare the multiple in two cases as mentioned. This program has been developed to operate under the operating system WINDOWS 7 or higher and to help instruction of statistics in non-parametric statistic course and for the general public. After passing the function tests of this program, it was found that the program is easy to use and is very accurate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายๆท่าน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ. อุมพร จันทศร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งกรุณาให้ คำปรึกษาตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ. ตลชาติ ตันติวานิช และ อ.พรชัย หลายพล ที่ควบคุมดูแลและตรวจ แก้ไขในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ อ.สายชล ใจเย็น และ นายพรชัย จันทราพูน ที่คอยให้คำปรึกษาในเรื่องการ เขียนโปรแกรมอย่างดีมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ท่านคณาจารย์ภาควิชาสถิติและภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา พร้อมทั้งให้คำแนะนำต่าง ๆ และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ ภาควิชาสถิติทุกท่านที่ให้ความสะดวกและช่วยเหลือในเรื่องราวต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำ ปัญหาพิเศษในครั้งนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ค |
| สารบัญ..... | ง |
| สารบัญรูป..... | ช |
| บทที่ 1 บทนำ..... | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... | 3 |
| 1.4 ประโยชน์อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ..... | 3 |
| 1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ..... | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... | 4 |
| 2.1 การทดสอบของฟรีดแมน | 4 |
| 2.1.1 การทดสอบสมมติฐาน..... | 4 |
| 2.1.2 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน | 6 |
| 2.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ..... | 8 |
| 2.3 คุณสมบัติที่ดีของโปรแกรม | 10 |
| 2.4 คุณภาพของซอฟต์แวร์ (Software Quality)..... | 11 |
| 2.4.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ที่ดี | 11 |
| 2.4.2 คุณภาพของซอฟต์แวร์ภายนอกและภายใน | 11 |
| 2.4.3 คุณภาพของซอฟต์แวร์..... | 12 |
| 2.5 คุณภาพที่ต้องการ (Quality Requirements)..... | 16 |
| 2.5.1 ระบบงานทางด้านสารสนเทศ (Information Systems or Information-Based Systems)..... | 16 |
| 2.5.2 ระบบที่ตอบสนองทันทีทันใด (Real-Time Systems)..... | 16 |
| 2.5.3 ระบบแบบกระจาย (Distributed Systems)..... | 16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 2.5.4 ระบบแบบฝังตัว (Embedded Systems)..... | 17 |
| 2.6 ระดับการทดสอบซอฟต์แวร์(Software Testing Level)..... | 17 |
| 2.6.1 การทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing)..... | 17 |
| 2.6.2 การทดสอบระดับรวม (Integration Testing)..... | 17 |
| 2.6.3 การทดสอบระบบ (System Testing)..... | 18 |
| 2.6.4 การทดสอบการยอมรับ (Acceptance Testing)..... | 18 |
| 2.7 แนวทางการทดสอบซอฟต์แวร์..... | 19 |
| 2.8 หลักการและรายละเอียดการวางแผนทดสอบ..... | 20 |
| 2.9 วิธีการทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Testing)..... | 21 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน..... | 22 |
| 3.1 เลือก Software ที่จะใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรม..... | 22 |
| 3.2 ศึกษางานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษ..... | 23 |
| 3.3 กำหนดขอบเขตที่ชัดเจนของปัญหาพิเศษ..... | 23 |
| 3.4 ออกแบบโปรแกรม..... | 23 |
| 3.5 เขียนโปรแกรม..... | 25 |
| 3.6 ทดสอบโปรแกรม..... | 25 |
| 3.7 ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม..... | 25 |
| 3.8 จัดทำคู่มือการใช้งาน..... | 25 |
| 3.9 สร้างเว็บไซต์ เพื่อเผยแพร่โปรแกรม..... | 25 |
| บทที่ 4 ผลการศึกษา..... | 26 |
| 4.1 โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟริตแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน..... | 27 |
| 4.2 เว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟริตแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน..... | 37 |
| 4.3 การประเมินประสิทธิภาพของผู้ใช้งานโปรแกรมมาและเว็บไซต์..... | 44 |
| บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... | 46 |
| 5.1 สรุปผลการศึกษา..... | 46 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ..... | 46 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---------------------------------------|------|
| บรรณานุกรม..... | 47 |
| ภาคผนวก..... | 48 |
| ภาคผนวก ก คู่มือการใช้งาน..... | 49 |
| ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อการวิจัย..... | 73 |
| ตาราง..... | 77 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 4-1 หน้าต่างหน้าต่างแรกของโปรแกรม | 27 |
| 4-2 หน้าต่างแสดงเมนูเลือก | 28 |
| 4-3 หน้าต่างแสดงการเปิดไฟล์ | 28 |
| 4-4 หน้าต่างแสดงตารางข้อมูล | 29 |
| 4-5 หน้าต่างถามข้อมูล และระดับนัยสำคัญ | 30 |
| 4-6 ผลลัพธ์การคำนวณกรณีเกิด Ties..... | 31 |
| 4-7 ผลลัพธ์การคำนวณกรณีไม่เกิด Tie | 32 |
| 4-8 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน | 33 |
| 4-9 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้ | 34 |
| 4-10 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม | 35 |
| 4-11 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม | 36 |
| 4-12 แสดงการค้นหาโปรแกรมด้วยเว็บไซต์ Google..... | 37 |
| 4-13 หน้าแรกของเว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน..... | 38 |
| 4-14 หน้าต่างแสดงความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการทดสอบพรีดแมน | 39 |
| 4-15 หน้าต่างแสดงหัวข้อการเปรียบเทียบเชิงซ้อน | 39 |
| 4-16 หน้าต่างแสดงเนื้อหาเกี่ยวกับตัวอย่างของการทดสอบแบบพรีดแมน | 40 |
| 4-17 หน้าต่างแสดงลิงค์สำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรม | 40 |
| 4-18 หน้าต่างแสดงรายชื่อผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษา | 41 |
| 4-19 เว็บไซต์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 42 |
| 4-20 เว็บไซต์ของคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง | 42 |
| 4-21 หน้าต่างเว็บไซต์ของสาขาสถิติประยุกต์ | 43 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในงานวิจัยเชิงปริมาณในสาขาวิชาต่างๆ ได้มีการนำสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล โดยส่วนใหญ่จะนิยมใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS หรือ MINITAB เนื่องจากง่ายต่อการคำนวณและเป็นโปรแกรมที่จัดหาง่าย โปรแกรมนี้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยจำแนกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ สถิติที่ใช้พารามิเตอร์กับสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ แต่ในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเหล่านี้ ยังไม่มีฟังก์ชันที่ครอบคลุมการทดสอบแบบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

ในที่นี้ผู้วิจัยสนใจศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ k ทริทเมนต์ ($k \geq 3$) ว่ามีประสิทธิภาพแตกต่างกันหรือไม่ โดยพยายามขจัดความแปรผันระหว่างหน่วยตัวอย่างที่นำมาทดลองด้วยการจัดเป็นกลุ่ม ๆ ภายในกลุ่มมีลักษณะเหมือนกันต่างกลุ่มมีลักษณะต่างกันว่า แผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน 2 ทาง (two way analysis of variance) ซึ่งจำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

1. ตัวอย่างเป็นอิสระต่อกันและสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ประชากรทั้ง k กลุ่มมีค่าความแปรปรวนเท่ากัน
3. มีมาตรวัดอย่างน้อยแบบอันดับ

เมื่อข้อกำหนดเบื้องต้นไม่เป็นจริงหรือไม่ต้องการสมมติว่าข้อกำหนดเบื้องต้นเป็นจริงอาจเสี่ยงมาใช้วิธีการของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

กรณี k กลุ่มที่สัมพันธ์กัน ใน SPSS ใช้คำสั่ง Analyze > Nonparametric Test > K Related Samples โดยมีสถิติทดสอบคือ Friedman, Kendall's W และ Cochran's Q ซึ่งการทดสอบสถิติเหล่านี้ยังไม่มีเมนูการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบเชิงซ้อน ทางผู้วิจัยได้เห็นความสำคัญของการเปรียบเทียบ

เชิงซ้อนเพราะสามารถนำผลสรุปที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้จริง แต่เนื่องจากระยะเวลาในการทำปัญหาพิเศษมีจำกัด ผู้วิจัยจึงสนใจเฉพาะการทดสอบฟรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

การทดสอบของฟรีดแมน ใช้วิธีการจัดอันดับข้อมูลในแต่ละกลุ่มแล้วหาผลรวมของอันดับในแต่ละตัวอย่างหรือแต่ละสถานการณ์ ใช้กับข้อมูลที่มีการจับคู่ให้เท่าเทียมกันและอยู่ในระดับการวัดมาตราเรียงอันดับเป็นอันดับน้อย เพื่อทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างทั้ง k กลุ่มนั้นมาจากทริทเมนต์เดียวกันหรือมาจากทริทเมนต์ที่มีมีัยฐานเหมือนกันหรือไม่ ถ้าทริทเมนต์ทุกกลุ่มมีมีัยฐานเท่ากัน หรือทั้ง k อย่างให้ผลไม่แตกต่างกัน การวิจัยเป็นอันสิ้นสุดลงได้ แต่ถ้าผลปรากฏว่ามีมีัยฐานของทริทเมนต์อย่างน้อย 1 คู่ไม่เท่ากัน หรือมีสถานการณ์บางคู่อย่างน้อย 1 คู่ ให้ผลแตกต่างกัน ผู้วิจัยก็สามารถทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนต่อไป เพื่อค้นหาว่าประชากรคู่ใดบ้างที่แตกต่างกัน โดยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนแยกเป็น 2 ประเด็น คือ

1. การเปรียบเทียบทริทเมนต์ทุกคู่ที่เป็นไปได้ สามารถให้ผลสรุปได้ว่าทริทเมนต์ใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน
2. การเปรียบเทียบทริทเมนต์กับกลุ่มควบคุม สามารถให้ผลสรุปได้ว่ากลุ่มควบคุมให้ประสิทธิภาพแตกต่างจากทริทเมนต์อื่นๆหรือไม่

โปรแกรมคำนวณที่สร้างขึ้นนี้เป็นโปรแกรมที่เสนอเป็นภาษาไทย และมีวิธีการที่ง่ายสะดวก และมีผลวิเคราะห์ที่เข้าใจง่าย อีกทั้งผู้วิจัยจะเผยแพร่โปรแกรมนี้ผ่านทางเว็บไซต์ให้ผู้สนใจสามารถใช้โปรแกรมคำนวณเพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างโปรแกรมคำนวณการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบเชิงซ้อนของการทดสอบฟรีดแมน โดยแยกเป็น 2 กรณี

- 1) เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้
- 2) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

1.2.2 เพื่อสร้างเว็บไซต์ที่นำเสนอโปรแกรมคำนวณพร้อมทั้งทฤษฎีและตัวอย่างให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเฉพาะการทดสอบตัวอย่าง k กลุ่มมีความสัมพันธ์กัน ($k \geq 3$) ขึ้นไป โดยใช้การทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.05 และ 0.1 เท่านั้น

1.4 ประโยชน์

1.4.1 ได้โปรแกรมเพื่อคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับสถิติไม่ใช้พารามิเตอร์

1.4.2 เพื่อให้ง่ายและลดเวลาในการคำนวณแก่ผู้ใช้งาน

1.4.3 เผยแพร่โปรแกรมเพื่อเป็นประโยชน์กับบุคคลทั่วไป สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ

1.5.1 ซอฟต์แวร์ (Software)

1) วินโดวส์ตั้งแต่รุ่น WINDOWS 7 ขึ้นไป

2) โปรแกรม NetBeans Version 7.3.1

1.5.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทดสอบของฟรีดแมน

(The Friedman Two-Way Analysis Of Variance By Ranks Test)

การทดสอบนี้จะใช้ผลรวมของลำดับที่ (Rank sums) เป็นสถิติทดสอบ โดยมักเป็นอีกทางเลือกที่นักวิจัยใช้สำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ เมื่อการวิเคราะห์ด้วยสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ไม่เหมาะสม นั่นคือ ข้อสมมติเบื้องต้นของการทดสอบแบบเอฟ (F-test) ไม่เป็นจริง รวมทั้งข้อมูลที่ได้มาอาจอยู่ในรูปลำดับที่ด้วย

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลประกอบด้วยบล็อกที่เป็นอิสระกัน b บล็อก ด้วยขนาด $= k$ และจะแทนคะแนนด้วยค่า X_{ij} เมื่อมาจากบล็อกที่ i และทรีทเมนต์ที่ j และสามารถจัดข้อมูลลงในตารางแจกแจง 2 ทาง โดยมี b แถวนอน และ k แถวตั้ง
2. ค่าตัวแปรสุ่มมีลักษณะต่อเนื่อง
3. ไม่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ระหว่างบล็อกและทรีทเมนต์
4. ค่าสังเกตภายใน 1 บล็อกสามารถเรียงลำดับได้

2.1.1 การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง K ทรีทเมนต์ไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 ค่ามัธยฐานที่ต่างจากค่ามัธยฐานอื่น ๆ

สถิติที่ใช้ทดสอบ

ในขั้นแรกให้เปลี่ยนค่าข้อมูลดิบเป็นข้อมูลลำดับที่ภายในแต่ละบล็อก โดยเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด ดังนั้น ภายใน 1 บล็อกจะมีค่าลำดับที่จาก 1 ถึง k และขั้นที่ 2 ให้หาผลรวมของลำดับที่ของแต่ละทริทเมนต์

หลักการของการทดสอบนี้ คือ ถ้า H_0 ; เป็นจริง ผลรวมของลำดับที่ในแต่ละทริทเมนต์ควรมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ไม่มีค่าใดที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มอื่นๆ ไปมากเกินไป นั่นคือ การลำดับที่ภายในบล็อกควรเป็นไปอย่างสุ่ม แต่ถ้า H_0 ; ไม่จริง เราคาดว่าน่าจะมีผลรวมลำดับที่ของทริทเมนต์บางทริทเมนต์แสดงค่าที่แตกต่างไปจากทริทเมนต์อื่นๆ มาก ดังนั้น สถิติทดสอบ จึงพิจารณาความแตกต่างของผลรวมลำดับที่ของแต่ละทริทเมนต์

พรีดแมนได้สร้างสถิติทดสอบ ดังนี้

$$\chi_r^2 = \left[\frac{12}{bk(k+1)} \sum_{j=1}^k (R_j)^2 \right] - 3b(k+1)$$

เมื่อ b = จำนวนบล็อก(หรือแถวอน)

k = จำนวนของทริทเมนต์(หรือแถวตั้ง)

R_j = ผลรวมของลำดับที่ในทริทเมนต์ที่ j

และพบว่า ถ้าจำนวนทริทเมนต์และบล็อกมีค่าไม่น้อยเกินไป สามารถประมาณการแจกแจงของ χ_r^2 ได้ด้วยการแจกแจงแบบ χ^2 ที่ d.f= k-1 ดังนั้น ในการหาอาณาเขตวิกฤต จะหาจากตาราง χ^2 ที่ d.f= k-1

แต่ถ้าจำนวนแถวอนหรือแถวตั้งมีค่าน้อยเกินไป การหาอาณาเขตวิกฤต ให้พิจารณาตาราง Kendall's coefficient of concordance ที่แสดงค่าวิกฤต W เมื่อ $W = \chi_r^2/b(k-1)$ โดยปฏิเสธ H_0 เมื่อพบว่าค่า W จากข้อมูลตัวอย่าง \geq ค่าวิกฤต W จากตาราง Kendall's coefficient of concordance ที่ค่า b, k และ $\alpha = p$

กรณีเกิด ties ในทางทฤษฎีจะไม่มี ties เนื่องจากตัวแปรสุ่มเป็นตัวแปรต่อเนื่อง แต่ในทางปฏิบัติ อาจเกิด ties ได้ คือ มีค่าสังเกตบางค่าเท่ากันภายในบล็อกเดียวกัน ให้ลำดับที่ของค่าสังเกตนั้น มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของลำดับที่ควรจะเป็น และให้ปรับตัวสถิติทดสอบ (χ_r^2) ด้วยการหารค่า χ_r^2 ด้วยเทอม

$$1 - \frac{\sum_{i=1}^b T_i}{bk(k^2-1)} \quad \text{เมื่อ } T_i = \sum t_i^3 - \sum t_i$$

เมื่อ t_i = จำนวนของค่าสังเกตที่เกิด tie ในลำดับที่
หนึ่ง ๆ (rank) ในบล็อกที่ i

2.1.2 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน(Multiple Comparison)

จากการทดสอบของฟรีดแมน ถ้าปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายความว่า ทรีทเมนต์ k ทรีทเมนต์นั้นมีย่าน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน เราอาจต้องการทราบต่อไปว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนได้ดังนี้

1. เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้

ที่ระดับนัยสำคัญ α และจำนวนของบล็อกมีขนาดใหญ่ จะสามารถสรุปได้ว่าทรีทเมนต์ที่ i และ j แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญถ้า

$$|R_i - R_j| \geq Z_{\alpha_0} \sqrt{\frac{bk(k+1)}{6}}$$

เมื่อ Z_{α_0} เป็นค่าจากตารางปกติมาตรฐานเมื่อมีพื้นที่ปลายหางทางขวา $= \frac{\alpha}{k(k-1)}$

R_i ผลรวมของลำดับที่ของทรีทเมนต์ที่ i (ตามวิธีของฟรีดแมน)

R_j ผลรวมของลำดับที่ของทรีทเมนต์ที่ j (ตามวิธีของฟรีดแมน)

2. เปรียบเทียบทรีทเมนต์กับกลุ่มควบคุม

ในบางครั้งผู้วิจัยอาจต้องการเปรียบเทียบทรีทเมนต์อื่น ๆ กับทรีทเมนต์หนึ่ง ซึ่งใช้เป็นฐานในการเปรียบเทียบ (baseline) หรือเรียกว่า กลุ่มควบคุม (Control) ว่าแตกต่างกันหรือไม่ เช่น มีทรีทเมนต์หนึ่งที่เรียกว่าควบคุม (Control) นี้ ใช้อยู่เป็นประจำแล้ว ต้องการเปรียบเทียบทรีทเมนต์แบบอื่น ๆ ที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ เป็นต้น ได้ดังนี้ เมื่อกำหนดให้ทรีทเมนต์ที่ 1 หมายถึงกลุ่มควบคุม เมื่อสมมติฐาน คือ

$$H_0; \theta_1 = \theta_u \text{ for } u = 2, 3, \dots, k$$

$$H_1; \theta_1 \neq \theta_u \text{ for some } u = 2, 3, \dots, k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายความว่าต้องการสรุปเพียงว่าทรีทเมนต์อื่น ๆ แตกต่างจากกลุ่มควบคุม หรือไม่ ให้คำนวณหา $|R_1 - R_u|$ เมื่อ $u = 2, 3, \dots, k$ เมื่อ ตัวอย่าง(บล็อก)มีขนาดใหญ่พอสมควรสามารถประมาณการแจกแจงขอผลต่างนี้ได้ว่าเป็นแบบปกติ จะได้ว่า

ถ้า $|R_1 - R_u| \geq q(\alpha, \#c) \sqrt{\frac{bk(k+1)}{6}}$ เราสามารถปฏิเสธ $H_0 : \theta_1 = \theta_u$ และยอมรับ

$H_1 : \theta_1 \neq \theta_u$ เมื่อค่า $q(\alpha, \#c)$ หาได้จากตาราง *Critical values $q(\alpha, \#c)$ for $\#c$ dependent multiple comparisons* เมื่อ $\#c = k - 1$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (Statistical Package) เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยตรง ในระยะแรกโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมีใช้เฉพาะกับคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันดี คือ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis System) และโปรแกรมสำเร็จรูป BMDP (Biomedical Computer Program)

ในปัจจุบันนี้ได้มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีด้านโทรศัพท์มือถือมากขึ้น ทำให้การประมวลผลข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นนักวิจัยจึงหันมาพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปบนโทรศัพท์มือถือมากขึ้น เพราะมีความนิยมมากกว่า จึงทำให้มีผู้ผลิตโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ สำหรับโทรศัพท์มือถือมากขึ้นซึ่งมีทั้งโปรแกรมสำเร็จรูปขนาดเล็กที่วิเคราะห์สถิติเฉพาะอย่าง และโปรแกรมสำเร็จรูปขนาดใหญ่ที่สามารถวิเคราะห์สถิติหลายประเภท

โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติอาจจำแนกตามองค์ประกอบของโปรแกรมได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. โปรแกรมเบ็ดเสร็จ เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบอเนกประสงค์ มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติทุกประเภท โดยทั่วไปแล้วจะเป็นโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่
2. โปรแกรมที่เน้นเฉพาะด้าน เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อเน้นการวิเคราะห์เชิงสถิติประเภทใดประเภทหนึ่งโดยเฉพาะ

ลักษณะการใช้งานของโปรแกรมทางสถิติ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. โปรแกรมชนิดสั่งให้ทำงานด้วยคำสั่ง (Command Driven) ก่อนที่จะใช้โปรแกรมชนิดนี้ผู้ใช้จะต้องศึกษาคำสั่ง (Command) ต่าง ๆ ให้เข้าใจเสียก่อน จากนั้นจึงเขียนชุดคำสั่งเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล
2. โปรแกรมชนิดสั่งให้ทำงานโดยอาศัยเมนู (Manu Driven) โปรแกรมประเภทนี้จะใช้งานง่ายกว่าโปรแกรมชนิดคำสั่ง จึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก โปรแกรมประเภทนี้จะแสดงรายการต่าง ๆ ทางหน้าจอ แล้วให้ผู้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการใช้รายการใด

ระบบปฏิบัติการ

ระบบปฏิบัติการ (operating system) หรือ โอเอส (OS) เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ประยุกต์ทั่วไป บางครั้งเราอาจจะเห็นระบบปฏิบัติการเป็นเฟิร์มแวร์ก็ได้

ระบบปฏิบัติการมีหน้าที่หลัก ๆ คือ การจัดสรรทรัพยากรในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้บริการซอฟต์แวร์ประยุกต์ในเรื่องการรับส่งและจัดเก็บข้อมูลกับฮาร์ดแวร์ เช่น การส่งข้อมูลภาพไปแสดงผลที่จอภาพ การส่งข้อมูลไปเก็บหรืออ่านจากฮาร์ดดิสก์ การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย การส่งสัญญาณเสียงไปออกลำโพง หรือจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำ ตามที่ซอฟต์แวร์ประยุกต์ร้องขอ รวมทั้งทำหน้าที่จัดสรรเวลาการใช้หน่วยประมวลผลกลาง ในกรณีที่อนุญาตให้ซอฟต์แวร์ประยุกต์หลาย ๆ ตัวทำงานพร้อม ๆ กัน

ระบบปฏิบัติการ ช่วยให้ตัวซอฟต์แวร์ประยุกต์ ไม่ต้องจัดการเรื่องเหล่านั้นด้วยตนเอง เพียงแค่เรียกใช้บริการจากระบบปฏิบัติการก็พอ ทำให้พัฒนาการซอฟต์แวร์ประยุกต์ได้ง่ายขึ้น

ระบบปฏิบัติการที่เป็นนิยมในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทุกวันนี้ ได้แก่ ไมโครซอฟท์ วินโดวส์ แมคโอเอส และลินุกซ์

นอกจากนี้ ยังมีระบบปฏิบัติการตระกูลยูนิกซ์ ซึ่งได้รับความนิยมในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในกันหน่วยงาน ระบบปฏิบัติการตระกูลยูนิกซ์ที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ ยูนิกซ์ตระกูลบีเอสดี เอไอเอกซ์ และโซลาริส และรวมถึงลินุกซ์ซึ่งพัฒนาโดยอาศัยหลักการเดียวกันกับยูนิกซ์ ในอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ก็อาจมีระบบปฏิบัติการเช่นกัน เช่น ไอโอเอส แอนดรอยด์ หรือ ซิมเบียน ในโทรศัพท์มือถือ

2.3 คุณสมบัติที่ดีของโปรแกรม

ความหมายของคำว่าโปรแกรม คือ รายการ หรือชุดคำสั่ง ที่เขียนขึ้นมาเพื่อสั่งให้ระบบทำงานตามที่เราต้องการ เราจะให้ระบบทำอะไรก็เขียนเป็นคำสั่ง ซึ่งต้องสั่งเป็นขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนต้องทำอย่างละเอียดและครบถ้วน ซึ่งจะเกิดเป็นงานชิ้นหนึ่งขึ้นมาที่มีชื่อเรียกว่า “โปรแกรม” ดังนั้นนักพัฒนาโปรแกรมต้องมีความสามารถในการเขียนคำสั่งเพื่อประยุกต์ให้ระบบการทำงานได้ตามที่ตนได้ออกแบบไว้เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งลักษณะของโปรแกรมที่ดีนั้น ควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีความเที่ยง (Reliability)

ต้องมีความคงเส้นคงวาของการทดสอบ ข้อมูลชุดเดียวกันทดสอบกี่ครั้งต้องได้ผลลัพธ์เท่าเดิม

2. มีความตรง (Validity)

ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามหลักมาตรฐานและข้อกำหนดของโปรแกรม โดยมีข้อผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้

3. ทนทาน (Robust)

ถ้ามีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเกิดขึ้น โปรแกรมยังสามารถทำงานต่อไปได้ โดยมีรายงานแจ้งข้อผิดพลาดให้ทราบ

4. ใช้ได้หลายระบบ (Portable)

โปรแกรมใช้ภาษาที่ได้รับการยอมรับเป็นมาตรฐานเช่น ANSI ซึ่งไม่ผูกพันกับระบบเครื่องแม่เครื่องจะเปลี่ยนแปลงโปรแกรมอาจแก้ไขเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

5. ใช้ง่าย (User Friendly)

ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจในโปรแกรมเองได้เรียนรู้ง่าย มีระบบให้ความช่วยเหลือ (Hel)

6. มีประสิทธิภาพ (Efficiency)

สไตล์การเขียนโปรแกรมให้ทำงานควรใช้เวลาและหน่วยความจำไม่มากนัก

7. ปรับปรุงง่าย (Easy Change)

ดึงข้อมูลนำเข้าหรือผลลัพธ์ปรับเปลี่ยนได้ง่าย

8. มีปฏิกริยาย้อนกลับ (Feedback)

เมื่อกดแป้นพิมพ์ควรมีข้อความปรากฏในตำแหน่งที่ชัดเจน มิฉะนั้นผู้ใช้งานจะกดแป้นพิมพ์ซ้ำๆ

9. มีรูปแบบที่แน่นอน (Consistency)

เช่น ข้อผิดพลาดหรือข้อความเตือนควรอยู่บรรทัดล่างเสมอ

10. ใช้ความจำของมนุษย์น้อยที่สุด

เช่น ทำงานด้วยเมนู เป็นต้น กล่าวโดยรวมคุณภาพของโปรแกรม ได้แก่ KISS: Keep It Simple System นั่นคือ เรียบง่าย ใช้สะดวก สั้นกะทัดรัด เที่ยงตรงตามวัตถุประสงค์และมีคุณภาพที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คุณภาพของซอฟต์แวร์ (Software Quality)

การจะพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ดีนั้น ต้องคำนึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้ออกมา ซึ่งหัวข้อนี้จะกล่าวถึงคุณภาพของซอฟต์แวร์ที่ควรคำนึงถึงในทุก ๆ ขั้นตอนของการทำงาน ดังรายละเอียดที่จะได้กล่าวต่อไป

2.4.1 คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ที่ดี

คุณลักษณะของซอฟต์แวร์ที่ดีมีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. Validation : การตรวจสอบความถูกต้องโดยพิจารณาความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม
2. Verification : การตรวจสอบความถูกต้องหลังจากการยอมรับในรายละเอียด
3. Correctness : การแก้ไขเมื่อตรวจสอบความถูกต้องหลังจากการยอมรับในรายละเอียดแล้วพบว่ามียุติผิดพลาดเกิดขึ้น
4. Correspondence : การแก้ไขเมื่อพบว่าซอฟต์แวร์ไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน

2.4.2 คุณภาพของซอฟต์แวร์ภายนอกและภายใน (External & Internal of Software Qualities)

1. คุณภาพภายนอก (External Software Qualities)

ส่วนใหญ่มักจะคำนึงถึงสิ่งที้ออกไปสู่ภายนอก โดยมักจะเน้นที่ผู้ใช้งานเป็นหลัก ว่างานนั้นผู้ใช้งานสามารถมองเห็นได้หรือไม่ นั่นคือต้องคำนึงถึงการใช้งานของผู้ใช้นั่นเอง

2. คุณภาพภายใน (Internal Software Qualities)

เกี่ยวข้องกับผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างภายในของซอฟต์แวร์อย่างมากซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเกิดคุณภาพภายนอก เช่น โครงสร้างโปรแกรมเป็นโมดูล (Modularity) ซึ่งจะดีสำหรับการปรับปรุงแก้ไข หากจะพิสูจน์ว่าซอฟต์แวร์มีคุณภาพภายในหรือไม่นั้นจำเป็นต้องพิจารณาว่าซอฟต์แวร์นั้นได้ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือกับคุณภาพภายนอกหรือไม่

นอกจากนี้ยังมีคุณภาพบางประการที่ควรคำนึงถึง คือ คุณภาพของผลผลิตที่ได้และคุณภาพของกระบวนการการทำงาน (Product & Process Qualities) ซึ่งคุณภาพของกระบวนการจะมีความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับคุณภาพของผลผลิต

กระบวนการการผลิต (process) คือขั้นตอนที่ใช้ในการผลิตซอฟต์แวร์ ซึ่งหากมีความระมัดระวังในการออกแบบทั้งข้อมูลและการวางแผนจะส่งผลให้ความน่าเชื่อถือของผลผลิตซึ่งเป็นซอฟต์แวร์นั้นเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย

ซอฟต์แวร์ผลผลิต (Software Product) จะประกอบไปด้วย ความต้องการ (Requirements), การออกแบบ (Design), โค้ดโปรแกรม (Source code) หรือข้อมูลที่น่ามาทดสอบ (Test data)

2.4.3 คุณภาพของซอฟต์แวร์ (The Quality for Software Products)

หลังจากการเกิดวิกฤตของซอฟต์แวร์ (Software Crisis) ขึ้น และเนื่องจาก Application Software มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้เกิดปัญหาในการบำรุงรักษา ดังนั้นหลักการทางวิศวกรรมซอฟต์แวร์มุ่งเน้นการผลิตซอฟต์แวร์ให้มีคุณสมบัติหลักใหญ่ 2 ประการคือ ความน่าเชื่อถือ (Reliability) และซอฟต์แวร์จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง (Evolvability) ง่ายเมื่อความต้องการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจะสามารถกล่าวถึงตัวแทนคุณภาพของซอฟต์แวร์

1. ความถูกต้อง (Correctness)

ความถูกต้องเป็นคุณลักษณะที่ตั้งอยู่บนความเหมือนกันระหว่างตัวซอฟต์แวร์เอง และคุณสมบัติของซอฟต์แวร์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยจะต้องคำนึงถึงอีกว่าโปรแกรมนั้นทำงานตามฟังก์ชันของโปรแกรมที่กำหนดไว้หรือไม่ และควรจะทำตามเกณฑ์ของฟังก์ชันที่ผู้ใช้งานได้กำหนดไว้ในข้อตกลงของความต้อการ ซึ่งต้องแล้วแต่ว่าฟังก์ชันที่ต้องการนั้นต้องมีการดำเนินการอย่างเคร่งครัดมากเพียงใด อีกประการหนึ่งคือความถูกต้องนั้นคือความเป็นไปได้ที่จะกำหนดความไม่กำวมของโปรแกรมไม่ว่าจะเป็นไปตามเกณฑ์ที่วางเอาไว้หรือไม่ก็ตาม

2. ความน่าเชื่อถือ (Reliability)

ความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์และข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจ ความน่าเชื่อถือที่จะมีขึ้นต่อซอฟต์แวร์ถูกจำกัดความในความหมายทางด้านสถิติ คือความน่าจะเป็น ที่ซอฟต์แวร์นั้นสามารถปฏิบัติภารกิจได้ตามความคาดหวังภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยความถูกต้องจะมีความชัดเจนอยู่ที่ว่า หากความต้องการมีความไม่แน่นอน อาจจะทำให้ระบบเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยจะพิจารณาจากผลลัพธ์ที่มีความเบี่ยงเบนไปมากหรือน้อยเพียงใด และหากผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น แต่ข้อผิดพลาดนั้นไม่ได้ส่งผลกระทบต่อระบบงานทั้งหมดมากนัก หรือองค์กรสามารถยอมรับข้อผิดพลาดนั้นได้ ก็ยังอนุโลมได้ว่าซอฟต์แวร์นั้นยังคงความน่าเชื่อถืออยู่ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ

3. ความแข็งแกร่ง (Robustness)

คุณภาพในด้านความแข็งแกร่งหรือความคงทนของซอฟต์แวร์ เป็นคุณภาพที่ให้คำจำกัดความได้ยาก ซึ่งความคงทนกับความถูกต้องนั้นมีความสัมพันธ์เป็นอย่างมาก โปรแกรมจะให้ผลลัพธ์ที่เชื่อมั่นได้ ถ้าใส่ข้อมูลที่ถูกต้องก็จะได้ค่าผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ถ้าใส่ข้อมูลที่เป็นไปไม่ได้หรือไม่เหมาะสมผู้ใช้ก็จะทราบว่

ผลลัพธ์ที่ได้เป็นอย่างไร เช่นหากเราจะพัฒนาระบบซอฟต์แวร์เพื่อทำไปใช้กับผู้ใช้ที่ไม่มีทักษะทางด้านคอมพิวเตอร์มากนัก หรือ เพียงเบื้องต้น เราจำเป็นต้องเตรียมการหรือแก้ปัญหาเรื่องของการป้อนข้อมูลที่ผิดรูปแบบ (Ill-formatted) โดยอาจจะเปลี่ยนมาให้การป้อนข้อมูลโดยใช้ระบบฝังตัว (Embedded system) หรือใช้ตรงเซนเซอร์ (Sensors) เป็นต้น

4. ประสิทธิภาพ (Performance)

ประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากเกิดผลกระทบกับการนำระบบมาใช้งาน หากซอฟต์แวร์นั้นทำงานช้ามาก จะส่งผลให้การผลิต งาน หรือผลผลิตของผู้ใช้งานนั้นช้าลง หรือหากซอฟต์แวร์ใช้เนื้อที่บนฮาร์ดดิสก์มาก ก็จะมีประมวผลลยาค หรือช้า ในทำนองเดียวกันหากซอฟต์แวร์ใช้เนื้อที่ในหน่วยความจำมาก อาจเกิดผลกระทบกับโปรแกรมตัวอื่นที่ทำงานอยู่ในระบบเดียวกัน

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพ จะดูจากการวิเคราะห์ความซับซ้อนของอัลกอริทึม ซึ่งการประเมินค่าจะมีอยู่ 3 แบบ คือ การวัด (Measurement) การวิเคราะห์ (Analysis) และการจำลอง (Simulation)

5. การใช้งานง่าย (User Friendliness)

ซอฟต์แวร์ที่มีรูปแบบของการทำงานที่ง่าย และเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน มีลักษณะที่เรียนรู้ง่ายหรือเข้าใจง่าย เช่น ซอฟต์แวร์ที่โปรแกรมเมอร์ (Programmer) ใช้งานจะเป็นลักษณะของการใส่คำสั่งโดยใช้ผ่านการป้อนของแป้นพิมพ์เข้าทางหน้าจอโดยตรง ในขณะที่ซอฟต์แวร์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปจะเป็นลักษณะของการเลือกเมนูเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นซอฟต์แวร์ที่มีส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface) โดยใช้เมาส์ (Mouse) หรือมีส่วนติดต่อผ่านทางหน้าต่างจะเป็นการง่ายในการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานในระดับเริ่มต้น

ดังนั้น ควรผลิตซอฟต์แวร์ที่งานต่อการใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานเอง กับการติดต่อรวมไปถึงการดำเนินการกับซอฟต์แวร์อีกด้วย ซึ่งการใช้งานง่ายนี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเรื่องความถูกต้องและประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ด้วย

6. ความสามารถในการตรวจสอบ (Verifiability)

ซอฟต์แวร์ต้องสามารถตรวจสอบได้ง่าย ซึ่งคุณภาพนี้จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพภายในและภายนอกของซอฟต์แวร์ด้วย การปรับปรุงความสามารถในการตรวจสอบอาจจะใช้ ตัวซอฟต์แวร์มอนิเตอร์ โดยการใส่โค้ดโปรแกรมเข้าไปเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและประสิทธิภาพ

7. ความสามารถในการบำรุงรักษา (Maintainability)

ความสามารถในการบำรุงรักษา หมายถึง การแก้ไขข้อผิดพลาด (Bug fixing) หรือการปรับแต่งแก้ไขโปรแกรมภายหลังที่ได้ทำการติดตั้งไปแล้ว ซึ่งการบำรุงรักษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

- ความถูกต้อง (Corrective): ค่าใช้จ่ายประมาณ 20% ต้องนำมาใช้กับการแก้ไขข้อผิดพลาด (Error) ภายหลังจากการส่งมอบไปแล้ว หรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการบำรุงรักษาซอฟต์แวร์
- การดัดแปลง (Adaptive): การดัดแปลงซอฟต์แวร์เพื่อรองรับกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เช่น ระบบปฏิบัติการใหม่ หรือระบบฐานข้อมูลใหม่ เป็นต้น
- ความสมบูรณ์ (Perfective): การเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์เพื่อปรับปรุงคุณภาพ เช่นการเพิ่มฟังก์ชันการทำงานใหม่ลงไป หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพ

ความสามารถในการบำรุงรักษาจะเป็นคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับ ความสามารถในการซ่อมแซมได้ (Repairability) และความสามารถในการพัฒนาได้ (Evolvability) ดังที่จะได้กล่าวต่อไป

8. ความสามารถในการซ่อมแซมได้ (Repairability)

เป็นการปรับแต่ง หรือ แก้ไขข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่ไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน การใช้ส่วนประกอบทั่ว ๆ ไป จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตซอฟต์แวร์ได้ ซึ่งการซ่อมแซมองค์ประกอบของซอฟต์แวร์เป็นส่วน ๆ จะง่ายกว่าการซ่อมแซมซอฟต์แวร์ทั้งหมดทุกส่วนหากซอฟต์แวร์ที่ทำการพัฒนามีการออกแบบที่ดี และเป็นโมดูล จะทำง่ายต่อการซ่อมแซม

9. ความสามารถในการพัฒนาได้ (Evolvability)

เป็นการแก้ไข เปลี่ยนแปลงระดับโครงสร้างของระบบ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการใหม่ ๆ ของผู้ใช้งาน ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาแล้วจะต้องสามารถนำไปแก้ไขปรับปรุงได้ตลอดเวลาเพื่อสร้างฟังก์ชันใหม่ ๆ หรือเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันที่มีอยู่แล้ว หากการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงในแต่ละครั้งไม่ได้ทำเอกสารเก็บไว้ จะเป็นการยากที่จะเปลี่ยนแปลงส่วนหนึ่งส่วนใดอีกในอนาคต ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ได้ระบุเอาไว้อย่างชัดเจนทั้งการออกแบบและข้อกำหนดของความต้องการ

10. การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reusability)

คือความสามารถในการนำซอฟต์แวร์กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการลดต้นทุนและประหยัดเวลาในการพัฒนาได้มาก การนำกลับมาใช้ใหม่จะเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงซอฟต์แวร์สำหรับพัฒนาเป็นรุ่นใหม่ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเพียงเล็กน้อย ซึ่งเราอาจจะนำส่วนประกอบของความต้อการบางส่วนสำหรับข้อตกลงก่อนหน้านี้ นำกลับมาใช้เป็นองค์ประกอบของซอฟต์แวร์ที่ปรับปรุงใหม่แทนที่จะเปลี่ยนแปลงใหม่ทั้งหมดหากการออกแบบเป็นลักษณะเชิงวัตถุ การนำกลับมาใช้ใหม่จะทำให้สะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น การนำกลับมาใช้ใหม่ประกอบไปด้วยการนำเอาความรู้ความชำนาญเดิมที่มีอยู่กลับมาใช้งานใหม่ หรือในแง่ของความต้อการอาจจะยึดเอาความต้อการเดิมมาใช้ใหม่

11. ความสามารถในการเคลื่อนย้าย (Portability)

ความเป็นอิสระต่อกันระหว่างซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ คือ ความสะดวกในการนำไปใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมใหม่ หรือทำงานบนแพลตฟอร์ม (Platform) หรือ ระบบปฏิบัติการ (Operating Systems) ที่แตกต่างกันได้ โดยการแก้ไขเพียงเล็กน้อย

12. ความสามารถในการเข้าใจได้ (Understandability)

การออกแบบที่ง่ายต่อการเข้าใจ คือการที่ซอฟต์แวร์มีขอบเขตที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจวัตถุประสงค์และวิธีการทำงานของระบบได้โดยง่าย ซึ่งคุณสมบัตินี้เป็นคุณภาพภายในของซอฟต์แวร์นั่นเอง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดคุณภาพตัวอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงและการตรวจสอบ

13. ความสามารถเข้ากันได้กับระบบที่แตกต่างกัน (Interoperability)

เป็นความสามารถในการเข้ากันได้กับระบบที่แตกต่างกัน ของซอฟต์แวร์ที่จะอยู่ร่วมกันหรือทำงานร่วมกันกับระบบอื่น ๆ คือคุณสมบัติที่ซอฟต์แวร์จะสามารถใช้งานได้ดีในระบบที่มีความแตกต่างกัน

14. ผลผลิต (Productivity)

เป็นคุณภาพของกระบวนการผลิตซอฟต์แวร์ ที่ใช้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการว่าได้ผลิตผลของซอฟต์แวร์เป็นอย่างไร ซึ่งเทคนิคของการนำซอฟต์แวร์กลับมาใช้ใหม่ จะทำให้เกิดผลิตผลของซอฟต์แวร์ที่มีการพัฒนา

15. เวลาที่เหมาะสม (Timeliness)

เป็นคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ หมายถึง ความสามารถในการส่งมอบงานได้ทันเวลา ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวางแผนการปฏิบัติงานที่รัดกุม เช่นการทำ Milestone

16. ความชัดเจน (Visibility)

กระบวนการการผลิตซอฟต์แวร์ต้องมีความชัดเจน ในทุก ๆ ขั้นตอนของการพัฒนาและได้นำมาแสดงเป็นหลักฐานที่เป็นเอกสาร ซึ่งจะเป็นทั้งคุณภาพภายในและภายนอก ผลผลิตทางซอฟต์แวร์จะมีความชัดเจนได้หากมีการวางโครงสร้างไว้อย่างชัดเจนและประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่เข้าใจได้ง่าย รวมไปถึงเอกสารที่สามารถเข้าถึงได้โดยง่ายอีกด้วย

2.5 คุณภาพที่ต้องการ (Quality Requirements)

คุณภาพที่ต้องการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้มี 4 รูปแบบดังนี้

2.5.1 ระบบงานทางด้านสารสนเทศ (Information Systems or Information-Based Systems)

เป็นการจัดการกับข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ เช่น ระบบธนาคาร (Banking systems) ระบบบัญชี รายชื่อหนังสือ (Library-cataloguing systems) หรือระบบบุคลากร (Personnel systems) เป็นต้น ซึ่งหัวใจของระบบดังกล่าวนี้คือฐานข้อมูล ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสร้าง การสืบค้น การเปลี่ยนแปลง หรือการลบหน่วยของข้อมูล

ซึ่งคุณภาพจะขึ้นอยู่กับ

- Data integrity : ความผิดพลาดของข้อมูลมีหรือไม่
- Security : ระบบสามารถป้องกันข้อมูลจากการเข้าถึงของผู้ที่ไม่ได้รับอนุญาตหรือไม่
- Data availability : ในสถานการณ์ใดบ้างที่ข้อมูลจะอยู่ในสถานะที่ใช้งานได้
- Transaction performance : เป้าหมายของระบบสารสนเทศเพื่อการสนับสนุนการทำงานโดยใช้ข้อมูล

2.5.2 ระบบที่ตอบสนองทันทีทันใด (Real-Time Systems)

เป็นระบบที่ต้องตอบสนองต่อเหตุการณ์ภายใต้เวลาที่จำกัดอย่างเคร่งครัดตามที่กำหนดไว้ เช่น ระบบตรวจสอบการทำงานของโรงงาน ทำการตรวจจับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป หรือ ซอฟต์แวร์ที่ใช้เมาส์ในการจัดการ (Mouse-handling Software) จำเป็นต้องใช้เมาส์คลิกเมื่อต้องการขัดจังหวะ ดังนั้นความต้องการของระบบจะเป็นการติดต่อประสานแบบทันทีทันใด หากการตอบสนองเป็นไปอย่างรวดเร็วเกินไปหรือช้าเกินไปจะทำให้ระบบทำงานได้อย่างไม่ถูกต้องก็เป็นไปได้

2.5.3 ระบบแบบกระจาย (Distributed Systems)

เป็นระบบที่มีส่วนประกอบทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยมีคุณลักษณะดังนี้

- ต้องมีการจัดการกับข้อมูลที่มีการกระจายหรือมีการเปลี่ยนแปลงไป
- ระบบคงทนต่อกรณีที่ระบบเครือข่ายที่ผิดพลาดทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง ไม่สามารถติดต่อกันได้
- ระบบมีความคงทนต่อความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องหากเราทำการถอดแบบข้อมูลที่เหมือนกันออกมาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มากกว่า 1 เครื่อง จะเพิ่มความน่าเชื่อถือให้ระบบได้

2.5.4 ระบบแบบฝังตัว (Embedded Systems)

เป็นระบบที่ใช้ซอฟต์แวร์เป็นองค์ประกอบสำหรับ 1 ส่วนหรือหลาย ๆ ส่วน ซึ่งจะมีการติดต่อประสานกับส่วนประกอบของระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง หรือมาทำการควบคุม เช่น ซอฟต์แวร์ที่ใช้บนเครื่องบิน หุ่นยนต์ หรือเตาอบไมโครเวฟ เป็นต้น

สิ่งที่ทำให้ระบบแบบฝังตัวแตกต่างจากระบบอื่นคือ จะเป็นระบบที่มีการติดต่อประสานระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ มากกว่ามนุษย์ เช่น เครื่องกดน้ำแบบหยอดเหรียญ (Coin-operated vending machine) ระบบการตรวจสอบคนไข้ในโรงพยาบาล (A hospital patient-monitoring system)

2.6 ระดับการทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Testing Level)

โดยทั่วไปแล้วการทดสอบซอฟต์แวร์แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

2.6.1 การทดสอบระดับหน่วย (Unit Testing)

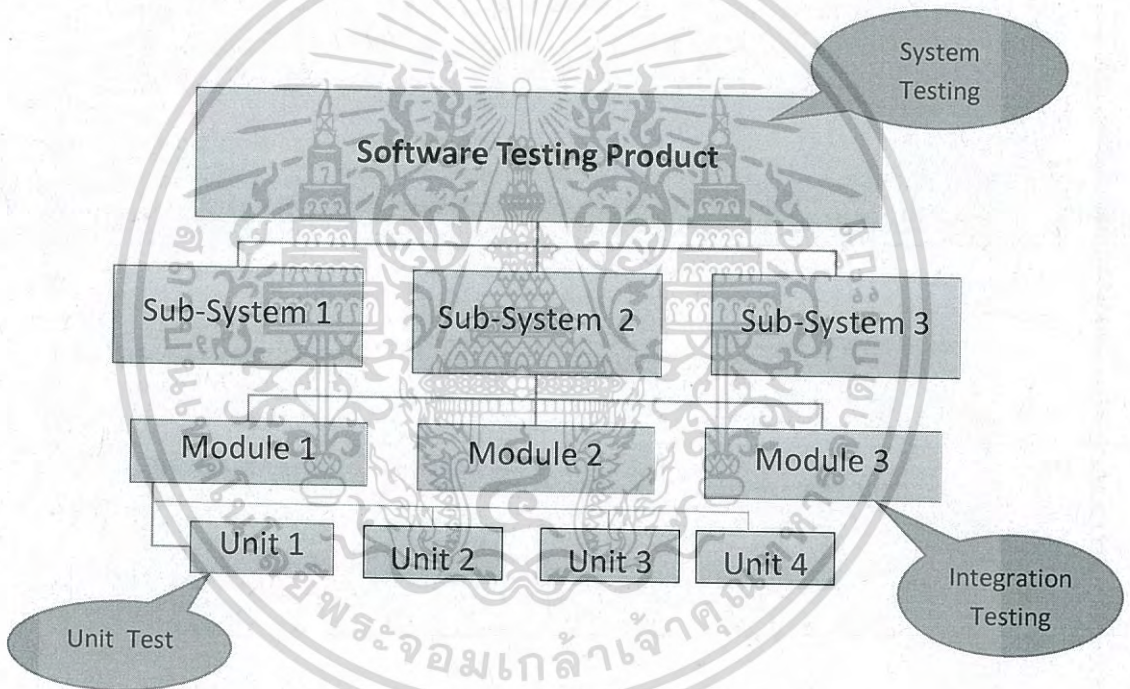
เป็นการทดสอบหน่วยย่อยที่สุดของซอฟต์แวร์ การทดสอบทีละหน่วยซึ่งเป็นส่วนประกอบที่เล็กที่สุดอย่างอิสระต่อกัน เพื่อค้นหาข้อผิดพลาดหรือจุดบกพร่องของหน่วยย่อยนั้นจากหน่วยย่อยประกอบเป็นโมดูล การทดสอบระดับโมดูล (Module Testing) เป็นการทดสอบที่ทำหลังจากการนำหน่วยประกอบที่เล็กที่สุดหลาย ๆ หน่วยประกอบขึ้นเป็นโมดูลที่มีคุณสมบัติเหมาะสม ซึ่งได้ทดสอบความถูกต้องแล้วนำมารวมกันและทดสอบใหม่อีกครั้ง โดยเน้นการเชื่อมประสานระหว่างหน่วยย่อยต่าง ๆ การทดสอบระบบย่อย (Sub-System Testing) เป็นการทดสอบที่นำหลาย ๆ โมดูลมารวมกันเป็นระบบโปรแกรมย่อยหรือกลุ่มของโปรแกรมโดยเน้นการประเมินผลที่ใช้ข้อมูลหรือสถานการณ์จำลองว่าผลลัพธ์ได้ตรงตามที่กำหนดหรือไม่

2.6.2 การทดสอบระดับรวม (Integration Testing)

เป็นการทดสอบโดยรวมทั้งโปรแกรม เมื่อนำหน่วยย่อยต่าง ๆ มาเชื่อมโยงเข้าด้วยกันเน้นด้านการเชื่อมโยงระหว่างระบบโปรแกรมย่อยต่าง ๆ โดยคำนึงถึงผลโดยรวมว่าถูกต้องตรงตามความต้องการหรือไม่ ทดสอบหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการใช้งานในแง่มุมต่าง ๆ ที่เป็นกรณีทดสอบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มเติมหรือแก้ไขในกรณีของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

2.6.3 การทดสอบระบบ (System Testing)

เป็นการทดสอบระบบกับข้อมูลหรืองานจริงในสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง ก่อนการส่งมอบงาน โดยมีผู้ใช้งานได้รับรู้ด้วยและมีส่วนในการทดสอบร่วมด้วยตัวเอง เน้นการทดสอบในส่วนที่ผู้ใช้งานต้องสัมผัสกับโปรแกรมหรือระบบงาน เพื่อแก้ไขในแง่ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน



2.6.4 การทดสอบการยอมรับ (Acceptance Testing)

เป็นการทดสอบระบบว่าสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ใช้หรือไม่ ซึ่งถ้าการทดสอบนี้ไม่ผ่าน ก็ถือว่าเกิดความล้มเหลวในการพัฒนาซอฟต์แวร์ และไม่สามารถส่งมอบตามข้อตกลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แนวทางการทดสอบซอฟต์แวร์

การทดสอบซอฟต์แวร์อาจไม่สามารถกระทำในคราวเดียวได้ เราสามารถทดสอบตามรอบ ของขั้นตอนการสร้างซอฟต์แวร์ โดยสามารถที่จะเริ่มต้นจากการทดสอบทีละโมดูล ซึ่งต้องทำการทดสอบก่อน จากนั้นนำมาประสานรวมกันหลาย ๆ โมดูล แนวทางนี้เรียกว่า “Incremental Testing Approach” ซึ่งจะเป็นการทดสอบไปที่ละกรณีที่กำหนดในแต่ละกรณีทดสอบ ดังแสดงในรูป



เริ่มต้นด้วยการออกแบบกรณีทดสอบที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ประกอบด้วย การกำหนดขอบเขตของการทดสอบ ข้อกำหนดของข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ที่ต้องการ จากนั้นจึงจัดเตรียมข้อมูลที่จะนำเข้ามาทดสอบ ซึ่งอาจเป็นการสร้างขึ้นมาโดยการจำลองข้อมูลเสมือนจริง หรือจะเป็นการตีถ้าสามารถนำข้อมูลจริงมาใช้ทดสอบ ข้อมูลนำเข้าโปรแกรมที่ต้องการทดสอบ เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลตามที่กำหนด ซึ่งจะได้ผลลัพธ์การทดสอบที่สามารถบอกได้ว่ามันถูกต้องหรือไม่ นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับความต้องการหรือมาตรฐานที่กำหนด สรุปเป็นเอกสารรายงานผลการทดสอบ เพื่อเป็นหลักฐานยืนยันการทำงานในหน้าที่ของโปรแกรมที่กำหนดตามความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน

2.8 หลักการและรายละเอียดการวางแผนทดสอบ

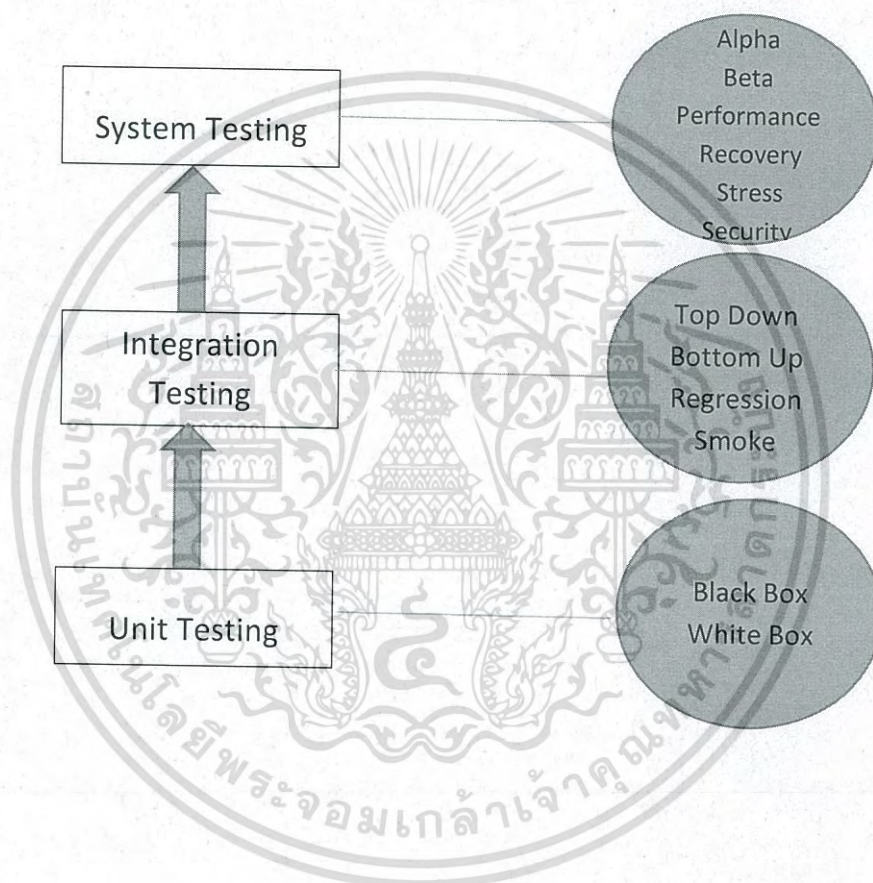
การจัดการทดสอบซอฟต์แวร์เราควรคิดหลักการระเบียบวิธีการที่มีระบบระเบียบและแบบแผน หลักการประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง นั่นคือ ช่องทางการสื่อสารของทุก ๆ รายละเอียดทุก ๆ ส่วนประกอบของโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ จากระดับของการทดสอบซอฟต์แวร์ จึงต้องการวางแผนในแต่ละระดับที่ชัดเจน แสดงดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 วิธีการทดสอบซอฟต์แวร์ (Software Testing)

การทดสอบซอฟต์แวร์ในแต่ละขั้นตอนจะมุ่งเน้นต่างกัน Unit Testing จะมุ่งเน้นในส่วนของโค้ดโปรแกรม สำหรับ Intergration Testing จะเน้นเรื่องของส่วนประสานของโมดูลย่อยต่าง ๆ ในขณะที่ System Testing จะมองถึงเรื่องของการส่งมอบ ทั้ง 3 ระดับต่างมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้น ทีมงานทดสอบซอฟต์แวร์ จะสามารถเลือกใช้วิธีการทดสอบได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์ สำหรับปัญหาพิเศษประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. เลือก Software ที่จะใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรม
2. ศึกษางานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษ
3. กำหนดขอบเขตที่ชัดเจนของปัญหาพิเศษ
4. ออกแบบโปรแกรม
5. เขียนโปรแกรม
6. ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมคำนวณ
7. ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม
8. จัดทำคู่มือการใช้งาน
9. สร้างเว็บไซต์ เพื่อเผยแพร่โปรแกรม

3.1 เลือก Software ที่จะใช้เป็นเครื่องมือพัฒนาโปรแกรม

ในปัญหาพิเศษนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม NetBeans ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ภาษาจาวาในการเขียนโปรแกรม

3.2 ศึกษางานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษ

ซึ่งประกอบด้วยงาน 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

3.2.1 ส่วนของสถิติทดสอบพรีดแมน

ศึกษาเนื้อหาสถิติทดสอบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน รวมทั้งเอกสารงานวิจัยทั้งหมด

3.2.2 ส่วนของโปรแกรม NetBeans

ศึกษาจากหนังสือคู่มือการเขียนโปรแกรมด้วย NetBeans

3.2.3 ส่วนของเว็บไซต์

ศึกษาจากหนังสือคู่มือการสร้างเว็บไซต์ด้วย GoogleSites

3.3 กำหนดขอบเขตที่ชัดเจนของปัญหาพิเศษ

รายละเอียดได้แสดงไว้ในบทที่ 1 หัวข้อที่ 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

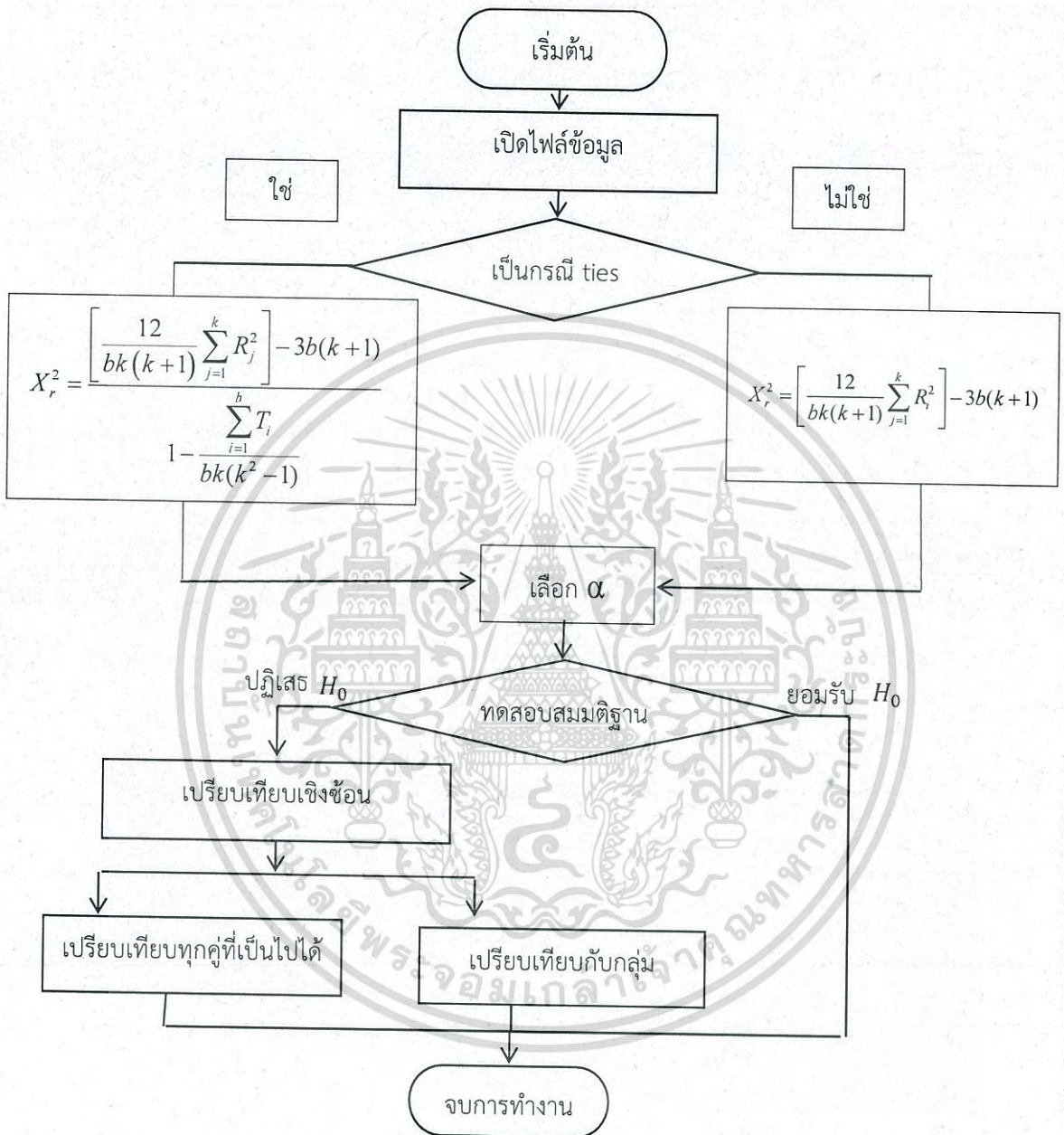
3.4 ออกแบบโปรแกรม

ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมมีขั้นตอนดังนี้

3.4.1 กำหนดจุดประสงค์และขอบเขตเพื่อให้สามารถสร้างโปรแกรมให้ได้ตามวัตถุประสงค์และมีประสิทธิภาพ

3.4.2 ออกแบบโปรแกรมให้มีความสวยงาม เป็นระเบียบ น่าสนใจ อ่านง่าย และผู้ใช้สามารถเข้าศึกษาหัวข้อต่าง ๆ ได้ง่าย

3.4.3 ออกแบบแผนผังการทำงาน (Flow Chart) ของโปรแกรมได้ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เขียนโปรแกรม

ทำการเขียนโปรแกรมคำนวณการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบเชิงซ้อนของพรีดแมนผ่านเว็บไซต์ ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยใช้ NetBeans เป็นเครื่องมือในการสร้างโปรแกรม

3.6 ทดสอบโปรแกรม

3.6.1 ทดสอบความถูกต้องด้านการคำนวณ

นำโปรแกรมคำนวณที่เขียนเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดสอบความถูกต้องด้านการคำนวณ โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่างและแบบฝึกหัดที่ได้เรียนมา และตัวอย่างจากหนังสือในเอกสารอ้างอิง รวมทั้งนำไปทดลองใช้จริง เพื่อตรวจสอบข้อผิดพลาด

3.6.2 การประเมินความพึงพอใจหลังการใช้งานโปรแกรม

ทำการประเมินความพึงพอใจหลังการใช้งานโปรแกรม โดยใช้ตัวอย่างสุ่มของผู้ใช้จำนวน 20 คน จากนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นผู้ทำการประเมินความพึงพอใจในรายละเอียดส่วนต่างๆ ของเว็บไซต์ โปรแกรมมีความรวดเร็วในการประมวลผล รูปลักษณ์ของโปรแกรมเหมาะสมกับการใช้งาน ใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ชัดเจน โดยใช้แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล และใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความพึงพอใจ และนำเสนอด้วยค่าสถิติต่างๆ เช่น ค่าร้อยละ ค่าฐานนิยม เป็นต้น

3.7 ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม

ทำการปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาดที่พบในขั้นตอน 3.6

3.8 จัดทำคู่มือการใช้งาน

จัดทำคู่มือการใช้งาน เพื่อเป็นแนวทางในการเรียนรู้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการใช้งานและการทำงานของโปรแกรมโดยละเอียด

3.9 สร้างเว็บไซต์ เพื่อเผยแพร่โปรแกรม

ในเว็บไซต์นี้จะประกอบไปด้วยเนื้อหาและลิงค์สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้ได้โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมได้ที่เว็บไซต์ <https://sites.google.com/site/friedmansstatistic/> ใน ส่วนของโปรแกรมมีเมนู ดังนี้

➤ หน้าหลัก (Home) ซึ่งประกอบไปด้วย เมื่อดังนี้

✓ เลือก

- เปิดไฟล์
- ผู้จัดทำ
- ออกจากระบบ

และได้เว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ที่ใช้ในการเผยแพร่โปรแกรมและให้ความรู้เกี่ยวกับ สถิติทดสอบแบบพรีดแมน โดยในส่วนของเว็บไซต์มีเมนู ดังนี้

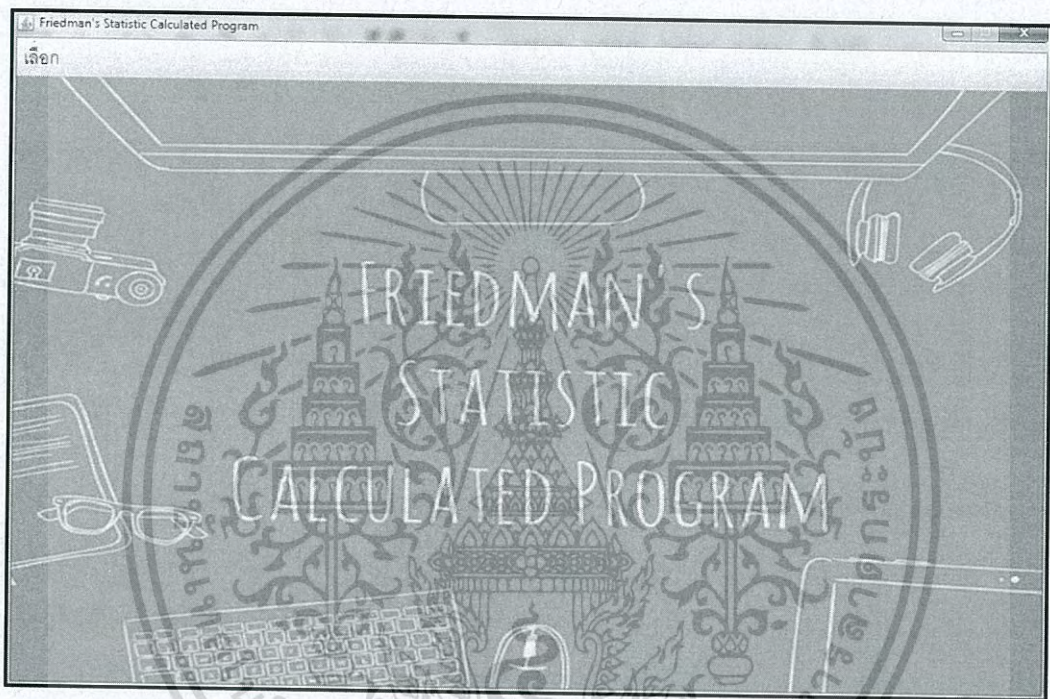
- หน้าแรก
- ความรู้เบื้องต้น
 - สถิติทดสอบพรีดแมน
 - ตัวอย่าง
- คู่มือการใช้งานโปรแกรม
- ดาวน์โหลดโปรแกรม
- ผู้จัดทำ
- ลิ้งค์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ประกอบไปด้วย หน้าต่างของโปรแกรมในหัวข้อต่าง ๆ ด้วยรายละเอียดดังนี้

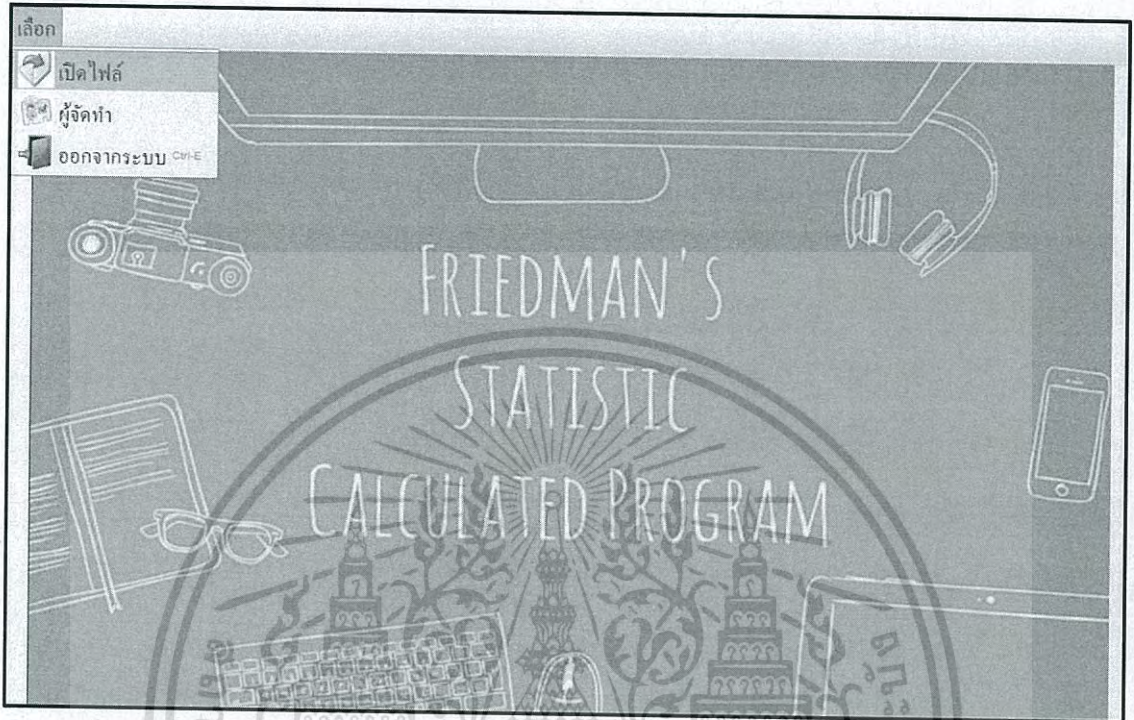
- ❖ หน้าหลัก (Home) จะแสดงหน้าแรกของโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังรูปที่ 4-1



รูปที่ 4-1 หน้าต่างหน้าต่างแรกของโปรแกรม

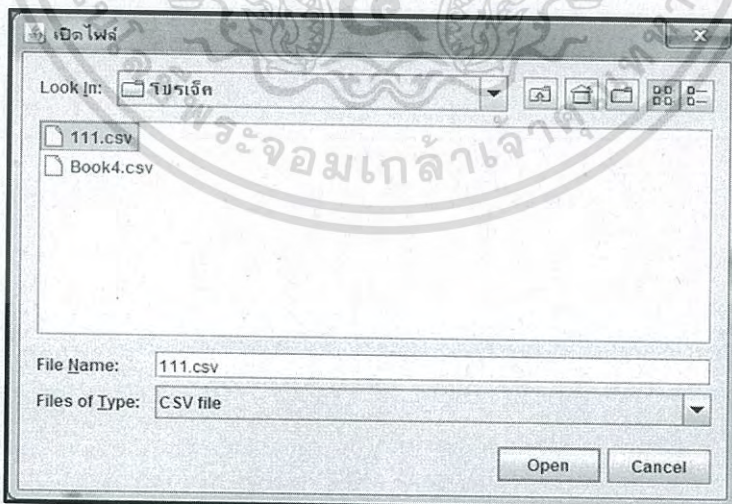
รูปที่ 4-1 แสดงหน้าต่างหน้าต่างแรกของโปรแกรมซึ่งจะประกอบด้วยเมนูหลัก ด้านบนของหน้าต่างคือเมนูเลือก

- เมนูเลือก จะแสดงเมนูย่อย ดังรูปที่ 4-2 ซึ่งประกอบไปด้วย เปิดไฟล์ ผู้จัดทำ ออกจากระบบ



รูปที่ 4-2 หน้าต่างแสดงเมนูเลือก

รูปที่ 4-2 เมื่อคลิกที่ เปิดไฟล์ โปรแกรมจะให้ผู้ใช้งานนำไฟล์ที่เตรียมจาก Excel ซึ่งใช้ได้เฉพาะไฟล์สกุล .CSV เท่านั้น ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 หน้าต่างแสดงการเปิดไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Friedman's Statistic Calculated Program

| | พรีทเมนต์ที่1 | พรีทเมนต์ที่2 | พรีทเมนต์ที่3 | พรีทเมนต์ที่4 | พรีทเมนต์ที่5 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| บลีจด์ที่1 | 6.2 | 8.1 | 7.1 | 7.4 | 5.9 |
| บลีจด์ที่2 | 5.4 | 8.3 | 7.1 | 7.4 | 5 |
| บลีจด์ที่3 | 5.8 | 6.2 | 5.1 | 8.5 | 5.4 |
| บลีจด์ที่4 | 4.3 | 4.8 | 5 | 5.8 | 5 |
| บลีจด์ที่5 | 5.8 | 7.3 | 4.2 | 8.1 | 6.3 |
| บลีจด์ที่6 | 5.4 | 7.9 | 4.2 | 8.1 | 8.1 |
| บลีจด์ที่7 | 6.1 | 8.2 | 4.8 | 8.8 | 8.5 |
| บลีจด์ที่8 | 7.1 | 7.8 | 4.6 | 8 | 5.5 |
| บลีจด์ที่9 | 8.1 | 5.4 | 7.6 | 5.3 | 8 |
| บลีจด์ที่10 | 9.3 | 8.3 | 7.2 | 5 | 8.9 |

← BACK

NEXT →

รูปที่ 4-4 หน้าต่างแสดงตารางข้อมูล

รูปที่ 4-4 แสดงตารางข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทำการตรวจสอบข้อมูลว่ามีความถูกต้องหรือไม่ หากข้อมูลไม่ถูกต้องผู้ใช้งานสามารถกลับไปหน้าหลักและนำไฟล์ข้อมูลที่ถูกต้องมาใช้งานใหม่ โดยการคลิกที่ HOME หากข้อมูลถูกต้องแล้วให้คลิก NEXT เพื่อทำการทดสอบสมมติฐานและทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ ส่วนของการทดสอบสมมติฐาน

รูปที่ 4-5 หน้าต่างถามลักษณะของข้อมูล และระดับนัยสำคัญ

รูปที่ 4-5 แสดงการถามลักษณะของข้อมูลและระดับนัยสำคัญ ลักษณะของข้อมูลมีให้เลือก 2 ตัวเลือก คือ กรณี Ties คือ มีค่าสังเกตซ้ำกันภายในบล็อกเดียวกันและ กรณีไม่เกิดTies คือ ไม่มีค่าสังเกตซ้ำกันภายในบล็อกเดียวกัน และระดับนัยสำคัญ มีให้เลือกทั้งหมด 3 ตัวเลือก คือ 0.01 0.05 และ 0.1 เมื่อเลือกลักษณะของข้อมูลและระดับนัยสำคัญแล้ว กดปุ่ม คำนวณ จะได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4-6 (กรณี ties) และ 4-7 (กรณีไม่เกิด Ties)

- กรณี Ties

Friedman's Statistic Calculated Program

เลือก กรณี ties กรณีไม่เกิด ties
(ties คือ ภายในลีดเดียวกันมีเลขซ้ำกัน)

ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำนวณ

สมมติฐาน
 H0: ทริทเมนที่ทั้ง 5 ทริทเมนที่ไม่แตกต่างกัน
 H1: มีอย่างน้อย 1 ทริทเมนที่ต่างจากทริทเมนที่อื่นๆ
 สถิติทดสอบคือ 8.4299
 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ค่าวิกฤตคือ 9.4877
 เนื่องจากสถิติทดสอบมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤตจึงยอมรับสมมติฐานหลัก

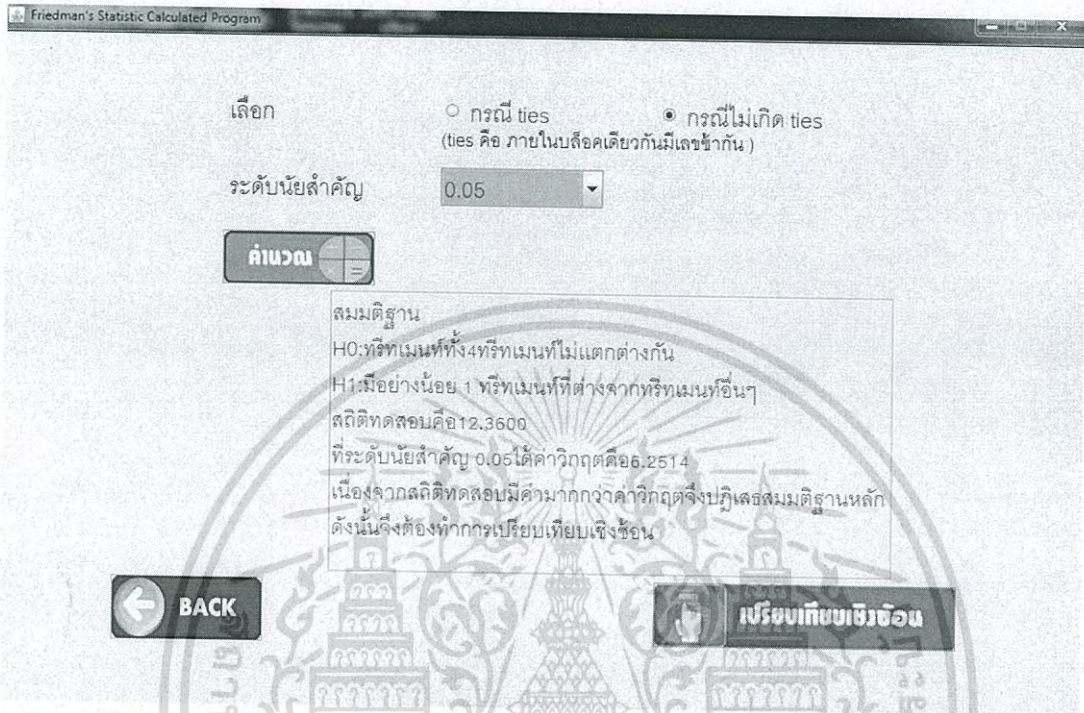
BACK

รูปที่ 4-6 ผลลัพธ์การคำนวณกรณีเกิด Ties

รูปที่ 4-6 แสดงผลลัพธ์การคำนวณกรณีเกิด Ties หากผลลัพธ์ที่ได้นั้น ปฏิเสธสมมติฐานหลัก จะมีปุ่ม การเปรียบเทียบเชิงซ้อน แต่ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้นั้นยอมรับสมมติฐานหลักจะไม่เกิดปุ่ม การเปรียบเทียบเชิงซ้อนให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กรณีไม่เกิด Ties



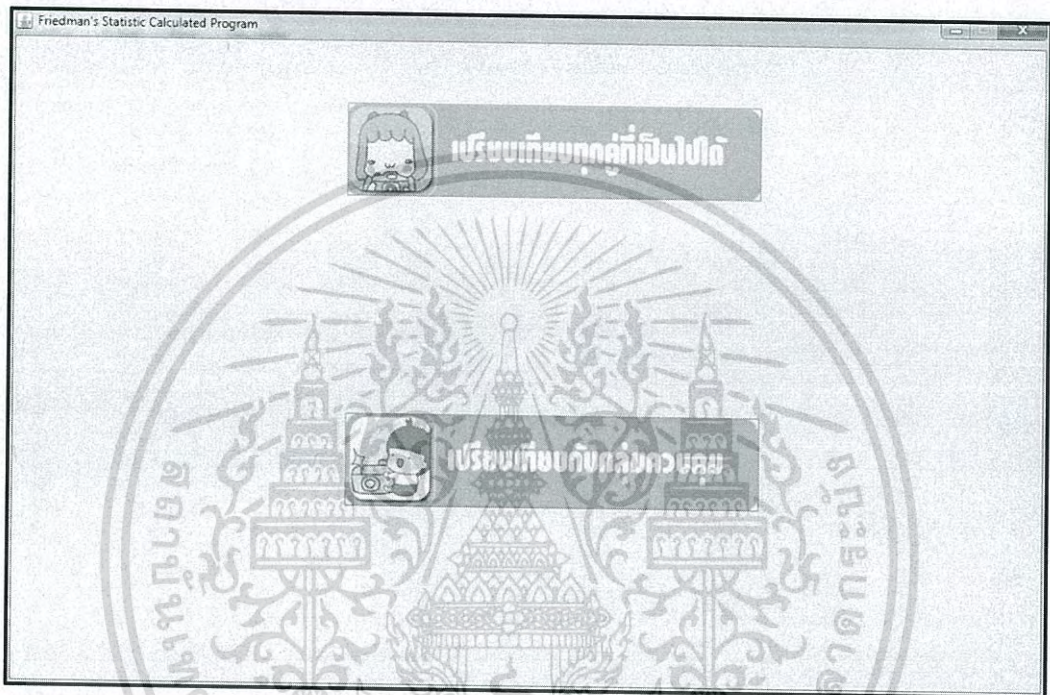
รูปที่ 4-7 ผลลัพธ์การคำนวณกรณีไม่เกิด Ties

รูปที่ 4-7 แสดงผลลัพธ์การคำนวณกรณีไม่เกิด Ties หากผลลัพธ์ที่ได้นั้น ปฏิเสธสมมติฐานหลัก จะมีปุ่ม การเปรียบเทียบเชิงซ้อน แต่ถ้าหากผลลัพธ์ที่ได้นั้น ยอมรับสมมติฐานหลัก จะไม่เกิดปุ่ม การเปรียบเทียบเชิงซ้อนเช่นเดียวกับกรณี Ties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ ส่วนของการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

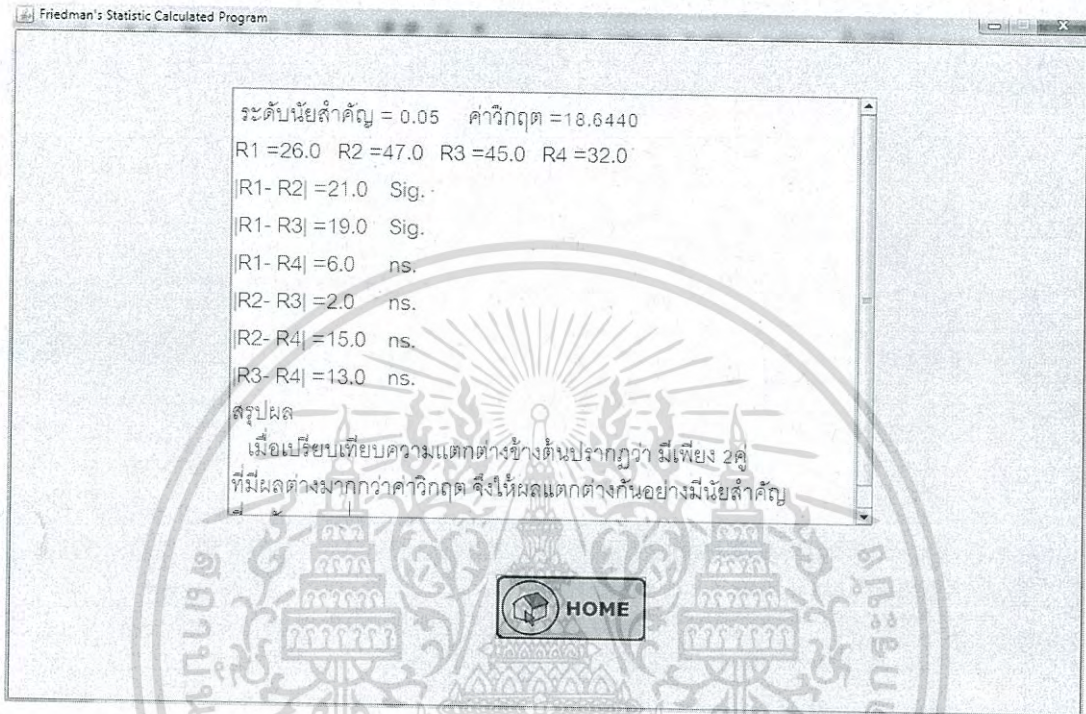
ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งหมายความว่า ทริทเมนต์ k ทริทเมนต์นั้นมียาอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หากต้องการทราบต่อไปว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน สามารถใช้วิธี การเปรียบเทียบเชิงซ้อนได้ ดังนี้



รูปที่ 4-8 แสดงปุ่มการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

รูปที่ 4-8 แสดงวิธีที่ใช้ในการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ซึ่งมีอยู่ 2 วิธี คือ เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้ และ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม หากคลิกเลือกวิธี เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้ จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 4-9 และ หากคลิกเลือกวิธี เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม จะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 4-10

- เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้
หลังจาก คลิกเลือกวิธีเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้ แล้วจะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 4-9

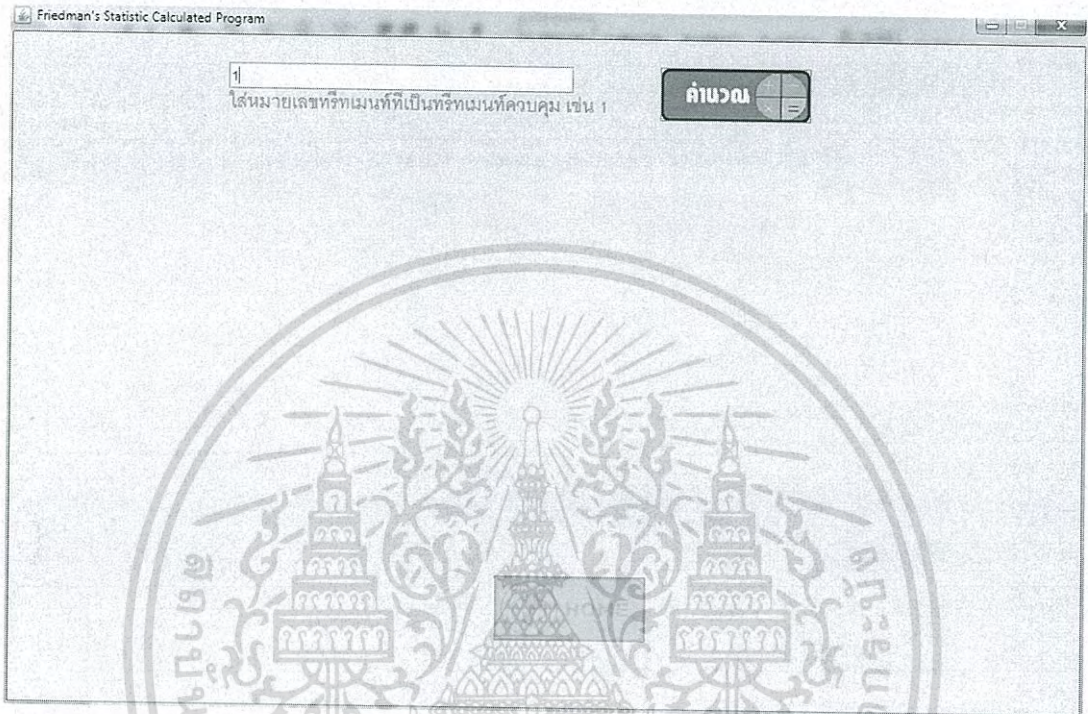


รูปที่ 4-9 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้

รูปที่ 4-9 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วย ระดับนัยสำคัญ ค่าวิกฤต ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ต่างๆ และ สรุปผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

- เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

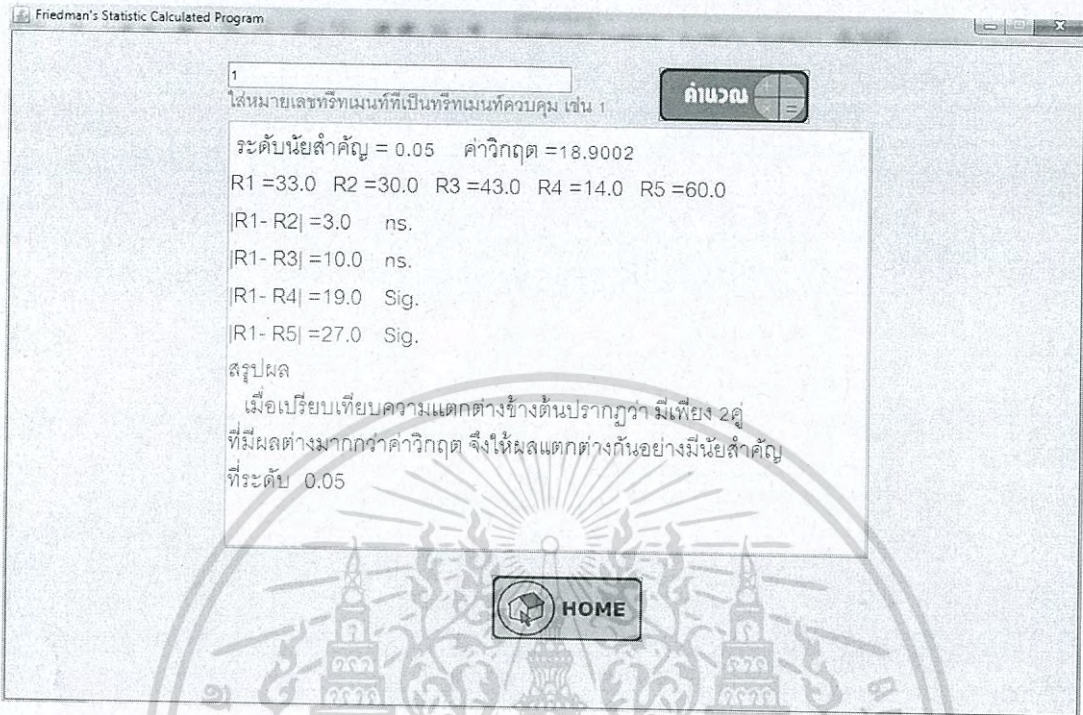
หลังจาก คลิกเลือกวิธีเปรียบเทียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แล้วจะปรากฏหน้าต่าง ดังรูปที่ 4-10



รูปที่ 4-10 การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

รูปที่ 4-10 แสดงการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผู้ใช้สามารถใส่
ทริทเมนต์ที่ต้องการใช้เป็นทริทเมนต์ควบคุมแล้วกดคำนวณจะได้ผลลัพธ์ ดังรูปที่ 4-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



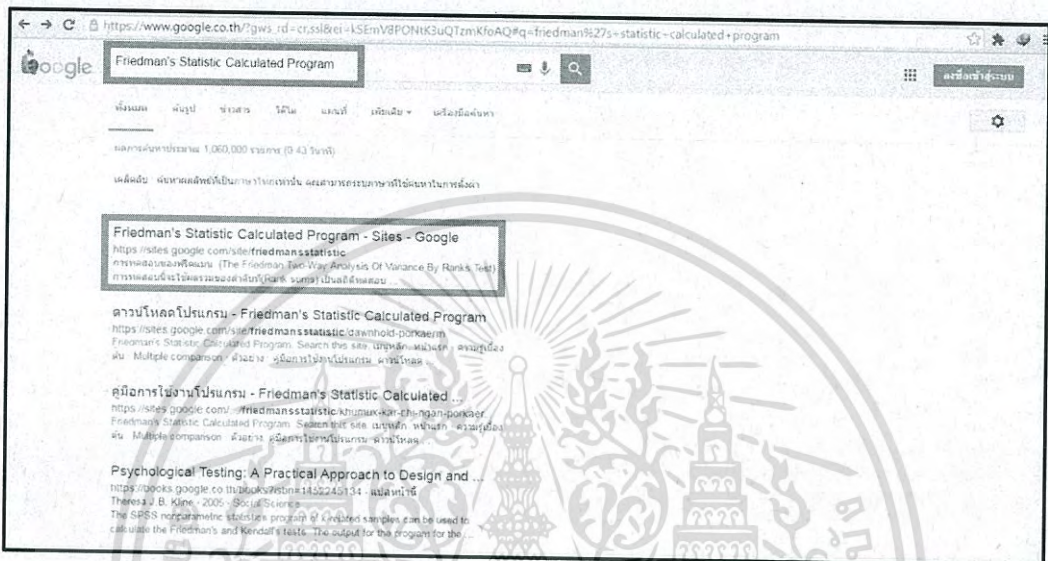
รูปที่ 4-11 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

รูปที่ 4-11 แสดงผลลัพธ์การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยใช้วิธีเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ประกอบไปด้วย ระดับนัยสำคัญซึ่งจะมีแค่ 0.01 และ 0.05 เท่านั้น ค่าวิกฤต ผลรวมของลำดับที่ในหรือหมายเลขต่าง ๆ และ สรุปผลการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟริดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

ในส่วนของเว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟริดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อนนั้น ผู้ใช้สามารถเข้าชมหรือดาวน์โหลดโปรแกรมได้โดยการ ค้นหาในเว็บไซต์ Google ดังรูป 4-12

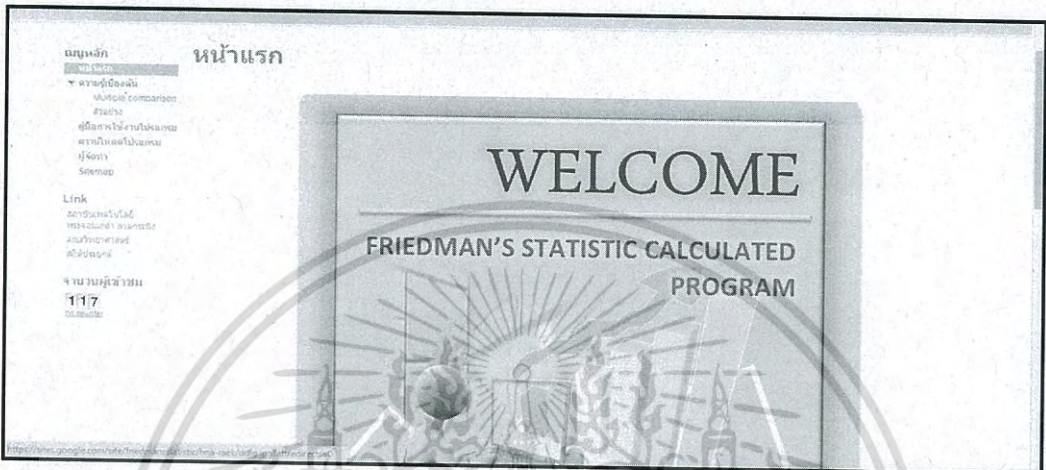


รูปที่ 4-12 แสดงหน้าต่างการค้นหาโปรแกรมด้วย เว็บไซต์ www.google.co.th

รูปที่ 4-12 แสดงหน้าต่างการค้นหาโปรแกรมด้วย เว็บไซต์ www.google.co.th ซึ่งในเว็บไซต์จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ หน้าแรก จะปรากฏหน้าหลักของเว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังรูปที่ 4-13

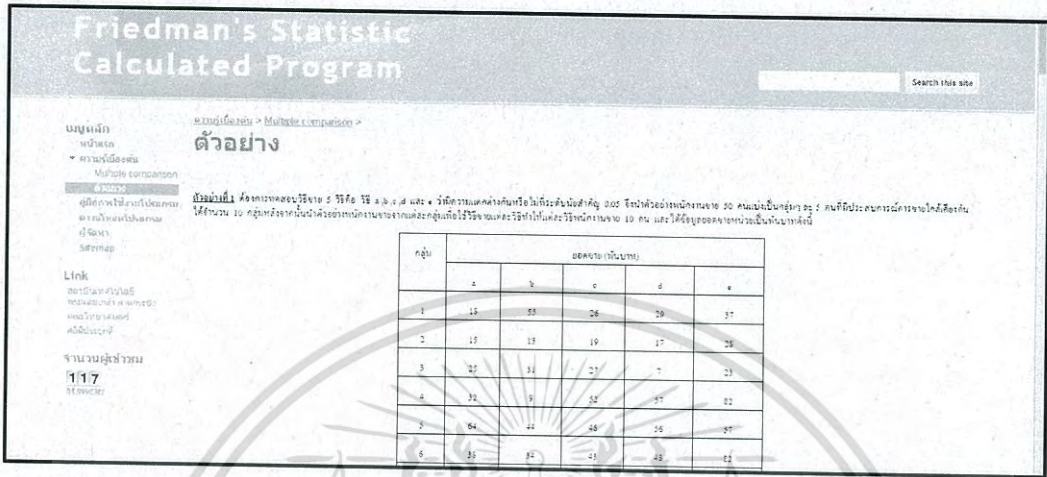


รูปที่ 4-13 หน้าแรกของเว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน

รูปที่ 4-13 หน้าแรกของเว็บไซต์โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรیدแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมนูต่าง ๆ ความรู้เบื้องต้น ประกอบไปด้วย การทดสอบฟรیدแมน การเปรียบเทียบเชิงซ้อน และตัวอย่าง คู่มือการใช้งานโปรแกรม ดาวน์โหลดโปรแกรม ผู้จัดทำ และ Link ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวอย่าง เมื่อเลือกหัวข้อ ตัวอย่าง จะปรากฏหน้าต่างแสดงเนื้อหาเกี่ยวกับตัวอย่างของการทดสอบแบบพรีดแมน ดังรูปที่ 4-16



รูปที่ 4-16 หน้าต่างแสดงเนื้อหาเกี่ยวกับตัวอย่างของการทดสอบแบบพรีดแมน

- ดาวน์โฮลด์โปรแกรม เมื่อเลือกเมนูดาวน์โหลดโปรแกรม จะปรากฏหน้าต่างซึ่งมีลิงค์สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังรูปที่ 4-17



รูปที่ 4-17 หน้าต่างแสดงลิงค์สำหรับการดาวน์โหลดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

➤ ผู้จัดทำ เมื่อเลือกเมนู ผู้จัดทำ จะปรากฏหน้าต่างแสดงรายชื่อผู้จัดทำรวมทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา ดังรูปที่ 4-18

The screenshot shows a web interface with a navigation menu on the left and a main content area. The navigation menu includes options like 'แบบฝึกหัด', 'ความถี่ของสมาชิก', 'Multiple comparison', 'ผู้จัดทำ', 'ดาวน์โหลดโปรแกรม', 'ดาวน์โหลดโปรแกรม', 'Sitemap', 'Link', and 'จำนวนผู้เข้าชม'. The main content area is titled 'ผู้จัดทำ' and contains a table of authors.

| รายชื่อสมาชิก | |
|---------------|---------|
| นางสาวอุษณีย์ | หน่อผล |
| นางสาวสิริคุณ | พิงคน |
| นายวรัญ | จันทิภา |
| นางสาวสมพร | เพชรศรี |

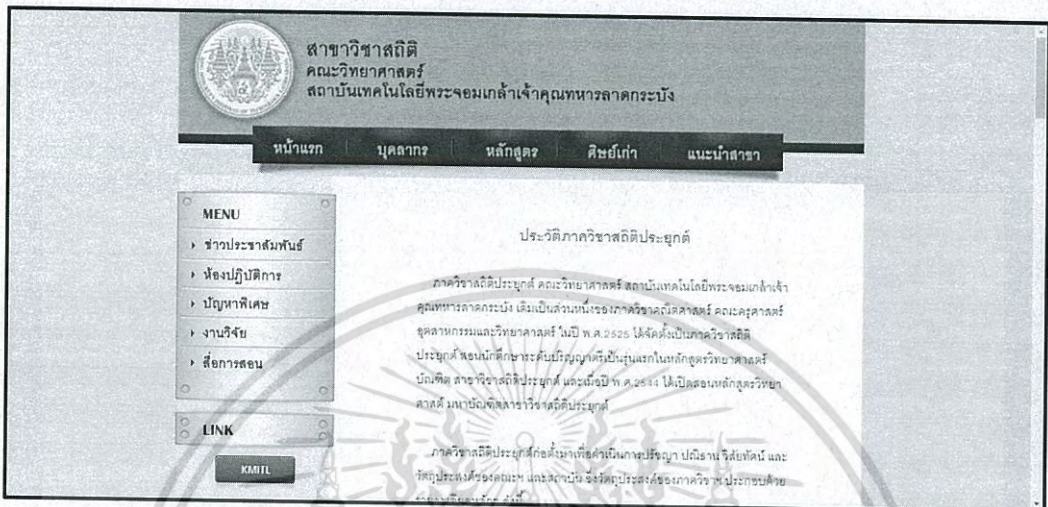
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. อุมพร งามพร

เว็บไซต์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ ไม่ควรนำเนื้อหาไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และควรรับผิดชอบต่อเนื้อหาที่ปรากฏบนเว็บไซต์นี้

รูปที่ 4-18 หน้าต่างแสดงรายชื่อผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สถิติประยุกต์ เมื่อเลือกเมนูสถิติประยุกต์ จะปรากฏหน้าต่างเว็บไซต์ของสาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังรูปที่ 4-21



รูปที่ 4-21 หน้าต่างเว็บไซต์ของสาขาวิชาสถิติประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของผู้ใช้งานโปรแกรมและเว็บไซต์

เพื่อประเมินความพึงพอใจหลังจากการใช้งานโปรแกรม โดยใช้ตัวอย่างสุ่มของผู้ใช้จำนวน 20 คน จากนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นผู้ทำการประเมินความพึงพอใจในรายละเอียดส่วนต่างๆของโปรแกรมและเว็บไซต์ เช่น ความเหมาะสมของหน้าเว็บไซต์ การจัดหมวดหมู่ของเนื้อหา ความสมบูรณ์ของเนื้อหา ประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงเอกสาร(link) ความเร็วในการเข้าถึงข้อมูล สามารถประยุกต์ใช้ในการเรียน โดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งเป็น 5 ด้าน คือ ด้านรูปลักษณ์ของเว็บไซต์ ด้านเนื้อหาของเว็บไซต์ ด้านการเข้าถึงข้อมูล เช่น ลิงค์ต่างๆด้านการใช้งานโปรแกรม และด้านความพึงพอใจโดยรวม โดยให้ผู้ใช้บอกถึงความพึงพอใจที่มีต่อโปรแกรมฯ ในระดับต่างๆ 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้โปรแกรมและเว็บไซต์ ได้รายละเอียดในหัวข้อต่างๆดังนี้

| ความพึงพอใจของผู้ใช้ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|--|------------------|---------|---------|------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1.ด้านภาพรวมของเว็บไซต์ | | | | | |
| 1.1 ความเหมาะสมของหน้าเว็บไซต์ | (1)5% | (13)65% | (6)30% | - | - |
| 1.2 ความเหมาะสมของขนาดและรูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ | (3)15% | (9)45% | (8)40% | - | - |
| 1.3 ความน่าสนใจภายในเว็บไซต์ | (6)30% | (12)60% | (2)10% | - | - |
| 1.4 ความสะดวกในการใช้งาน | (6)30% | (13)65% | (1)50% | - | - |
| 1.5 การจัดวางส่วนประกอบของหน้าจอช่วยให้อ่านง่ายและสบายตา | (3)15% | (16)80% | (1)5% | - | - |
| 2. ด้านเนื้อหาของเว็บไซต์ | | | | | |
| 2.1 การจัดหมวดหมู่ของเนื้อหา | (5)25% | (12)60% | (3)15% | - | - |
| 2.2 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา | (9)45% | (10)50% | (1)5% | - | - |
| 2.3 ใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ชัดเจน | (14)70% | (5)25% | (1)5% | - | - |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ความพึงพอใจของผู้ใช้ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|--|------------------|---------|---------|-------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 3.ด้านการเข้าถึงข้อมูล เช่น ลิงค์ต่าง ๆ | | | | | |
| 3.1 ประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงเอกสาร(link) | (10)50% | (9)45% | (1)5% | - | - |
| 3.2 ความสะดวกในการใช้งาน website | (5)25% | (13)65% | (2)10% | - | - |
| 4.ด้านการใช้งานโปรแกรม | | | | | |
| 4.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้ | (5)25% | (13)65% | (2)10% | - | - |
| 4.2 ความง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม | (5)25% | (13)65% | (2)10% | - | - |
| 4.3 โปรแกรมมีความรวดเร็วในการประมวลผล | (4)20% | (14)70% | (2)10% | - | - |
| 4.4 ประหยัดเวลาในการคิดคำนวณ | (9)45% | (10)50% | (1)5% | - | - |
| 4.5 โปรแกรมมีความแปลกใหม่และน่าสนใจ | (10)50% | (6)30% | (4)20% | - | - |
| 4.6 รูปลักษณ์ของโปรแกรมเหมาะสมกับการใช้งาน | (10)50% | (6)30% | (3)15% | (1)5% | - |
| 5.ด้านความพึงพอใจโดยรวม | (5)25% | (14)70% | (1)5% | - | - |

สามารถสรุปได้ว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจโดยรวมในระดับมาก ในเกือบทุกหัวข้อกล่าวคือ ในด้านรูปลักษณ์ของเว็บไซต์ ส่วนใหญ่ของผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก ในด้านเนื้อหาของเว็บไซต์ ส่วนใหญ่ของผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก ในด้านการเข้าถึงข้อมูล ส่วนใหญ่ของผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมาก และในด้านการใช้งานโปรแกรม ส่วนใหญ่ของผู้ใช้มีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดและมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการที่ได้จัดทำโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบพรีดีแมนและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังขอบเขตที่ได้กำหนดไว้ นั้น จะเห็นว่า โปรแกรมนี้ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในทดสอบสมมติฐานและการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ซึ่งการใช้งานก็เป็นไปได้ง่าย และใช้เวลาศึกษาโปรแกรมไม่มาก เนื่องจากได้ออกแบบโปรแกรมเป็นขั้นตอน แต่อาจจะมีปัญหาบางจุด ที่สร้างความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากระยะเวลาในการศึกษาและการพัฒนา มีอยู่อย่างจำกัด ทำให้งานที่พัฒนาต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับเวลาดังที่กำหนดขอบเขตไว้ในบทที่ 1 นอกจากนี้ผู้จัดทำยังได้สร้างเว็บไซต์ที่รวบรวมความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาโดยผู้จัดทำได้เสนอเนื้อหา วิธีการ ตลอดจนตัวอย่าง และคู่มือการใช้งาน ให้ผู้ใช้งานได้ทำความเข้าใจด้วยตัวเอง

จากการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้พบว่าส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากทั้งด้านรูปลักษณะของเว็บไซต์ เนื้อหาของเว็บไซต์ และการเข้าถึงข้อมูลเช่น ลิงค์ต่าง ๆ มีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านการใช้งานโปรแกรม และมีความพึงพอใจมากด้านความพึงพอใจรวม

5.2 ข้อเสนอแนะ

ถึงแม้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นี้มีจุดเด่นอยู่หลายประการ แต่อย่างไรก็ตามคณะผู้จัดทำคาดว่า โปรแกรมที่สร้างขึ้นมานี้ยังอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ไม่ครบถ้วนทุกความต้องการ จึงขอเสนอแนะไว้ในกรณีที่มีผู้สนใจ ต้องการปรับปรุงพัฒนาโปรแกรม และนำโปรแกรมไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่านี้ ดังนี้

1. ในการสรุปผลยังไม่สามารถนำค่า p-value มาสรุปผลได้ยังต้องใช้ค่าจากตาราง มาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณ
2. สามารถนำไปพัฒนาโดยการเน้นการนำเสนอที่น่าสนใจมากขึ้น เช่น มีภาพเคลื่อนไหวหรือเสียงประกอบ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- อมรรัตน์ แมกไม้.2550.สถิติไม่อิงพารามิเตอร์ จัดพิมพ์ตามโครงการตำราวิชาการราชภัฏเฉลิมพระเกียรติ เนื่องในวโรกาสพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี.กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- วิสาข์ เกษประทุม. 2545. สถิตินอนพาราเมตริก. กรุงเทพฯ: เรื่องแสงการพิมพ์.
- สุวิมล ติกานันท์ . 2553 . สถิตินันพาราเมตริก . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุมาพร จันทศร .2542 . สถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ . กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
- มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ.2553. ระเบียบวิธีวิจัย . โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วรางคณา กิมปาน . 2556 . เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์(Software Engineering):โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุดา เขียวมนตรี .2556 . คู่มือเรียนเขียนโปรแกรมภาษา Java ฉบับสมบูรณ์ (2nd Edition).พิมพ์ครั้งที่ 1 .นนทบุรี :ไอดีซีพีริเมียร์.
- วีระศักดิ์ ชิงถาวร . 2549.Java Programming Volume I (JavaSE 5.0):กรุงเทพฯ:ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- Myles Hollander .1999. “Nonparametric Statistical Method” 4th ed. John wiley& Son.
- Peter Sprent and Nigel C . 2006 “Applied nonparametric Statistical method”4th ed .Chapman&Hall/CRC
- Lehmann,E.L.1975. Nonparametric:Statistical Methods Based on Rank. SanFrancisco :Holden Day,Inc.
- James J ,Higgins.2004. Introduction to Modern Nonparametric Statistics .Thomson Brook/Cole.
- Sprent and Smeeton .2007 . “Applied Nonparametric Statistical Methods”4th ed . chopman&Hall/ERC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

โปรแกรมคำนวณการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบ

เชิงซ้อนของฟรีดแมน

(Friedman's Statistic Calculated Program)



โดย นางสาวญาสุมินต์ หน่อหล้า

นางสาวลัดดาวลัย พึ่งสม

นายวรัตต์ จันทร์คคะ

นางสาวสมพร เพชตะกร

สาขาวิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แนะนำโปรแกรม

โปรแกรม Friedman's Statistic Calculated เป็นโปรแกรมที่จัดทำขึ้น เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบเชิงซ้อนของฟริดแมน โดยแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อหลักๆ ดังนี้

1. การทดสอบสมมติฐาน

ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ

-กรณี เกิด Ties

-กรณี ไม่เกิด Ties

2. การเปรียบเทียบเชิงซ้อน

มีทั้งหมด 2 วิธีคือ

-เปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้

ซึ่งสามารถให้ผลสรุปได้ว่าทริทเมนต์ใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน

-เปรียบเทียบทริทเมนต์กับกลุ่มควบคุม

สามารถให้ผลสรุปได้ว่ากลุ่มควบคุมให้ประสิทธิภาพสูงกว่าหรือด้อยกว่าทริทเมนต์อื่น ๆ

โปรแกรมนี้ถูกจัดทำขึ้นโดยใช้ภาษาไทยในการสื่อสารกับผู้ใช้ รวมทั้งหน้าจอส่วนที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้ที่เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อที่จะให้ผู้ใช้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการใช้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรม

2. การติดตั้งโปรแกรมคำนวณการทดสอบสมมติฐานและเปรียบเทียบเชิงซ้อนของฟรีแมน

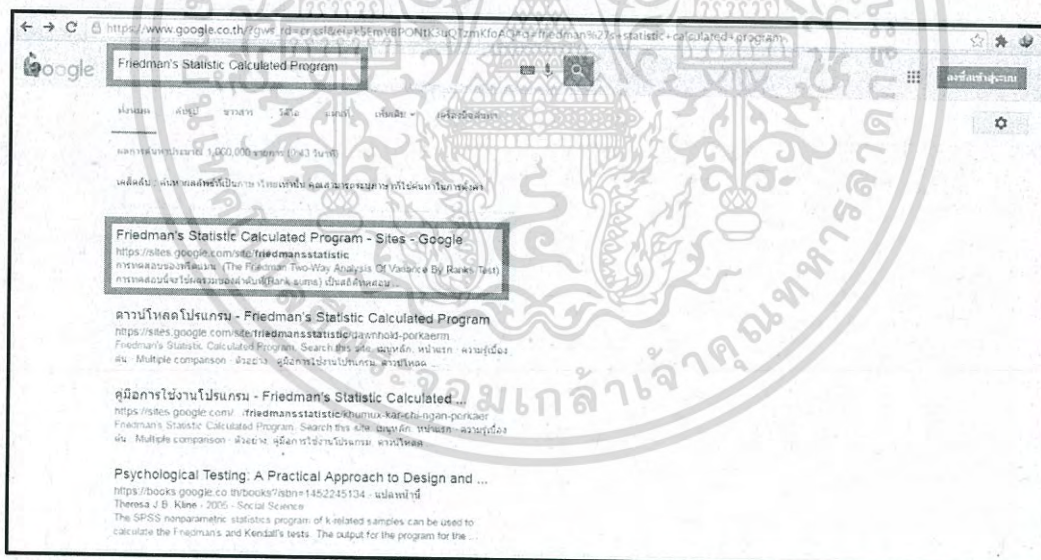
ระบบที่ต้องการ

- ระบบปฏิบัติการ Windows 7/8/8.1/10
- พื้นที่ว่างที่เหลือนบน Hard Disk อย่างน้อย 673 MB ขึ้นไป
- ผู้ใช้ทำการติดตั้งโปรแกรม Java Runtime Environment (JRE) version 1.0.0 ขึ้นไป

รูปที่ 3 แสดงไฟล์หลังจากเปิดไฟล์ Friedman's Statistic Calculated Program.rar



การติดตั้ง

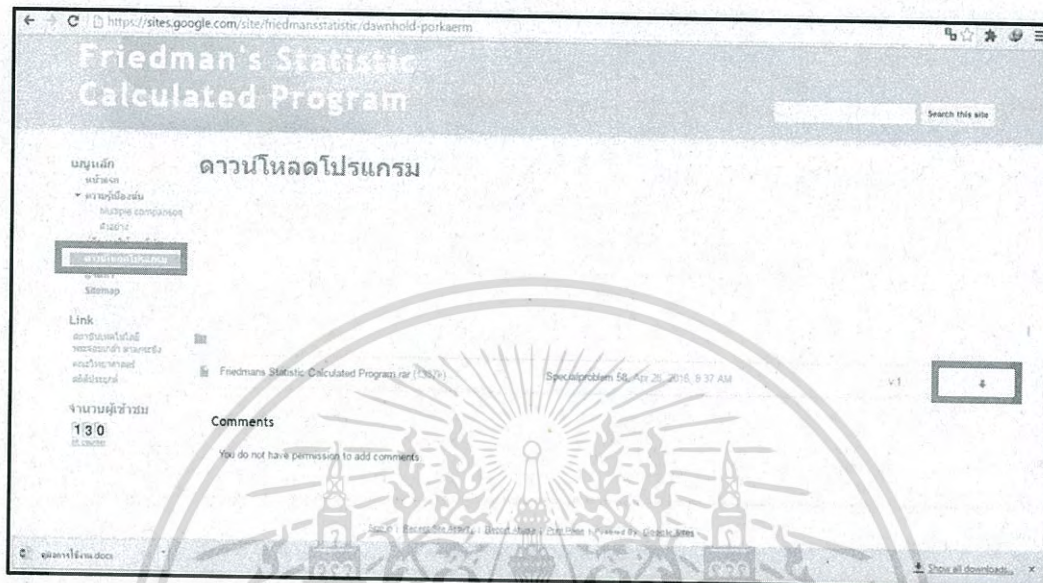
ดาวน์โหลดโปรแกรมจากเว็บไซต์ โดยค้นหาจาก www.google.co.th พิมพ์ข้อความ Friedman's Statistic Calculated Program จะปรากฏเว็บไซต์ <https://sites.google.com/site/friedmansstatistic> ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงหน้าต่างการค้นหาโปรแกรมด้วย เว็บไซต์ www.google.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

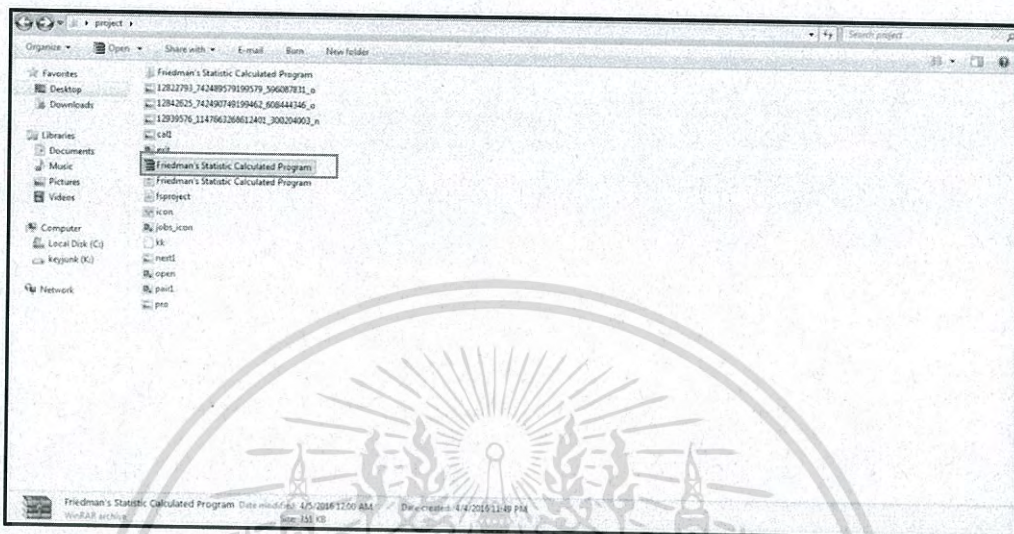
หลังจากนั้นเลือกดาวน์โหลดโปรแกรมจากแถมเมนู  คลิกที่ปุ่ม  เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการติดตั้งตัวโปรแกรมสู่ Hard Disk

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

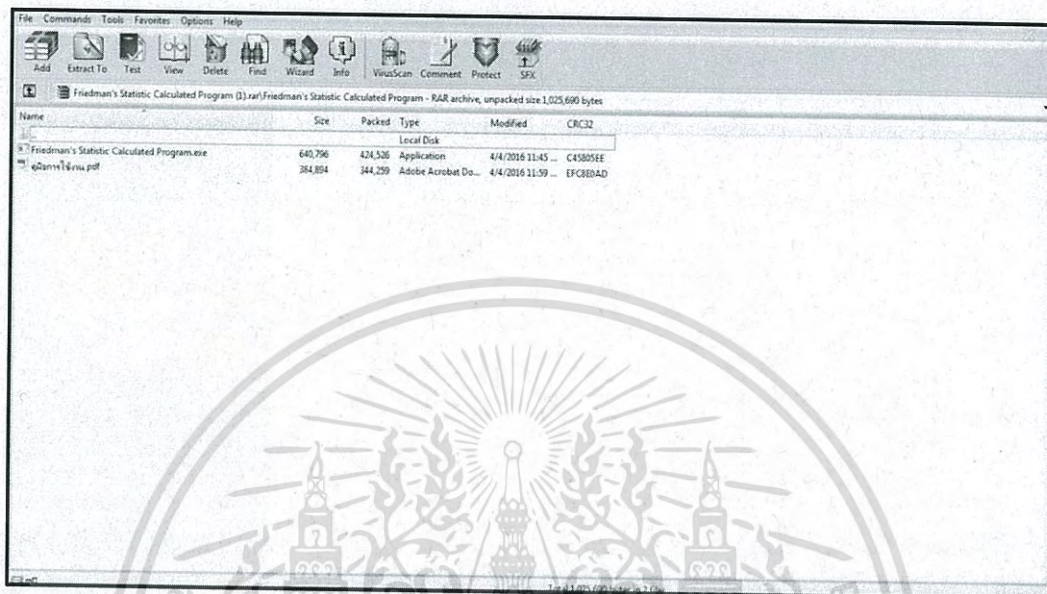
เมื่อดาวน์โหลดโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะปรากฏไฟล์ Friedman's Statistic Calculated Program.rar ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงไฟล์ที่ได้จากการดาวน์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดับเบิลคลิกที่ไฟล์โปรแกรมจะปรากฏ ดังรูปที่ 4 ซึ่งประกอบไปด้วย โปรแกรมและคู่มือการใช้งาน

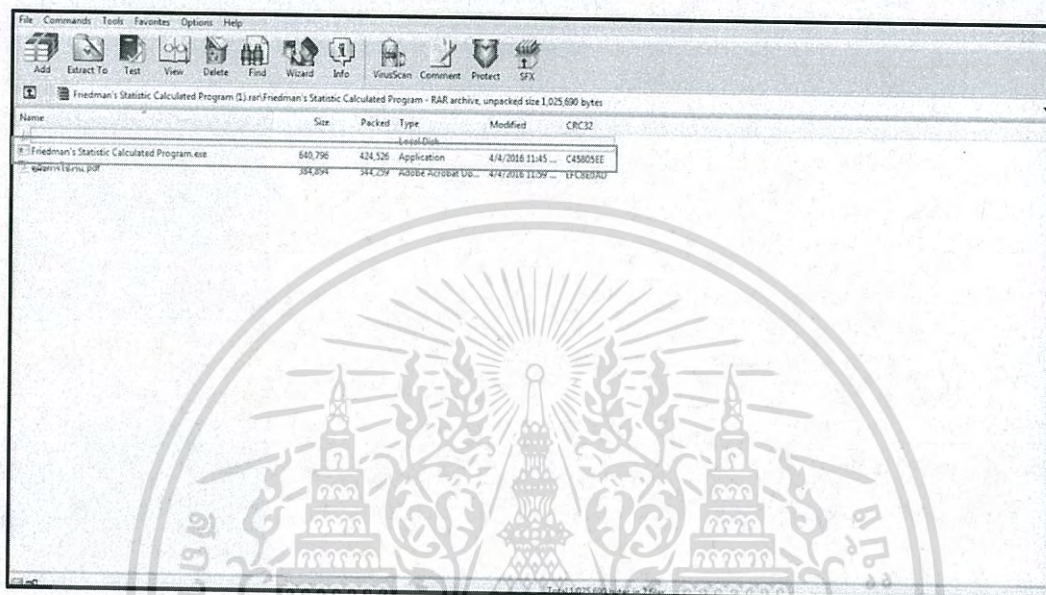


รูปที่ 4 แสดงไฟล์หลังจากเปิดไฟล์ Friedman's Statistic Calculated Program.rar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเรียกใช้งานโปรแกรม

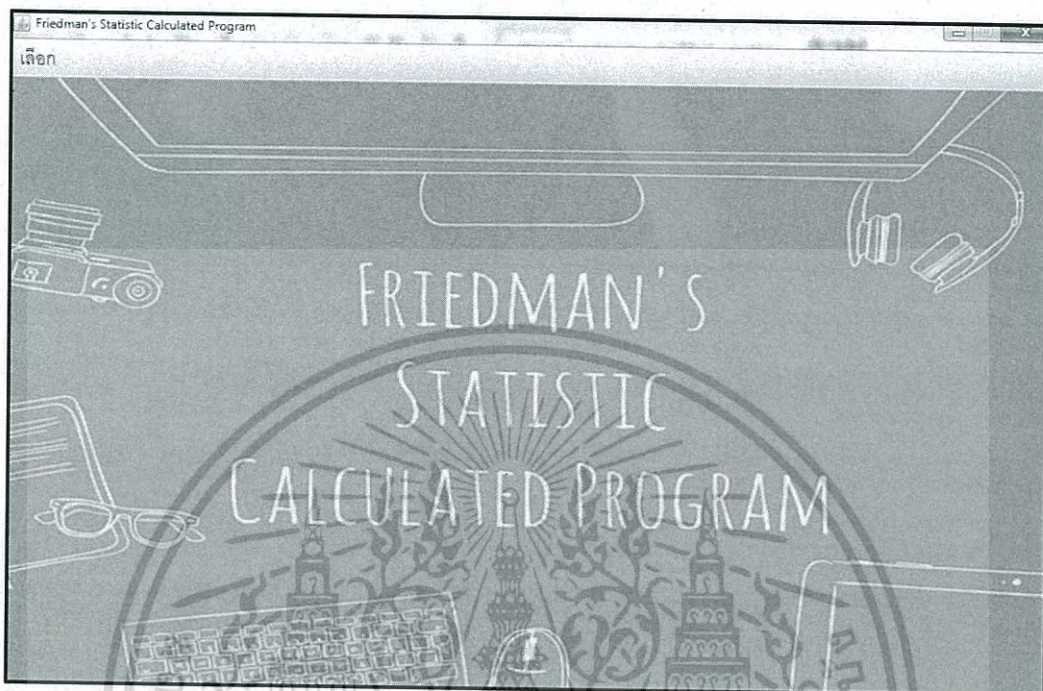
ให้เลือกไฟล์โปรแกรมที่เราเก็บไว้ หลังจากนั้นดับเบิลคลิกหรือคลิกขวาเลือก open ที่ไฟล์โปรแกรมเพื่อเปิดโปรแกรมทำงานดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเรียกใช้งานโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

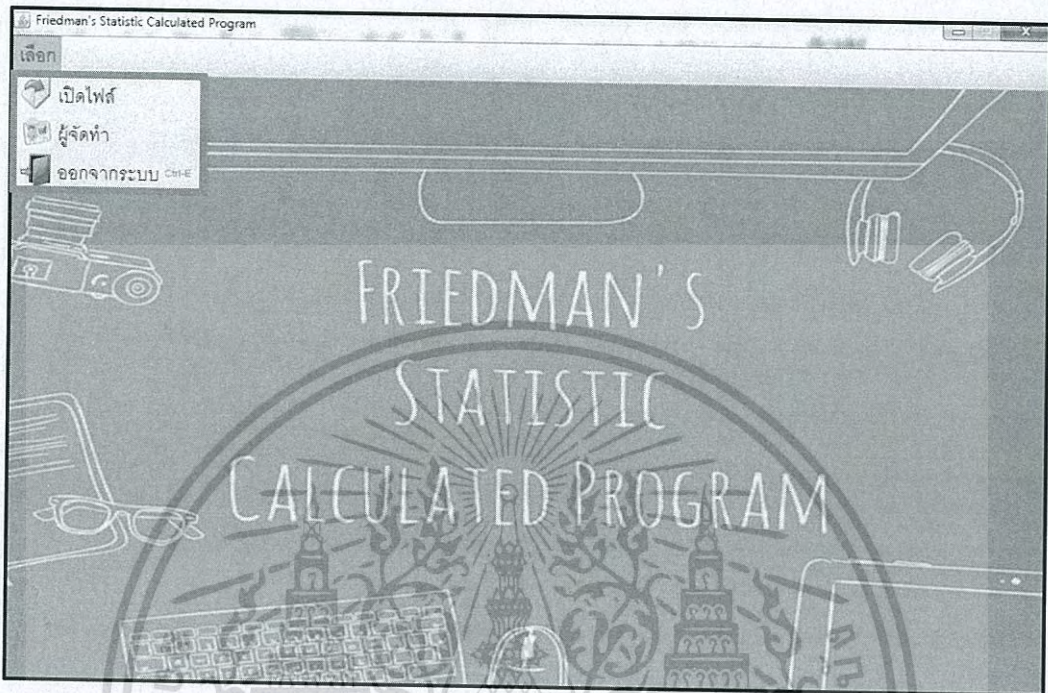
จะปรากฏหน้าต่างหลักของโปรแกรมที่พร้อมใช้งาน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงโปรแกรม Friedman's Statistic Calculated




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนประกอบของโปรแกรม



รูปที่ 7 แสดงส่วนของเมนูของโปรแกรม

เมนูเลือก เป็นเมนูที่ประกอบด้วยคำสั่งต่างๆ ดังนี้

- | | | |
|---|----------------------------------|-------------------------------------|
|  | เปิดไฟล์ | เปิดไฟล์ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ผล |
|  | ผู้จัดทำ | รายชื่อคณะผู้จัดทำ |
|  | ออกจากระบบ <small>Ctrl+E</small> | ออกจากโปรแกรมที่ทำงานอยู่ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การใช้งานโปรแกรม


5.1 การเตรียมไฟล์

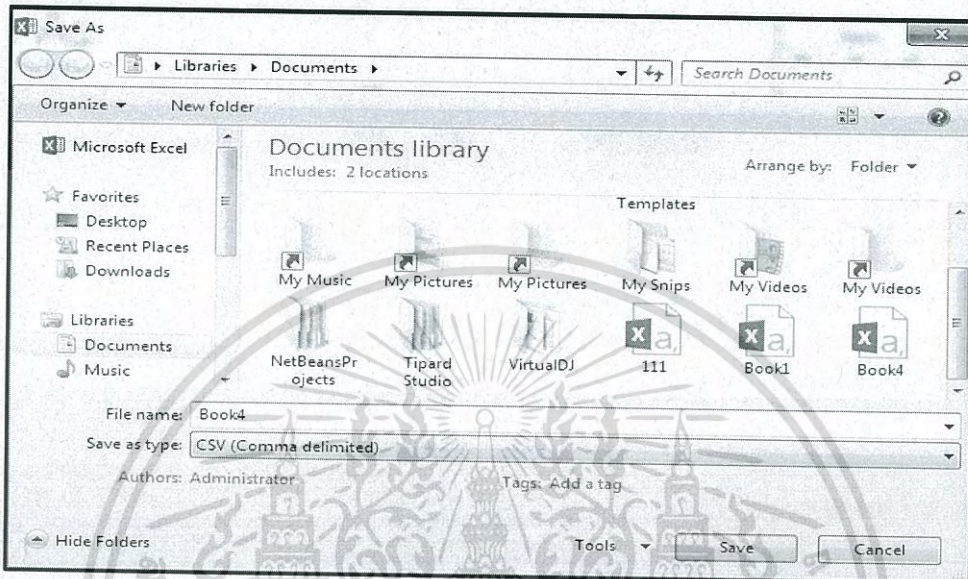
นำข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ใส่ในโปรแกรม Excel ดังรูปที่ 8

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | | | | | |
| 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | | | | | |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | | | | | |
| 5 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | | | | | |
| 6 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | | | | | |
| 7 | 2 | 1 | 4 | 3 | 3 | | | | | |
| 8 | 2 | 3 | 4 | 1 | 1 | | | | | |
| 9 | 2 | 3 | 1 | 4 | 4 | | | | | |
| 10 | 2 | 4 | 3 | 1 | 1 | | | | | |
| 11 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | | | | | |
| 12 | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | | | | | |
| 13 | 1 | 4 | 3 | 2 | 2 | | | | | |
| 14 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | | | |
| 15 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | | | | | |
| 16 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | | | | | |

รูปที่ 8 ใส่ข้อมูลในโปรแกรม Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการบันทึกข้อมูลให้บันทึกเป็น File CSV (Comma delimited) ในช่อง Save as type และใส่ชื่อ File ในช่อง File name หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลโดย คลิกปุ่ม  ดังรูปที่ 9

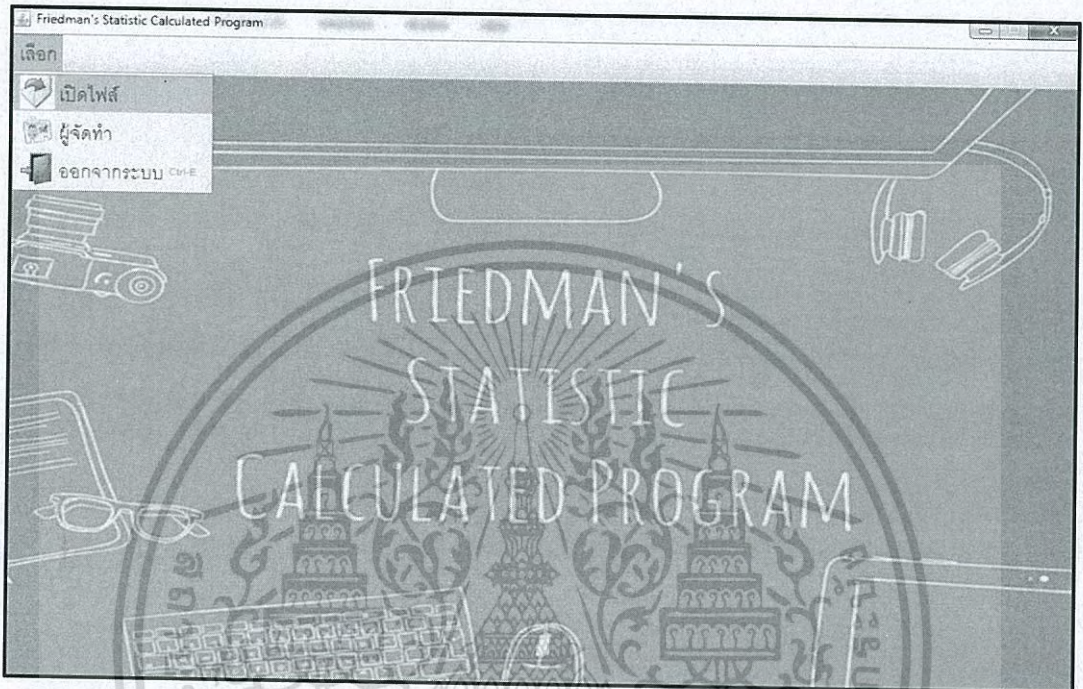


รูปที่ 9 แสดงหน้าต่างการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การนำข้อมูลมาคำนวณ

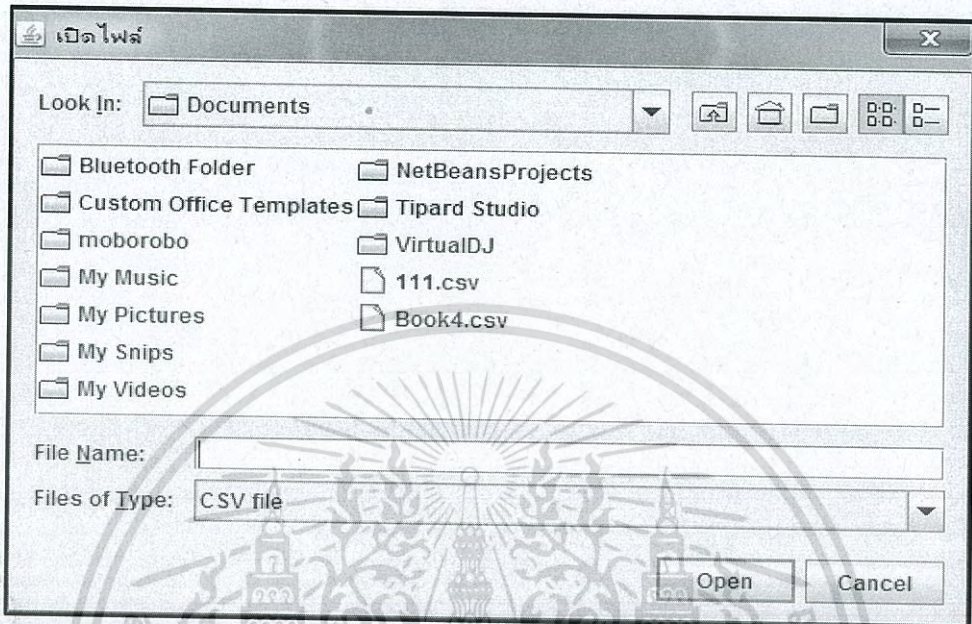
เลือก File ข้อมูลที่ต้องการจะเปิดโดยการเลือกคำสั่งเปิดไฟล์ที่มีอยู่ในเมนูเลือก ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงการเลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 เปิดไฟล์ข้อมูล

โปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการเปิดไฟล์ข้อมูลใด ดังนี้

- ☞ เลือกชนิดของ File ข้อมูลเป็น File CSV
- ☞ พิมพ์ชื่อของแฟ้มข้อมูลที่ต้องการเปิดในช่อง File name
- ☞ คลิก Open เพื่อทำการเปิดแฟ้มข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏตารางข้อมูลที่ต้องการคำนวณ ดังรูปที่ 12

Friedman's Statistic Calculated Program

| | ทริทเมนต์ที่1 | ทริทเมนต์ที่2 | ทริทเมนต์ที่3 |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| บล็อดที่ 1 | 1 | 3 | 2 |
| บล็อดที่ 2 | 2 | 3 | 1 |
| บล็อดที่ 3 | 2 | 3 | 1 |
| บล็อดที่ 4 | 3 | 2 | 1 |
| บล็อดที่ 5 | 3 | 2 | 1 |
| บล็อดที่ 6 | 2 5 | 2 5 | 1 |
| บล็อดที่ 7 | 3 | 2 | 1 |
| บล็อดที่ 8 | 2 | 3 | 1 |
| บล็อดที่ 9 | 2 | 3 | 1 |
| บล็อดที่ 10 | 3 | 2 | 1 |
| บล็อดที่ 11 | 2 | 3 | 1 |
| บล็อดที่ 12 | 3 | 2 | 1 |
| บล็อดที่ 13 | 1 | 2 | 3 |
| บล็อดที่ 14 | 3 | 1 | 2 |

← BACK NEXT →

รูปที่ 12 แสดงตารางข้อมูล

โดยตารางข้อมูลประกอบด้วย

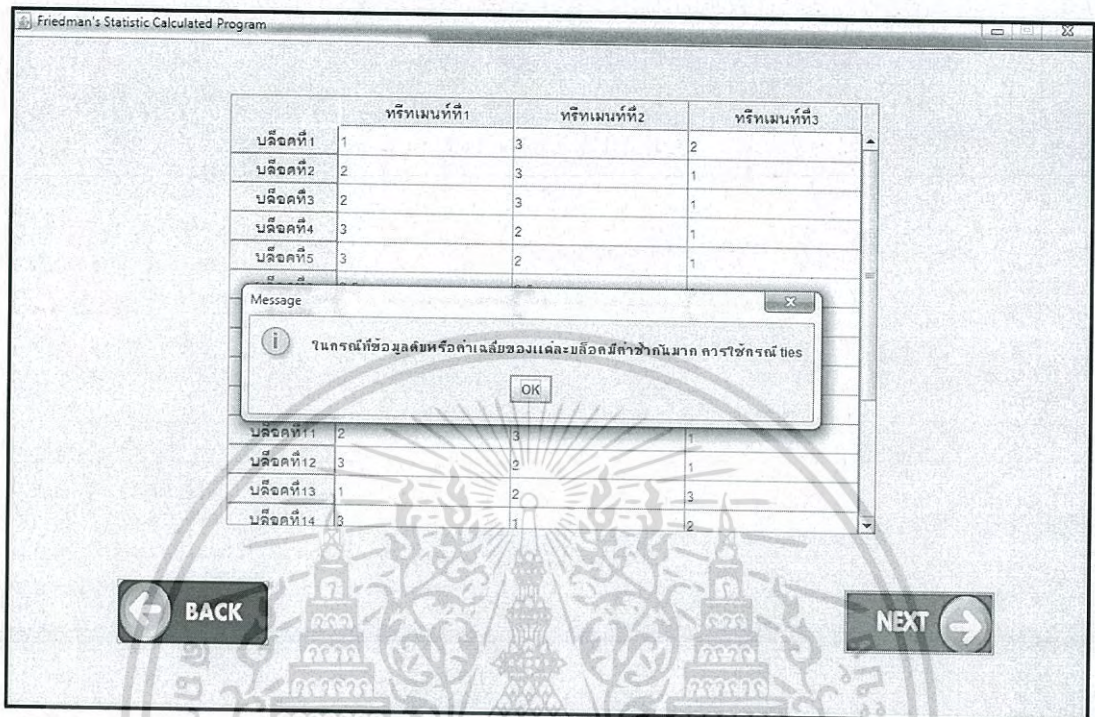
คอลัมน์ คือ ทริทเมนต์

แถว คือ บล็อด

หลังจากนั้นคลิกปุ่ม  เมื่อต้องการวิเคราะห์ข้อมูล

และหากต้องการเปลี่ยน File ข้อมูล ให้คลิกที่ปุ่ม  เพื่อกลับไปยังหน้าหลักของโปรแกรม

หลังจากคลิกปุ่ม **NEXT** จะปรากฏหน้าต่าง แสดงกล่องข้อความดังรูปที่ 13

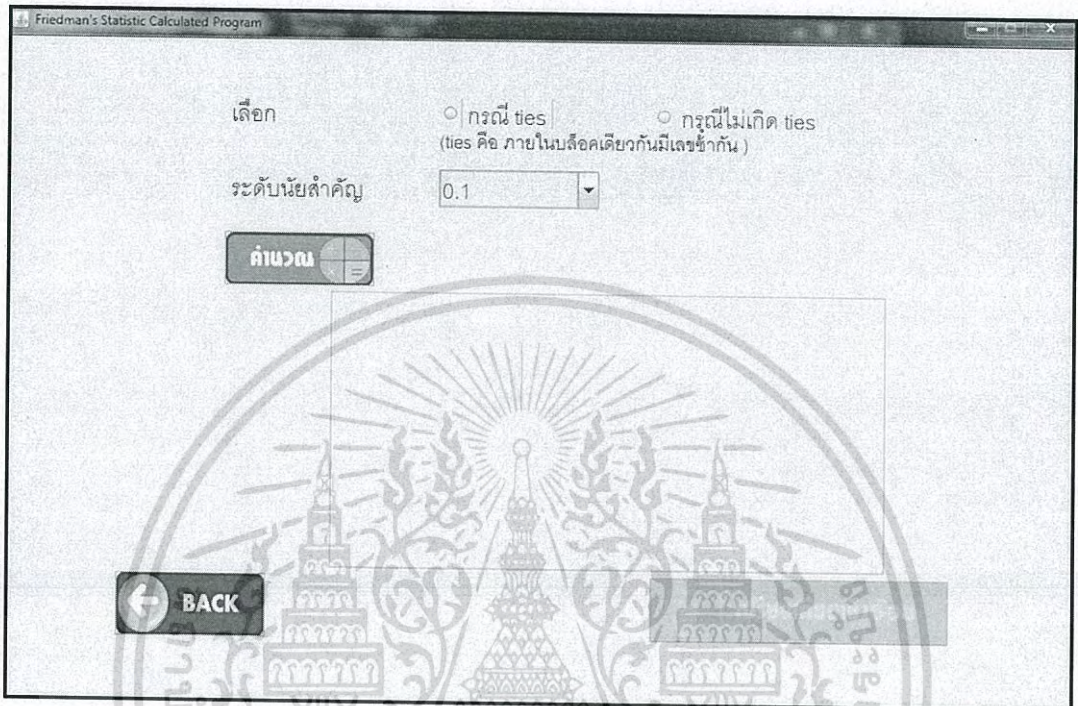


รูปที่ 13 แสดงหน้าจอเพื่อให้ผู้ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูลเป็นกรณี ties หรือไม่

จากนั้นคลิกปุ่ม **OK** เมื่อต้องการคำนวณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากคลิกปุ่ม จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 แสดงหน้าต่างการคำนวณข้อมูล

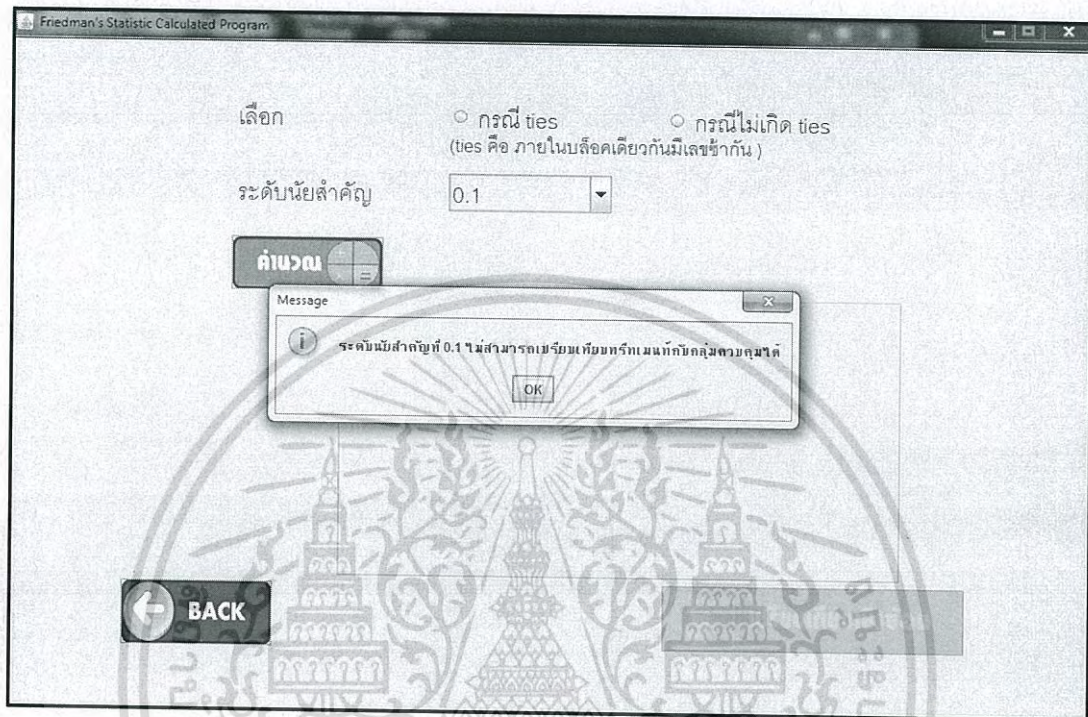
การทดสอบสมมติฐานได้

- ☞ ให้ผู้ใช้ คลิก เลือกประเภทข้อมูล ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณี คือ
 - กรณี เกิด ties
 - กรณี ไม่เกิด ties

โดยเลือกเพียง 1 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

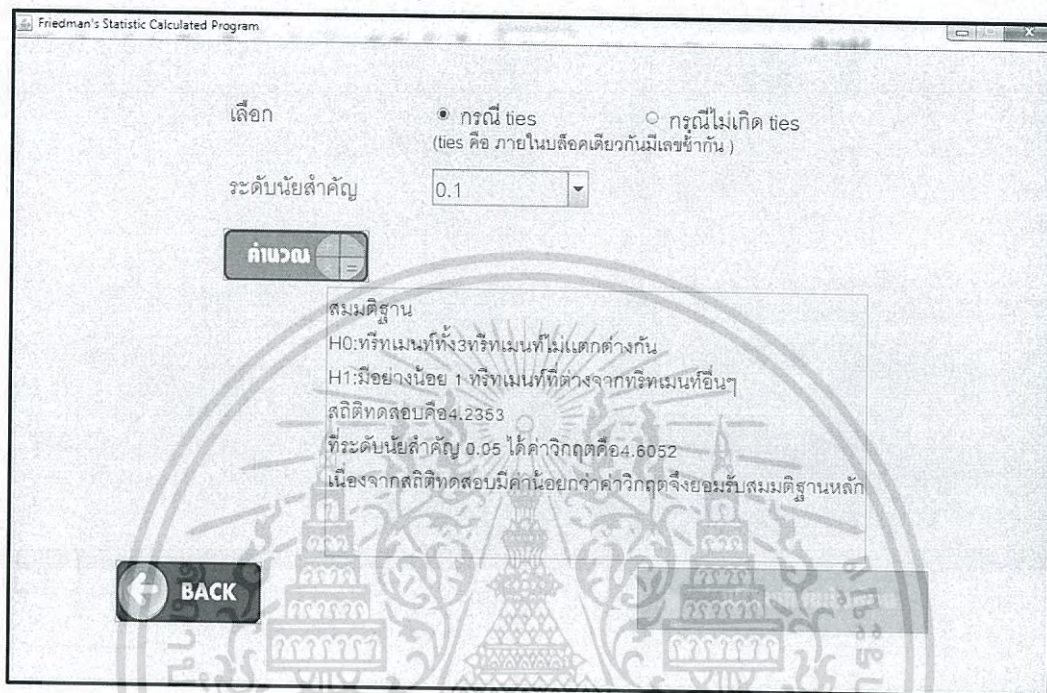
เลือกระดับนัยสำคัญซึ่งมีทั้งหมด 3 ตัวเลือก คือ 0.01, 0.05 และ 0.1 หากผู้ใช้เลือกระดับนัยสำคัญ 0.1 จะปรากฏข้อความดังรูป 15



รูปที่ 15 หน้าจอแสดงข้อความเพื่อบอกผู้ใช้งานว่า ในกรณีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน วิธีการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมนั้น ไม่สามารถใช้ระดับนัยสำคัญ 0.1 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

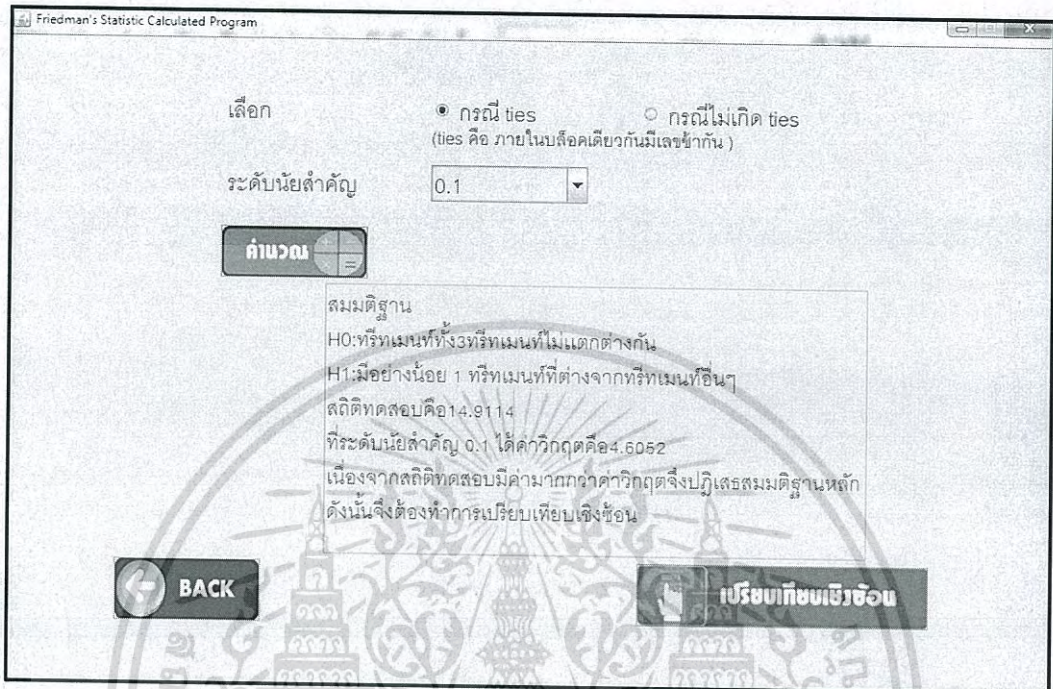
☞ หลังจากนั้น คลิกปุ่ม **คำนวณ** เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว จะปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบฟรีดแมน ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูล ในกรณียอมรับสมมติฐานหลัก
จากรูปเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในกรณียอมรับสมมติฐานหลัก ดังนั้นจึงไม่ต้องทำการเปรียบเทียบ
เชิงซ้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีปฏิเสธสมมติฐานหลักจะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูล ในกรณีปฏิเสธสมมติฐานหลัก

เนื่องจาก ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งหมายความว่า ทริทเมนต์ k ทริทเมนต์นั้นอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน หากต้องการทราบต่อไปว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน ดังนี้

คลิก ปุ่ม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 แสดงหน้าต่างการเปรียบเทียบใน 2 กรณี

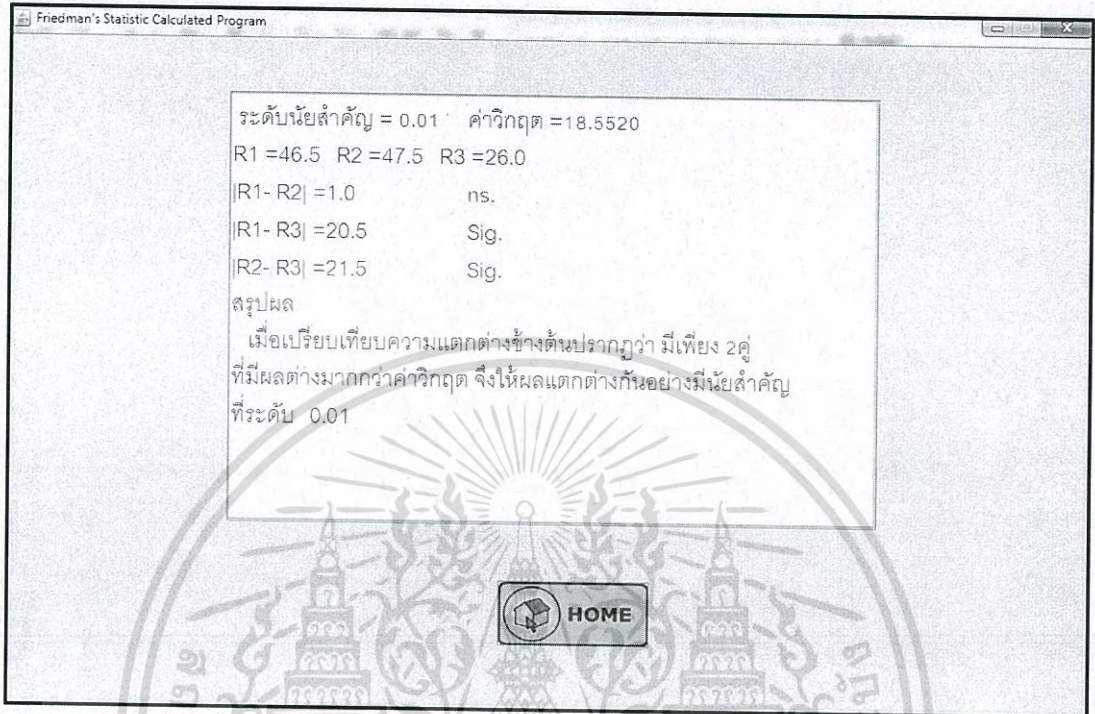
☞ โดยให้ผู้ใช้ คลิก ปุ่ม



เมื่อต้องการทดสอบว่าทริทเมนต์ใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

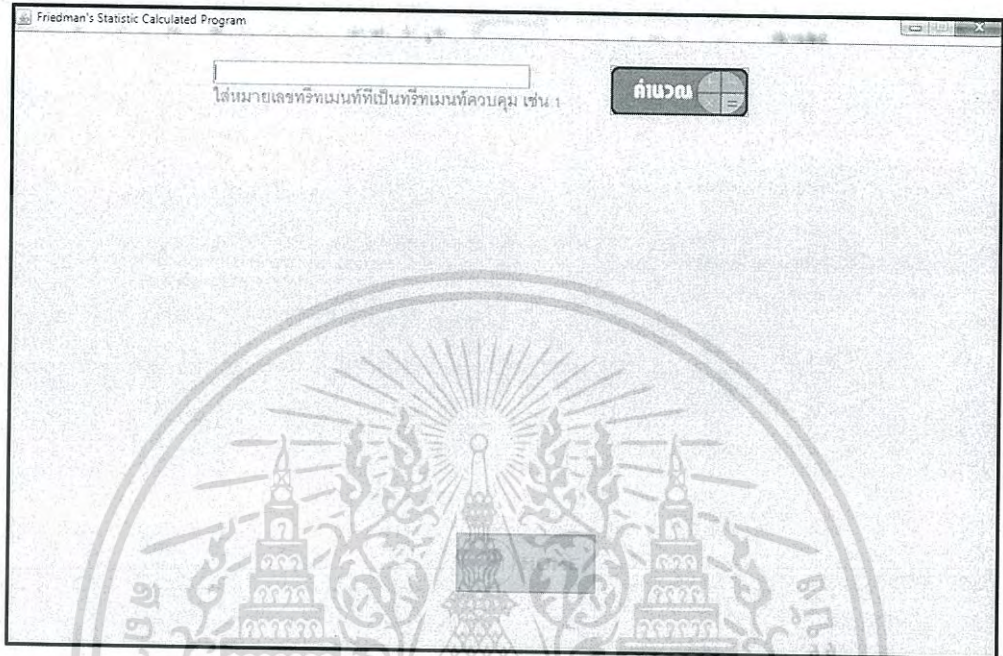
จะปรากฏผลหน้าต่างดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลของการเปรียบเทียบทุกคู่ที่เป็นไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลิก ปุ่ม  เมื่อต้องการทราบว่าทริทเมนต์อื่นกับทริทเมนต์ควบคุมแตกต่างกันหรือไม่ จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 แสดงหน้าต่างการใส่ทริทเมนต์ควบคุมในช่องที่กำหนด

จากรูปด้านบน ให้ผู้ใช้ใส่หมายเลขทริทเมนต์ที่เป็นทริทเมนต์ควบคุม เช่น 1 ในช่องที่กำหนด

คลิกปุ่ม 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลว่ากลุ่มควบคุมให้ประสิทธิภาพสูงกว่าหรือด้อยกว่าทรีทเมนต์อื่นๆ ดังรูปที่ 21

Friedman's Statistic Calculated Program

ใส่หมายเลขทรีทเมนต์ที่เป็นทรีทเมนต์ที่ควบคุม เช่น 1 คำนวณ

ระดับนัยสำคัญ = 0.01 ค่าวิกฤต = 17.6455

$R_1 = 46.5$ $R_2 = 47.5$ $R_3 = 26.0$

$|R_1 - R_2| = 1.0$ ns.

$|R_1 - R_3| = 20.5$ Sig.

สรุปผล

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างข้างต้นปรากฏว่า มีเพียง 1 คู่ที่มีผลต่างมากกว่าค่าวิกฤต จึงให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

HOME

รูปที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลของการเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

คลิก ปุ่ม HOME เมื่อต้องการกลับไปยังหน้าหลักของโปรแกรม

หมายเหตุ: ในกรณีระดับนัยสำคัญ 0.1 ไม่สามารถเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรื่อง ความพึงพอใจของนักศึกษาชั้นปี 4 ปีการศึกษา 2558 สาขาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ต่อโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบ
แบบฟรีดแมน และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาปัญหาพิเศษ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ
ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยแบบสอบถาม
ชุดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปปรับปรุงโปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรีดแมน และการเปรียบเทียบ
เชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้ได้สะดวกและง่ายต่อความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงขอความร่วมมือ
นักศึกษาโปรดตอบแบบสอบถามตามความเป็นจริงหรือตามความคิดเห็นของนักศึกษา และกรุณาให้
คำตอบครบทุกข้อ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาทุกคน ที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย
ครั้งนี้เป็นอย่างดี

นางสาวญาสุมินต์ หน่อหล้า

นางสาวลัดดาวลัย ฟุ้งสม

นายวรัทธ์ จันทรคคะ

นางสาวสมพร เพชตะกร

นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาสถิติ ต่อโปรแกรมคำนวณสถิติ
ทดสอบแบบฟรืดแมน และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์

คำชี้แจง ให้นักศึกษาประเมินความพึงพอใจในแต่ละข้อจากการใช้โปรแกรมคำนวณสถิติทดสอบแบบฟรืดแมน และการเปรียบเทียบเชิงซ้อนผ่านเว็บไซต์ในกรณีต่างๆ แล้วทำเครื่องหมาย หน้าข้อความที่ตรงกับความพึงพอใจมากที่สุดเพียงข้อเดียว

| ความพึงพอใจของผู้ใช้ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|--|------------------|-----|---------|------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 1. ด้านภาพรวมของเว็บไซต์ | | | | | |
| 1.1 ความเหมาะสมของหน้าเว็บไซต์ | | | | | |
| 1.3 ความเหมาะสมของขนาดและรูปแบบของตัวอักษรที่ใช้ | | | | | |
| 1.3 ความน่าสนใจภายในเว็บไซต์ | | | | | |
| 1.4 ความสะดวกในการใช้งาน | | | | | |
| 1.5 การจัดวางส่วนประกอบของหน้าจอช่วยให้ อ่านง่ายและสบายตา | | | | | |
| 2. ด้านเนื้อหาของเว็บไซต์ | | | | | |
| 2.1 การจัดหมวดหมู่ของเนื้อหา | | | | | |
| 2.4 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา | | | | | |
| 2.5 ใช้ภาษาที่สื่อความหมายได้ชัดเจน | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ความพึงพอใจของผู้ใช้ | ระดับความพึงพอใจ | | | | |
|--|------------------|-----|---------|------|------------|
| | มากที่สุด | มาก | ปานกลาง | น้อย | น้อยที่สุด |
| 3.ด้านการเข้าถึงข้อมูล เช่น ลิงค์ต่าง ๆ | | | | | |
| 3.1 ประสิทธิภาพในการเชื่อมโยงเอกสาร(link) | | | | | |
| 3.2 ความสะดวกในการใช้งาน website | | | | | |
| 4.ด้านการใช้งานโปรแกรม | | | | | |
| 4.1 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรที่ใช้ | | | | | |
| 4.2 ความง่ายต่อการใช้งานโปรแกรม | | | | | |
| 4.3 โปรแกรมมีความรวดเร็วในการประมวลผล | | | | | |
| 4.4 ประหยัดเวลาในการคิดคำนวณ | | | | | |
| 4.5 โปรแกรมมีความแปลกใหม่และน่าสนใจ | | | | | |
| 4.6 รูปลักษณ์ของโปรแกรมเหมาะสมกับการใช้งาน | | | | | |
| 5.ด้านความพึงพอใจโดยรวม | | | | | |

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

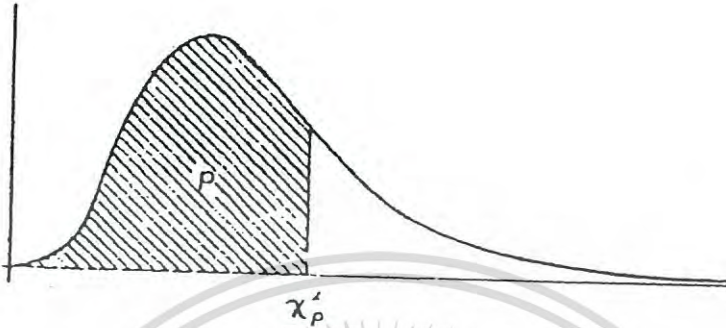
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 7. Percentiles of the Chi-Square Distribution



| Degrees of freedom | $\chi^2_{.995}$ | $\chi^2_{.99}$ | $\chi^2_{.975}$ | $\chi^2_{.95}$ | $\chi^2_{.90}$ | $\chi^2_{.80}$ | $\chi^2_{.70}$ | $\chi^2_{.60}$ | $\chi^2_{.50}$ | $\chi^2_{.40}$ | $\chi^2_{.30}$ | $\chi^2_{.20}$ | $\chi^2_{.10}$ | $\chi^2_{.05}$ | $\chi^2_{.025}$ | $\chi^2_{.01}$ | $\chi^2_{.005}$ |
|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1 | .000 | .000 | .001 | .004 | .016 | .064 | .148 | .455 | 1.07 | 1.64 | 2.71 | 3.84 | 5.02 | 6.63 | 7.88 | | |
| 2 | .010 | .020 | .051 | .103 | .211 | .446 | .713 | 1.39 | 2.41 | 3.22 | 4.61 | 5.99 | 7.38 | 9.21 | 10.6 | | |
| 3 | .072 | .115 | .216 | .352 | .584 | 1.00 | 1.42 | 2.37 | 3.66 | 4.64 | 6.25 | 7.81 | 9.35 | 11.3 | 12.8 | | |
| 4 | .207 | .297 | .484 | .711 | 1.06 | 1.65 | 2.20 | 3.36 | 4.88 | 5.99 | 7.78 | 9.49 | 11.1 | 13.3 | 14.9 | | |
| 5 | .412 | .554 | .831 | 1.15 | 1.61 | 2.34 | 3.00 | 4.35 | 6.06 | 7.29 | 9.24 | 11.1 | 12.8 | 15.1 | 16.7 | | |
| 6 | .676 | .872 | 1.24 | 1.64 | 2.20 | 3.07 | 3.83 | 5.35 | 7.23 | 8.56 | 10.6 | 12.6 | 14.4 | 16.8 | 18.5 | | |
| 7 | .989 | 1.24 | 1.69 | 2.17 | 2.83 | 3.82 | 4.67 | 6.35 | 8.38 | 9.80 | 12.0 | 14.1 | 16.0 | 18.5 | 20.3 | | |
| 8 | 1.34 | 1.65 | 2.18 | 2.73 | 3.49 | 4.59 | 5.53 | 7.34 | 9.52 | 11.0 | 13.4 | 15.5 | 17.5 | 20.1 | 22.0 | | |
| 9 | 1.73 | 2.09 | 2.70 | 3.33 | 4.17 | 5.38 | 6.39 | 8.34 | 10.7 | 12.2 | 14.7 | 16.9 | 19.0 | 21.7 | 23.6 | | |
| 10 | 2.16 | 2.56 | 3.25 | 3.94 | 4.87 | 6.18 | 7.27 | 9.34 | 11.8 | 13.4 | 16.0 | 18.3 | 20.5 | 23.2 | 25.2 | | |
| 11 | 2.60 | 3.05 | 3.82 | 4.57 | 5.58 | 6.99 | 8.15 | 10.3 | 12.9 | 14.6 | 17.3 | 19.7 | 21.9 | 24.7 | 26.8 | | |
| 12 | 3.07 | 3.57 | 4.40 | 5.23 | 6.30 | 7.81 | 9.03 | 11.3 | 14.0 | 15.8 | 18.5 | 21.0 | 23.3 | 26.2 | 28.3 | | |
| 13 | 3.57 | 4.11 | 5.01 | 5.89 | 7.04 | 8.63 | 9.93 | 12.3 | 15.1 | 17.0 | 19.8 | 22.4 | 24.7 | 27.7 | 29.8 | | |
| 14 | 4.07 | 4.66 | 5.63 | 6.57 | 7.79 | 9.47 | 10.8 | 13.3 | 16.2 | 18.2 | 21.1 | 23.7 | 26.1 | 29.1 | 31.3 | | |
| 15 | 4.60 | 5.23 | 6.26 | 7.26 | 8.55 | 10.3 | 11.7 | 14.3 | 17.3 | 19.3 | 22.3 | 25.0 | 27.5 | 30.6 | 32.8 | | |
| 16 | 5.14 | 5.81 | 6.91 | 7.96 | 9.31 | 11.2 | 12.6 | 15.3 | 18.4 | 20.5 | 23.5 | 26.3 | 28.8 | 32.0 | 34.3 | | |
| 17 | 5.70 | 6.41 | 7.56 | 8.67 | 10.1 | 12.0 | 13.5 | 16.3 | 19.5 | 21.6 | 24.8 | 27.6 | 30.2 | 33.4 | 35.7 | | |
| 18 | 6.26 | 7.01 | 8.23 | 9.39 | 10.9 | 12.9 | 14.4 | 17.3 | 20.6 | 22.8 | 26.0 | 28.9 | 31.5 | 34.8 | 37.2 | | |
| 19 | 6.83 | 7.63 | 8.91 | 10.1 | 11.7 | 13.7 | 15.4 | 18.3 | 21.7 | 23.9 | 27.2 | 30.1 | 32.9 | 36.2 | 38.6 | | |
| 20 | 7.43 | 8.26 | 9.59 | 10.9 | 12.4 | 14.6 | 16.3 | 19.3 | 22.8 | 25.0 | 28.4 | 31.4 | 34.2 | 37.6 | 40.0 | | |
| 21 | 8.03 | 8.90 | 10.3 | 11.6 | 13.2 | 15.4 | 17.2 | 20.3 | 23.9 | 26.2 | 29.6 | 32.7 | 35.5 | 38.9 | 41.4 | | |
| 22 | 8.64 | 9.54 | 11.0 | 12.3 | 14.0 | 16.3 | 18.1 | 21.3 | 24.9 | 27.3 | 30.8 | 33.9 | 36.8 | 40.3 | 42.8 | | |
| 23 | 9.26 | 10.2 | 11.7 | 13.1 | 14.8 | 17.2 | 19.0 | 22.3 | 26.0 | 28.4 | 32.0 | 35.2 | 38.1 | 41.6 | 44.2 | | |
| 24 | 9.89 | 10.9 | 12.4 | 13.8 | 15.7 | 18.1 | 19.9 | 23.3 | 27.1 | 29.6 | 33.2 | 36.4 | 39.4 | 43.0 | 45.6 | | |
| 25 | 10.5 | 11.5 | 13.1 | 14.6 | 16.5 | 18.9 | 20.9 | 24.3 | 28.2 | 30.7 | 34.4 | 37.7 | 40.6 | 44.3 | 46.9 | | |
| 26 | 11.2 | 12.2 | 13.8 | 15.4 | 17.3 | 19.8 | 21.8 | 25.3 | 29.2 | 31.8 | 35.6 | 38.9 | 41.9 | 45.6 | 48.3 | | |
| 27 | 11.8 | 12.9 | 14.6 | 16.2 | 18.1 | 20.7 | 22.7 | 26.3 | 30.3 | 32.9 | 36.7 | 40.1 | 43.2 | 47.0 | 49.6 | | |
| 28 | 12.5 | 13.6 | 15.3 | 16.9 | 18.9 | 21.6 | 23.6 | 27.3 | 31.4 | 34.0 | 37.9 | 41.3 | 44.5 | 48.3 | 51.0 | | |
| 29 | 13.1 | 14.3 | 16.0 | 17.7 | 19.8 | 22.5 | 24.6 | 28.3 | 32.5 | 35.1 | 39.1 | 42.6 | 45.7 | 49.6 | 52.3 | | |
| 30 | 13.8 | 15.0 | 16.8 | 18.5 | 20.6 | 23.4 | 25.5 | 29.3 | 33.5 | 36.2 | 40.3 | 43.8 | 47.0 | 50.9 | 53.7 | | |
| 40 | 20.7 | 22.1 | 24.4 | 26.5 | 29.0 | 32.3 | 34.9 | 39.3 | 44.2 | 47.3 | 51.8 | 55.8 | 59.3 | 63.7 | 66.8 | | |
| 50 | 28.0 | 29.7 | 32.3 | 34.8 | 37.7 | 41.3 | 44.3 | 49.3 | 54.7 | 58.2 | 63.2 | 67.5 | 71.4 | 76.2 | 79.5 | | |
| 60 | 35.5 | 37.5 | 40.5 | 43.2 | 46.5 | 50.6 | 53.8 | 59.3 | 65.2 | 69.0 | 74.4 | 79.1 | 83.3 | 88.4 | 92.0 | | |

Note: For degrees of freedom $k > 30$, use $\chi_p^2 = \frac{1}{2}(z_p + \sqrt{2k-1})^2$, where z_p is the corresponding percentile of the standard normal distribution.

This table is adapted from Table VIII of *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 1, 1954, by E. S. Pearson and H. O. Hartley, originally prepared by Catherine M. Thompson, with the kind permission of the editor of *Biometrika*.

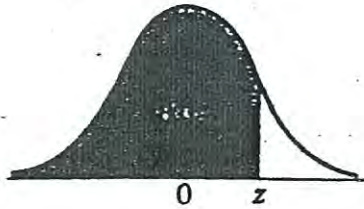


Table A.4
Areas Under the Normal Curve

| z | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| -3.4 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0002 |
| -3.3 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0003 |
| -3.2 | 0.0007 | 0.0007 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0006 | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 |
| -3.1 | 0.0010 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0008 | 0.0008 | 0.0008 | 0.0008 | 0.0007 | 0.0007 |
| -3.0 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0012 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0011 | 0.0010 | 0.0010 |
| -2.9 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0014 |
| -2.8 | 0.0026 | 0.0025 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0021 | 0.0020 | 0.0019 |
| -2.7 | 0.0035 | 0.0034 | 0.0033 | 0.0032 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0029 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0026 |
| -2.6 | 0.0047 | 0.0045 | 0.0044 | 0.0043 | 0.0041 | 0.0040 | 0.0039 | 0.0038 | 0.0037 | 0.0036 |
| -2.5 | 0.0062 | 0.0060 | 0.0059 | 0.0057 | 0.0055 | 0.0054 | 0.0052 | 0.0051 | 0.0049 | 0.0048 |
| -2.4 | 0.0082 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0075 | 0.0073 | 0.0071 | 0.0069 | 0.0068 | 0.0066 | 0.0064 |
| -2.3 | 0.0107 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0089 | 0.0087 | 0.0084 |
| -2.2 | 0.0139 | 0.0136 | 0.0132 | 0.0129 | 0.0125 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0116 | 0.0113 | 0.0110 |
| -2.1 | 0.0179 | 0.0174 | 0.0170 | 0.0166 | 0.0162 | 0.0158 | 0.0154 | 0.0150 | 0.0146 | 0.0143 |
| -2.0 | 0.0228 | 0.0222 | 0.0217 | 0.0212 | 0.0207 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0192 | 0.0188 | 0.0183 |
| -1.9 | 0.0287 | 0.0281 | 0.0274 | 0.0268 | 0.0262 | 0.0256 | 0.0250 | 0.0244 | 0.0239 | 0.0233 |
| -1.8 | 0.0359 | 0.0352 | 0.0344 | 0.0336 | 0.0329 | 0.0322 | 0.0314 | 0.0307 | 0.0301 | 0.0294 |
| -1.7 | 0.0446 | 0.0436 | 0.0427 | 0.0418 | 0.0409 | 0.0401 | 0.0392 | 0.0384 | 0.0375 | 0.0367 |
| -1.6 | 0.0548 | 0.0537 | 0.0526 | 0.0516 | 0.0505 | 0.0495 | 0.0485 | 0.0475 | 0.0465 | 0.0455 |
| -1.5 | 0.0668 | 0.0655 | 0.0643 | 0.0630 | 0.0618 | 0.0606 | 0.0594 | 0.0582 | 0.0571 | 0.0559 |
| -1.4 | 0.0808 | 0.0793 | 0.0778 | 0.0764 | 0.0749 | 0.0735 | 0.0722 | 0.0708 | 0.0694 | 0.0681 |
| -1.3 | 0.0968 | 0.0951 | 0.0934 | 0.0918 | 0.0901 | 0.0885 | 0.0869 | 0.0853 | 0.0838 | 0.0823 |
| -1.2 | 0.1151 | 0.1131 | 0.1112 | 0.1093 | 0.1075 | 0.1056 | 0.1038 | 0.1020 | 0.1003 | 0.0985 |
| -1.1 | 0.1357 | 0.1335 | 0.1314 | 0.1292 | 0.1271 | 0.1251 | 0.1230 | 0.1210 | 0.1190 | 0.1170 |
| -1.0 | 0.1587 | 0.1562 | 0.1539 | 0.1515 | 0.1492 | 0.1469 | 0.1446 | 0.1423 | 0.1401 | 0.1379 |
| -0.9 | 0.1841 | 0.1814 | 0.1788 | 0.1762 | 0.1736 | 0.1711 | 0.1685 | 0.1660 | 0.1635 | 0.1611 |
| -0.8 | 0.2119 | 0.2090 | 0.2061 | 0.2033 | 0.2005 | 0.1977 | 0.1949 | 0.1922 | 0.1894 | 0.1867 |
| -0.7 | 0.2420 | 0.2389 | 0.2358 | 0.2327 | 0.2296 | 0.2266 | 0.2236 | 0.2206 | 0.2177 | 0.2148 |
| -0.6 | 0.2743 | 0.2709 | 0.2676 | 0.2643 | 0.2611 | 0.2578 | 0.2546 | 0.2514 | 0.2483 | 0.2451 |
| -0.5 | 0.3085 | 0.3050 | 0.3015 | 0.2981 | 0.2946 | 0.2912 | 0.2877 | 0.2843 | 0.2810 | 0.2776 |
| -0.4 | 0.3446 | 0.3409 | 0.3372 | 0.3336 | 0.3300 | 0.3264 | 0.3228 | 0.3192 | 0.3156 | 0.3121 |
| -0.3 | 0.3821 | 0.3783 | 0.3745 | 0.3707 | 0.3669 | 0.3632 | 0.3594 | 0.3557 | 0.3520 | 0.3483 |
| -0.2 | 0.4207 | 0.4168 | 0.4129 | 0.4090 | 0.4052 | 0.4013 | 0.3974 | 0.3936 | 0.3897 | 0.3859 |
| -0.1 | 0.4602 | 0.4562 | 0.4522 | 0.4483 | 0.4443 | 0.4404 | 0.4364 | 0.4325 | 0.4286 | 0.4247 |
| -0.0 | 0.5000 | 0.4960 | 0.4920 | 0.4880 | 0.4840 | 0.4801 | 0.4761 | 0.4721 | 0.4681 | 0.4641 |
| 0.0 | 0.5000 | 0.5040 | 0.5080 | 0.5120 | 0.5160 | 0.5199 | 0.5239 | 0.5279 | 0.5319 | 0.5359 |
| 0.1 | 0.5398 | 0.5438 | 0.5478 | 0.5517 | 0.5557 | 0.5596 | 0.5636 | 0.5675 | 0.5714 | 0.5753 |
| 0.2 | 0.5793 | 0.5832 | 0.5871 | 0.5910 | 0.5948 | 0.5987 | 0.6026 | 0.6064 | 0.6103 | 0.6141 |
| 0.3 | 0.6179 | 0.6217 | 0.6255 | 0.6293 | 0.6331 | 0.6368 | 0.6406 | 0.6443 | 0.6480 | 0.6517 |
| 0.4 | 0.6554 | 0.6591 | 0.6628 | 0.6664 | 0.6700 | 0.6736 | 0.6772 | 0.6808 | 0.6844 | 0.6879 |
| 0.5 | 0.6915 | 0.6950 | 0.6985 | 0.7019 | 0.7054 | 0.7088 | 0.7123 | 0.7157 | 0.7190 | 0.7224 |
| 0.6 | 0.7257 | 0.7291 | 0.7324 | 0.7357 | 0.7389 | 0.7422 | 0.7454 | 0.7486 | 0.7517 | 0.7549 |
| 0.7 | 0.7580 | 0.7611 | 0.7642 | 0.7673 | 0.7704 | 0.7734 | 0.7764 | 0.7794 | 0.7823 | 0.7852 |
| 0.8 | 0.7881 | 0.7910 | 0.7939 | 0.7967 | 0.7995 | 0.8023 | 0.8051 | 0.8078 | 0.8106 | 0.8133 |
| 0.9 | 0.8159 | 0.8186 | 0.8212 | 0.8238 | 0.8264 | 0.8289 | 0.8315 | 0.8340 | 0.8365 | 0.8389 |
| 1.0 | 0.8413 | 0.8438 | 0.8461 | 0.8485 | 0.8508 | 0.8531 | 0.8554 | 0.8577 | 0.8599 | 0.8621 |
| 1.1 | 0.8643 | 0.8665 | 0.8686 | 0.8708 | 0.8729 | 0.8749 | 0.8770 | 0.8790 | 0.8810 | 0.8830 |
| 1.2 | 0.8849 | 0.8869 | 0.8888 | 0.8907 | 0.8925 | 0.8944 | 0.8962 | 0.8980 | 0.8997 | 0.9015 |
| 1.3 | 0.9032 | 0.9049 | 0.9066 | 0.9082 | 0.9099 | 0.9115 | 0.9131 | 0.9147 | 0.9162 | 0.9177 |
| 1.4 | 0.9192 | 0.9207 | 0.9222 | 0.9236 | 0.9251 | 0.9265 | 0.9278 | 0.9292 | 0.9306 | 0.9319 |
| 1.5 | 0.9332 | 0.9345 | 0.9357 | 0.9370 | 0.9382 | 0.9394 | 0.9406 | 0.9418 | 0.9429 | 0.9441 |
| 1.6 | 0.9452 | 0.9463 | 0.9474 | 0.9484 | 0.9495 | 0.9505 | 0.9515 | 0.9525 | 0.9535 | 0.9545 |
| 1.7 | 0.9554 | 0.9564 | 0.9573 | 0.9582 | 0.9591 | 0.9599 | 0.9608 | 0.9616 | 0.9625 | 0.9633 |
| 1.8 | 0.9641 | 0.9649 | 0.9656 | 0.9664 | 0.9671 | 0.9678 | 0.9686 | 0.9693 | 0.9699 | 0.9706 |
| 1.9 | 0.9713 | 0.9719 | 0.9726 | 0.9732 | 0.9738 | 0.9744 | 0.9750 | 0.9756 | 0.9761 | 0.9767 |
| 2.0 | 0.9772 | 0.9778 | 0.9783 | 0.9788 | 0.9793 | 0.9798 | 0.9803 | 0.9808 | 0.9812 | 0.9817 |
| 2.1 | 0.9821 | 0.9826 | 0.9830 | 0.9834 | 0.9838 | 0.9842 | 0.9846 | 0.9850 | 0.9854 | 0.9857 |
| 2.2 | 0.9861 | 0.9864 | 0.9868 | 0.9871 | 0.9875 | 0.9878 | 0.9881 | 0.9884 | 0.9887 | 0.9890 |
| 2.3 | 0.9893 | 0.9896 | 0.9898 | 0.9901 | 0.9904 | 0.9906 | 0.9909 | 0.9911 | 0.9913 | 0.9916 |
| 2.4 | 0.9918 | 0.9920 | 0.9922 | 0.9925 | 0.9927 | 0.9929 | 0.9931 | 0.9932 | 0.9934 | 0.9936 |
| 2.5 | 0.9938 | 0.9940 | 0.9941 | 0.9943 | 0.9945 | 0.9946 | 0.9948 | 0.9949 | 0.9951 | 0.9952 |
| 2.6 | 0.9953 | 0.9955 | 0.9956 | 0.9957 | 0.9959 | 0.9960 | 0.9961 | 0.9962 | 0.9963 | 0.9964 |
| 2.7 | 0.9965 | 0.9966 | 0.9967 | 0.9968 | 0.9969 | 0.9970 | 0.9971 | 0.9972 | 0.9973 | 0.9974 |
| 2.8 | 0.9974 | 0.9975 | 0.9976 | 0.9977 | 0.9977 | 0.9978 | 0.9979 | 0.9979 | 0.9980 | 0.9981 |
| 2.9 | 0.9981 | 0.9982 | 0.9982 | 0.9983 | 0.9984 | 0.9984 | 0.9985 | 0.9985 | 0.9986 | 0.9986 |
| 3.0 | 0.9987 | 0.9987 | 0.9987 | 0.9988 | 0.9988 | 0.9989 | 0.9989 | 0.9989 | 0.9990 | 0.9990 |
| 3.1 | 0.9990 | 0.9991 | 0.9991 | 0.9991 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9992 | 0.9993 | 0.9993 |
| 3.2 | 0.9993 | 0.9993 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9994 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9995 |
| 3.3 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9995 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9996 | 0.9997 |
| 3.4 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9997 | 0.9998 |

5

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
 ไม่สามารถนำออกนอกสถาบันฯ หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย

TABLE 14

Critical values $q(\alpha, \#c)$ for $\#c$ dependent multiple comparisons*††

Entries in the table for a given $\#c$ and level of significance α are critical values for the maximum absolute values of $\#c$ standard normal random variables with common correlation .5 for the two-tailed test, and critical values for the upper tail of $\#c$ standard normal random variables with common correlation .5 for the one-tailed test.

| #c | α : | Two-Tailed | | One-Tailed | |
|----|------------|------------|------|------------|------|
| | | .05 | .01 | .05 | .01 |
| 1 | | 1.96 | 2.58 | 1.65 | 2.33 |
| 2 | | 2.21 | 2.79 | 1.92 | 2.56 |
| 3 | | 2.35 | 2.92 | 2.06 | 2.69 |
| 4 | | 2.44 | 3.00 | 2.16 | 2.77 |
| 5 | | 2.51 | 3.06 | 2.24 | 2.84 |
| 6 | | 2.57 | 3.11 | 2.29 | 2.89 |
| 7 | | 2.61 | 3.15 | 2.34 | 2.94 |
| 8 | | 2.65 | 3.19 | 2.38 | 2.97 |
| 9 | | 2.69 | 3.22 | 2.42 | 3.00 |
| 10 | | 2.72 | 3.25 | 2.45 | 3.03 |
| 11 | | 2.74 | 3.27 | 2.48 | 3.06 |
| 12 | | 2.77 | 3.29 | 2.50 | 3.08 |
| 15 | | 2.83 | 3.35 | 2.57 | 3.14 |
| 20 | | 2.91 | 3.42 | 2.64 | 3.21 |

* $\#c$ is the number of comparisons.

† Two-tailed entries are adapted from Dunnett, C. W. (1964). New tables for multiple comparisons with a control. *Biometrics*, 20, 482-491. (With the permission of the author and the editor of *Biometrics*.)

†† One-tailed entries are adapted from Gupta, S. S. (1963). Probability integrals of multivariate normal and multivariate t . *Annals of Mathematical Statistics*, 34, 792-828. (With the permission of the author and the publisher at *Annals of Mathematical Statistics*.)