สำนักหอสมุดกลาง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่โดยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

นายจันทร์โท จรัสกำจรกูล
นายชัยวัฒน์ พิชิตกุล
นายณัฏฐพล งามสอาด
นายทวีชัย ปิยะตานนท์

เลขหมู่
เลขทะเบียน 65579
วันลงทะเบียน 31 ก.ค. 2549
b 11656384
i

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาสถิติประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Software Package for Data Analysis in Nonparametric Statistics on Internet

Juntho Jaruskumjornkool

Chaiwat Pichitkul

Natthapon Ngamsaard

Thaweechai Piyatanon

A Special Problem Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Statistics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Acadamic Year 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าอนุมัติ

หัวข้อปัญหาพิเศษ	โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต	
โดย	นายจันโท	จรัสกำจรกูล
	นายชัยวัฒน์	พิชิตกุล
	นายณัฏฐพล	งามสอาด
	นายทวีชัย	ปิยะตานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์บุญญสิทธิ์	วรจันทร์
ภาควิชา	สถิติประยุกต์	

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ลายเซ็นต์

.....

(ผศ.ดร. มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ) หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการปัญหาพิเศษ

.....

(อาจารย์บุญญสิทธิ์ วรจันทร์) ประธานกรรมการ

.....

(รศ.อุมาพร จันทศร) กรรมการ

.....

(อาจารย์คลชาติ ตันติวานิช) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

นักศึกษา นายจันโท จรัสกำจรกูล
นายชัยวัฒน์ พิชิตกุล
นายณัฐพล งามสอาด
นายทวีชัย ปิยะตานนท์

ภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา สถิติประยุกต์

ปีการศึกษา 2548

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์บุญญสิทธิ์ วรจันทร์

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาปัญหาพิเศษฉบับนี้ เพื่อสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติไม่ใช้พารามิเตอร์ โปรแกรมสำเร็จรูปนี้นำเสนอ 6 การทดสอบสมมติฐานหลักสำหรับสถิติไมใช้พารามิเตอร์ คือ1) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม 2) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน 3) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน 4) การทดสอบกรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน 5) การทดสอบกรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่เป็นอิสระกัน และ 6) การทดสอบการแจกแจง

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย ใช้โปรแกรมวิชวลสตูดิโอดอตเนต ซึ่งใช้ในการออกแบบการรับข้อมูล และแสดงผลลัพธ์ผ่านทางวินโดว์ และใช้ในการคำนวณค่าสถิติต่างๆ ในการทดสอบสมมติฐานสำหรับสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์แต่ละแบบ สำหรับการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ทำโดยเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรมที่สร้าง กับตัวอย่างในหนังสือ “สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์” นอกจากนี้คณะผู้จัดทำได้นำเสนอโปรแกรมสำเร็จรูปในรูปแบบที่มีการใช้ที่ง่าย เป็นภาษาไทยสำหรับผู้ใช้ทั่วไป และผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Problem Title	A Software Package for Data Analysis in Nonparametric Statistics on Internet
Name	*Juntho* *Jaruskumjornkul*
	Chaiwat Pichitkul
	Natthapon Ngamsaard
	Thaweechai Piyathanon
Department	*Applied Statistics , Faculty of Science*
Program	Applied Statistics
Academic Year	2005
Special Problem Advisor	Boonyasit warachan

ABSTRACT

The objective of this study is to develop a software package for data analysis in Nonparametric Statistics. This software package includes 6 major topics in testing hypothesis of Nonparametric Statistics namely 1) The single-sample case, 2) The case of two related samples, 3) The case of two independent samples, 4)The case of K related samples, 5)The case of K independent samples, and 6)Tests of goodness of fit.

This program was written by using Visual studio.net to design window based input/output and to calculate statistic for each testing hypothesis in Nonparametric Statistics. The program testing was obtained successfully through comparison results of program and examples in reference textbook. In addition, developers add a simple access method, present Thai language in this software package and on internet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี และมีความถูกต้องในเนื้อหา ก็เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากคณาจารย์ และบุคคลที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์บุญสิทธิ์ วรจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจทานความถูกต้องในการทำปัญหาพิเศษจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ.อุมาพร จันทศร และ อาจารย์ดลชาติ ตันติวานิช ที่ได้ให้ความรู้ และคำแนะนำในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้

ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความร่วมมือในการทดสอบโปรแกรมเป็นอย่างดี เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาปัญหาพิเศษฉบับนี้

นายจันทร์โท จรัสกำจรกูล
นายชัยวัฒน์ พิชิตกุล
นายณัฏฐพล งามสะอาด
นายทวีชัย ปิยะตานนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศาภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
1.6 เครื่องมือที่ใช้	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 การทดสอบสมมติฐานแบบไม่ใช้พารามิเตอร์	4
2.2 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม	5
2.2.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น	5
2.2.1.1 การทดสอบแบบทวินาม	5
2.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง	6
2.2.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย	7
2.2.3 ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม	8
2.2.4 ปัญหาเกี่ยวกับค่าแนวโน้ม	9
2.3 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน	11
2.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น	12
2.3.1.1 การทดสอบของแมกนีมาร์	12
2.3.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง	15
2.3.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.4 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน 16

2.4.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 17

2.4.1.1 การทดสอบวิลคอกซัน แมนท์วิทนีย์ 17

2.5 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน 21

2.5.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น 21

2.5.1.1 การทดสอบของคอครานคิว 21

2.5.1.2 กระบวนการภายหลังของแบบทดสอบคอครานคิว 23

2.5.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 23

2.5.2.1 การทดสอบของฟรีดแมน 24

2.5.2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 25

2.5.2.3 การทดสอบของฟรีดแมนกรณีหลายค่าสังเกตต่อหน่วย 25

2.6 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน 26

2.6.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 26

2.6.1.1 การทดสอบเกี่ยวกับครัสคาลและวอลลิส 26

2.6.1.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 27

2.7 การทดสอบการแจกแจง 28

2.7.1 การทอสอบไคสแควร์ 29

2.7.2 การทอสอบโครโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว 30

2.7.3 การทดสอบของLilliefors 31

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 32

3.1 ส่วนออกแบบเว็บไซต์ 32

3.1.1 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 32

3.1.2 ส่วนของผู้ใช้ 33

3.2 ส่วนของการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต 33

3.2.1 ส่วนของฐานข้อมูล (Database) 33

3.2.2 ส่วนของโปรแกรมประมวลผล 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ 34

4.1 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม 34

4.1.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น 34

4.1.1.1 การทดสอบแบบทวินาม 34

4.1.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 36

4.1.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย 36

4.1.3 ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม 39

4.1.4 ปัญหาเกี่ยวกับค่าแนวโน้ม 41

4.2 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน 44

4.2.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น 44

4.2.1.1 การทดสอบของแมกนีมาร์ 44

4.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 46

4.2.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย 46

4.3 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน 49

4.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 49

4.3.1.1 การทดสอบวิลคอกซัน แมนท์วิทนีย์ 49

4.4 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน 51

4.4.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือค่าความน่าจะเป็น 51

4.4.1.1 การทดสอบของคอกรานคิว 51

4.4.1.2 กระบวนการภายหลังของแบบทดสอบคอกรานคิว 52

4.4.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 55

4.4.2.1 การทดสอบของฟรีดแมน 55

4.4.2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 57

4.4.2.3 การทดสอบของฟรีดแมนกรณีหลายค่าสังเกตต่อหน่วย 57

4.5 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความเป็นอิสระต่อกัน 59

4.5.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง 59

4.5.1.1 การทดสอบเกี่ยวกับครัสคาลและวอลลิส 59

4.5.1.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

4.6 การทดสอบการแจกแจง 62

4.6.1 การทอสอบไคสแควร์ 62

4.6.2 การทอสอบโครโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว 65

4.6.3 การทดสอบของLilliefors 68

บทที่ 5 การสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 71

5.1 สรุปผล 71

ภาคผนวก 74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์มีประโยชน์สำหรับนักวิจัย และบุคคลที่สนใจทั่วไปเป็นอย่างมากเพราะมีข้อดีอยู่หลายประการเช่น มีข้อกำหนดเบื้องต้นที่น้อยกว่าสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ คำนวณได้ง่ายและรวดเร็ว ใช้วิเคราะห์ข้อมูลได้ทุกมาตราวัด อีกทั้งสามารถสรุปผลลักษณะของประชากรที่ไม่เกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ได้ เช่นความเป็นสุ่ม นอกจากนั้นสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ไม่จำเป็นต้องทราบลักษณะการแจกแจงของข้อมูลก็สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ แต่ในขณะที่สถิติที่ต้องใช้พารามิเตอร์ไม่สามารถทำได้

ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ในปัจจุบันมีความสะดวกเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากมีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่พัฒนาจนเป็นมาตรฐานและใช้อย่างกว้างขวางอยู่หลายโปรแกรมด้วยกันเช่น STATXACT(USA) , DISFREE(UK) ,TESTIMATE(GERMANY) แต่โปรแกรมเหล่านี้ถูกพัฒนาในต่างประเทศและยังมีราคาแพงประกอบกับการติดต่อกับโปรแกรมดังกล่าวเป็นภาษาต่างประเทศทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่เป็นภาษาไทยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทำให้ผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับภาษาอังกฤษใช้งานได้ยากและไม่สะดวก

ในทุกวันนี้ อินเตอร์เน็ต มีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น เนื่องจากสามารถค้นคว้าข้อมูลในด้านต่างๆได้ง่ายและข่าวสารที่ได้ทันสมัยตลอดเวลา นอกจากนี้อินเตอร์เน็ตยังเป็นศูนย์รวมความรู้ในทุกสาขาวิชา ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นห้องสมุดที่ใหญ่ที่สุดในโลก ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้มีผู้ใช้ เพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น

ดังนั้นการจัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตนั้น ทำให้สามารถใช้งานได้ในทุกๆที่ที่มีอินเตอร์เน็ต และไม่จำเป็นต้องมีการติดตั้งโปรแกรมในเครื่องคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ที่เข้าใจง่ายเพื่อให้มีความสะดวกในการใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ **ฉบับภาษาไทย**โดยพัฒนาจากแนวความคิดที่จะทำการพัฒนาการใช้โปรแกรมบน อินเตอร์เน็ต

2. เพื่อให้นักวิจัยและผู้ที่สนใจทั่วไปได้รับความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ในด้านผู้ใช้งานโปรแกรมเพื่อเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่เป็นภาษาไทย สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งสามารถใช้ได้ทุกที่ที่มีอินเตอร์เน็ตโดยไม่จำเป็นต้องติดโปรแกรมบนเครื่อง

2. ประโยชน์ในด้านผู้จัดทำเป็นการนำความรู้ด้านสถิติและคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตจะครอบคลุมเนื้อหาวิชา สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ในระดับปริญญาตรีเท่านั้น ซึ่งจัดเป็นหัวข้อต่างๆได้ดังนี้

1. กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม
   - 1.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น
     - การทดสอบทวินาม
   - 1.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง
     - การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย
   - 1.3 ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม
     - การทดสอบความเป็นสุ่ม
   - 1.4 ปัญหาเกี่ยวกับแนวโน้ม
     - การทดสอบของ Cox และ Stuart
2. กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน
   - 2.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอเซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น
     - การทดสอบของแมคนีมาร์
   - 2.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง
     - การทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมายปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง
3. กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน
   - 3.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง
     - การทดสอบวิลคอกซัน แมนท์วิทนีย์
4. กรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่มีความสัมพันธ์
   - 4.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอเซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น
     - การทดสอบคอครา ค ิว
     - กระบวนการภายหลังแบบทดสอบคอครา ค ิว
   - 4.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง
     - การทดสอบของฟรีดแมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย
- การทดสอบของฟรีดแมน กรณีหลายกลุ่มตัวอย่าง

5. กรณีตัวอย่าง K กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน

5.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบของครัสคาลและวอลิส
- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

6. การทดสอบการแจกแจง

- การทดสอบไคสแควร์
- การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟสำหรับตัวอย่างชุดเดียว
- การทดสอบของ Lilliefors

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. กำหนดเรื่องทำปัญหาพิเศษ
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา
3. ศึกษาเนื้อหารายละเอียดในเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ และการเขียนโปรแกรมผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตเช่น Visual studio.NET, ASP.NET
4. ลงมือพัฒนาโปรแกรม
5. ทดสอบและตรวจสอบแก้ไขโปรแกรม
6. สรุปผล
7. จัดทำรายงานและรูปเล่ม

1.6 เครื่องมือที่ใช้

1.ซอฟแวร์(Software)

- Window XP
- Visual Studio.NET
- ASP.NET

2.ฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีความเร็วตั้งแต่ 2.0 GHz และ Ram 256 ขึ้นไป
- เครื่องปริ๊นเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทดสอบสมมติฐานแบบไม่ใช้พารามิเตอร์(Nonparametric Test)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อไม่ทราบแน่ชัดว่าประชากรมีการแจกแจงแบบใด และต้องการสรุปผลเกี่ยวกับการทดสอบสมมติฐานของประชากรนั้น เราอาจใช้สถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์(แทนสถิติที่ใช้พารามิเตอร์) ซึ่งมีข้อสมมติเพียงว่าประชากรต้องมีการแจงแจกแบบต่อเนื่อง อาจเรียกว่า การทดสอบสมมติฐานที่เป็นอิสระต่อการแจกแจง (Distribution free test) และ เมื่อไม่ทราบการแจกแจงของประชากรจึงไม่ทราบ ค่าพารามิเตอร์ดังนั้นการทดสอบที่เกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์โดยตรงจึงไม่เกิดขึ้นแต่อาจทดสอบลักษณะของประชากรนั้นได้ด้วยโดยไม่ต้องมีข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์จึงเรียกชื่อว่าการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric test) การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์สามารถจะทำได้อย่างง่ายๆไม่ยุ่งยากต่างไปจากการทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ คือเริ่มตั้งแต่

1. การตั้งสมมติฐานซึ่งต้องมีทั้ง H_0 และ H_1
2. การกำหนดนัยสำคัญในการทดสอบ(α)
3. การกำหนดตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม (Test Statistic)
4. การหาอาณาเขตวิกฤต หรือคำนวณ P-value
5. การสรุปผล

และตัวอย่างที่ใช้มักเป็นตัวอย่างขนาดเล็ก นอกจากนี้อาจใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์กับข้อมูลที่มีค่าไม่เป็นตัวเลข เช่นมีค่าเป็นลำดับที่หรือเป็นความถี่ หรือข้อมูลที่วัดมาในหน่วยที่ไม่ชัดเจนพอที่จะวิเคราะห์แบบพารามิเตอร์

ดังนั้นการทดสอบแบบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์มีลักษณะสำคัญสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

1. ไม่ต้องทราบถึงการแจกแจงของประชากรที่แน่นอน (Distribution free)
2. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์อาจเป็นข้อมูลจัดกลุ่ม หรือข้อมูลแบบเรียงลำดับหรือข้อมูลเชิงปริมาณ
3. สามารถใช้วิเคราะห์ได้กับตัวอย่างที่มีขนาดเล็กแม้การทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์จะมีข้อดีหลายข้อ แต่มีข้อเสียบ้างเช่นกัน
4. การใช้วิธีทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์กับข้อมูลซึ่งสามารถใช้แบบพารามิเตอร์ได้ถือว่าเป็นการสูญเสียสาระของข้อมูลคือ เดิมข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงปริมาณแปลงเป็นความถี่, อันดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สำหรับตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ การทดสอบด้วยวิธีไม่ใช้พารามิเตอร์อาจเป็นงานที่ใช้เวลาและแรงงานการคำนวณมาก เนื่องจากการคำนวณจะซ้ำซาก
6. การทดสอบและตารางการแสดงค่ามีนับสำคัญมีมากมายและหลายแบบต่างๆ กัน แล้วแต่ผู้คิดจึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดและมีข้อจำกัดต่างๆมากมายทำให้ยุ่งยากในการ

2.2 กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม

จะศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสถิติแบบไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งสุ่มตัวอย่างมา 1 ชุด เพื่อใช้อ้างอิงเกี่ยวกับประชากรชุดนั้นโดยเริ่มศึกษาจากค่าสัดส่วนของเหตุการณ์ที่น่าสนใจในประชากร

2.2.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

ค่าสัดส่วนของเหตุการณ์ที่สนใจในประชากร หรืออาจเรียกว่าค่าความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สนใจในประชากร เป็นค่าที่นักวิจัยมักให้ความสนใจ

2.2.1.1 การทดสอบแบบทวินาม (The Binomial Test)

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ตัวอย่างขนาด n (หรือจากการทดลองซ้ำ ๆ กัน n ครั้ง) เป็นอิสระจากกัน
2. ในการทดลอง n ครั้งนั้น แต่ละครั้งมีผลลัพธ์เพียง 2 ประการ คือ "สำเร็จ" หรือ "ล้มเหลว"
3. แต่ละการทดลองมีความน่าจะเป็น $= \theta$ ที่จะได้ผล "สำเร็จ" และมีค่าคงที่ตลอด n การทดลอง ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลว $= 1-\theta$

สมมติฐาน จะมีข้อสงสัยเกี่ยวกับค่า θ ว่าจะมีค่าใดค่าหนึ่ง เช่น $=\theta_0$ เมื่อ $0 \le \theta_0 \le 1$ หรือไม่ ดังนั้น สมมติฐานอาจมีลักษณะหางเดียวหรือ 2 หาง ดังนี้

$H_0 : \theta = \theta_0$; $H_1 : \theta \neq \theta_0$

หรือ $H_0 : \theta \le \theta_0$; $H_1 : \theta > \theta_0$

หรือ $H_0 : \theta \ge \theta_0$; $H_1 : \theta < \theta_0$

ให้ S_+ แทนจำนวนความสำเร็จจากตัวอย่างสุ่มขนาด n และ S_- แทนจำนวนความล้มเหลว จากตัวอย่างสุ่มขนาด n

สถิติที่ใช้ทดสอบ

คือ S_+ ซึ่งมีการแจกแจงทวินามด้วยค่าเฉลี่ย $n\theta_0$ และความแปรปรวน $n\theta_0(1-\theta_0)$ ถ้า H_0 เป็นจริง

การตัดสินใจ

1. $H_1 : \theta \neq \theta_0$ ถ้าตัวสถิติ S_+ มีค่าน้อยหรือมากเกินไปจะแสดงว่า H_0 ไม่จริง ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $S_+ \le t_1$ หรือ $S_+ \ge t_2$ เมื่อ t_1 และ t_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นค่าวิกฤตจากตารางทวินาม ที่มีพารามิเตอร์ n และ θ_0 และทำให้ $P(y \le t_1) = \alpha_1$ และ $P(y > t_2) = \alpha_2$ โดย $\alpha_1 + \alpha_2 = \alpha$

2. $H_1 : \theta > \theta_0$ ถ้าตัวสถิติ S_+ มีค่ามากเกินไปจะแสดงว่า H_0 ไม่จริงดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α ถ้า $S_+ > t$ เมื่อ t เป็นค่าวิกฤตจากตารางทวินามที่มีพารามิเตอร์ n และ θ_0 และทำให้ $P(y \le t_1) = 1 - \alpha$ (หรือ $P(y > t) = \alpha$

3. $H_1 : \theta < \theta_0$ ถ้าตัวสถิติ S_+ มีค่าน้อยเกินไปจะแสดงว่า H_0 ไม่จริง นั่นคือ H_1 เป็นจริงที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธ $H_0 : \theta \ge \theta_0$ ถ้า $S_+ \le t$ เมื่อ t เป็นค่าวิกฤตจากตารางทวินามที่มีพารามิเตอร์ n และ θ_0 และทำให้ $P(y \le t) = \alpha$

จากการหาค่าวิกฤตทั้ง 3 กรณีดังกล่าว จึงเป็นการง่ายถ้าใช้ตารางความน่าจะเป็นสะสมแบบน้อยกว่า ของการแจกแจงทวินาม แต่เนื่องจากใช้ได้เฉพาะ $n \le 20$ ดังนั้นจึงมีกรณีที่ $n > 20$

สำหรับตัวอย่างขนาด $n > 20$ และ θ_0 ไม่น้อยหรือมากเกินไปเราสามารถใช้การแจกแจงแบบปกติประมาณด้วยการแจกแจงแบบทวินามด้วยการใช้สถิติทดสอบ

$$Z = \frac{S_+ - n\theta_0}{\sqrt{n\theta_0(1-\theta_0)}}$$

ซึ่งจะมีการแจกแจงปกติมาตรฐาน การตัดสินใจหาค่าวิกฤตจากโค้งการแจกแจงปกติมาตรฐาน และเนื่องจาก S_+ เป็นตัวสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง ในขณะที่ Z เป็นตัวแปรสุ่มแบบต่อเนื่อง จึงควรปรับค่าต่อเนื่องก่อนใช้ตัวแปร Z ดังนี้

โดยใช้ 0.5 บวกเข้าไปในกรณีที่ S_+ มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ย $n\theta_0$ และ ใช้ 0.5 ลบออกในกรณีที่ S_+ มีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ย $n\theta_0$

2.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง (Location Parameter)

โดยทั่วไปในประชากรที่สนใจศึกษากลุ่มหนึ่ง เรามักอยากทราบเกี่ยวกับค่ากลางและลักษณะการกระจายของประชากรกลุ่มนี้ ค่ากลางอาจจะหมายถึง ค่าเฉลี่ย ค่ามัธยฐาน หรือ ค่าฐานนิยม ในสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ค่ากลางที่นิยมใช้ คือ ค่ามัธยฐาน(Median) เนื่องจากมาตรวัดของข้อมูลเป็นแบบเรียงลำดับหรือแบบแบ่งกลุ่ม และค่ากลางนี้เองจะเป็นค่าที่แสดงตำแหน่งของประชากร เช่นทราบว่าประชากรนี้มีการแจกแจงแบบปติด้วย ค่าเฉลี่ย = 100 หมายความว่า รูปการกระจายของประชากรนี้จะเป็นแบบระฆังคว่ำชนิดสมมาตรที่จุด = 100 นี้เอง หรือถ้าค่าเฉลี่ยเป็นค่าอื่น เช่น 200 รูปโค้งนี้จะมีการสมมาตรที่จุด = 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The Wilcoxon signed-ranks test)

จะพบว่าการทดสอบเครื่องหมายนั้นเราไม่ได้คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างค่า $X_i - M_0$ เลยซึ่งถ้านำไปวิเคราะห์ด้วยจะทำให้ข้อมูลสมบูรณ์ยิ่งขึ้น Wilcoxon ได้แนะนำวิธีใหม่โดยจะเรียงลำดับค่าความแตกต่าง (ที่ไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย) แล้วจึงจะให้เครื่องหมายเดิมของผลต่างนั้น และหาผลรวมของลำดับที่มีเครื่องหมาย + และ - ซึ่งถ้าค่ามัธยฐานของประชากรมีค่า = M_0 จริง ผลรวมของลำดับที่ทั้ง 2 ควรจะมีค่าใกล้เคียงกัน วิธีนี้เรียกชื่อว่า Wilcoxon signed-ranks test ซึ่งจะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบเครื่องหมายเสมอ

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ตัวอย่างเป็นตัวอย่างสุ่มขนาด n จากประชากรที่ไม่ทราบค่ามัธยฐาน
2. ตัวแปรสุ่มเป็นค่าต่อเนื่อง
3. ประชากรมีการแจกแจงที่สมมาตร
4. มาตรวัดข้อมูลอย่างน้อยเป็นอันตรภาคชั้น
5. ค่าสังเกตเป็นอิสระกัน

สมมติฐาน ให้ M = ค่ามัธยฐานของประชากร

$H_0 : M = M_0$; $H_1 : M \neq M_0$

หรือ $H_0 : M \leq M_0$; $H_1 : M > M_0$

หรือ $H_0 : M \geq M_0$; $H_1 : M < M_0$

สถิติที่ใช้ทดสอบ

หาค่าสถิติทดสอบด้วยวิธีการดังนี้

1. หาค่า $D_i = X_i - M_0$ สำหรับ $i = 1,...,n$; $D_i = 0$ เรียกว่า ties ให้ตัดทิ้ง ดังนั้น D_i จะมีจำนวน = n เมื่อ $n = n'$ - จำนวน ties
2. เรียงลำดับ $|D_i|$ จากน้อยไปหามาก ถ้ามีค่า $|D_i|$ ที่มีลำดับเดียวกันให้หาค่าเฉลี่ย
3. แต่ละลำดับที่แทนค่าเครื่องหมายเดิม D_i
4. หาผลบวกของลำดับที่มีเครื่องหมาย + , - และให้คือค่า T+ และ T- ตามลำดับซึ่งในทางปฏิบัติหาเพียงค่าเดียวคือ T+ หรือ T- ใช้

ความสัมพันธ์

$$T+ = \frac{n(n+1)}{2} - T-$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า H_0 เป็นจริงคาดว่าค่า T+ และ T- ควรมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ ถ้าค่า T+ มีค่าที่ใหญ่กว่า T- ก็คาดว่าจะยอมรับ $H_1 : M > M_0$ และในทางกลับกันค่า T- มีค่าที่ใหญ่กว่า T+ ก็น่าจะยอมรับ $H_1 : M < M_0$

การตัดสินใจ

เพื่อให้สะดวกกับตารางที่มีอยู่ (ตารางที่ 6) ดังนั้นการตัดสินใจจึงจะหาจุดวิกฤตเฉพาะทางด้านซ้ายของโค้งการแจกแจง ตัวสถิติทดสอบจึงเลือกใช้ค่าน้อยระหว่าง T+ หรือ T- ดังนี้

สมมติฐานแย้ง	การหาอาณาเขวิกฤต โดยเปิดตารางเมื่อ n = (ขนาดตัวอย่าง- จำนวนtie) และกำหนดระดับนัยสำคัญ = α
$H_1 : M > M_0$	CR. คือ T- ≤ ค่าวิกฤต d ที่ $\alpha' \approx \alpha$
$H_1 : M < M_0$	CR. คือ T+ ≤ ค่าวิกฤต d ที่ $\alpha' \approx \alpha$
$H_1 : M \neq M_0$	ตัวสถิติที่ทดสอบคือ T (เลือกค่าน้อยที่สุดระหว่าง T+ กับ T-) CR. คือ T ≤ ค่าวิกฤต d ที่ $\alpha'' \approx \alpha$

2.2.3 ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม (The One-Sample Runs Test For Randomness)

หรืออาจจะเรียกชื่อ การทดสอบความเป็นสุ่ม (Test For Randomness) ใช้ทดสอบเพื่อแสดงว่า ข้อมูลชุดนั้นมีลักษณะความเป็นสุ่มหรือไม่ การทดสอบนี้มีประโยชน์มาก เนื่องจากความเป็นสุ่มนี้เป็นหัวใจสำคัญของหลักการทางสถิติ

รัน (Run) คือ กลุ่มของตัวอักษรที่เหมือนกันที่จะตามหรือนำด้วยอักษรที่แตกต่างกันออกไป หรืออาจไม่มีตัวอักษรใดนำหรือตามก็ได้ หลักการของการทดสอบนี้ ทำโดยพิจารณาจำนวนของรัน ซึ่งบอกให้ทราบถึงลักษณะความเป็นสุ่มได้

ตัวอย่างเช่น โยนเหรียญ 1 เหรียญ 20 ครั้ง ลำดับการเกิดหน้าหัวหรือก้อยเป็น ดังนี้

	T	HHHHHH	T	H	T	H	TT	HHH	T	H	T	H
รันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

เรียกว่ามี 12 รัน

ข้อมูล จะประกอบด้วยชุดของค่าสังเกต ซึ่งเกิดขึ้นตามลำดับก่อนหลัง โดยค่าสังเกตจะมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ ชนิด a และชนิด b และให้ n_1 เป็นจำนวนครั้งที่เกิดค่าสังเกตชนิด a และ n_2 เป็นจำนวนครั้งที่เกิดค่าสังเกตชนิด b ในชุดของค่าสังเกตนั้น

เช่น n_1 = จำนวนหน้าหัวที่เกิดขึ้นจากการโยนเหรียญ 1 เหรียญ

n_2 = จำนวนหน้าก้อยที่เกิดขึ้นจากการโยนเหรียญนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดเบื้องต้น โดยค่าสังเกตจะมีเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือ ชนิด a และ ชนิด b

สมมติฐาน

H_0 : ตัวอย่างที่ได้มานี้เป็นตัวอย่างเชิงสุ่ม

H_1 : ตัวอย่างที่ได้มานี้ไม่เป็นตัวอย่างเชิงสุ่ม

สถิติที่ใช้ทดสอบ ใช้ r = จำนวนรันทั้งหมดในชุดค่าสังเกตนั้น

การตัดสินใจ แยกได้ 2 ชนิด คือ

ตัวอย่างขนาดเล็ก (n_1 และ $n_2 \leq 20$)

ได้มีผู้สร้างตารางสำเร็จรูปตารางที่ 5 เพื่อแสดงค่าที่มีนัยสำคัญของค่า r ภายใต้ H_0 เมื่อใช้ $\alpha = 0.05$ ซึ่งตารางนี้แยกเป็น 2 ตารางคือ ตารางที่ 5 แสดงค่า r ที่เล็กที่สุดที่ทำให้มีนัยสำคัญที่ความน่าจะเป็น .025 และ ตาราง 5 แสดงค่า r ที่สูงที่สุดที่ทำให้มีนัยสำคัญที่ความน่าจะเป็น .025 ดังนั้นอาณาเขตวิกฤตคือ $r \leq r$ จากตารางที่ 5 หรือ $r \geq r$ จากตารางที่ 5 สำหรับ $\alpha = .05$

ตัวอย่างขนาดใหญ่ (n_1 **หรือ** $n_2 > 20$)

จะใช้การประมาณด้วยการแจกแจงปกติ ดังนี้

จะประมาณได้ว่า $r \sim N(\mu, \sigma^2)$

เมื่อ μ_r = ค่าเฉลี่ยของ $r = \dfrac{2n_1n_2}{n_1+n_2} + 1$

σ_r^2 = ความแปรปรวนของ $r = \dfrac{2n_1n_2(2n_1n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1+n_2)^2(n_1+n_2-1)}$

จะได้ $Z = \dfrac{r-\mu_r}{\sigma_r} \sim N(0,1)$

การหาอาณาเขตวิกฤตจึงหาค่า Z ที่ได้จากการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)

2.2.4 ปัญหาเกี่ยวกับแนวโน้ม (The Cox-Stuart Test For trend)

ต้องการทราบว่าค่าสังเกตเมื่อบันทึกตามเวลาจะแสดงลักษณะแนวโน้มหรือไม่ ซึ่งอาจเป็นแนวโน้มที่สูงขึ้น หรือลดลง

Cox และ Stuart ได้เสนอวิธีการทดสอบค่าแนวโน้ม วิธีการคือ ทำการเปรียบเทียบคู่ของค่าสังเกต ถ้าค่าสังเกตที่ทันสมัยกว่ามีค่ามากกว่าค่าที่เกิดก่อนจะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องหมาย + ในทางกลับกัน ถ้าค่าสังเกตที่ทันสมัยกว่ามีค่าน้อยกว่าค่าที่เกิดก่อนจะให้เครื่องหมาย -

ถ้ามีเครื่องหมาย + เป็นจำนวนมาก จะแสดงถึงแนวโน้มที่สูงขึ้น

ถ้ามีเครื่องหมาย - เป็นจำนวนมาก จะแสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง

ถ้ามีเครื่องหมาย + และ - พอ ๆ กัน จะแสดงว่าไม่มีแนวโน้ม

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. *ข้อมูลประกอบด้วยตัวอย่างสุ่มขนาด n' ที่เป็นอิสระกันและเกิดขึ้นตามลำดับเวลา*
2. มาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับ

สมมติฐาน

H_0 : *ข้อมูลไม่มีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้ม*

H_1 : ข้อมูลมีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้ม

หรือ H_0 : ข้อมูลไม่มีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้มที่สูงขึ้น

H_1 : ข้อมูลมีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้มที่สูงขึ้น

หรือ H_0 : ข้อมูลไม่มีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้มที่ลดลง

H_1 : ข้อมูลมีลักษณะเกิดเป็นแนวโน้มที่ลดลง

สถิติที่ใช้ทดสอบ

ขั้นแรก หาคู่เปรียบเทียบดังนี้ $(X_1, X_{1+c}),(X_2, X_{2+c}),...,(X_{n'}, X_{n'+c})$

เมื่อ $C = \frac{n'}{2}$ เมื่อ n' เป็นเลขคู่

$C = \frac{(n'+1)}{2}$ เมื่อ n' เป็นเลขคี่

สถิติที่ใช้ทดสอบ เลือกใช้จำนวนเครื่องหมาย + หรือ – (ค่าที่น้อย) โดยจำนวนเครื่องหมาย + หรือ – นี้จะการแจกแจงทวินามที่ $n = n' - c$ p = 0.5 ให้ T+,T-คือจำนวนเครื่องหมาย +,- ตามลำดับ และ T คือค่าที่น้อยระหว่าง T+,T-

การตัดสินใจ สามารถหาค่า p-value จากตารางการแจกแจงทวินามที่ $n = n' - c$ *และ p = 0.5* ดังนี้

สมมติฐานแย้ง	ค่า P-value
H_1 :มีแนวโน้มสูงขึ้น	พื้นที่ปลายหางซ้ายของค่า T-
H_1 :มีแนวโน้มต่ำลง	พื้นที่ปลายหางซ้ายของค่า T+
H_1 :มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง	2(พื้นที่ปลายหางซ้าย)ของค่า T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

ในกรณีที่ต้องทดสอบเกี่ยวกับ 2 ทรีทเมนต์ว่าแตกต่างกันหรือไม่ การหาผลสรุปอาจทำได้ด้วยวิธีใดวิธีหนึ่ง ดังนี้

1. เปรียบเทียบสิ่งที่ควบคุมกับทรีทเมนต์ที่สนใจ หมายความว่าอยากทราบว่าทรีทเมนต์นั้นดีกว่าการใช้สภาพปกติหรือไม่
2. เปรียบเทียบทรีทเมนต์ 1 กับ ทรีทเมนต์ 2 ว่าทรีทเมนต์ใดดีกว่ากันการทดลองใน 2 ลักษณะนี้ถ้าทำกับหน่วยทดลองที่ต่างกัน 2 กลุ่มจะสรุปผลได้ยาก เพราะจะไม่สามารถตัดสินใจได้ว่าความแตกต่างนั้นมาจากทรีทเมนต์หรือมาจากหน่วยทดลองที่ต่างกัน อาจแก้ปัญหาโดยการเลือกหน่วยทดลองที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน วิธีการนี้เรียกว่ากรณี 2 กลุ่มตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ
    1. ใช้ตัวอย่างชุดเดียวกันแต่ทำซ้ำ 2 ครั้ง ในเวลาต่างกัน เช่นสุ่มตัวอย่างผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักด้วยวิธีนี้มาจำนวนหนึ่ง และชั่งน้ำหนักก่อนและหลังเข้ารับบริการ ทดลอง จะเห็นว่าวิธีนี้จะใช้เวลานาน
    2. ใช้ตัวอย่าง 2 ชุดที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น ฝาแฝด ในกรณีนี้หน่วยทดลองอาจไม่มีลักษณะเช่นนี้แต่สามารถใช้ตัวอย่างคู่ที่มีลักษณะคล้ายกันมากที่สุดแทนได้ เช่น นักเรียนที่คล้ายคลึงกันในแง่ของ เพศ อายุ ความสามารถ ชั้นปีที่เรียน สภาพแวดล้อม เป็นต้น จะเห็นได้ว่าวิธีนี้ในทางปฏิบัติยากพอสมควร

การวิเคราะห์ทางสถิติอาจใช้สถิติที่ใช้หรือไม่ใช้พารามิเตอร์ก็ได้ และถ้าจะใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นดังนี้

1. ตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มต้องมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ
2. ตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มต้องมีความแปรปรวนเท่ากัน

และค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$t = \frac{(x_1 - x_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}$$

หรือเขียนได้ว่า $t = \dfrac{\bar{d} - \mu_{\bar{d}}}{\sigma_{\bar{d}}}$ เมื่อหน่วยทดลองเป็นแบบจับคู่

แต่บางครั้งใช้การทดสอบแบบใช้พารามิเตอร์ไม่ได้เนื่องจาก

1. ข้อมูล 2 ชุดนั้นไม่ทราบแน่ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติหรือ ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้วิจัยไม่ต้องการใช้ข้อสมมติในการทดสอบ
3. ข้อมูลเป็นมาตรวัดแบบนามบัญญัติหรือแบบลำดับที่ ดังนั้นจึงควรจะวิเคราะห์ด้วยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ และได้มีผู้คิดค้นวิธีไว้มากมาย ดังนี้

2.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือ ความน่าจะเป็น

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนของเหตุการณ์ที่สนใจในประชากร 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

2.3.1.1 การทดสอบของแมกนีมาร์ (McNemar test for significance of changes)

เป็นการทดสอบเพื่อดูความเปลี่ยนแปลงก่อนและหลัง โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่างชุดเดียว แต่ทำการทดลอง 2 ครั้ง ก่อนและหลังการใช้ทรีทเมนต์หนึ่ง เพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เช่น การทดสอบความคิดเห็นของคนกลุ่มหนึ่งก่อนและหลังการใช้ยาชนิดหนึ่ง ดังนั้นสามารถวัดประสิทธิภาพของทรีทเมนต์หนึ่ง ๆ ได้ว่ามีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลประกอบด้วยข้อมูล n คู่ และสามารถจัดลงตาราง 2×2 ได้
2. มาตราวัด ของข้อมูลเป็นแบบนามบัญญัติหรือแบบเรียงลำดับที่มีเพียง 2 กลุ่มย่อยเท่านั้น เช่น ใช่ กับไม่ใช่ หรือ + กับ -
3. ข้อมูลคู่แต่ละคู่เป็นอิสระกัน แต่ภายในคู่สัมพันธ์กัน

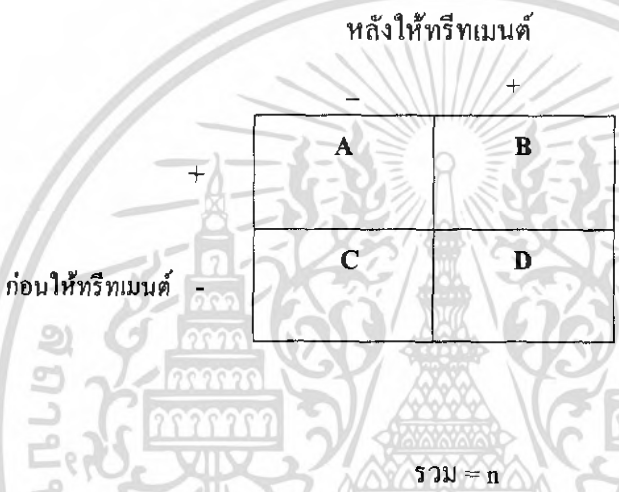
ข้อมูล

เช่นต้องการทดสอบทรีทเมนต์คือการเต้นรำว่าจะมีผลต่อการลดน้ำหนักหรือไม่ สุ่มตัวอย่างมา n คนในขั้นแรกถามความเห็นเกี่ยวกับผลที่คาดว่าจะได้ก่อน และหลังจากนั้นให้ทดลองเต้นรำไประยะหนึ่ง แล้วถามความเห็นเช่นเดิมอีกครั้ง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนทดลองที่	ความเห็นก่อนเต้นรำ	ความเห็นหลังเต้นรำ
1	+	-
2	+	+
3	-	+
.	.	.
.	.	.
.	.	.
n	-	-

ซึ่งนำมาจัดในตาราง 2×2 ได้ดังนี้



เมื่อ A,B,C,D = จำนวนความถี่ที่มีลักษณะหนึ่ง ๆ จากจำนวนตัวอย่างขนาด n

คือ A = จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่าจะได้ผลดี (+) แต่เมื่อได้รับทรีเมนต์แล้วมีความเห็นว่าไม่ได้ผล (-) หรือ + เปลี่ยนเป็น –

D = จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่าไม่ได้ผลดี (-) แต่เมื่อได้รับทรีทเมนต์แล้วมีความเห็นว่าได้ผล (+) หรือ – เปลี่ยนเป็น +

B,C = คือ จำนวนคนที่มีความเห็นเหมือนเดิม คือจาก + เปลี่ยนเป็น + หรือจาก – เปลี่ยนเป็น –

ดังนั้นจะเห็นว่าจำนวนความถี่ A และ D จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน สามารถทดสอบได้ทั้งทางเดียวและสองทางดังนี้

$H_0 : P(A) = P(D) = .5$ หรือมีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังเท่ากัน

หรือ $P(+ \rightarrow -) = P(- \rightarrow +)$

$H_1 : P(A) \neq P(D)$ หรือมีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังไม่เท่ากัน หรือ

หรือ $P(+ \rightarrow -) \neq P(- \rightarrow +)$

หรือ $H_0 : P(A) \geq P(D)$ $H_1 : P(A) < P(D)$

นั่นคือ สงสัยว่ามีการเปลี่ยนแปลงจาก + เป็น - น้อยกว่าการเปลี่ยนแปลงจาก – เป็น +

หรือ $H_0 : P(A) \leq P(D)$ $H_1 : P(A) > P(D)$

นั่นคือ สงสัยว่ามีการเปลี่ยนแปลงจาก + เป็น - มากกว่าการเปลี่ยนแปลงจาก – เป็น +

วิธีการ

การหาผลสรุปของสมมติฐานข้างต้น อาจดูได้โดยการเปรียบเทียบความถี่ที่ได้จากการทดลองกับความถี่คาดหวัง(ภายใต้ H_0) ว่าแตกต่างกันหรือไม่

โดยความถี่คาดหวังตาม H_0 จะเป็นดังนี้จำนวนความถี่คาดหวังในช่อง A และ D ควรมีค่าเท่ากัน = $\frac{A+D}{2}$ และใช้การทดสอบของไคสแควร์ได้ดังสูตร

$$\chi^2 = \Sigma \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

และในกรณีนี้สนใจเฉพาะเซลล์ A และ D

ฉะนั้น $\chi^2 = \frac{\left[A - \frac{(A+D)}{2}\right]^2}{\frac{A+D}{2}} + \frac{\left[D - \frac{(A+D)}{2}\right]^2}{\frac{A+D}{2}}$

จะได้ $\chi^2 = \frac{(A-D)^2}{(A+D)}$

แต่เนื่องจาก χ^2 เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่องจึงจำเป็นต้องปรับค่าต่อเนื่อง จะได้

$$\chi^2 = \frac{\left(|A-D|-1\right)^2}{(A+D)}$$ ด้วย d.f. = 1

การหาอาณาเขตวิกฤต หาได้จากตาราง χ^2 ที่ d.f. = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ ถ้าใช้ตัวสถิติทดสอบในเทอมของ χ^2 จะใช้ได้เฉพาะการทดสอบ 2 หาง เท่านั้น

2.3.2ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงวิธีการของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เพื่อทดสอบหรือหาช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างมัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน

2.3.2.1การทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The Wilcoxon matched-pairs signed-rank test)

เช่นเดียวกับหัวข้อการทดสอบวิลคอกซันในตัวอย่าง 1 กลุ่มในหัวข้อ 2.2.2.1 ที่ผ่านมา เพียงแต่นำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลคู่ โดยดูความแตกต่างกันทั้ง "ขนาด" และ "เครื่องหมาย" ในแต่ละคู่และพิจารณาโดยยึดหลักว่า ถ้าค่ามัธยฐานไม่แตกต่างกันแล้ว ผลรวมของอันดับของความแตกต่างที่มีเครื่องหมาย + และ – น่าจะใกล้เคียงกัน ซึ่งการทดสอบนี้มักจะมีอำนาจการทดสอบมากกว่าการทดสอบเครื่องหมาย เนื่องจากมีการใช้ข้อมูลได้สมบูรณ์กว่า

ข้อสมมติเบื้องต้น

1. ค่า (X_i, Y_i) สำหรับทุกค่า i เป็นตัวแปรสุ่มแบบคู่ , i =1,..., n'
2. ค่า D_i เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง และเป็นอิสระต่อกัน
3. ค่า D_i มีการแจกแจงที่สมมาตร
4. ค่า D_i มีมาตราวัดอย่างน้อยแบบอันตรภาค

ข้อมูล

จากข้อมูลคู่ (X_i, Y_i) คู่คือ $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), ..., (X_{n'}, Y_{n'})$ ในตัวอย่างละคู่จะเปรียบเทียบค่า X_i และ Y_i โดยการหาค่าผลต่างสมบูรณ์ คือ $|D_i| = |X_i - Y_i|$ เมื่อ $i = 1,2,...,n'$ ในกรณีที่ $D = 0$ จะเรียกว่า tie ให้ $n =$ จำนวนคู่ที่ไม่รวม tie แล้วจัดลำดับให้ค่า $|D_i|$ โดยให้ค่าน้อยที่สุดเป็นอันดับที่ 1,……,ค่ามากที่สุดเป็นอันดับที่ n

สมมติฐาน อาจจะใช้ทดสอบหางเดียวหรือสองหางได้ดังนี้

H_0 : มัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน หรือ $M_1 = M_2$

H_1 : มัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มแตกต่างกัน หรือ $M_1 \neq M_2$

หรือ $H_0 : M_1 \leq M_2$ $H_1 : M_1 > M_2$

หรือ $H_0 : M_1 \geq M_2$ $H_1 : M_1 < M_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถิติที่ใช้ทดสอบ หลังจากหาค่าอันดับของ $|D_i|$ แล้ว ให้ใส่เครื่องหมายหน้าอันดับแต่ละอันดับด้วยเครื่องหมายเดิมของ D_i แล้วหาผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย + ผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย + = T^+

การตัดสินใจ ให้พิจารณาจากจำนวนคู่ที่ไม่เป็น ties คือ n คู่ ซึ่งแยกได้ 2 กรณี คือ

ตัวอย่างขนาดเล็ก ($n \le 20$)

จะใช้ตารางแสดงค่าควอไทล์ (Quantile) ของค่าสถิติทดสอบของวิลคอกซัน ; W_α

การทดสอบสองทาง อาณาเขตวิกฤต คือ $T^+ > W_{1-\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $T^- < W_{\frac{\alpha}{2}}$

การทดสอบทางเดียวด้านขวา อาณาเขตวิกฤต คือ $T^+ > W_{1-\alpha}$

การทดสอบทางเดียวด้านซ้าย อาณาเขตวิกฤต คือ $T^- < W_\alpha$

เมื่อค่า W_α ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 โดยกำหนดค่าที่ n ที่แตกต่างกัน เริ่มจาก $W_{.005} ... W_{.50}$ ส่วนค่า W_α ที่ $\alpha > .5$ ให้ใช้คุณสมบัติ ดังนี้

$$W_\alpha = \frac{n(n+1)}{2} - W_{1-\alpha}$$

เมื่อค่า $\frac{n(n+1)}{2}$

ตัวอย่างขนาดใหญ่ ($n > 20$)

ประมาณด้วยการแจกแจงแบบปกติ คือ $T \sim (\mu_T, \sigma_T^2)$

เมื่อ $\mu_T = \frac{n(n+1)}{4}, \sigma_T^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{24}$

จะได้ $z = \frac{T - \mu_T}{\sigma_T} \sim N(0,1)$

การหาอาณาเขตวิกฤตให้หาจากค่า Z

2.4 กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

ในหัวข้อที่ผ่านมานั้นได้ศึกษาตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน หรือตัวอย่างคู่ แม้จะพบว่าการใช้ตัวอย่างคู่ จะให้ผลที่สรุปได้ค่อนข้างแม่นยำที่สุด ถึงความแตกต่างระหว่าง 2 ทรีทเมนต์ แต่ในทางปฏิบัติจริงการหาตัวอย่างคู่อาจจะทำได้ยาก ทั้งนี้ เพราะผู้วิจัยไม่สามารถวางแผนการทดลองด้วยการใช้ตัวอย่างคู่ได้ หรือ ไม่สามารถระบุตัวแปรที่จะเป็นตัวกำหนดการหาตัวอย่างคู่ได้(เช่น หาตัวอย่างคู่ของผู้ป่วยโรคชนิดหนึ่ง อาจจะใช้ตัวแปรหลาย ๆตัวเป็นตัวกำหนดการจับคู่ เช่น เพศ อายุ เป็นต้น ตัวแปรใดจะเป็นตัวแปรที่ดีที่สุดในการกำหนดตัวอย่างคู่) หรือแม้จะหาตัวอย่างคู่ได้แต่ตัวอย่างคู่ที่ดีนั้นค่อนข้างหาได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จึงอาจจะใช้ตัวอย่าง 2 ชุดที่เป็นอิสระกันแทนซึ่งในทางปฏิบัติจะหาได้ง่ายกว่าโดยการสุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม อย่างอิสระกันจากประชากร ที่มีลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังนี้

1. ประชากร 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน (real 2 population) โดยมีวัตถุประสงค์จะเปรียบเทียบค่ากลางหรือการกระจายจาก 2 ประชากรนี้

2. ประชากรเพียง 1 กลุ่มแต่สุ่มตัวอย่าง 2 ชุดที่เป็นอิสระกัน โดยที่ตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มนี้ ถูกสุ่มให้กับทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งในจำนวน 2 ทรีทเมนต์(หรืออาจจะมีเพียง 1 ทรีทเมนต์ และเปรียบเทียบกับ control) ในกรณีนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 2 ทรีทเมนต์นั้นอาจเรียกประชากรลักษณะนี้ว่าประชากรเชิงทฤษฎี (Theoretical population)

การศึกษาเกี่ยวกับตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกันนี้ ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์นิยมใช้การทดสอบแบบที (t-test) หรือใช้การแจกแจงแบบที หาช่วงความเชื่อมั่นเกี่ยวกับค่ากลาง ทั้งนี้จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นคือ ตัวแปรต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และมีมาตราวัดของข้อมูลอย่างน้อยแบบอันตรภาค(*Interval scale*)

เมื่อต้องการหลีกเลี่ยงข้อกำหนดเบื้องต้นดังกล่าว หรือข้อกำหนดเบื้องต้นนั้นไม่เป็นจริงสำหรับข้อมูลที่จะวิเคราะห์ รวมทั้งข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ไม่เป็นตัวเลข จึงควรหันมาใช้วิธีการของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ซึ่งในบทนี้จะเสนอวิธีการวิเคราะห์ของสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ในปัญหาเกี่ยวกับสัดส่วน ค่ากลาง การกระจาย และปัญหาอื่น ๆ ตามลำดับ

2.4.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบแบบไม่ใช้พารามิเตอร์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่ากลาง (ซึ่งนิยมใช้ค่ามัธยฐาน)ของประชากร 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน รวมทั้งการหาช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างระหว่างค่ากลางจากประชากรนี้ด้วยซึ่งได้ผู้คิดค้นวิธีไว้มากมายหลายวิแต่ละวิธีอาจจะเหมาะสมกับข้อมูลมาตราวัดที่ต่างกันการจะเลือกใช้วีการทดสอบใดอาจพิจารณาจากข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นหรือไม่

2.4.1.1 การทดสอบของวิลคอกซัน แมนท์วิทนีย์ (The Wilcoxon – Mann_Whitney Test or The Wilcoxon Rank Sum Test)

บางครั้งเรียกว่า Mann-whitney U Test หรือ Mann-Whitney-Wilcoxon Test โดย Wilcoxon ได้ศึกษากรณีใช้ผลรวมลำดับที่ (rank sum) เป็นตัวสถิติ โดยที่ Mann และ Whitney ได้ชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวสถิติทดสอบที่เขาตั้งขึ้นกับของ Wilcoxon การทดสอบนี้นับได้ว่าเป็นการทดสอบที่เป็นการทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มักนิยมใช้*เพื่อเลี่ยงการใช้การทดสอบแบบที ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ หรือเมื่อข้อมูลมีมาตราวัดต่ำ*กว่าแบบอันตรภาค

65579
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลประกอบด้วยตัวอย่างสุ่ม ด้วยค่า $X_1, X_2, ..., X_{n1}$ จาก ประชากรที่ 1 และตัวอย่างสุ่มอีก 1 ชุด ด้วยค่าสังเกต $Y_1, Y_2, ..., Y_{n2}$ จากประชากรที่ 2 ซึ่งเป็นอิสระกัน

2.ตัวอย่าง 2 ชุดนี้เป็นอิสระกัน

3. ค่าตัวแปรสุ่มที่มีค่าต่อเนื่อง (continuous)

4. มาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับ (ordinal scale)

5. ฟังก์ชันการแจกแจงของ 2 ประชากรต่างกันเฉพาะค่ากลาง(ซึ่งนิยมวัดด้วยมัธยฐาน , M_x, M_y) นั่นคือประชากรทั้ง 2 ต้องมีการแจกแจงที่เหมือนกันต่างกันเฉพาะค่ากลางเท่านั้น

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติไม่จำเป็นต้องทราบว่ามีการแจกแจงแบบใด

สมมติฐาน ถ้าให้ M_x และ M_y แทนค่ามัธยฐานของประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

อาจทำการทดสอบสองหางหรือหางเดียว ได้ดังนี้

$$H_0 : M_x = M_y$$
$$H_1 : M_x \neq M_y$$

หรือ $H_0 : M_x \geq M_y$
$$H_1 : M_x < M_y$$

หรือ $H_0 : M_x \leq M_y$
$$H_1 : M_x > M_y$$

สถิติที่ใช้ทดสอบ ในที่นี้จะเสนอวิธีการของ Wilcoxon (1945) และ Mann , whitney (1947)ซึ่งต่างก็เสนอวิธีการทดสอบของตนเอง และในที่สุดสามารถหาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 วิธี ดังต่อไปนี้

1.วิธีการของ Wilcoxon ได้ใช้แนวคิดคล้ายการทดสอบของ Wilcoxon Signed Rank Test คือ ใช้ผลรวมของลำดับที่ (sum of ranks or rank sum) ของตัวอย่างชุดหนึ่งในข้อมูลรวมทั้งหมดที่ได้เรียงลำดับจากน้อยไปหามากโดยคาดว่า H_0 เป็นจริงในข้อมูลทั้งหมดนั้นค่าลำดับที่ของตัวอย่างชุดหนึ่งควรจะมีคละกันไปทั้งค่าน้อย ปานกลาง และมาก ซึ่งจะทำให้ได้ผลรวมลำดับที่ค่าหนึ่งไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป แต่ถ้า H_1 เป็นจริงค่าผลรวมของลำดับที่จากตัวอย่างชุดหนึ่งจะมีค่ามาก หรือน้อยเกินไปดังตัวอย่างต่อไปนี้

ถ้ามีตัวอย่างสุ่มขนาด 4 ด้วยค่าตัวแปรสุ่ม X และอีกชุดหนึ่งด้วยขนาด 5 ด้วยตัวแปรสุ่ม Y ปรากฏว่า เมื่อนำทั้ง 9 จำนวนมารวมกันและเรียงลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และให้ S = ผลรวมของลำดับที่ของข้อมูล X ในข้อมูลรวมทั้งหมด

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

ถ้าข้อมูลรวมทั้งหมด เมื่อนำมาเรียงลำดับแล้วได้ลำดับที่ ดังนี้

ชุดที่ 1 YYYYYXXXX กรณีนี้จะได้ค่า S = 6+7+8+9 = 30

ชุดที่ 2 XXXXYYYYY กรณีนี้จะได้ค่า S = 1+2+3+4 = 10

ชุดที่ 3 XYXYXYXYY กรณีนี้จะได้ค่า S = 1+3+5+7 = 16

จะพบว่าในตัวอย่างรวมชุดที่ 1 ตัวแปร X อยู่ในตอนท้ายได้ค่า S = 30 มีค่าใหญ่มากในตัวอย่างชุดนี้ น่าจะคาดเดาว่าประชากรกลุ่ม X มีแนวโน้มที่จะมีค่ามากกว่ากลุ่ม Y ในตัวอย่างรวมชุดที่ 2 ตัวแปร X อยู่ในตอนต้น ได้ค่า S = 10 มีค่าน้อย ดังนั้น น่าจะทำให้ยอมรับ ประชากร X มีแนวโน้มที่จะมีค่าน้อยกว่า Y และในตัวอย่างรวมชุดที่ 3 ตัวแปร X อยู่ในลักษณะผสม (mix) กันอย่างดีกับ Y ทำให้มีลำดับที่ทั้งค่าน้อย ปานกลางและมาก ได้ค่า S = 16 ซึ่งมีค่าปานกลางจากตัวอย่างนี้ น่าจะทำให้เรายอมรับ H_0 ประชากร X และ Y มีมัธยฐานไม่ต่างกัน

Wilcoxon ได้สร้างตารางแสดงค่าความน่าจะเป็นของค่า S ที่น้อย หรือมากเกินไปนี้ ซึ่งสามารถใช้ตารางดังกล่าวหาค่า p-value เพื่อตัดสินใจยอมรับ H_0 หรือปฏิเสธ H_0 ได้ แต่เนื่องจากค่า S ที่เล็กที่สุดจะแตกต่างกันไปตามขนาดตัวอย่างที่สุ่มมา จึงทำให้การสร้างตารางยากขึ้น และค่อนข้างใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกในการใช้ จึงไม่เสนอวิธีการของ Wilcoxon โดยตรงนี้ แต่จะปรับสูตรสถิติที่ใช้ทดสอบให้สัมพันธ์กับค่า S นี้ และสอดคล้องกับวิธีการMann , Whitney ซึ่งจะแสดงได้เสนอในลำดับต่อไป

ในกรณีตัวอย่างขนาดใหญ่ สามารถประมาณการแจกแจงของ S ด้วยการแจกแจงปกติ ดังสูตร

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

2. วิธีการของ Mann , Whitney มักเรียกชื่อการทดสอบของเขาทั้งสองว่า Mann-Whitney U Test ซึ่งกำหนดให้ตัวสถิติ U คือ การนับจำนวนค่าสังเกตในตัวอย่างชุดหนึ่งที่ทำหน้า (exceeding) แต่ละค่าสังเกตในตัวอย่างอีกชุดหนึ่งในข้อมูลที่นำมารวมกันและเรียงลำดับการคำนวณหา U สามารถทำได้ง่ายไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ และวิธีการนี้ยังเป็นพื้นฐานในการหาช่วงเชื่อมั่นของผลต่างค่ามัธยฐานใน 2 ประชากรด้วย

ให้ $U = \sum_{i=1}^{n_1} U_i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= ผลรวม(จำนวนค่า Y ที่น้อยกว่า หรือนำ หน้า X_i ในข้อมูลรวมทั้งหมด ที่เรียงลำดับแล้ว

เช่น มีข้อมูลรวม YYYYYXXXX จะได้ U = 5+5+5+5 = 20

XXXXYYYYY จะได้ U = 0

XYXYXYXYY จะได้ U = 0+1+2+3 = 6

จะเห็นว่าค่า U ที่ใหญ่เกินไป หรือ น้อยเกินไป ทำให้น่าเชื่อว่า H_1 เป็นจริงในขณะที่ U ที่มีค่าปานกลาง จะทำให้เชื่อว่า H_0 เป็นจริงซึ่งจะสอดคล้องกับค่า S ของ Wilcoxon นอกจากการนับจำนวนเพื่อหาค่า U แล้วอาจใช้สูตรหาค่า U ดังนี้

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

เมื่อ S = ผลรวมลำดับที่ของตัวแปร Y จากตัวอย่างขนาด n_2

3. วิธีการของ Wilcoxon และ Mann-Whitney Mann-Whitney ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถิติที่ใช้ทดสอบของเขากับของ Wilcoxon พบว่า

ถ้าให้ $T = S - \frac{n_1(n_1+1)}{2}$ แล้วค่า T ที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่า U นั่นเอง หลักในการหาอาณาเขตวิกฤตยังคงคล้ายการพิจารณาค่า S เนื่องจากค่า T มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงกับค่า S ดังนั้นค่า T ที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะทำให้ปฏิเสธ H_0 เพื่อยอมรับ H_1 แต่การสร้างตารางแจกแจงความน่าจะเป็นของค่า T จะง่ายขึ้น เนื่องจากค่าเล็กที่สุดของ T = 0 เสมอ

ดังนั้น สถิติที่ใช้ทดสอบ คือ $T = S - \frac{n_1(n_1+1)}{2}$

เมื่อ S = ผลรวมลำดับที่ของตัวอย่างขนาด n_1 ในข้อมูลรวมทั้งหมดที่เรียงลำดับแล้ว

การตัดสินใจ ใช้ตารางแสดงค่าวิกฤตของสถิติที่ใช้ทดสอบ T ในตารางที่ 10 ในกรณีการทดสอบสองหางจะปฏิเสธ H_0 ถ้าพบว่าค่า T น้อยเกินไป หรือใหญ่เกินไป

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

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

เมื่อเป็นการทดสอบหางเดียว ด้านน้อยกว่า คือ $H_1 : M_x < M_y$ จะปฏิเสธ H_0 เมื่อพบว่า T น้อยเกินไป

อาณาเขตวิกฤต คือ $T < W_{\alpha}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเป็นการทดสอบทางเดียวด้านมากกว่า $H_1 : M_x > M_y$ จะปฏิเสธ H_0 เมื่อพบว่า T ใหญ่เกินไป

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

กรณีตัวอย่างใหญ่ กรณี n_1 หรือ $n_2 > 20$ สามารถประมาณการแจกแจงของสถิติ T ได้ด้วยการแจกแจงปกติ ด้วยตัวสถิติทดสอบ Z ดังนี้

$$Z = \frac{T - n_1 n_2 / 2}{\sqrt{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)/12}} \sim N(0,1)$$

การหาอาณาเขตวิกฤตให้หาจากโค้งการแจกแจงปกติมาตรฐาน

2.5 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่มีความสัมพันธ์ (เมื่อ k = จำนวนทรีทเมนต์ที่ต้องการเปรียบเทียบ)

2.5.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือ ความน่าจะเป็น

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าสัดส่วนของเหตุการณ์ที่สนใจในประชากร k กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กันว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

2.5.1.1 การทดสอบของคอนคราน คิว (The Cochran Q. Test)

บางครั้งในแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการให้ทรีทเมนต์แก่หน่วยทดลองจะมีค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่งจาก 2 ค่าเท่านั้น เช่น 1 หรือ "ความสำเร็จ" และ 0 หรือ "ความล้มเหลว"

คอนครานได้เสนอวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเท่ากันของประสิทธิภาพของทรีทเมนต์ทั้ง K ทรีทเมนต์ ในกรณีนี้จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าสัดส่วน

ข้อมูล ข้อมูลที่จะใช้วิเคราะห์วิธีการทดสอบนี้จะต้องมีมาตรการวัดแบบนามบัญญัติหรือเรียงลำดับ ซึ่งมีคำตอบให้เลือก 2 ทางเท่านั้น เช่น ได้กับตก หรือ สำเร็จกับล้มเหลว จัดลงตารางชนิด $N \times k$

k = จำนวนแถวตั้ง

N = จำนวนแถวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยทดลอง	ทรีทเมนต์ที่ 1	ทรีทเมนต์ที่ 2	ทรีทเมนต์ที่ j	ทรีทเมนต์ที่ k	
1	1	0		0	
2	0	0		1	
3	1				
.					
.			X_{ij}		
i					
N	1	0		1	
ผลรวม	G_1	G_2		G_k	$\overline{G}$

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย N บล็อกและ k ทรีทเมนต์
2. ผลลัพธ์จากการทดลองมีค่าเป็น 1 หรือ 0 อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น และสามารถจัดลงตารางการแจกแจง 2 ทาง ซึ่งค่า X_{ij} จะมีค่าเป็น 0 หรือ 1 เท่านั้น
3. บล็อกเป็นตัวอย่างสุ่มจากประชากรของบล็อกที่เป็นไปได้ทั้งหมด

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่าง K ทรีทเมนต์นี้

H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

ซึ่งถ้า H_0 นี้เป็นจริงผลรวมของคะแนนในแต่ละทรีทเมนต์น่าจะมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ ค่า $G_j : j = 1,....., k$ ควรมีค่าไม่ต่างกัน ดังนั้นค่าสถิติที่ใช้ทดสอบจึงควรจะใช้ค่าที่วัดความแตกต่างของ G_j ดังนี้

ให้ $$Q = \frac{k(k-1)\sum_{j=1}^{k}(G_j - \overline{G})^2}{\sum_{i=1}^{N} L_i - \sum_{i=1}^{N} L_i^2}$$

เมื่อ G_j = จำนวนความสำเร็จทั้งหมดในแถวตั้งที่ j

$\overline{G}$ = ค่าเฉลี่ยของ G_j

L_i = จำนวนความสำเร็จทั้งหมดในแถวนอนที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยคอครานพบว่า ถ้าจำนวนแถวนอนมีค่าไม่น้อยจนเกินไป นั่นคือ มีจำนวนบล็อกไม่น้อยเกินไป หรือมีตัวอย่างขนาดใหญ่พอสมควร จะสามารถประมาณการแจกแจงของ Q ได้ด้วยการแจกแจงของ χ^2 ที่ d.f. = k-1

สามารถกระจายสูตรของ Q เพื่อให้การคำนวณง่ายขึ้นได้ดังนี้

$$Q = \frac{(k-1)\left[k\sum_{i=1}^{k} G_j^2 - \left(\sum_{j=1}^{k} G_j\right)^2\right]}{k\sum_{i=1}^{N} L_i - \sum_{i=1}^{N} L_i^2}$$

การตัดสินใจ ค่า Q นี้เป็นค่าวิกฤตที่ยอมให้เกิดภายใต้ H_0 ดังนั้นถ้าค่า Q ที่คำนวณได้จากกลุ่มตัวอย่างมีค่ามากกว่าค่า χ^2_{k-1} จากตารางไคสแควร์ที่ระดับนัยสำคัญหนึ่งจะปฏิเสธ H_0

2.5.1.2 กระบวนการภายหลังของแบบทดสอบคอครานคิว(Post Hoc Procedures for Cochran Test)

เมื่อสมมติฐานเบื้องต้น ; H_0 ถูกปฏิเสธ นั้นคือ สัดส่วนต่างๆที่สัมพันธ์กันนั้นไม่เท่ากันหมด หรือมีอย่างน้อย 1 คู่ของสัดส่วนที่แตกต่างกัน เราอาจต้องการทราบต่อไปว่าสัดส่วนคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจทำได้โดยการสร้างช่วงเชื่อมั่นสำหรับผลต่างของสัดส่วนคู่ใดๆ ($\pi_i - \pi_j$, i < j) แล้วพิจารณาแต่ละคู่ว่าช่วงความเชื่อมั่นนั้นรวมค่า 0 หรือไม่ ถ้าไม่รวม 0 แสดงว่าสัดส่วนคู่นั้นๆแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของผลต่างสัดส่วนคู่ใดๆ $\pi_i - \pi_j$, i<j เป็น ดังนี้

$$\pi_i - \pi_j = (p_i - p_j) \pm \sqrt{\chi^2_{\alpha,(k+1)}} \sqrt{\frac{k\sum L_i - \sum L_i^2}{Nk(k-1)}\left(\frac{2}{N}\right)}$$

2.5.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดสอบสมมติฐานของการเท่ากันของทรีทเมนต์ k ทรีทเมนต์โดยพิจารณาในเทอมค่ากลางจาก k ทรีทเมนต์ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งใช้หลักของผลรวมของลำดับที่ (rank sum) เป็นสถิติทดสอบโดยที่ยังคงมีลักษณะแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2.1 การทดสอบของฟรีดแมน (The Friedman Two_Way Analysis Of Variance By Ranks Test)

การทดสอบนี้จะใช้ผลรวมลำดับที่เป็นสถิติทดสอบ โดยมักเป็นอีกทางเลือกที่นักวิจัยใช้สำหรับแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์เมื่อการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ไม่เหมาะสมนั่นคือ ข้อสมมติเบื้องต้นของการทดสอบแบบเอฟ (F-Test) ไม่เป็นจริง รวมทั้งข้อมูลที่ได้มาอาจอยู่ในรูปลำดับที่ด้วย

ข้อกำหนดเบื้องต้น

1. ข้อมูลประกอบด้วยบล็อกที่เป็นอิสระกัน b บล็อกด้วยขนาด = k และจะแทนคะแนนด้วย X_{ij} เมื่อมาจากบล็อกที่ i และทรีทเมนต์ที่ j และสามารถจัดข้อมูลลงตารางแจกแจง 2 ทางโดยมี b แถวนอน และ k แถวตั้ง
2. ค่าตัวแปรสุ่มมีลักษณะต่อเนื่อง และมีมาตราวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ
3. ไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่างบล็อกและทรีทเมนต์
4. ค่าสังเกตภายใน 1 บล็อกสามารถเรียงลำดับได้

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง k ทรีทเมนต์ไม่ต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 ค่าที่แตกต่างจากค่าอื่น ๆ

สถิติที่ใช้ทดสอบ

ในขั้นแรกให้เปลี่ยนข้อมูลดิบให้เป็นข้อมูลลำดับที่ภายในแต่ละบล็อกโดยให้เรียงจากค่าน้อยสุดไปหาค่ามากสุด ดังนั้นภายใน บล็อกจะมีค่าลำดับที่จาก 1 ถึง k และขั้นที่ 2 ให้หาผลรวมของลำดับที่ของแต่ละทรีทเมนต์ ฟรีดแมนได้สร้างสถิติทดสอบคือ

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

เมื่อ b = จำนวนบล็อก(หรือแถวนอน)

k = จำนวนของทรีทเมนต์หรือแถวตั้ง

R_j = ผลรวมลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพบว่าถ้าจำนวนทรีทเมนต์และบล็อคมีจำนวนไม่น้อยจนเกินไป สามารถประมาณการแจกแจงของ χ_r^2 ได้ด้วยการแจกแจงแบบ χ^2 ที่ d.f. = k-1 ดังนั้นการหาอาณาเขตวิกฤตจะหาจากตาราง χ^2 ที่ d.f. = k-1

แต่ถ้าจำนวนทรีทเมนต์และบล็อกมีจำนวนน้อยเกินไป การหาอาณาเขตวิกฤตให้พิจารณาตารางที่ 13 ที่แสดงค่าวิกฤต W เมื่อ $W = \frac{\chi_r^2}{b(k-1)}$ โดยปฏิเสธ H_0 เมื่อพบว่าค่า W จากข้อมูลตัวอย่าง ≥ ค่าวิกฤต W จากตารางที่13 ที่ค่า b, k และ $\alpha = p$ หนึ่ง ๆ โดยจะใช้ตารางนี้เมื่อ k = 3 ,b = 2 ถึง k = 4 , b = 2 ถึง 8 และ k = 5 , b= 3

2.5.2.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

จากการทดสอบของฟรีดแมน ถ้าปฏิเสธ H_0 ซึ่งหมายความว่า ทรีทเมนต์ k ทรีทเมนต์นั้นมีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกันเราอาจต้องการทราบต่อไปว่าคู่ใดบ้างที่ต่างกัน สามารถใช้วิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยได้ดังนี้

<u>เปรียบเทียบทรีทเมนต์ทุกคู่ที่เป็นไปได้</u>

ที่ระดับนัยสำคัญ α และจำนวนของบล็อคมีขนาดใหญ่ จะสามารถสรุปได้ว่าทรีทเมนต์ ที่ i และ j แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ถ้า

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

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

R_i = ผลรวมของลำดับที่ของทรีทเมนต์ที่ i (ตามวิธีของฟรีดแมน)

และ R_j = ผลรวมของลำดับที่ของทรีทเมนต์ที่ j (ตามวิธีของฟรีดแมน)

2.5.2.3 การทดสอบของฟรีดแมนกรณีหลายค่าสังเกตต่อหน่วย(Several Observation Per Unit or Replicated Designs)

จากการทดสอบของฟรีดแมนที่ผ่านมาจะพบว่าเป็นกรณีที่วัดค่าสังเกตเพียง 1 ครั้ง จากหน่วยทดลองหนึ่ง ๆ แต่ถ้าสามารถวัดค่าสังเกตได้มากกว่า 1 ค่า ก็จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้น แม้ว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นได้มีการปรับปรุงแบบทดสอบของฟรีดแมนเพื่อใช้วิเคราะห์สรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

H_0 : ทรีทเมนต์ทั้ง k ทรีทเมนต์มีค่ามัธยฐานไม่ต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างจากค่าอื่นๆ

สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$S_m = \left[\frac{12}{bkm^2(mk+1)} \sum R_j^2 \right] - 3b(mk+1)$$

จาก b = จำนวนบล็อค

m = จำนวนซ้ำในแต่ละคู่ของทรีทเมนต์และบล็อค

k = จำนวนทรีทเมนต์

ซึ่งจะมีการแจกแจงแบบไคสแควร์ ด้วยระดับความเป็นอิสระ = k- 1

2.6 การทดสอบกรณีตัวอย่าง k กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

2.6.1 การทดสอบเกี่ยวกับค่ากลาง

2.6.1.1 การทดสอบของครัสคาลและวอลลิส (The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance By Ranks)

ใช้ทดสอบว่า ประชากร k กลุ่มมีค่ามัธยฐานเท่ากันหรือไม่ โดยมีวิธีการที่สำคัญ คือ ค่าคาดหมายของค่าลำดับที่ของข้อมูลตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ควรมีค่าพอๆกัน ข้อมูลที่นำมาทดสอบประกอบด้วยข้อมูลจากตัวอย่างสุ่ม k กลุ่มแต่ละชุดอาจมีขนาดตัวอย่างแตกต่างกัน ข้อมูลที่ใช้อย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับ (Ordinal Scale) และมีการแจกแจง

การทดสอบนี้นิยมใช้แทนการทดสอบแบบเอฟ (F-test) ใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ในกรณีที่ข้อกำหนดเบื้องต้นของการทดสอบเอฟ ไม่เป็นจริง

สมมติฐาน

H_0 : ค่ามัธยฐานของประชากร k กลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของประชากรอย่างน้อย 1 คู่แตกต่างกัน

วิธีการ อาจสรุปขั้นตอนการทดสอบได้ดังนี้

1. จัดลำดับของข้อมูลทั้งหมดร่วมกัน จากน้อยไปหามากโดยให้คะแนนต่ำสุดมีลำดับที่ 1 และคะแนนสูงสุดเป็นลำดับที่ n เมื่อ n เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด
2. หาผลรวมของลำดับที่ในข้อมูลแต่ละชุด คือ R_i , i = 1,2...,k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คำนวณค่าสถิติ $H = \left[\frac{12}{n(n+1)}\sum_{i=1}^{k}\frac{R_i^2}{n_i}\right] - 3(n+1)$

เมื่อ k = จำนวนประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน

R_i = ผลรวมของลำดับที่ในตัวอย่างที่ i , i = 1,...k

n_j = ขนาดตัวอย่างชุดที่ i , i = 1,...k

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

ตามทฤษฎีจะพบว่า ถ้า H_0 เป็นจริง H จะมีการแจกแจงประมาณนั้นได้ด้วย χ^2 ที่ d.f. = k-1 ถ้า n_i **มีค่าใหญ่พอสมควร**

4. การหาอาณาเขตวิกฤตและการสรุปผล สามารถแยกได้ตามขนาดตัวอย่าง คือ

4.1 เมื่อ $n_i > 5$ การแจกแจงของค่าสถิติ H_0 ประมาณได้ด้วย χ^2 ที่ d.f. = k-1 เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ = α หาอาณาเขตวิกฤต จากตาราง....ที่ d.f. = k-1 จะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าของ H มากกว่าหรือเท่ากับ χ^2 จากตาราง

4.2 เมื่อ k = 3 และ $n_i \leq 5$ ในแต่ละ k ใช้ตารางที่ kruskal สร้างไว้โดยแสดงค่าวิกฤตของ H นั้นๆ ตารางของ kruskal คือ ตารางที่ 16 สามารถจะทำการเปรียบเทียบค่า H หรือ p-value ก็ได้คือจะปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า H จากตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับค่า H จากตารางที่ระดับนัยสำคัญ α

2.6.1.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย (Multiple Comparison)

เมื่อใช้การทดสอบของครัสคาลและวอลลิส แล้วพบว่าปฏิเสธ H_0 แสดงว่ามีทรีทเมนต์อย่างน้อย 1 คู่ มีประสิทธิภาพต่างกัน โดยทั่วไปนักวิจัยมักอยากทราบต่อไปว่าทรีทเมนต์ คู่ใดบ้างที่ต่างกันเราสามารถทำการเปรียบเทียบทรีทเมนต์เป็นคู่ๆ ได้ ด้วยวิธีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ดังต่อไปนี้

เปรียบเทียบทรีทเมนต์ทุกคู่ เมื่อต้องการเปรียบเทียบทรีทเมนต์ที่ i และ j ว่าต่างกันหรือไม่

ให้ $\overline{R_i}$ = ค่าเฉลี่ยของลำดับที่จากทรีทเมนต์ที่ i

$\overline{Rj}$ = ค่าเฉลี่ยของลำดับที่จากทรีทเมนต์ที่ j

ที่ระดับนัยสำคัญ = α

ค่าวิกฤต = $Z\sqrt{\frac{n(n+1)}{12}\left[\frac{1}{n_i}+\frac{1}{n_j}\right]}$

เมื่อ n = ผลรวมของขนาดตัวอย่าง k กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= n_1 + n_2 ... + n_k$

z = คะแนนมาตรฐานที่มีพื้นที่ปลายหางด้านขวา = $\frac{\alpha}{k(k-1)}$

หาค่า $\left|\overline{R_i} - \overline{R_j}\right|$ แล้วเทียบกับค่าวิกฤต

ถ้าค่า $\left|\overline{R_i} - \overline{R_j}\right|$ มีค่า ≤ ค่าวิกฤต แสดงว่าคู่นี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนับสำคัญ α

การเปรียบเทียบเช่นนี้ สามารถทำได้ทุกคู่ที่เป็นไปได้คือ ${}^kC_2$ คู่

2.7 การทดสอบการแจกแจง

ปัญหาที่สำคัญทางสถิติประการหนึ่งคือ รูปแบบของการประชากรที่สุ่มตัวอย่างมาเป็นอย่างไรการทราบถึงรูปแบบของประชากรจะเป็นแนวทางในการศึกษารายละเอียดต่อไปของประชากรนั้น เช่น ถ้าได้ข้อมูลตัวอย่างขนาดเล็กๆจำนวนหนึ่งจากประชากรที่ไม่ทราบรูปแบบไม่ทราบค่าความแปรปรวน ถ้าอยากทราบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรนี้จะตั้งสมมติฐานทดสอบ ด้วยวิธีการทดสอบแบบสถิติที่ใช้พารามิเตอร์(Parametric test) ซึ่งนิยมใช้ในการทดสอบแบบที จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเบื้องต้นว่าประชากรต้องมาจากการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นต้องแน่ใจก่อนว่าประชากรมาจากการแจกแจงปกติแล้วจึงจะใช้การทดสอบแบบที(T-test)ได้ ในขั้นตอนนี้เอง จำเป็นต้องใช้การทดสอบการแจกแจง แต่ถ้าหากไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติอาจเลี่ยงมาใช้การทดสอบแบบสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ (Nonparametric test)

การทดสอบข้อมูลตัวอย่างขนาดเล็กๆจำนวนหนึ่งมาจากการแจกแจงปกติหรือแบบอื่นๆหรือไม่ จะทำได้ด้วย **การทดสอบการแจกแจง** ซึ่งการทดสอบเหล่านี้จะมีสมมติฐานเบื้องต้น(Null hypothesis ; H_0)เกี่ยวกับค่าฟังก์ชันการแจกแจงแบบสะสม (Cumulative Distribution Function)หรือ จะครอบคลุมไปถึงรูปแบบของฟังก์ชัน ตลอดจนค่าของประชากรนั้น ถ้าในกรณีที่ไม่สามารถระบุค่าพารามิเตอร์อย่างนั้นได้จำเป็นต้องประมาณค่าจากค่าสถิติที่สอดคล้องกันจากกลุ่มตัวอย่าง ส่วนสมติฐาน แย้ง(Alternative Hypothesis)จะกล่าวถึงอย่างกว้างๆ ไม่ระบุว่าเป็นความแตกต่างในค่ากลาง,การกระจาย, รูปแบบ หรือการผสมผสานส่วนต่างๆดังนั้นการปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้น จึงไม่ได้หมายความว่าจะยอมรับสมมติฐานแย้ง(H_1)ที่ระบุเฉพาะค่าใดค่าหนึ่ง โดยทั่วไปการทดสอบการแจกแจงมักจะสนใจเฉพาะรูปแบบของประชากร(From of The Population) โดยมักคาดหวังว่าสมมติฐานเบื้องต้นจะถูกยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 การทดสอบไคสแควร์

ตัวอย่าง 1 ชุด ด้วยขนาด N ถูกสุ่มจากประชากรที่ไม่ทราบฟังก์ชั่นการแจกแจง แบบสะสมต้องการทดสอบสมมติฐานเบื้องต้น คือ

สมมติฐาน

H_0 : $F_x(X) = F_0(X)$ for all X

H_1 : $F_x(X) \neq F_0(X)$ for some X

การที่จะใช้การทดสอบแบบไคสแควร์ จำเป็นต้องจัดข้อมูลตัวอย่างขนาด N ออกแบบเป็นกลุ่มย่อย ๆ และ บันทึกความถี่ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่ม ในกรณีที่ข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพการจัดกลุ่มอาจจัดได้ตามลักษณะข้อมูล ซึ่งอาจเป็นตัวเลขหรือไม่เป็นก็ได้ เช่น การโยนเหรียญจัดกลุ่มได้ คือ หน้าหัวที่ได้ และหน้าก้อยที่ได้ หรือ การโยนลูกเต๋าก็จัดกลุ่มได้ตามแต้มที่ได้จากการโยน ดังนั้นการทดสอบไคสแควร์จึงเหมาะสมกับข้อมูลที่บันทึกความถี่ในกลุ่มต่าง ๆ นั่นคือ การแจกแจงที่น่าจะเหมาะสมสำหรับข้อมูลประเภทนี้ คือ การแจกแจงแบบต่อเนื่อง เช่น การแจกแจงแบบทวินาม การแจกแจงแบบพัวซอง

ในสมมติฐานเบื้องต้นระบุการแจกแจงของประชากรที่แน่ชัดจากข้อมูลตัวอย่างก็สามารถคำนวณหาความน่าจะเป็นที่ค่าข้อมูลจะมีค่าตกในกลุ่มต่าง ๆ ได้ เมื่อคูณด้วยจำนวนข้อมูลตัวอย่างทั้งหมด N แล้วก็จะได้จำนวนความถี่คาดหวัง เมื่อสมมติฐานเบื้องต้นเป็นจริง และจากข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งได้บันทึกความถี่ที่สังเกตได้ ความถี่ทั้ง 2 ดังกล่าวในแต่ละกลุ่มควรมีจำนวนใกล้เคียงกัน เมื่อยอมรับ H_0 ตามสูตรการทดสอบดังนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ k = จำนวนกลุ่มต่าง ๆ ที่ข้อมูลตัวอย่างจัดเป็นกลุ่ม ๆ

O_i = ความถี่ที่สังเกตได้จากข้อมูลตัวอย่างกลุ่มที่ i , i = 1 ,.... ,k

E_i = ความถี่คาดหวังเมื่อ H_0 เป็นจริงจากกลุ่มที่ i , i = 1 ,.... ,k

$$\sum_{i=1}^{k} O_i = \sum_{i=1}^{k} E_i = N$$

จากสูตรข้างต้นจะปฏิเสธสมมติฐานเบื้องต้นเมื่อค่า χ^2 มีค่าใหญ่ โดยอาณาเขตวิกฤตสามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบไคสแควร์ที่ d.f. = k-1-m เมื่อ N มีขนาดใหญ่ขึ้น

และ m = จำนวนพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าสำหรับการทดสอบ การแจกแจงตามสมมติฐาน H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งค่า m จะแตกต่างกันไปตามการแจกแจงแบบต่างๆ เช่น การแจกแจงทวินามถ้าจำเป็นต้องประมาณพารามิเตอร์ค่าสัดส่วนของเหตุการณ์ที่สนใจ p ด้วยค่าสถิติ $\hat{p}$

เมื่อ $\hat{p} = \frac{\overline{X}}{n}$ ดังนั้น m = 1 เมื่อ n = จำนวนครั้งที่ทำการทดลองในหนึ่งการทดสอบการแจกแจงพัวซอง ถ้าจำเป็นต้องประมาณพารามิเตอร์ ค่าเฉลี่ย, ด้วยค่าสถิติ $\hat{\lambda}$ เมื่อ $\hat{\lambda} = \overline{X}$ ดังนั้น m = 1

เมื่อคำนวณค่าของตัวสถิติ χ^2 แล้วจึงพิจารณาว่า χ^2 นี้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญของการทดสอบหรือไม่ เมื่ออาณาเขตวิกฤตคือบริเวณที่ค่า χ^2 มีพื้นที่ทางขวาของโค้งการแจกแจงของ $\chi^2 = \alpha$ เสมอ

การใช้การแจกแจงไคสแควร์ประมาณการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ χ^2 ดังกล่าวจะดีเมื่อ N มีขนาดใหญ่ และ $E_i : 1,.....,k$ ควรมีอย่างน้อย 5 ขึ้นไป ในกรณีที่ค่า E_i มีค่าน้อยกว่า 5 จำเป็นต้องปรับให้มีค่าตั้งแต่ 5 ขึ้นไป โดยรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน ค่า E_i ที่มีค่าน้อยกว่า 5 ไม่ควรเกิน 20% ของจำนวนเซลทั้งหมดและไม่มีเซลใดที่มีค่า E_i น้อยกว่า 1

ในกรณีที่ไม่สามารถรวมกลุ่มเข้าด้วยกันได้ เนื่องจากความหมายจะเปลี่ยนไป จำเป็นต้องเพิ่มขนาดตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้น

2.7.2 การทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว

เป็นการทดสอบซึ่งแนะนำขึ้นโดย Kolmogorov ใช้ได้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ การทดสอบนี้จะช่วยให้ทราบว่าการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาเหมือนการแจกแจงของประชากรที่เราสนใจหรือไม่ หรืออธิบายได้ว่าคะแนนจากตัวอย่างสามารถพูดได้อย่างมีเหตุผลหรือไม่ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงทางทฤษฎีอันหนึ่งหรือคือ การทดสอบการแจกแจงนั่นเองจะใช้เมื่อการแจกแจงที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง และการทดสอบนี้จะมีอำนาจการแจกแจงมากกว่าการทดสอบไคสแควร์ เพราะการทดสอบไคสแควร์จำเป็นต้องรวมกลุ่มกันด้วยเมื่อ $E_i < 5$ ทำให้สูญเสียข้อมูลไป และการทดสอบนี้ใช้ได้ดีเมื่อ n เล็ก เช่น $N < 40$ ถ้า N มากกว่านี้ควรใช้การทดสอบไคสแควร์

สถิติที่ใช้ในการทดสอบ

$$D = Max\{|S(z_i) - F_0(z_i)|, |S(z_{i-1}) - F_0(z_i)|\}$$

เมื่อ $F_0(x)$ = ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมตามทฤษฎีหนึ่งๆ

และ $S(x)$ = ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมของตัวอย่างสุ่มขนาด N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐาน

H_0 : $F_x(X) = F_0(X)$ for all x

H_1 : $F_x(X) \neq F_0(X)$ for some x

เมื่อ F(x) = ฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสม

= $P(X \leq x)$

เนื่องจากใช้ค่าสถิติทดสอบ

2.7.3 การทดสอบของ Lilliefors (The Lilliefors test)

Lilliefors ได้ปรับปรุงการทดสอบของ Kolmogorov-Smirmov ในกรณีที่ต้องการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงปกติที่ไม่ได้ระบุค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอาจเรียกได้ว่าเป็น"การทดสอบสำหรับการแจกแจงปกติ"

การทดสอบของ Lilliefors จะเหมือนกับการทดสอบของ Kolmogorov-Smirmov เกือบทุกประการ ยกเว้นการใช้คะแนนมาตรฐานแทนคะแนนเดิม กล่าวคือจากข้อมูลตัวอย่างคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(\overline{X}, S)$ ด้วย

สูตร $\overline{X} = \dfrac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$

และ $S = \sqrt{\dfrac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^{N} (X_i - \overline{X})^2}$

และแปลงค่า X_i เป็น Z_i ด้วยสูตร $Z_i = \dfrac{X_i - \overline{X}}{S}$ การคำนวณหาสถิติทดสอบจะคำนวณจากค่า Z_i แทน X_i ซึ่งเป็นข้อมูลดิบ

สถิติที่ใช้ทดสอบ

$$D = Max\left\{|S(z_i) - F_0(z_i)|, |S(z_{i-1}) - F_0(z_i)|\right\}$$

การตัดสินใจ

นำค่า D นี้ไปเปรียบเทียบกับค่า D ในตาราง

ใช้ ตารางที่ 23_I ในกรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยแต่ทราบความแปรปรวน

ตารางที่ 23_{II} ในกรณีที่ทราบค่าเฉลี่ยแต่ไม่ทราบความแปรปรวน

ตารางที่ 23_{III} ในกรณีที่ไม่ทราบค่าเฉลี่ยและทราบความแปรปรวน

ถ้าค่า D ที่ได้จากข้อมูลตัวอย่างมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤต ก็ยอมรับ H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3
วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินการสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่โดยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต จะสามารถแบ่งการดำเนินงานออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนออกแบบเว็บไซต์และ ส่วนของการเขียนโปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ โดยมีรายละเอียดส่วนต่างๆดังนี้

3.1 ส่วนออกแบบเว็บไซต์

ในการออกแบบเว็บไซค์จะต้องทำการเลือกโปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบหน้าของเว็บไซต์ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ออกแบบเว็บไซค์ ประกอบด้วย

- Macromedia Dreamweaver 4.0
- Photoshop 6.0

โดยมีหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

- โปรแกรม Macromedia Dreamweaver 4.0 ทำหน้าที่วางส่วนต่างๆ ของเว็บไซค์ จัดรูปแบบเว็บไซค์ให้ดูสวยงามไม่ซ้ำซากจำเจ
- โปรแกรม Photoshop 6.0 ทำหน้าที่ตกแต่งรูปภาพที่นำมาใช้ในการประกอบเว็บไซค์ เพ่อเพิ่มสีสันให้มีความหลากหลายมากขึ้น

เมื่อได้ทำการศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในส่วนของการออกแบบแล้วจะสามารถแบ่งส่วนของเว็บไซค์ ออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.1.1 โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติโดยไม่ใช้พารามิเตอร์ ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ในส่วนรับค่าของโปรแกรมนั้น ผู้ใช้จะต้องทราบลักษณะของข้อมูลที่จะใช้ในการคำนวณก่อน ลักษณะข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์มี 2 ลักษณะ คือ

- *ผู้ใช้ทราบจำนวนข้อมูลที่มีการวิเคราะห์มาแล้วพอสังเขป*
- *ผู้ใช้ทราบข้อมูลดิบ*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นทำการป้อนข้อมูลที่จะคำนวณ ซึ่งถ้าใส่ข้อมูลไม่ครบโปรแกรมจะแสดงไอคอน " ท่านใส่ข้อมูลไม่ครบ " และจะต้องย้อนกลับมาใส่ค่าข้อมูลเพิ่มเติม

3.1.2 ส่วนของผู้ใช้

จะมีส่วนของ Help เพื่อให้ผู้ใช้ที่ไม่เข้าใจการใช้โปรแกรมในหน้านั้น เข้าใจว่าต้องใส่ข้อมูลในลักษณะใด ซึ่งจะคอยแนะนำและทำการใช้งานสะดวกขึ้น

3.2 ส่วนของการเขียนโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่โดยสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

ภาษาที่นำมาเป็นหลักใช้ในการเขียนโปรแกรมคำนวณและตรวจสอบเงื่อนไขในการรับค่าข้อมูลคือ ASP เพราะ HTML ไม่สามารถทำงานในส่วนนี้ได้

หมายเหตุ ASP คือ ผู้ให้บริการระบบสารสนเทศทางธุรกิจตามวัตถุประสงค์ที่ลูกค้าต้องการ
HTML คือ ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาเว็บเพจ

เว็บไซค์ www.siamwebhost.com เป็นเซอร์เวอร์ที่ให้บริการรับฝากไฟล์ ASP ที่ผู้จัดทำได้ทำการฝากส่วนของโปรแกรมที่ใช้คำนวณและฐานข้อมูลที่เก็บค่าตารางสถิติต่างๆไว้ โดยที่มีข้อจำกัดของโปรแกรมไว้ว่า ผู้ใช้โปรแกรมนี้ได้ต้องมีพื้นฐานในวิชาสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์พอสมควรหรือกำลังศึกษาเกี่ยวกับวิชาสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์อยู่

การเขียนโปรแกรมจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

3.2.1 ส่วนของฐานข้อมูล (Database)

จะต้องมีตารางสถิติเก็บไว้ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณและตรวจสอบสมมุติฐาน โดยใช้คำสั่ง SQL ในการเรียกใช้ฐานข้อมูลเพื่อจะนำค่าจากตารางมาประมวลผลโดยในส่วนนี้จะทำให้ไม่ต้องเก็บค่าตารางสถิติทั้งหมดไว้ในส่วนเดียวกับเว็บไซค์ทำให้โปรแกรมสั้นลง ทำงานน้อยลงและยังสามารถประมวลผลได้เร็วยิ่งขึ้น
หมายเหตุ SQL คือ ภาษามาตรฐานที่ใช้ในการจัดการข้อมูล

3.2.2 ส่วนของโปรแกรมการประมวลผล

ภาษา ASP จะใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขการใส่ข้อมูลของผู้ใช้ , ใช้ในการคำนวณและใช้คำสั่ง SQL ในการดึงค่าจกตารางสถิติจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์และแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์

ผลจากการคำนวณค่าต่างๆโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ให้ผลลัพธ์ของการคำนวณที่สะดวกและรวดเร็วง่ายต่อการใช้งานในทุกๆสถานที่ ความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากทางคณะผู้จัดทำได้นำข้อมูลมาทำการทดสอบกับตัวโปรแกรมแล้วได้คำตอบที่ถูกต้อง ดังจะเสดงผลการคำนวณแยกเป็นหัวข้อดังนี้

4.1 กรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม

4.1.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

4.1.1.1 การทดสอบแบบทวินาม (The Binomial Test)

การทดสอบทวินามนั้นจะใช้กับตัวอย่างที่มีขนาด n และเป็นอิสระกัน โดยการทดลอง n ครั้ง นั้นจะมีผลลัพธ์เพียง 2 อย่างเท่านั้น คือ “สำเร็จ” และ “ล้มเหลว”

ตัวอย่าง

ห้าง ๆ หนึ่งปกติจะปิดทำการวันอาทิตย์ ผู้จัดการสังเกตพบว่าในวันอาทิตย์มีลูกค้าต้องการซื้อสินค้าเป็นจำนวนมากพอสมควร เพื่อตัดสินใจจะทำการเปิดในวันอาทิตย์ จึงหาข้อมูลโดยการสอบถามแม่บ้านจำนวน 18 คน พบว่ามี 7 คนต้องการให้เปิด ผู้จัดการได้ตั้งเกณฑ์ไว้ว่าจะเปิดก็ต่อเมื่อมีลูกค้ามากกว่า 25% ของลูกค้าประจำที่มาสม่ำเสมอ จากข้อมูลนี้ควรจะเปิดห้างหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : \theta = 0.25$

$H_1 : \theta > 0.25$

สถิติทดสอบ $S_+ = 7$

การตัดสินใจ จากตารางแจกแจงทวินาม (ตารางที่ 3) ที่ n = 18 และค่าพารามิเตอร์ = 0.25 หาค่าวิกฤติ t ซึ่ง $P(y \le t) \approx 0.95$ หรือ $P(y > t) \approx 0.05$

ได้ $P(y \le 7) = 0.9431, P(y > 7) = 0.0569$

ดังนั้น $t = 7$

และอาณาเขตวิกฤติคือ $S_+ > t$ คือ $S_+ > 7$ หรือ $S_+ \ge 8$

$S_+ = 7$ จึงไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤติ ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ นั่นคือ ไม่สนับสนุนให้เปิดวันอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Binomial Test

ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลลัพธ์สำเร็จ = 0.25 ตั้งสมมติฐาน

1. กรอกค่าความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบแล้วกดปุ่มตั้งสมมติฐาน

หน้าแรก

เนื้อหา

ข้อจำกัด

สมมติฐาน

H_0: ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลลัพธ์สำเร็จ <= 0.25

H_1: ความน่าจะเป็นที่จะได้ผลลัพธ์สำเร็จ > 0.25 2. ตั้งสมมติฐานที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 3.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

4. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้ 4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ตัวอย่างสุ่มขนาด n = 18 ทดสอบสมมติฐาน

จำนวนความสำเร็จ (s+) = 7 Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

อาณาเขตวิกฤต คือ s+ > 7

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับสมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า S+ ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง (Location Parameter)

4.1.2.1 การทดสอบของวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The Wilcoxon signed-rank Test)

จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าการทดสอบเครื่องหมายเสมอ ค่าตัวแปรสุ่มต้องเป็นค่าต่อเนื่องและประชากรมีการแจกแจงที่สมมาตรมีมาตรวัดอย่างน้อยแบบอันภาค

ตัวอย่าง

ในการศึกษาคดีผู้ต้องหาคดีใช้ยาเสพติดอายุ 16 ปี หรือมากกว่าพบว่าผู้ต้องหามีค่ามัธยฐานของ IQ = 107 ถ้าต้องการสรุปในท้องที่อื่นว่าผู้ต้องหาคดีนี้มีค่ามัธยฐานของ IQ = 107 หรือไม่ จึงสุ่มผู้ต้องหามา 15 คน วัดค่า IQ ได้ดังนี้ 99 100 90 94 135 108 107 111 119 104 127 109 117 105 125

จงหาผลสรุปที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

$H_0 : M = 107$

$H_1 : M \neq 107$

IQ	$D_i = X_i - 107$	rank of $\lvert D_1 \rvert$	Sign rank of $\lvert D_1 \rvert$
99	-8	7	-7
100	-7	6	-6
90	-17	11	-11
94	-13	10	-10
135	+28	14	+14
108	+1	1	+1
107	0	-	-
111	+4	5	+5
119	+12	9	+9
104	-3	4	-4
127	+20	13	+13
109	+2	2.5	+2.5
117	+10	8	+8
105	-2	2.5	-2.5
125	+18	12	+12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_+ = 64.5, T_- = 40.5$

เป็นการทดสอบ 2 หางเลือกใช้ T_+ หรือ T_- ที่มีค่าน้อยสุด

ดังนั้น $T = 40.5$ เปิดตารางที่ 4 ที่ n = 14 $\alpha'' = 0.049$ (ใกล้เคียง 0.05 มากที่สุด)

ได้ค่าวิกฤติ = 22 ดังนั้นอาณาเขตวิกฤติคือ $T \leq 22$ จากข้อมูลตัวอย่าง $T = 40.5$ ไม่ตกอยู่ใน อาณาเขตวิกฤติ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Wilcoxon Signed-Rank Test

The Wilcoxon Signed-Rank Test

ค่ามัธยฐาน = 107 ตั้งสมมติฐาน

สมมติฐาน

1. กรอกค่ามัธยฐานที่ต้องการทดสอบแล้วกดปุ่มตั้งสมมติฐาน

หน้าแรก

เมื่อหา

ช่วยเหลือ

H_0 : ค่ามัธยฐาน = 107

H_1 : ค่ามัธยฐาน != 107 2. ตั้งสมมติฐานที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 3.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

4. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

ตัวอย่าง ข้อกลุ่มตัวอย่าง

4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ค่าข้อมูล

1:	99
2:	100
3:	90
4:	94
5:	135
6:	106
7:	107
8:	111
9:	119
10:	104
11:	127
12:	109
13:	117
14:	106
15:	126
16:	
17:	
18:	
19:	
20:	

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่าง (n) = 15

จำนวน ties = 1

จำนวนตัวอย่างที่ใช้คำนวณ = 14

ผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย + (T+) = 84.5

ผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย - (T-) = 40.5

อาณาเขตวิกฤต คือ T- <= 22

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับสมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่าผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย-(T-) ที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม (The one sample runs test for randomness)

ใช้ทดสอบเพื่อแสดงว่าข้อมูลชุดนั้นมีลักษณะความเป็นสุ่มหรือไม่ โดยจะบันทึกข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงตามลำดับก่อนหลัง

ตัวอย่าง ทุก ๆ ครึ่งชั่วโมงเจ้าหน้าที่จะทำการตรวจสินค้าถ้าได้มาตรฐานจะให้เครื่องหมาย + ถ้าต่ำกว่ามาตรฐานจะให้ – ได้ข้อมูลดังนี้ +------+-++-----+++-- อยากทราบว่าลำดับของเครื่องหมายนี้มีความเป็นสุ่มหรือไม่

H_0 : เครื่องหมาย + และ – เกิดขึ้นอย่างสุ่ม

H_1 : เครื่องหมาย + และ - เกิดขึ้นโดยไม่มีความสุ่ม

ใช้ทดสอบการวิ่งเนื่องจากเป็นตัวอย่าง 1 กลุ่ม และเกี่ยวกับลำดับการเกิด กำหนดระดับนัยสำคัญ 0.05

เนื่องจาก n_1 = จำนวนเครื่องหมาย + = 7

n_2 = จำนวนเครื่องหมาย – = 13

มีค่าน้อยกว่า 20

ดังนั้นหาอาณาเขตวิกฤติจากตารางที่ 5 ที่ $n_1 = 7$ และ $n_2 = 13$

ได้อาณาเขตวิกฤติคือ $r \le 5$ หรือ $r \ge 15$

จากข้อมูลตัวอย่าง นับจำนวนรันได้ $r = 8$

ไม่ตกอาณาเขตวิกฤติ ดังนั้นยอมรับ H_0 นั่นคือสินค้าที่ได้และไม่ได้มาตรฐานเป็นไปอย่างสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The One-Sample Runs Test For Randomness

หน้าแรก

เนื้อหา

ข้อจำกัด

สมมติฐาน

H_0 : ตัวอย่างที่ได้มานี้เป็นตัวอย่างเชิงสุ่ม

H_1 : ตัวอย่างที่ได้มานี้ไม่เป็นตัวอย่างเชิงสุ่ม

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 1.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล 2. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

3. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

จำนวนครั้งที่เกิดค่าสังเกตุชนิดที่1 = 7

จำนวนครั้งที่เกิดค่าสังเกตุชนิดที่2 = 13

จำนวนรัน(r) = 8

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

อาณาเขตวิกฤต คือ r <= 5 หรือ r >= 15

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับสมมติฐานหลัก เนื่องจากค่า จำนวนรอบ ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤตที่ได้จากตาราง (ค่า d)

นั่นคือ ข้อมูลชุดนี้มีลักษณะความเป็นสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ปัญหาเกี่ยวกับแนวโน้ม (The Cox-Stuart test for trend)

บางครั้งค่าสังเกตเมื่อบันทึกตามเวลาจะแสดงแนวโน้ม Cox และ Stuart ได้เสนอการทดสอบโดยการเปรียบเทียบคู่ของค่าสังเกต ถ้าค่าสังเกตที่ใหม่กว่าให้ค่ามากกว่าจะได้ค่า + ในทางกลับกันถ้าค่าสังเกตที่ใหม่กว่าให้ค่าน้อยกว่าก็จะได้ค่า – ถ้า + มากกว่าจะแสดงถึงแนวโน้มที่สูงขึ้น ถ้า – มากกว่าจะแสดงถึงแนวโน้มที่ลดลง ถ้ามีพอ ๆ กันก็แสดงว่าไม่มีแนวโน้ม ข้อมูลเป็นตัวอย่างสุ่มที่เกิดขึ้นตามลำดับเวลา มีมาตรวัดอย่างน้อยเรียงลำดับ

ตัวอย่าง ข้อมูลต่อไปนี้แสดงถึงระยะเวลาการเพาะปลูก จงหาผลสรุปว่าข้อมูลนี้มีแนวโน้มหรือไม่

ปี	ระยะเวลาการเพาะปลูก	ปี	ระยะเวลาการเพาะปลูก
1899	207	1919	227
1900	223	1920	213
1901	235	1921	213
1902	254	1922	261
1903	237	1923	222
1904	217	1924	237
1905	188	1925	239
1906	204	1926	216
1907	182	1927	260
1908	230	1928	246
1909	223	1929	256
1910	227	1930	242
1911	242	1931	266
1912	238	1932	242
1913	207	1933	249
1914	201	1934	228
1915	226	1935	255
1916	243	1936	226
1917	215	1937	209
1918	259	1938	247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0 : ข้อมูลไม่มีลักษณะแนวโน้ม

H_1 : ข้อมูลมีลักษณะแนวโน้ม

หาเครื่องหมาย + หรือ – จากการเปรียบเทียบคู่ดังนี้

$n' = 40 \quad c = \frac{40}{2} = 20$

คู่เปรียบเทียบมีดังนี้ (207,227), (223,213),…,(259,247)

ทั้งหมด 20 คู่ $= (n' - c) = 40 - 20 = 20$

ได้ -6 ค่า +14 ค่า

สถิติทดสอบ T = 6 n = 14+6 = 20

จากตารางทวินาม (ตารางที่ 3)ที่ n = 20 p = 0.5

หา $P(y \le 6) = 0.0577$

p-value = $2(0.0577) = 0.1154$

p-value มากกว่า $\alpha = 0.05$ นั่นคือไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ นั่นคือข้อมูลชุดนี้ไม่มีแนวโน้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Cox-Stuart Test For Trend

สมมติฐาน

หน้าแรก | เนื้อหา | ข้อจำกัด

H_0 : ข้อมูลไม่มีลักษณะเกิดแนวโน้ม

H_1 : ข้อมูลมีลักษณะเกิดแนวโน้ม 1. ตั้งสมมติฐานที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 2.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

3. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน | Clear ค่าข้อมูล

ตัวอย่าง		ตัวอย่าง	
1:	207	21:	227
2:	223	22:	213
3:	235	23:	213
4:	254	24:	281
5:	237	25:	222
6:	217	26:	237
7:	188	27:	239
8:	204	28:	216
9:	182	29:	260
10:	230	30:	248
11:	223	31:	256
12:	227	32:	242
13:	242	33:	266
14:	238	34:	242
15:	207	35:	249
16:	201	36:	228
17:	228	37:	255
18:	243	38:	226
19:	215	39:	209
20:	259	40:	247

ผลการทดสอบ

จำนวนเครื่องหมาย + = 14

จำนวนเครื่องหมาย - = 6

จำนวน ties = 0

รวม = 20

p-value = 0.1154

สรุปผลการทดลอง

ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ เนื่องจากค่า p-value > alpha
ดังนั้น ข้อมูลชุดนี้ไม่มีลักษณะเกิดแนวโน้ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มสัมพันธ์กัน

4.2.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอเซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

4.2.1.1 การทดสอบของแมคนีมาร์

ตัวอย่าง ในการปฐมนิเทศถึงการเลือกที่อยู่อาศัยในการเรียนมหาวิทยาลัย ได้สุ่มนักเรียนมา 75 คน เพื่อสอบถามว่าจะเลือกอาศัยอยู่หอพัก หรือ บ้าน พบว่ามี 41 คน จะเลือกอาศัยอยู่หอพัก และ 34 คน จะเลือกอยู่บ้าน แต่หลังจากได้รับการปฐมนิเทศของอาจารย์แล้ว ปรากฏว่ากลุ่มตัวอย่าง 75 คนชุดเดิมนี้ เปลี่ยนความคิดเห็นที่จะเลือกที่อยู่อาศัยดังนี้ มี 13 จากเดิมที่จะเลือกอาศัยอยู่หอพัก เปลี่ยนใจมาอาศัยอยู่บ้าน และมี 7 คนของผู้ที่เดิมจะเลือกอาศัยอยู่บ้าน เปลี่ยนใจมากเลือกอยู่หอพัก สรุปได้ตารางดังนี้

		หลังการฟังปฐมนิเทศ		
		หอพัก	บ้าน	รวม
ก่อนการฟังการปฐมนิเทศ	บ้าน	13	28	41
	หอพัก	27	7	34

ผู้วิจัยต้องการทราบว่าการปฐมนิเทศทำให้มีการเปลี่ยนความคิดของนักเรียนในเรื่องที่พักได้ในสัดส่วนเท่ากันหรอไม่

วิธีทำ

1. H_0 :P(หอพัก→บ้าน) = (บ้าน→หอพัก)

   H_1 :P(หอพัก→บ้าน) ≠ (บ้าน→หอพัก)

2. ใช้การทดสอบของ MC Nemar เพราะเป็นการเปลี่ยนแปลง "ก่อนและหลัง"

$$\chi^2 = \frac{(|A-D|-1)^2}{A+D} = \frac{(|13-7|-1)^2}{20} = \frac{5x5}{20} = 1.25$$

3. อาณาเขตวิกฤตหาจากตาราง χ^2 (ตารางที่ 2) คือ $\chi^2 > \chi^2$ ตาราง

   กำหนด $\alpha = .05, \chi^2_{.05,1} = 3.84$

   และ 1.25<3.84 ไม่ตกในอาณาเขตวิกฤตยอมนับ H_0

สรุปได้ว่า มีการเปลี่ยนแปลงในการเลือกที่อยู่อาศัยหลังจากได้ฟังการปฐมนิเทศในสัดส่วนเท่าๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

McNemar Test For Significance of Changes

หน้าแรก

เนื้อหา

ข้อจำกัด

สมมติฐาน

H_0 : มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการให้ทรีทเมนต์ในจำนวนเท่าๆกัน

H_1 : มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการให้ทรีทเมนต์ในจำนวนที่แตกต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 1.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

2. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

3. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่าจะได้**ผลดี** แต่หลังจากได้รับทรีทเมนต์แล้วมีความเห็นว่า **ไม่ได้ผล** = 13

จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่า **ไม่ได้ผล** แต่หลังจากได้รับทรีทเมนต์แล้วมีความเห็นว่าได้ **ผลดี** = 7

จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่าจะได้**ผลดี** แต่หลังจากได้รับทรีทเมนต์แล้วมีความเห็น**เหมือนเดิม** = 27

จำนวนคนที่มีความคิดเห็นก่อนการให้ทรีทเมนต์ว่า **ไม่ได้ผล** แต่หลังจากได้รับทรีทเมนต์แล้วมีความเห็นว่า**เหมือนเดิม** = 28

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

ค่าไคสแควร์ที่คำนวนได้ = 1.25

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่าไคสแควร์ที่คำนวนได้ > 3.84

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่าไคสแควร์ที่คำนวนได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต

นั่นคือ มีการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลังการให้ทรีทเมนต์ในจำนวนเท่าๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

4.2.2.1 การทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย (The Wilcoxon matched-pairs signed-rank test)

มีการนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลคู่ โดยดูความแตกต่างกันทั้ง "ขนาด" $D_i = x_i - y_i$ และเครื่องหมายในแต่ละคู่

ตัวอย่าง

ผู้จัดการบริษัทแห่งหนึ่งพิจารณาว่าจะซื้อน้ำมันชนิดใหม่แทนชนิดเก่าดีหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยจะเปลี่ยนเมื่อใช้ของใหม่แล้วได้ระยะทางมากกว่าของเก่า จึงทดลองกับรถ 20 คัน ได้ผลดังนี้

รถยนต์คันที่	S1	S2	$D_i = S_1 - S_2$	อันดับของ $\lvert D_i \rvert$	ลบ	บวก
1	15	18	-3	3.5	-3.5	
2	13	12	1	1		1
3	14	16	-2	2	-2	
4	18	22	-4	5	-5	
5	19	24	-5	6.5	-6.5	
6	12	18	-6	8	-8	
7	20	13	7	9		9
8	16	13	3	3.5		3.5
9	15	23	-8	10	-10	
10	21	21	0	-		
11	18	27	-9	11	-11	
12	25	15	10	12		12
13	23	11	12	14		14
14	11	24	-13	15	-15	
15	12	27	-15	17	-17	
16	12	26	-14	16	-16	
17	20	20	0	-		
18	16	11	5	6.5		6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รถยนต์คันที่	S1	S2	$D_i = S_1 - S_2$	อันดับของ $\|D_i\|$	ลบ	บวก
19	28	12	16	18		18
20	13	24	-11	13	-13	
				Total	107	64

เมื่อ S1 = ระยะทางเฉลี่ยเมื่อใช้น้ำมันชนิดใหม่

S2 = ระยะทางเฉลี่ยเมื่อใช้น้ำมันชนิดเก่า

$H_0 : M_{new} = M_{old}$

$H_1 : M_{new} > M_{old}$

ได้ค่าวิกฤติคือ $W_{0.95}$

จากตารางที่ 6 ที่ n = 18 $W_{0.05} = 48$

ได้ $W_{0.95} = 123$

อาณาเขตวิกฤติ คือ $T^+ > 123$

ดังนั้น $T^+ = 64$ ไม่ตกในอาณาเขตวิกฤติ

ยอมรับ H_0 แสดงว่าน้ำมันทั้ง 2 ชนิดมี ประสิทธิภาพพอๆกัน

นั่นคือ ไม่เปลี่ยนน้ำมันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Wilcoxon Match-Pairs Signed-Rank Test

สมมติฐาน

หน้าแรก

เริ่มใหม่

ช่วยการใช้

H_0 : มัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : มัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 1 มีค่ามากกว่า มัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 2

1. ตั้งสมมติฐานที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 2.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

3. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้ 4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ล้างข้อมูล

ตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างที่1	กลุ่มตัวอย่างที่2
1:	15	18
2:	13	12
3:	14	18
4:	18	22
5:	19	24
6:	12	18
7:	20	13
8:	18	13
9:	15	23
10:	21	21
11:	18	27
12:	25	15
13:	23	11
14:	11	24
15:	12	27
16:	12	28
17:	20	20
18:	16	11
19:	28	12
20:	13	24

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 1 (n1) = 20 ผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย + (T+) = 64

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 2 (n2) = 20 ผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย - (T-) = 107

จำนวนตัวอย่างทั้งหมด (n) = 40

จำนวน ties = 2

จำนวนตัวอย่างที่ใช้คำนวณ = 18

อาณาเขตวิกฤต คือ T+ > 123

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับสมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่าผลรวมของอันดับที่มีเครื่องหมาย +(T+) ที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต นั่นคือ มัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 1 มีค่าไม่มากกว่า มัธยฐานของประชากรกลุ่มที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 กรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มเป็นอิสระต่อกัน

4.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

4.3.1.1 การทดสอบวิลคอกซัน แมนท์วิทนีย์ (The Wilcoxon-Mann-Whitney Test or The Wilcoxon Rank Sum Test)

บางครั้งเรียกว่า Mann-Whitney U Test หรือ Mann-Whitney-Wilcoxon Test โดย Wilcoxon ได้ศึกษากรณีใช้ผลรวมลำดับที่ (rank sum) เป็นตัวสถิติโดยที่ Mann และ Whitney ได้ชี้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวสถิติทดสอบที่เขาตั้งขึ้นกับของ Wilcoxon การทดสอบนี้นับได้ว่าเป็นการทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด มักนิยมใช้เพื่อเลี่ยงการใช้การทดสอบแบบที ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ หรือเมื่อข้อมูลมีมาตราวัดต่ำกว่าแบบอันตรภาค

ตัวอย่าง

เพื่อทดสอบความแข็งของเหล็กที่ได้จากทั้ง 2 แหล่ง คือ A และ B ได้สุ่มตัวอย่างเหล็กจากแหล่ง A มา 4 ชิ้น และจากแหล่ง B มา 5 ชิ้นแล้วนำ 2 ชิ้นมาขัดถูกัน พิจารณาดูว่าชิ้นใดมีร่องรอยเสียหายมากกว่า ให้เป็นชิ้นที่มีความแข็งน้อยกว่า ทำเช่นนี้กับตัวอย่างทั้ง 9 ชิ้น แล้วให้ลำดับที่ 1 แก่ชิ้นที่แข็งน้อยที่สุด จนถึงอันดับที่ 9 คือชิ้นที่แข็งที่สุด

ได้ข้อมูลผลการทดลองดังนี้ A A A B A B B B B

ลำดับที่ 1 2 3 4 5 6 7 8 9

จงทดสอบว่าสมมติฐานว่าเหล็กจากทั้งแหล่งทั้ง 2 มีความแข็งไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

H_0 : ค่ามัธยฐานของความแข็งของเหล็กจาก 2 แหล่งไม่ต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของความแข็งของเหล็กจาก 2 แหล่งต่างกัน

$$S = 1+2+3+5 = 11$$

$$T = 11 - \frac{4(5)}{2} = 1$$

จากการเปิดตารางที่ 7 เมื่อเป็นการทดสอบสองหางที่ $\alpha = 0.05$ ดังนั้นหาค่าวิกฤติที่ค่า P = .025

$n_1 = 4$ และ $n_2 = 5$ ได้ค่าวิกฤติ = 2 ดังนั้น $W_{\frac{\alpha}{2}} = 2$ และ $W_{1-\frac{\alpha}{2}} = 4(5) - 2 = 18$

ดังนั้นอาณาเขตวิกฤต คือ T < 2 หรือ T > 18 จึงปฏิเสธ H_0

สรุปว่า เหล็กจาก 2 แหล่งมีความแข็งไม่เท่ากัน หรือ แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Wilcoxon-Mann-Whitney Test

หน้าแรก | เมื่อหา | ทักเจ้าหน้าที่

สมมติฐาน

H_0 : มัธยฐานของประชากร 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : มัธยฐานของประชากร 2กลุ่มแตกต่างกัน

1. ตั้งสมมติฐานที่ต้องการ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 2.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

3. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน | Clear ค่าข้อมูล

ตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างที่1	กลุ่มตัวอย่างที่2
1:	1	4
2:	2	6
3:	3	7
4:	5	8
5:		9
6:		
7:		
8:		
9:		
10:		
11:		
12:		
13:		
14:		
15:		
16:		
17:		
18:		
19:		
20:		

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 1 (n1) = 4

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 2 (n2) = 5

ค่า T จากข้อมูลตัวอย่าง = 1

อาณาเขตวิกฤต คือ T < 2 หรือ T > 18

สรุปผลการทดลอง

ปฏิเสธสมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า T ที่คำนวณได้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต
นั่นคือ มัธยฐานของประชากร 2กลุ่มแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 กรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

4.4.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

4.4.1.1 การทดสอบของคอครานคิว(The Cochran Q. Test)

บางครั้งในแผนการทดลองแบบล็อคสมบูรณ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากการให้ทรีทเมนต์แก่หน่วยทดลองจะมีค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่งจาก 2 ค่าเท่านั้น เช่น 1 หรือ "ความสำเร็จ" และ 0 หรือ "ความล้มเหลว"

คอครานได้เสนอวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าสัดส่วน

ตัวอย่าง

ศึกษาวิธีการขายสินค้า 3 วิธีต่อแม่บ้าน โดยทดลองกับแม่บ้านอาสาสมัครขนาด 3 ที่มีลักษณะคล้าย ๆกันจำนวน 18 กลุ่ม ผลที่ได้คือ ให้ 1 แทนการซื้อ และ 0 แทนการไม่ซื้อ ได้ผลดังนี้

กลุ่มที่	ผลจากวิธีที่ 1	ผลจากวิธีที่ 2	ผลจากวิธีที่ 3	L_i
1	0	0	0	0
2	1	1	0	2
3	0	1	0	1
4	0	0	0	0
5	1	0	0	1
6	1	1	0	2
7	1	1	0	2
8	0	1	0	1
9	1	0	0	1
10	0	0	0	0
11	1	1	1	3
12	1	1	1	3
13	1	1	0	2
14	1	1	0	2
15	1	1	0	2
16	1	1	1	3
17	1	1	0	2
18	1	1	0	2

H_0 : ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อเท่ากันทุกวิธี

H_1 : ความน่าจะเป็นในการตัดสินใจซื้อแตกต่างกันไปตามลักษณะวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าสถิติทดสอบ Q ได้เท่ากับ 16.7

หาอาณาเขตวิกฤติจากตาราง χ^2 (ตารางที่ 2) ที่ d.f. = k-1 = 2

พบว่า χ^2 ที่ 16.7 d.f. = 2 เกิดขึ้นด้วยความน่าจะเป็น $p < 0.001$

$p < \alpha = 0.001$ จึงปฏิเสธ H_0

4.4.1.2 กระบวนการภายหลังของแบบทดสอบคอครานคิว(Post Hoc Procedures for Cochran Test)

เมื่อสมมติฐานเบื้องต้น ; H_0 ถูกปฏิเสธ นั่นคือ สัดส่วนต่างๆที่สัมพันธ์กันนั้นไม่เท่ากันหมด หรือมีอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

ตัวอย่าง ในการเปรียบเทียบทรีทเมนต์ 4 ชนิด โดยใช้บล็อกตัวอย่างกำหนด 6 บล็อก สมมติได้ดังนี้

บล็อค	ก	ข	ค	ง	รวม
1	1	1	0	0	2
2	1	1	0	1	3
3	1	0	0	0	1
4	1	1	1	0	3
5	1	1	0	1	3
6	1	1	0	1	3
รวม	6	5	1	3	15

วิเคราะห์ด้วยค่าสถิติ Q จะได้

$$Q = \frac{(4-1)\left\{4\left[6^2+5^2+1^2+3^2\right]-15^2\right\}}{4(15)-\left(2^2+3^2+1^2+3^2+3^2+3^2\right)} = 9.3158$$

เปิดค่าวิกฤต $\chi^2_{.05,3} = 7.81$

ดังนั้น ตกในอาณาเขตวิกฤต(9.3158 มากกว่าค่า 7.81)

จึงปฏิเสธ H_0 : ทรีทเมนต์ 4 ทรีทเมนต์มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ต้องการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆว่าคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจะสร้างช่วงความเชื่อมั่น 95% ของผลต่างของสัดส่วน $(\pi_i - \pi_j, i < j)$ดังนี้

จากสูตร $\pi_i - \pi_j = (p_i - p_j) \pm \sqrt{\chi^2_{\alpha,(k-1)}}\sqrt{\frac{k\sum L_i - \sum L_i^2}{Nk(k-1)}\left(\frac{2}{N}\right)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $$\pi_i - \pi_j = (p_i - p_j) \pm \sqrt{7.81}\sqrt{\frac{4(15)-41}{6(4)3}\left(\frac{2}{6}\right)}$$

$$= (p_i - p_j) \pm 0.830$$

เปรียบเทียบ 6 คู่ ดังนี้

$$\pi_1 - \pi_2 = \frac{6}{6} - \frac{5}{6} \pm .830 = 0.167 \pm .830$$

$$\pi_1 - \pi_3 = \frac{6}{6} - \frac{1}{6} \pm .830 = 0.833 \pm .830$$

$$\pi_1 - \pi_4 = \frac{6}{6} - \frac{3}{6} \pm .830 = 0.667 \pm .830$$

$$\pi_2 - \pi_3 = \frac{5}{6} - \frac{1}{6} \pm .830 = 0.667 \pm .830$$

$$\pi_2 - \pi_4 = \frac{5}{6} - \frac{3}{6} \pm .830 = 0.333 \pm .830$$

$$\pi_3 - \pi_4 = \frac{1}{6} - \frac{3}{6} \pm .830 = 0.333 \pm .830$$

จากช่วงเชื่อมั่น 6 ช่วงนี้ จะมีเพียงช่วงของ $\pi_i - \pi_j$ เท่านั้นที่ไม่รวมค่า 0 นอกจากนั้นรวม 0 หมดทุกช่วงแสดงว่า π_1 และ π_3 ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สามารถสรุปได้ว่า สัดส่วนที่ได้จากทรีทเมนต์ 1 และ 3 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Cochran Q. Test

สมมติฐาน

○ 4 กลุ่มตัวอย่าง
○ 5 กลุ่มตัวอย่าง
ตกลง

หน้าแรก
เนื้อหา
ข้อมูลทั่วไป

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่าง k ทรีทเมนต์
H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ของทรีทเมนต์ ที่ต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ = 0.01 1.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

2. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

3. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล
ทดสอบสมมติฐาน
ปิดข้อมูล

ตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างที่1	กลุ่มตัวอย่างที่2	กลุ่มตัวอย่างที่3
1:	0	0	0
2:	1	1	0
3:	0	1	0
4:	0	0	0
5:	1	0	0
6:	1	1	0
7:	1	1	0
8:	0	1	0
9:	1	0	0
10:	0	0	0
11:	1	1	1
12:	1	1	1
13:	1	1	0
14:	1	1	0
15:	1	1	0
16:	1	1	1
17:	1	1	0
18:	1	1	0
19:			
20:			

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 1 (n1) = 18 จำนวนความสำเร็จของทรีทเมนต์ที่1 (G1) = 13
จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 2 (n2) = 18 จำนวนความสำเร็จของทรีทเมนต์ที่1 (G1) = 13
จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 3 (n3) = 18 จำนวนความสำเร็จของทรีทเมนต์ที่1 (G1) = 3

ค่า Q ที่คำนวนได้ = 18.67

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่า Q ที่คำนวนได้ > 9.21

สรุปผลการทดลอง

ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า Q ที่คำนวณได้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต
นั่นคือ มีอย่างน้อย 1 คู่ของทรีทเมนต์ ที่ต่างกัน

จากการเปรียบเทียบทรีทเมนต์แต่ละคู่

สรุปได้ว่า : ทรีทเมนต์ที่ 1 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 มีความแตกต่างกัน
ทรีทเมนต์ที่ 2 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 มีความแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

4.4.2.1 การทดสอบของฟรีดแมน (The Friedman two-way analysis of variance by ranks test)

การทดสอบนี้จะใช้ผลรวมลำดับที่เป็นสถิติทดสอบ โดยมักเป็นอีกทางเลือกที่นักวิจัยใช้สำหรับแผนการทดลองแบบสลอคสมบูรณ์ เมื่อมีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติที่ใช้พารามิเตอร์ไม่เหมาะสมนั่นคือ ข้อสมมติเบื้องต้นของการทดสอบแบบเอฟ(F-Test) ไม่เป็นจริง รวมทั้งข้อมูลที่ได้มาอาจอยู่ในรูปลำดับที่ด้วย

ตัวอย่าง

นักวิจัยต้องการทดสอบความยากง่ายของข้อสอบชุดหนึ่ง จึงสุ่มนักเรียนมา 10 คน ให้ทำข้อสอบ 3 ชุด แต่ละชุดเต็ม 100 คะแนน ได้ผลดังนี้

นักเรียนคนที่	ข้อสอบชุดที่ 1	ข้อสอบชุดที่ 2	ข้อสอบชุดที่ 3
1	79	90	80
2	20	60	50
3	70	30	50
4	80	50	60
5	90	20	70
6	30	60	20
7	60	40	10
8	90	10	60
9	80	50	40
10	70	60	50

ให้สรุปผลงานวิจัยนี้

H_0 :ข้อสอบทั้ง 3 ชุด มีความยากพอ ๆกัน

H_1 : มีข้อสอบอย่างน้อย 1 ชุดที่ยากหรือง่ายกว่าชุดอื่น

คำนวณค่า $\chi_r^2 = 4.2$

กำหนด $\alpha = 0.05$

หาอาณาเขตวิกฤติจากตาราง χ^2 (ตารางที่ 2) ที่ $d.f.$ = k-1 = 2

ได้ค่า $\chi^2 = 5.999$

$\chi_r^2 < \chi_{2,0.05}^2$

ไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้

ดังนั้นสรุปงานวิจัยนี้ได้ว่า ข้อสอบทั้ง3ชุดมีความยากง่ายพอๆกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Friedman Two-Way Analysis of Variance By Rank Test

สมมติฐาน

○ 4 กลุ่มตัวอย่าง ○ 5 กลุ่มตัวอย่าง (ตกลง)

หน้าแรก | เนื้อหา | ทำแบบทดสอบ

H_0 : ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 ค่ามัธยฐานที่ต่างจากค่ามัธยฐานอื่นๆ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ข้อมูล

ตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่างที่1	กลุ่มตัวอย่างที่2	กลุ่มตัวอย่างที่3
1:	70	90	80
2:	20	80	50
3:	70	30	50
4:	80	50	60
5:	90	20	70
6:	30	60	20
7:	60	40	10
8:	90	10	60
9:	80	50	40
10:	70	60	50
11:			
12:			
13:			
14:			
15:			
16:			
17:			
18:			
19:			
20:			

ทดสอบสมมติฐาน | Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 1 (n1) = 10 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่1 (R1) = 25

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 2 (n2) = 10 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่2 (R2) = 19

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 3 (n3) = 10 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่3 (R3) = 16

ค่า ไคสแควร์ ที่คำนวนได้ = 4.2

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่า ไคสแควร์ ที่คำนวนได้ > 5.99

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า ไคสแควร์ ที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต นั่นคือ ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 การทดสอบของฟรีแมนกรณีหลายค่าสังเกตต่อหน่วย (Several Observation Per Unit or Replicated Designs)

จากการทดสอบของฟรีแมนที่ผ่านมาจะพบว่าเป็นกรณีที่วัดค่าสังเกตเพียง 1 ครั้ง จากหน่วยทดลองหนึ่ง ๆ แต่ถ้าสามารถวัดค่าสังเกตได้มากกว่า 1 ค่า ก็จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพได้มากขึ้น แม้ว่าค่าใช้จ่ายจะสูงขึ้นได้มีการปรับปรุงแบบทดสอบของฟรีดแมนเพื่อใช้วิเคราะห์สรุปผล

ตัวอย่าง

แพทย์ได้วางแผนทดลองเปรียบเทียบยากระตุ้นหัวใจ 4 ชนิด โดยทดลองกับผู้ป่วย 3 คน ได้ผลดังนี้

อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้งที่/วินาที)จากการใช้ยาชนิดที่

ผู้ป่วยคนที่	1	2	3	4
1	12.1	10.2	10.4	12.3
	11.8	11.1	9.6	10
2	11.8	11.9	10.4	10.9
	15.4	12.6	12	9.2
3	12.7	12	12.5	7.2
	12.3	13.6	11.4	7.5

จงสรุปผลที่ $\alpha = 0.05$

H_0 : ยาทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่ต่างกัน

H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ของยาที่ต่างกัน

คำนวณค่า $S_m = 6.94$

หาอาณาเขตวิกฤติจากตาราง χ^2 (ตารางที่ 2)ที่ d.f. = k-1 = 4-1 = 3

ได้ค่า $\chi^2 = 7.81$

อาณาเขตวิกฤติคือ $\chi^2 > 7.81$

ไม่ตกในอาณาเขตวิกฤติ จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้

สรุปว่า ยาทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพไม่ต่างกันที่ $\alpha = 0.05$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Friedman Two-Way Analysis of Variance By Rank Test

ขอมูลเชิงเรียน

○ 3 กลุ่มตัวอย่าง
○ 5 กลุ่มตัวอย่าง

H₀ : ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างกัน
H₁ : มีอย่างน้อย 1 ค่ามัธยฐานที่แตกต่างจากค่ามัธยฐานอื่นๆ

ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ข้อมูล

บล็อค	กลุ่มตัวอย่างที่1	กลุ่มตัวอย่างที่2	กลุ่มตัวอย่างที่3	กลุ่มตัวอย่างที่4
	12.1	10.2	10.4	12.3
1:	11.8	11.1	9.8	10
	11.8	11.8	10.4	10.9
2:	13.4	13.6	12	9.2
	12.7	12	12.5	7.2
3:	12.3	13.8	11.4	7.6
4:				
5:				
6:				
7:				
8:				
9:				
10:				
11:				
12:				
13:				
14:				
15:				

ผลการทดสอบ

จำนวนบล็อคของประชากรที่ 1 (n1) =	3	ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่1 (R1) =	37
จำนวนบล็อคของประชากรที่ 2 (n2) =	3	ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่2 (R2) =	32
จำนวนบล็อคของประชากรที่ 3 (n3) =	3	ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่3 (R3) =	22
จำนวนบล็อคของประชากรที่ 4 (n4) =	3	ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่4 (R4) =	17

จำนวนซ้ำ = 3

ค่า ไคสแควร์ ที่คำนวนได้ = 8.94

ค่าวิกฤตไคสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 = 7.81

สรุปผลการทดสอบ

เนื่องจาก ค่าไคสแควร์ ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า ค่าวิกฤตไคสแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ค่ามัธยฐานของทรีทเมนต์ทั้ง 3 ทรีทเมนต์ ไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 กรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่มีเป็นอิสระต่อกัน

4.5.1 ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

4.5.1.1 การทดสอบครัสคาลและวอลลิส (The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance By Ranks Test)

ใช้ทดสอบว่าประชากร k กลุ่มมีค่ามัธยฐานเท่ากันหรือไม่โดยมีวิธีการที่สำคัญ คือ ค่าคาดหมายของลำดับที่ของข้อมูลตัวอย่างแต่ละกลุ่ม ควรมีค่าพอ ๆกัน ข้อมูลที่นำมาทดสอบประกอบด้วยข้อมูลจากตัวอย่างสุ่ม k ชุด แต่ละชุดอาจมีขนาดตัวอย่างแตกต่างกัน ข้อมูลที่จะใช้ต้องมีมาตรวัดอย่างน้อยเป็นแบบเรียงลำดับ และมีการแจกแจง

การทดสอบนี้นิยมใช้การทดสอบแบบเอฟ(F-test) ในสถิติที่ใช้พารามิเตอร์ในกรณีที่ข้อกำหนดเบื้องต้นของการทดสอบแบบเอฟไม่เป็นจริง

ตัวอย่าง

กำหนดให้มีวิธีการสอน 3 วิธี คือ ก ข และ ค นำไปใช้สอนวิชาคณิตศาสตร์ให้กับนักศึกษาจากตัวอย่าง นักศึกษาที่มีพื้นฐานความรู้ใกล้เคียงกัน 13 คน ถูกสุ่มให้เรียนวิชาทั้ง 3 ด้วยจำนวน 4,4 และ 5 ตามลำดับ หลังจากเวลาผ่านไปพอสมควร ทำการทดสอบได้ดังนี้

คะแนนจากวิธี ก	คะแนนจากวิธี ข	คะแนนจากวิธี ค
82	71	91
80	79	93
81	78	84
83	74	90
		88

ต้องการเปรียบเทียบวิธีการสอนทั้ง 3 วิธี ว่าจะให้ผลแตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H_0 : ค่ามัธยฐานของประชากร k กลุ่มไม่แตกต่างกัน

H_1 : ค่ามัธยฐานของประชากร k กลุ่มแตกต่างกัน

หาผลรวมลำดับที่ของข้อมูล เป็นดังนี้

วิธี ก	วิธี ข	วิธี ค
7	1	12
5	4	13
6	3	9
8	2	11
		10
$R_1 = 26$	$R_2 = 10$	$R_3 = 55$

คำนวณค่า H = 10.68 เนื่องจาก $n_i < 5$ ฉะนั้นหาค่าวิกฤต H จากตารางที่ 9 ของครัสคาล ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ H = 5.6176

อาณาเขตวิกฤต คือ $H_{\text{คำนวณ}} > H_{\text{ตาราง}}$

ดังนั้น จะปฏิเสธ H_0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Kruskal-Wallis One-Way Analysis of Variance By Ranks Test

○4 กลุ่มตัวอย่าง ○5 กลุ่มตัวอย่าง (เปลี่ยนจำนวนกลุ่มตัวอย่าง)

สมมติฐาน

H_0 : ไม่มีความแตกต่างระหว่าง k ทรีทเมนต์

H_1 : มีอย่างน้อย 1 คู่ของทรีทเมนต์ ที่ต่างกัน

ระดับนัยสำคัญ 0.05

ข้อมูล

ตัวอย่าง	ตัวอย่างประชากรที่1	ตัวอย่างประชากรที่2	ตัวอย่างประชากรที่3
1:	82	71	91
2:	80	79	93
3:	81	78	84
4:	83	74	90
5:			88
6:			
7:			
8:			
9:			
10:			
11:			
12:			
13:			
14:			
15:			
16:			
17:			
18:			
19:			
20:			

(ทดสอบสมมติฐาน) (Clear ค่าข้อมูล)

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 1 (n1) = 4 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่1 (R1) = 26

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 2 (n2) = 4 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่2 (R2) = 10

จำนวนตัวอย่างของประชากรที่ 3 (n3) = 5 ผลรวมของลำดับที่ในทรีทเมนต์ที่3 (R3) = 55

ค่า H ที่คำนวนได้ = 10.88

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่า H ที่คำนวนได้ > 5.62

สรุปผลการทดลอง

ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า H ที่คำนวณได้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต

นั่นคือ มีอย่างน้อย 1 คู่ของทรีทเมนต์ ที่ต่างกัน

จากการเปรียบเทียบทรีทเมนต์แต่ละคู่

สรุปได้ว่า : ทรีทเมนต์ที่ 2 และ ทรีทเมนต์ที่ 3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การทดสอบการแจกแจง

ปัญหาที่สำคัญทางสถิติประการหนึ่ง คือ รูปแบบของการประชากรที่สุ่มตัวอย่างมาเป็นอย่างไรการทราบถึงรูปแบบของประชากรจะเป็นแนวทางในการศึกษารายละเอียดต่อไปของประชากรนั้น โดยทั่วไปการทดสอบการแจกแจงจะสนใจเฉพาะรูปแบบของประชากร

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบ 2 วิธี คือ การทดสอบไคสแควร์ และการทดสอบของ *Kolmogorov-Smirmov* และ การทดสอบของ *LillieFors*

4.6.1 การทดสอบไคสแควร์

การที่จะใช้การทดสอบแบบไคสแควร์ จำเป็นต้องจัดข้อมูลตัวอย่างขนาด n ออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ และบันทึกความถี่ ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่ม ในกรณีที่ข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพการจัดกลุ่มอาจจัดได้ตามลักษณะข้อมูล ซึ่งอาจเป็นตัวเลขหรือไม่เป็นก็ได้ เช่น การโยนเหรียญจัดกลุ่มได้ คือ หน้าหัวที่ได้ และหน้าก้อยที่ได้ หรือจากการโยนลูกเต๋าก็จัดกลุ่มได้ตามแต้มที่ได้จากการโยน ดังนั้นการทดสอบไคสแควร์จึงเหมาะสมกับข้อมูลที่บันทึกความถี่ในกลุ่มต่าง ๆ นั่นคือการแจกแจงที่จะเหมาะสมสำหรับข้อมูลประเภทนี้ คือ การแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง เช่นการแจกแจงแบบทวินาม การแจกแจงแบบพัวซอง

ตัวอย่าง

จากการสังเกตลูกกระต่าย 80 ครอก แต่ละครอกมีลูกกระต่าย 3 ตัว ได้การแจกแจงความถี่ของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในครอก ดังนี้

จำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอก ; X	0	1	2	3	รวม
จำนวนครอก	20	31	22	7	80

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.005 ให้ทดสอบดูว่าการแจกแจงของลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกมีการแจกแจงแบบใด

จากความรู้เกี่ยวกับการแจกแจงแบบต่าง ๆ ที่ศึกษาผ่านมาคาดว่าข้อมูลชุดนี้น่าจะมีการแจกแจงแบบทวินาม ดังนั้น H_0 : การแจกแจงของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกเป็นแบบทวินาม

H_1 : การแจกแจงของจำนวนลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกไม่เป็นแบบทวินาม

ค่าเฉลี่ยของ $X = \dfrac{(0(20) + 1(13) + 2(22) + 3(7))}{80} = 1.2$

ดังนั้นประมาณค่า p ได้ $\dfrac{1.2}{3} = 0.4$

จากการเปิดตารางการแจกแจงแบบทวินาม n = 3 และ p = 0.4 ได้ค่าความน่าจะเป็นของค่า X ต่าง ๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X	$P(X_i)$	$E_i = NP(X_i)$ เมื่อ N = 80	O_i	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
0	.2160	$17.28 \cong 17$	20	.529
1	.4320	$34.65 \cong 35$	31	.457
2	.2880	$23.04 \cong 23$	22	.043
3	.0640	5	7	.8
		80	80	1.829

คำนวณหาค่า χ^2 = 1.829

จากการเปิดตารางการไคสแควร์ที่ d.f.= 4-1-1 = 2 และระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ค่า χ^2 = 5.99 ดังนั้น ยอมรับ H_0 สรุปว่า การแจกแจงของลูกกระต่ายตัวผู้ในแต่ละครอกซึ่งมีขนาด 3 มีการแจกแจงแบบทวินามที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Chi-Square Goodness of Fit Test

สมมติฐาน

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงแบบทวินาม

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบทวินาม

○ ทดสอบการแจกแจงพัวซอง

○ ทดสอบการแจกแจงปกติ (ตกลง)

หน้าแรก

เนื้อหา

ข้อจำกัด

ระดับนัยสำคัญ = 0.05

จำนวนสมาชิกในแต่ละกลุ่ม(n) = 3

1.ใส่ระดับนัยสำคัญ และ จำนวนสมาชิก

ข้อมูล 2. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

กลุ่มที่	จำนวนครั้งที่ความสำเร็จ	ความถี่ของจำนวนครั้งที่ความสำเร็จ
1:	0	20
2:	1	31
3:	2	22
4:	3	7
5:		
6:		
7:		
8:		
9:		
10:		
11:		
12:		
13:		
14:		
15:		
16:		
17:		
18:		
19:		
20:		

3. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบชุมสัญญาน

Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่าง (n) = 80

ค่าไคสแควร์ ที่คำนวนได้ = 1.83

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่าไคสแควร์ ที่คำนวนได้ > 5.99

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับ สมมติฐานหลัก ค่าไคสแควร์ ที่คำนวนได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต นั่นคือประชากรมีการแจกแจงแบบทวินาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 การทดสอบของโคลโมโกรอฟ-สมอร์นอฟ สำหรับตัวอย่างชุดเดียว (The Kolmogorov-Smirmov One Sample Test)

เป็นการทดสอบซึ่งแนะนำขึ้นโดย Kolmogorov ใช้ได้กับข้อมูลที่มีมาตรวัดอย่างน้อยแบบเรียงลำดับ การทดสอบนี้จะช่วยให้ทราบว่าการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมาเหมือนการแจกแจงของประชากรที่เราสนใจหรือไม่ หรืออธิบายได้ว่าคะแนนจากตัวอย่างสามารถพูดได้อย่างมีเหตุผลหรือไม่ ว่ามาจากประชากรที่มีการแจกแจงทางทฤษฎีอันหนึ่งหรือคือ การทดสอบการแจกแจงนั่นเอง จะใช้เมื่อการแจกแจงที่สนใจมีการแจกแจงแบบต่อเนื่อง และการทดสอบนี้จะมีอำนาจการทดลองมากกว่าการทดสอบไคสแควร์เพราะการทดสอบของไคสแควร์จำเป็นต้องรวมกลุ่มด้วยกันเมื่อ $E_i < 5$ ทำให้สูญเสียข้อมูลไป และการทดสอบนี้ใช้ได้ดีเมื่อ N เล็ก เช่น ถ้า N มากกว่านี้ควรใช้การทดสอบไคสแควร์

ตัวอย่าง

ถ้าข้อมูลตัวอย่างชุดหนึ่งเป็นดังนี้

-5	-3	0	1	2	4	7	8	-1	-1
1	1	2	1	4	2	4	2	1	2

จะสรุปได้หรือไม่ว่า ข้อมูลชุดนี้มาจากประชากรที่มีแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย = 1.6 และความแปรปรวน = 8.99

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย = 16 และความแปรปรวน = 8.99

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ย = 16 และความแปรปรวน = 8.99

X	ความถี่	S(x)
-5	1	.05
-3	1	.10
-1	2	.20
0	1	.25
1	5	.50
2	5	.75
4	3	.90
7	1	.95
8	1	1.00
รวม	20	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาฟังก์ชันการแจกแจงสะสมตามทฤษฎี $F_0(x)$ ได้

X	Z	P	$F_0(x)$	$F_0(x)-S(x)$	$\lvert F_0(x)-S(x)\rvert$
-5	-2.2	.0139	.0139	-.036	.036
-3	-1.53	.0491	.0630	-.037	.037
-1	-.87	.1292	.1922	-.008	.008
0	-.53	.1059	.2981	.048	.048
1	-.20	.1226	.4207	-.079	.079
2	.13	.1310	.5517	-.198	.198
4	.80	.2364	.7881	-.112	.112
7	1.80	.1760	.9641	.014	.014
8	2.13	.0193	.9834	-.017	.017

หาค่า D = max $\lvert F_0(x)-S(x)\rvert$ = .198

จากการเปิดตารางที่ 10 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 N = 20 จะได้ D = .294

ดังนั้นยอมรับ H_0 สรุปว่าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 1.6 และ ความแปรปรวน = 8.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Kolmogolov-Smirnov One Sample Test

ค่าเฉลี่ย = 1.6 ความแปรปรวน = 8.99 ตั้งสมมติฐาน

1. กรอกค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนที่ต้องการสุดท้าย แล้วกดตั้งสมมติฐาน

สมมติฐาน

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 1.6 และความแปรปรวน = 8.99

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 1.6 และความแปรปรวน = 8.99

ระดับนัยสำคัญ = 0.05 2.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

3. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

4. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ค่าข้อมูล

ตัวอย่าง		ตัวอย่าง	
1:	-5	21:	
2:	-3	22:	
3:	0	23:	
4:	1	24:	
5:	2	25:	
6:	4	26:	
7:	7	27:	
8:	8	28:	
9:	-1	29:	
10:	-1	30:	
11:	1	31:	
12:	1	32:	
13:	2	33:	
14:	1	34:	
15:	4	35:	
16:	2	36:	
17:	4	37:	
18:	2	38:	
19:	1	39:	
20:	2	40:	

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่าง (n) = 20

ค่า D = 0.198

อาณาเขตวิกฤต คือ D > 0.294

สรุปผลการทดลอง

ยอมรับ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า D ที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต

นั่นคือ ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ ด้วยค่าเฉลี่ย = 1.6 และความแปรปรวน = 8.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.3 การทดสอบของ LillieFors (The Lilliefors test)

LillieFors ได้ปรับปรุงการทดสอบของ Kolmogorov-Smirmov ในกรณีที่ต้องการทดสอบเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติที่ไม่ได้ระบุค่าเฉลี่ยและส่วยเบี่ยงเบนมาตรฐาน อาจเรียกได้ว่าเป็น "การทดสอบสำหรับการแจกแจงปกติ"

การทดสอบของ Lilliefors จะเหมือนกับการทดสอบของ Kolmogorov-Smirmov เกือบทุกประการ ยกเว้นการใช้คะแนนมาตรฐานแทนคะแนนดิบ กล่าวคือจากข้อมูลตัวอย่างคำนวณกาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $(\overline{X}, S)$ ด้วย

ตัวอย่าง

ข้อมูลอายุของผู้เสียชีวิตเพศชายในสุสานแห่งหนึ่งใน WaterRoss, Scotland จำนวน 117 คน ได้ถูกบันทึกไว้ และสุ่มมา 30 คน ได้ค่าอายุ (เรียงลำดับ) ดังนี้

11 13 14 22 29 30 41 41 52 55 56 59 65 65 66 74 74 75 77 81 82 82 82 82 83 85 85 87 87 88

มีเหตุผลเพียงพอหรือไม่ ที่จะกล่าวว่า อายุของผู้เสียชีวิตมีการแจกแจงแบบปกติ

H_0 : อายุผู้เสียชีวิตมีการแจกแจงปกติ

H_1 : อายุผู้เสียชีวิตไม่มีการแจกแจงปกติ

จากข้อมูลตัวอย่างขนาด 30 คำนวณหาค่าเฉลี่ยได้ 61.43 และค่าความแปรปรวนได้ 25.04

X_i	Z_i	$F_0(Z_i)$	$S(Z_i)$	$F_0(Z_i)-S(Z_i)$	$\lvert F_0(Z_i)-S(Z_{i-1})\rvert$
11	-2.014	.022	.033	.011	.022
13	-1.934	.026	.067	.044	.007
14	-1.894	.029	.1	.071	.038
22	-1.575	.058	.133	.075	.042
29	-1.295	.098	.167	.069	.035
30	-1.255	.105	.2	.095	.062
41	-0.816	.207	.267	.06	.007
52	-0.377	.353	.3	.053	.086
55	-0.257	.399	.333	.066	.099
56	-0.217	.414	.367	.047	.081
59	-0.097	.461	.4	.061	.094
65	0.142	.556	.467	.089	.156
66	0.183	.572	.5	.072	.105
74	.0502	.692	.567	.125	.192*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X_i	Z_i	$F_0(Z_i)$	$S(Z_i)$	$F_0(Z_i)$-$S(Z_i)$	$\lvert F_0(Z_i) - S(Z_{i-1})\rvert$
75	0.542	.706	.6	.106	.139
77	0.622	.733	.633	.1	.133
81	0.781	.782	.667	.115	.149
82	0.821	.794	.8	.006	.127
83	0.861	.805	.833	.028	.005
85	0.942	.827	.9	.073	.006
87	1.021	.846	.967	.121	.054
88	1.061	.856	1	.144	.111

*หมายถึงข้อมูลซ้ำ

จากคอลัมน์ที่ 5 และ 6 พบว่า ได้ค่า D = .192

และหาค่าวิกฤตจากตารางที่ 10 ที่ table 23_{III} (เนื่องจากไม่ทราบค่า μ และ σ) เมื่อกำหนด $\alpha = 0.01$ ที่ $N = 30$

ได้ค่าวิกฤต = .183

ดังนั้นจึงตกในอาณาเขตวิกฤต ปฏิเสธ H_0

นั่นคือ อายุคนเสียชีวิตเพศชายของสุสานนี้ ไม่มีการแจกแจงปกติ

หมายเหตุ ยังคงสามารถใช้การเปรียบเทียบกราฟของ $F_0(Z_i)$ และ $S(Z_i)$ ได้เช่นกัน คือหา D = ระยะห่างมากที่สุด(ในแนวตั้ง)ระหว่าง $F_0(Z_i)$ และ $S(Z_i)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Lilliefors Test

กรณีไม่ทราบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน — 1. เลือกกรณีของการทราบข้อมูล

ค่าเฉลี่ย = _____ ความแปรปรวน = _____

2. กรอกค่าเฉลี่ย และความแปรปรวนที่ต้องการสุดท้าย ถ้าไม่ทราบให้เว้นว่างเอาไว้

สมมติฐาน

H_0 : ประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

ระดับนัยสำคัญ = 0.01 — 3.ใส่ระดับนัยสำคัญ

ข้อมูล

4. กรอกข้อมูล โดยสามารถกดปุ่ม Tab เพื่อกรอกข้อมูลตัวถัดไปได้

ตัวอย่าง		ตัวอย่าง	
1:	11	16:	74
2:	13	17:	74
3:	14	18:	75
4:	22	19:	77
5:	28	20:	81
6:	30	21:	82
7:	41	22:	82
8:	41	23:	82
9:	52	24:	82
10:	55	25:	83
11:	58	26:	85
12:	59	27:	85
13:	65	28:	87
14:	65	29:	87
15:	66	30:	88

5. กดปุ่มเพื่อทำการประมวลผล

ทดสอบสมมติฐาน

Clear ค่าข้อมูล

ผลการทดสอบ

จำนวนตัวอย่าง (n) = 30

ค่า D ที่คำนวณได้= 0.182

อาณาเขตวิกฤต คือ ค่า D > 0.183

สรุปผลการทดลอง

ปฏิเสธ สมมติฐานหลัก เนื่องจาก ค่า D ที่คำนวณได้ตกอยู่ในอาณาเขตวิกฤต
นั่นคือ ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การสรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษนี้ เพื่อสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีรูปแบบการใช้ที่ง่าย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เพื่อเพิ่มความสะดวก เนื่องจากมีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่พัฒนาจนเป็นมาตรฐาน และใช้อย่างกว้างขวางอยู่หลายโปรแกรมด้วยกันเช่น STATXACT(USA) , DISFREE(UK) ,TESTIMATE(GERMANY) แต่โปรแกรมเหล่านี้ถูกพัฒนาในต่างประเทศและยังมีราคาแพงประกอบกับการติดต่อกับโปรแกรมดังกล่าวเป็นภาษาต่างประเทศทั้งหมด ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ที่เป็นภาษาไทยที่ใช้กันอย่างกว้างขวางทำให้ผู้ที่ไม่คุ้นเคยกับภาษาอังกฤษใช้งานได้ยาก และไม่สะดวก และสามารถแสดงผลเป็นภาษาไทยผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต

โดยคณะผู้จัดทำได้ศึกษาตัวอย่างโปรแกรมสำเร็จรูป เช่น SPSS , MINITAB เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งจะเน้นการพัฒนาโปรแกรมให้มีรูปแบบการใช้ที่ง่ายกว่า ทั้งในเรื่องของการรับข้อมูล และการแสดงผลที่ได้จากการคำนวณ โดยครอบคลุมเนื้อหาสถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ในระดับปริญญาตรีซึ่งประกอบด้วยการทดสอบกรณีตัวอย่าง 1,2 และ K กลุ่มและการทดสอบการแจกแจง

โปรแกรมสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นสามารถทดสอบสมมติฐานทางสถิติในหัวข้อต่อไปนี้

1) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 1 กลุ่ม

ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

- การทดสอบทวินาม

ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย

ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นสุ่ม

- การทดสอบความเป็นสุ่ม

ปัญหาเกี่ยวกับแนวโน้ม

- การทดสอบของ Cox และ Stuart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

- การทดสอบของแมคนีมาร์

ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบวิลคอกซันชนิดอันดับที่มีเครื่องหมาย

3) การทดสอบกรณีตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบของวิลคอกซัน แมนวิทนีย์

4) การทดสอบกรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่มีความสัมพันธ์กัน

ปัญหาเกี่ยวกับค่าสัดส่วน เปอร์เซ็นต์ หรือความน่าจะเป็น

- การทดสอบของคอครานคิว
- กระบวนการภายหลังแบบทดสอบคอคราน คิว

ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบของฟรีดแมน
- การทดสอบของฟรีดแมน กรณีหลายค่าสังเกตต่อหน่วย
- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

5) การทดสอบกรณีตัวอย่าง K กลุ่มที่เป็นอิสระกัน

ปัญหาเกี่ยวกับค่ากลาง

- การทดสอบครัสคาลและวอลิส
- การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

6) การทดสอบการแจกแจง

- การทดสอบไคสแควร์
- การทดสอบของโคลโมโกรอฟ – สเมอร์นอฟสำหรับตัวอย่างเดียว
- การทดสอบของ Lilliefors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวิธีการตรวจสอบโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ได้เปรียบเทียบผลการทดสอบจากโปรแกรมที่วิเคราะห์ได้กับผลการทดสอบจากหนังสือ “สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์” ของ รศ.อุมาพร จันทศร ได้ผลตรงกัน

โดยการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนต ในครั้งนี้ถือเป็นโปรแกรมนำร่องเพื่อที่จะนำไปพัฒนาให้ดีขึ้นจนกระทั่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ผ่านเครือข่ายอินเตอร์เนตที่สมบูรณ์ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชบัญชา. หลักสถิติ.โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540

ผศ. อุมาพร จันทศร. สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2542

รศ.ดร. อำนวย เลิศชยันตี. สถิตินอนพาราเมตริก. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ศิลปะสนองการพิมพ์ , 2539

รศ. นิกา ศรีไพโรจน์. สถิตินอนพาราเมตริก. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2533

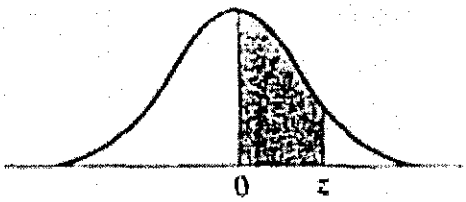
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ตารางที่ 1 Normal Curve areas



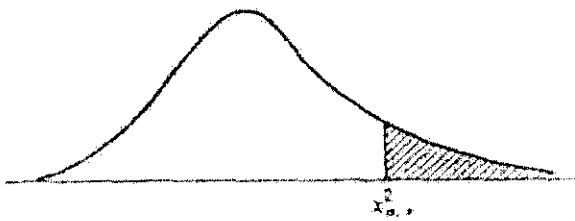
z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1628	.1664	.1700	.1736	.1772	.1808	.1844	.1879
0.5	.1915	.1950	.1985	.2019	.2054	.2088	.2123	.2157	.2190	.2224
0.6	.2257	.2291	.2324	.2357	.2389	.2422	.2454	.2486	.2517	.2549
0.7	.2580	.2611	.2642	.2673	.2704	.2734	.2764	.2794	.2823	.2852
0.8	.2881	.2910	.2939	.2967	.2995	.3023	.3051	.3078	.3106	.3133
0.9	.3159	.3186	.3212	.3238	.3264	.3289	.3315	.3340	.3365	.3389
1.0	.3413	.3438	.3461	.3485	.3508	.3531	.3554	.3577	.3599	.3621
1.1	.3643	.3665	.3686	.3708	.3729	.3749	.3770	.3790	.3810	.3830
1.2	.3849	.3869	.3888	.3907	.3925	.3944	.3962	.3980	.3997	.4015
1.3	.4032	.4049	.4066	.4082	.4099	.4115	.4131	.4147	.4162	.4177
1.4	.4192	.4207	.4222	.4236	.4251	.4265	.4279	.4292	.4306	.4319
1.5	.4332	.4345	.4357	.4370	.4382	.4394	.4406	.4418	.4429	.4441
1.6	.4452	.4463	.4474	.4484	.4495	.4505	.4515	.4525	.4535	.4545
1.7	.4554	.4564	.4573	.4582	.4591	.4599	.4608	.4616	.4625	.4633
1.8	.4641	.4649	.4656	.4664	.4671	.4678	.4686	.4693	.4699	.4706
1.9	.4713	.4719	.4726	.4732	.4738	.4744	.4750	.4756	.4761	.4767
2.0	.4772	.4778	.4783	.4788	.4793	.4798	.4803	.4808	.4812	.4817
2.1	.4821	.4826	.4830	.4834	.4838	.4842	.4846	.4850	.4854	.4857
2.2	.4861	.4864	.4868	.4871	.4875	.4878	.4881	.4884	.4887	.4890
2.3	.4893	.4896	.4898	.4901	.4904	.4906	.4909	.4911	.4913	.4916
2.4	.4918	.4920	.4922	.4925	.4927	.4929	.4931	.4932	.4934	.4936
2.5	.4938	.4940	.4941	.4943	.4945	.4946	.4948	.4949	.4951	.4952
2.6	.4953	.4955	.4956	.4957	.4959	.4960	.4961	.4962	.4963	.4964
2.7	.4965	.4966	.4967	.4968	.4969	.4970	.4971	.4972	.4973	.4974
2.8	.4974	.4975	.4976	.4977	.4977	.4978	.4979	.4979	.4980	.4981
2.9	.4981	.4982	.4982	.4983	.4984	.4984	.4985	.4985	.4986	.4986
3.0	.4987	.4987	.4987	.4988	.4988	.4989	.4989	.4989	.4990	.4990

This table is abridged from Table I of *Statistical Tables and Formulas*, by A. Hald (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1952). Reproduced by permission of A. Hald and the publishers, John Wiley & Sons, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การแจกแจกแบบไคร์สแควร์

ตารางที่ 2 Percentage points of the χ^2 distribution



ν	α 0.995	0.990	0.975	0.950	0.500	0.050	0.025	0.010	0.00[illegible]
1	0.00 +	0.00 +	0.00 +	0.00 +	0.45	3.84	5.02	6.63	7.[illegible]
2	0.01	0.02	0.05	0.10	1.39	5.99	7.38	9.21	10.[illegible]
3	0.07	0.11	0.22	0.35	2.37	7.81	9.35	11.34	12.[illegible]
4	0.21	0.30	0.48	0.71	3.36	9.49	11.14	13.28	14.[illegible]
5	0.41	0.55	0.83	1.15	4.35	11.07	12.38	15.09	[illegible]
6	0.68	0.87	1.24	1.64	5.35	12.59	14.45	16.81	[illegible]
7	0.99	1.24	1.69	2.17	6.35	14.07	16.01	18.48	[illegible]
8	1.34	1.65	2.18	2.73	7.34	15.51	17.53	20.09	[illegible]
9	1.73	2.09	2.70	3.33	8.34	16.92	19.02	21.67	[illegible]
10	2.16	2.56	3.25	3.94	9.34	18.31	20.48	23.21	[illegible]
11	2.60	3.05	3.82	4.57	10.34	19.68	21.92	24.72	[illegible]
12	3.07	3.57	4.40	5.23	11.34	21.03	23.34	26.22	[illegible]
13	3.57	4.11	5.01	5.89	12.34	22.36	24.74	27.69	[illegible]
14	4.07	4.66	5.63	6.57	13.34	23.68	26.12	29.14	[illegible]
15	4.60	5.23	6.27	7.26	14.34	25.00	27.49	30.58	[illegible]
16	5.14	5.81	6.91	7.96	15.34	26.30	28.85	32.00	[illegible]
17	5.70	6.41	7.56	8.67	16.34	27.59	30.19	33.41	[illegible]
18	6.26	7.01	8.23	9.39	17.34	28.87	31.53	34.81	[illegible]
19	6.84	7.63	8.91	10.12	18.34	30.14	32.85	36.19	[illegible]
20	7.43	8.26	9.59	10.85	19.34	31.41	34.17	37.57	[illegible]
25	10.52	11.52	13.12	14.61	24.34	37.65	40.65	44.31	[illegible]
30	13.79	14.95	16.79	18.49	29.34	43.77	46.98	50.89	[illegible]
40	20.71	22.16	24.43	26.51	39.34	55.76	59.34	63.69	[illegible]
50	27.99	29.71	32.36	34.76	49.33	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	59.33	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	69.33	90.53	95.02	100.42	104.22
80	51.17	53.54	57.15	60.39	79.33	101.88	106.63	112.33	116.32
90	59.20	61.75	65.65	69.13	89.33	113.14	118.14	124.12	128.30
100	67.33	70.06	74.22	77.93	99.33	124.34	129.56	135.81	140.17

ν = degrees of freedom.

* Adapted with permission from *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. I, 3rd ed., by E. S. Pearson and H. O. Hartley, Cambridge University Press, Cambridge, 1966.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงแบบทวินาม

Table 3 BINOMIAL DISTRIBUTION[a]

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
1	0	.9500	.9000	.8500	.8000	.7500	.7000	.6500	.6000	.5500
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0	.9025	.8100	.7225	.6400	.5625	.4900	.4225	.3600	.3025
	1	.9975	.9900	.9775	.9600	.9375	.9100	.8775	.8400	.7975
	2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3	0	.8574	.7290	.6141	.5120	.4219	.3430	.2746	.2160	.1664
	1	.9928	.9720	.9392	.8960	.8438	.7840	.7182	.6480	.5748
	2	.9999	.9990	.9966	.9920	.9844	.9730	.9571	.9360	.9089
	3	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	0	.8145	.6561	.5220	.4096	.3164	.2401	.1785	.1296	.0915
	1	.9860	.9477	.8905	.8192	.7383	.6517	.5630	.4752	.3910
	2	.9995	.9963	.9880	.9728	.9492	.9163	.8735	.8208	.7585
	3	1.0000	.9999	.9995	.9984	.9961	.9919	.9850	.9744	.9590
	4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5	0	.7738	.5905	.4437	.3277	.2373	.1681	.1160	.0778	.0503
	1	.9774	.9185	.8352	.7373	.6328	.5282	.4284	.3370	.2562
	2	.9988	.9914	.9734	.9421	.8965	.8369	.7648	.6826	.5931
	3	1.0000	.9995	.9978	.9933	.9844	.9692	.9460	.9130	.8688
	4	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9990	.9976	.9947	.9898	.9815
	5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	0	.7351	.5314	.3771	.2621	.1780	.1176	.0754	.0467	.0277
	1	.9672	.8857	.7765	.6554	.5339	.4202	.3191	.2333	.1636
	2	.9978	.9842	.9527	.9011	.8306	.7443	.6471	.5443	.4415
	3	.9999	.9987	.9941	.9830	.9624	.9295	.8826	.8208	.7447
	4	1.0000	.9999	.9996	.9984	.9954	.9891	.9777	.9590	.9308
	5	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9998	.9993	.9982	.9959	.9917
	6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	0	.6983	.4783	.3206	.2097	.1335	.0824	.0490	.0280	.0152
	1	.9556	.8503	.7166	.5767	.4449	.3294	.2338	.1586	.1024
	2	.9962	.9743	.9262	.8520	.7564	.6471	.5323	.4199	.3164
	3	.9998	.9973	.9879	.9667	.9294	.8740	.8002	.7102	.6083
	4	1.0000	.9998	.9988	.9953	.9871	.9712	.9444	.9037	.8471
	5	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9987	.9962	.9910	.9812	.9643
	6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9998	.9994	.9984	.9963
	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

[a] Y has the binomial distribution with parameters n and p. The entries are the values of $P(Y \le y) = \sum_{i=0}^{y} \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$, for p ranging from .05 to .95.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
1	0	.5000	.4500	.4000	.3500	.3000	.2500	.2000	.1500	.1000	.0500
	1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0	.2500	.2025	.1600	.1225	.0900	.0625	.0400	.0225	.0100	.0025
	1	.7500	.6975	.6400	.5775	.5100	.4375	.3600	.2775	.1900	.0975
	2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
3	0	.1250	.0911	.0640	.0429	.0270	.0156	.0080	.0034	.0010	.0001
	1	.5000	.4252	.3520	.2818	.2160	.1562	.1040	.0608	.0280	.0072
	2	.8750	.8336	.7840	.7254	.6570	.5781	.4880	.3859	.2710	.1426
	3	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4	0	.0625	.0410	.0256	.0150	.0081	.0039	.0016	.0005	.0001	.0000
	1	.3125	.2415	.1792	.1265	.0837	.0508	.0272	.0120	.0037	.0005
	2	.6875	.6090	.5248	.4370	.3483	.2617	.1808	.1095	.0523	.0140
	3	.9375	.9085	.8704	.8215	.7599	.6836	.5904	.4780	.3439	.1855
	4	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5	0	.0312	.0185	.0102	.0053	.0024	.0010	.0003	.0001	.0000	.0000
	1	.1875	.1312	.0870	.0540	.0308	.0156	.0067	.0022	.0005	.0001
	2	.5000	.4069	.3174	.2352	.1631	.1035	.0579	.0266	.0086	.0012
	3	.8125	.7438	.6630	.5716	.4718	.3672	.2627	.1648	.0815	.0226
	4	.9688	.9497	.9222	.8840	.8319	.7627	.6723	.5563	.4095	.2262
	5	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
6	0	.0156	.0083	.0041	.0018	.0007	.0002	.0001	.0000	.0000	.0000
	1	.1094	.0692	.0410	.0223	.0109	.0046	.0016	.0004	.0001	.0000
	2	.3438	.2553	.1792	.1174	.0705	.0376	.0170	.0059	.0013	.0001
	3	.6562	.5585	.4557	.3529	.2557	.1694	.0989	.0473	.0158	.0022
	4	.8906	.8364	.7667	.6809	.5798	.4661	.3446	.2235	.1143	.0328
	5	.9844	.9723	.9533	.9246	.8824	.8220	.7379	.6229	.4686	.2649
	6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
7	0	.0078	.0037	.0016	.0006	.0002	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0625	.0357	.0188	.0090	.0038	.0013	.0004	.0001	.0000	.0000
	2	.2266	.1529	.0963	.0556	.0288	.0129	.0047	.0012	.0002	.0000
	3	.5000	.3917	.2898	.1998	.1260	.0706	.0333	.0121	.0027	.0002
	4	.7734	.6836	.5801	.4677	.3529	.2436	.1480	.0738	.0257	.0038
	5	.9375	.8976	.8414	.7662	.6706	.5551	.4233	.2834	.1497	.0444
	6	.9922	.9848	.9720	.9510	.9176	.8665	.7903	.6794	.5217	.3017
	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
8	0	.6634	.4305	.2725	.1678	.1001	.0576	.0319	.0168	.0084
	1	.9428	.8131	.6572	.5033	.3671	.2553	.1691	.1064	.0632
	2	.9942	.9619	.8948	.7969	.6785	.5518	.4278	.3154	.2201
	3	.9996	.9950	.9786	.9437	.8862	.8059	.7064	.5941	.4770
	4	1.0000	.9996	.9971	.9896	.9727	.9420	.8939	.8263	.7396
	5	1.0000	1.0000	.9998	.9988	.9958	.9887	.9747	.9502	.9115
	6	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9987	.9964	.9915	.9819
	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9988	.9993	.9983
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
9	0	.6302	.3874	.2316	.1342	.0751	.0404	.0207	.0101	.0046
	1	.9288	.7748	.5995	.4362	.3003	.1960	.1211	.0705	.0385
	2	.9916	.9470	.8591	.7382	.6007	.4628	.3373	.2318	.1495
	3	.9994	.9917	.9661	.9144	.8343	.7297	.6089	.4826	.3614
	4	1.0000	.9991	.9944	.9804	.9511	.9012	.8283	.7334	.6214
	5	1.0000	.9999	.9994	.9969	.9900	.9747	.9464	.9006	.8342
	6	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9987	.9957	.9888	.9750	.9502
	7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9986	.9962	.9909
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9992
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	0	.5987	.3487	.1969	.1074	.0563	.0282	.0135	.0060	.0025
	1	.9139	.7361	.5443	.3758	.2440	.1493	.0860	.0464	.0233
	2	.9885	.9298	.8202	.6778	.5256	.3828	.2616	.1673	.0996
	3	.9990	.9872	.9500	.8791	.7759	.6496	.5138	.3823	.2660
	4	.9999	.9984	.9901	.9672	.9219	.8497	.7515	.6331	.5044
	5	1.0000	.9999	.9986	.9936	.9803	.9527	.9051	.8338	.7384
	6	1.0000	1.0000	.9999	.9991	.9965	.9894	.9740	.9452	.8980
	7	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9984	.9952	.9877	.9726
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9995	.9983	.9955
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
11	0	.5688	.3138	.1673	.0859	.0422	.0198	.0088	.0036	.0014
	1	.8981	.6974	.4922	.3221	.1971	.1130	.0606	.0302	.0139
	2	.9848	.9104	.7788	.6174	.4552	.3127	.2001	.1189	.0652
	3	.9984	.9815	.9306	.8389	.7133	.5696	.4256	.2963	.1911
	4	.9999	.9972	.9841	.9496	.8854	.7897	.6683	.5328	.3971
	5	1.0000	.9997	.9973	.9883	.9657	.9218	.8513	.7535	.6331
	6	1.0000	1.0000	.9997	.9980	.9924	.9784	.9499	.9006	.8262
	7	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9988	.9957	.9878	.9707	.9390
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9980	.9941	.9852
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9993	.9978
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
8	0	.0039	.0017	.0007	.0002	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0352	.0181	.0085	.0036	.0013	.0004	.0001	.0000	.0000	.0000
	2	.1445	.0885	.0498	.0253	.0113	.0042	.0012	.0002	.0000	.0000
	3	.3633	.2604	.1737	.1061	.0580	.0273	.0104	.0029	.0004	.0000
	4	.6367	.5230	.4059	.2936	.1941	.1138	.0563	.0214	.0050	.0004
	5	.8555	.7799	.6846	.5722	.4482	.3215	.2031	.1052	.0381	.0058
	6	.9648	.9368	.8936	.8309	.7447	.6329	.4967	.3428	.1869	.0572
	7	.9961	.9916	.9832	.9681	.9424	.8999	.8322	.7275	.5695	.3366
	8	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
9	0	.0020	.0008	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0195	.0091	.0038	.0014	.0004	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0898	.0498	.0250	.0112	.0043	.0013	.0003	.0000	.0000	.0000
	3	.2539	.1658	.0994	.0536	.0253	.0100	.0031	.0006	.0001	.0000
	4	.5000	.3786	.2666	.1717	.0988	.0489	.0196	.0056	.0009	.0000
	5	.7461	.6386	.5174	.3911	.2703	.1657	.0856	.0339	.0083	.0006
	6	.9102	.8505	.7682	.6627	.5372	.3993	.2618	.1409	.0530	.0084
	7	.9805	.9615	.9295	.8789	.8040	.6997	.5638	.4005	.2252	.0712
	8	.9980	.9954	.9899	.9793	.9596	.9249	.8658	.7684	.6126	.3698
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
10	0	.0010	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0107	.0045	.0017	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0547	.0274	.0123	.0048	.0016	.0004	.0001	.0000	.0000	.0000
	3	.1719	.1020	.0548	.0260	.0106	.0035	.0009	.0001	.0000	.0000
	4	.3770	.2616	.1662	.0949	.0473	.0197	.0064	.0014	.0001	.0000
	5	.6230	.4956	.3669	.2485	.1503	.0781	.0328	.0099	.0016	.0001
	6	.8281	.7340	.6177	.4862	.3504	.2241	.1209	.0500	.0128	.0010
	7	.9453	.9004	.8327	.7384	.6172	.4744	.3222	.1798	.0702	.0115
	8	.9893	.9767	.9536	.9140	.8507	.7560	.6242	.4557	.2639	.0861
	9	.9990	.9975	.9940	.9865	.9718	.9437	.8926	.8031	.6513	.4013
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
11	0	.0005	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0059	.0022	.0007	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0327	.0148	.0059	.0020	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.1133	.0610	.0293	.0122	.0043	.0012	.0002	.0000	.0000	.0000
	4	.2744	.1738	.0994	.0501	.0216	.0076	.0020	.0003	.0000	.0000
	5	.5000	.3669	.2465	.1487	.0782	.0343	.0117	.0027	.0003	.0000
	6	.7256	.6029	.4672	.3317	.2103	.1146	.0504	.0159	.0028	.0001
	7	.8867	.8089	.7037	.5744	.4304	.2867	.1611	.0694	.0185	.0016
	8	.9673	.9348	.8811	.7999	.6873	.5448	.3826	.2212	.0896	.0152
	9	.9941	.9861	.9698	.9394	.8870	.8029	.6779	.5078	.3026	.1019
	10	.9995	.9986	.9964	.9912	.9802	.9578	.9141	.8327	.6862	.4312
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
12	0	.5404	.2824	.1422	.0687	.0317	.0138	.0057	.0022	.0008
	1	.8816	.6590	.4435	.2749	.1584	.0850	.0424	.0196	.0083
	2	.9804	.8891	.7358	.5583	.3907	.2528	.1513	.0834	.0421
	3	.9978	.9744	.9078	.7946	.6488	.4925	.3467	.2253	.1345
	4	.9998	.9957	.9761	.9274	.8424	.7237	.5833	.4382	.3044
	5	1.0000	.9995	.9954	.9806	.9456	.8822	.7873	.6652	.5269
	6	1.0000	.9999	.9993	.9961	.9857	.9614	.9154	.8418	.7393
	7	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9972	.9905	.9745	.9427	.8883
	8	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9983	.9944	.9847	.9644
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9992	.9972	.9921
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9989
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
13	0	.5133	.2542	.1209	.0550	.0238	.0097	.0037	.0013	.0004
	1	.8646	.6213	.3983	.2336	.1267	.0637	.0296	.0126	.0049
	2	.9755	.8661	.7296	.5017	.3326	.2025	.1132	.0579	.0269
	3	.9969	.9658	.9033	.7473	.5843	.4206	.2783	.1686	.0929
	4	.9997	.9935	.9740	.9009	.7940	.6543	.5005	.3530	.2279
	5	1.0000	.9991	.9947	.9700	.9198	.8346	.7159	.5744	.4268
	6	1.0000	.9999	.9987	.9930	.9757	.9376	.8705	.7712	.6437
	7	1.0000	1.0000	.9998	.9988	.9944	.9818	.9538	.9023	.8212
	8	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9990	.9960	.9874	.9679	.9302
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9993	.9975	.9922	.9797
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9987	.9959
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14	0	.4877	.2288	.1028	.0440	.0178	.0068	.0024	.0008	.0002
	1	.8470	.5846	.3567	.1979	.1010	.0475	.0205	.0081	.0029
	2	.9699	.8416	.6479	.4481	.2811	.1608	.0839	.0398	.0170
	3	.9958	.9559	.8535	.6982	.5213	.3552	.2205	.1243	.0632
	4	.9996	.9908	.9533	.8702	.7415	.5842	.4227	.2793	.1672
	5	1.0000	.9985	.9885	.9561	.8883	.7805	.6405	.4859	.3373
	6	1.0000	.9998	.9978	.9884	.9617	.9067	.8164	.6925	.5461
	7	1.0000	1.0000	.9997	.9976	.9897	.9685	.9247	.8499	.7414
	8	1.0000	1.0000	1.0000	.9996	.9978	.9917	.9757	.9417	.8811
	9	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9983	.9940	.9825	.9574
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9989	.9961	.9886
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9978
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
12	0	.0002	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0032	.0011	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0193	.0079	.0028	.0008	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0730	.0356	.0153	.0056	.0017	.0004	.0001	.0000	.0000	.0000
	4	.1938	.1117	.0573	.0255	.0095	.0028	.0006	.0001	.0000	.0000
	5	.3872	.2607	.1582	.0846	.0386	.0143	.0039	.0007	.0001	.0000
	6	.6128	.4731	.3348	.2127	.1178	.0544	.0194	.0046	.0005	.0000
	7	.8062	.6956	.5618	.4167	.2763	.1576	.0726	.0239	.0043	.0002
	8	.9270	.8655	.7747	.6533	.5075	.3512	.2054	.0922	.0256	.0022
	9	.9807	.9579	.9166	.8487	.7472	.6093	.4417	.2642	.1109	.0196
	10	.9968	.9917	.9804	.9576	.9150	.8416	.7251	.5565	.3410	.1184
	11	.9998	.9992	.9978	.9943	.9862	.9683	.9313	.8578	.7176	.4596
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
13	0	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0017	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0112	.0041	.0013	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0461	.0203	.0078	.0025	.0007	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.1334	.0698	.0321	.0126	.0040	.0010	.0002	.0000	.0000	.0000
	5	.2905	.1788	.0977	.0462	.0182	.0056	.0012	.0002	.0000	.0000
	6	.5000	.3563	.2288	.1295	.0624	.0243	.0070	.0013	.0001	.0000
	7	.7095	.5732	.4256	.2841	.1654	.0802	.0300	.0053	.0009	.0000
	8	.8666	.7721	.6470	.4995	.3457	.2060	.0991	.0260	.0065	.0003
	9	.9539	.8971	.8314	.7217	.5794	.4157	.2527	.0967	.0342	.0031
	10	.9888	.9731	.9421	.8868	.7975	.6674	.4983	.2703	.1339	.0245
	11	.9983	.9951	.9874	.9704	.9363	.8733	.7664	.6017	.3787	.1354
	12	.9999	.9996	.9987	.9963	.9903	.9762	.9450	.8791	.7458	.4867
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14	0	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0009	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0065	.0022	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0287	.0114	.0039	.0011	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0898	.0462	.0175	.0060	.0017	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.2120	.1189	.0583	.0243	.0083	.0022	.0004	.0000	.0000	.0000
	6	.3953	.2586	.1501	.0753	.0315	.0103	.0024	.0003	.0000	.0000
	7	.6047	.4539	.3075	.1836	.0933	.0383	.0116	.0022	.0002	.0000
	8	.7880	.6627	.5141	.3565	.2195	.1117	.0439	.0115	.0018	.0000
	9	.9102	.8328	.7207	.5773	.4158	.2585	.1298	.0467	.0090	.0002
	10	.9713	.9368	.8757	.7795	.6448	.4787	.3018	.1465	.0441	.0042
	11	.9935	.9830	.9602	.9161	.8392	.7189	.5519	.3521	.1584	.0301
	12	.9991	.9971	.9919	.9795	.9525	.8990	.8021	.6433	.4154	.1530
	13	.9999	.9998	.9992	.9976	.9932	.9822	.9560	.8972	.7712	.5123
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
15	0	.4633	.2059	.0874	.0352	.0134	.0047	.0016	.0005	.0001
	1	.8290	.5490	.3186	.1671	.0802	.0353	.0142	.0052	.0017
	2	.9638	.8159	.6042	.3980	.2361	.1268	.0617	.0271	.0107
	3	.9945	.9444	.8227	.6482	.4613	.2969	.1727	.0905	.0424
	4	.9994	.9873	.9383	.8358	.6865	.5155	.3519	.2173	.1204
	5	.9999	.9978	.9832	.9389	.8516	.7216	.5643	.4032	.2608
	6	1.0000	.9997	.9964	.9819	.9434	.8689	.7548	.6098	.4522
	7	1.0000	1.0000	.9994	.9958	.9827	.9500	.8868	.7869	.6535
	8	1.0000	1.0000	.9999	.9992	.9958	.9848	.9578	.9050	.8182
	9	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9992	.9963	.9876	.9662	.9231
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9993	.9972	.9907	.9745
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9995	.9981	.9937
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9989
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	0	.4401	.1853	.0743	.0281	.0100	.0033	.0010	.0003	.0001
	1	.8108	.5147	.2839	.1407	.0635	.0261	.0098	.0033	.0010
	2	.9571	.7892	.5614	.3518	.1971	.0994	.0451	.0183	.0066
	3	.9930	.9316	.7899	.5981	.4050	.2459	.1339	.0651	.0281
	4	.9991	.9830	.9209	.7982	.6302	.4499	.2892	.1666	.0853
	5	.9999	.9967	.9765	.9183	.8103	.6598	.4900	.3288	.1976
	6	1.0000	.9995	.9944	.9733	.9204	.8247	.6881	.5272	.3660
	7	1.0000	.9999	.9989	.9930	.9729	.9256	.8406	.7161	.5629
	8	1.0000	1.0000	.9998	.9985	.9925	.9743	.9329	.8577	.7441
	9	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9984	.9929	.9771	.9417	.8759
	10	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9984	.9938	.9809	.9514
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9987	.9951	.9851
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9991	.9965
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
15	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0037	.0011	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0176	.0063	.0019	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0592	.0255	.0093	.0028	.0007	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.1509	.0769	.0338	.0124	.0037	.0008	.0001	.0000	.0000	.0000
	6	.3036	.1818	.0950	.0422	.0152	.0042	.0008	.0001	.0000	.0000
	7	.5000	.3465	.2131	.1132	.0500	.0173	.0042	.0006	.0000	.0000
	8	.6964	.5478	.3902	.2452	.1311	.0566	.0181	.0036	.0003	.0000
	9	.8491	.7392	.5968	.4357	.2784	.1484	.0611	.0168	.0022	.0001
	10	.9408	.8796	.7827	.6481	.4845	.3135	.1642	.0617	.0127	.0006
	11	.9824	.9576	.9095	.8273	.7031	.5387	.3518	.1773	.0556	.0055
	12	.9963	.9893	.9729	.9383	.8732	.7639	.6020	.3958	.1841	.0362
	13	.9995	.9983	.9948	.9858	.9647	.9198	.8329	.6814	.4510	.1710
	14	1.0000	.9999	.9995	.9984	.9953	.9866	.9648	.9126	.7941	.5367
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0021	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0106	.0035	.0009	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0384	.0142	.0049	.0013	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.1051	.0556	.0191	.0062	.0016	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000
	6	.2272	.1524	.0583	.0229	.0071	.0016	.0002	.0000	.0000	.0000
	7	.4018	.2982	.1423	.0671	.0257	.0075	.0015	.0002	.0000	.0000
	8	.5982	.4371	.2839	.1594	.0744	.0271	.0070	.0011	.0001	.0000
	9	.7728	.6340	.4728	.3119	.1753	.0796	.0267	.0056	.0005	.0000
	10	.8949	.8024	.6712	.5100	.3402	.1897	.0817	.0235	.0033	.0001
	11	.9616	.9147	.8334	.7108	.5501	.3698	.2018	.0791	.0170	.0009
	12	.9894	.9719	.9349	.8661	.7541	.5950	.4019	.2101	.0684	.0070
	13	.9979	.9934	.9817	.9549	.9006	.8729	.6482	.4386	.2108	.0429
	14	.9997	.9990	.9967	.9902	.9739	.9365	.8593	.7161	.4853	.1892
	15	1.0000	.9999	.9997	.9990	.9967	.9900	.9719	.9257	.8147	.5599
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
17	0	.4181	.1668	.0631	.0225	.0075	.0023	.0007	.0002	.0000
	1	.7922	.4818	.2525	.1182	.0501	.0193	.0067	.0021	.0006
	2	.9497	.7618	.5198	.3096	.1637	.0774	.0327	.0123	.0041
	3	.9912	.9174	.7556	.5489	.3530	.2019	.1028	.0464	.0184
	4	.9988	.9779	.9013	.7582	.5739	.3887	.2348	.1260	.0596
	5	.9999	.9953	.9681	.8943	.7653	.5968	.4197	.2639	.1471
	6	1.0000	.9992	.9917	.9623	.8929	.7752	.6188	.4478	.2902
	7	1.0000	.9999	.9983	.9891	.9598	.8954	.7872	.6405	.4743
	8	1.0000	1.0000	.9997	.9974	.9876	.9597	.9006	.8011	.6626
	9	1.0000	1.0000	1.0000	.9995	.9969	.9873	.9617	.9081	.8166
	10	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9968	.9880	.9652	.9174
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9993	.9970	.9894	.9699
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9975	.9914
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9995	.9981
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9997
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18	0	.3972	.1501	.0536	.0180	.0056	.0016	.0004	.0001	.0000
	1	.7735	.4503	.2241	.0991	.0395	.0142	.0046	.0013	.0003
	2	.9419	.7338	.4797	.2713	.1353	.0600	.0236	.0082	.0025
	3	.9891	.9018	.7202	.5010	.3057	.1646	.0783	.0328	.0120
	4	.9985	.9718	.8794	.7164	.5187	.3327	.1886	.0942	.0411
	5	.9998	.9936	.9581	.8671	.7175	.5344	.3550	.2088	.1077
	6	1.0000	.9988	.9882	.9487	.8610	.7217	.5491	.3743	.2258
	7	1.0000	.9998	.9973	.9837	.9431	.8593	.7283	.5634	.3915
	8	1.0000	1.0000	.9995	.9957	.9807	.9404	.8609	.7368	.5778
	9	1.0000	1.0000	.9999	.9991	.9946	.9790	.9403	.8653	.7473
	10	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9988	.9939	.9788	.9424	.8705
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9986	.9938	.9797	.9538
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9986	.9942	.9815
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9987	.9948
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9992
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	18	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
17	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0012	.0003	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0064	.0019	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0245	.0086	.0025	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.0717	.0301	.0106	.0030	.0007	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	6	.1662	.0826	.0348	.0120	.0032	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000
	7	.3145	.1834	.0919	.0383	.0127	.0031	.0005	.0000	.0000	.0000
	8	.5000	.3374	.1989	.0994	.0403	.0124	.0026	.0003	.0000	.0000
	9	.6855	.5257	.3595	.2128	.1046	.0402	.0109	.0017	.0001	.0000
	10	.8338	.7098	.5522	.3812	.2248	.1071	.0377	.0083	.0008	.0000
	11	.9283	.8529	.7361	.5803	.4032	.2347	.1057	.0319	.0047	.0001
	12	.9755	.9404	.8740	.7652	.6113	.4261	.2418	.0987	.0221	.0017
	13	.9936	.9816	.9536	.8972	.7981	.6470	.4511	.2444	.0826	.0106
	14	.9988	.9959	.9877	.9673	.9226	.8363	.6904	.4802	.2382	.0705
	15	.9999	.9994	.9979	.9933	.9807	.9499	.8818	.7475	.5182	.2773
	16	1.0000	1.0000	.9998	.9993	.9977	.9925	.9775	.9369	.8332	.5818
	17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0007	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0038	.0010	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0154	.0049	.0013	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.0481	.0183	.0058	.0014	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	6	.1189	.0537	.0203	.0062	.0014	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000
	7	.2403	.1280	.0576	.0212	.0061	.0012	.0002	.0000	.0000	.0000
	8	.4073	.2527	.1347	.0597	.0210	.0054	.0009	.0001	.0000	.0000
	9	.5927	.4222	.2632	.1391	.0596	.0193	.0043	.0005	.0000	.0000
	10	.7597	.6085	.4366	.2717	.1407	.0569	.0163	.0027	.0002	.0000
	11	.8811	.7742	.6257	.4509	.2783	.1390	.0513	.0118	.0012	.0000
	12	.9519	.8923	.7912	.6450	.4656	.2825	.1329	.0419	.0064	.0002
	13	.9846	.9589	.9058	.8114	.6673	.4813	.2836	.1206	.0282	.0020
	14	.9962	.9880	.9672	.9217	.8354	.6943	.4990	.2798	.0982	.0078
	15	.9993	.9975	.9918	.9764	.9400	.8647	.7287	.5203	.2662	.0352
	16	.9999	.9997	.9987	.9954	.9858	.9605	.9009	.7759	.5497	.2265
	17	1.0000	1.0000	.9999	.9996	.9984	.9944	.9820	.9464	.8499	.6028
	18	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (Continued)

n	y	$p = .05$	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45
19	0	.3774	.1351	.0456	.0144	.0042	.0011	.0003	.0001	.0000
	1	.7547	.4203	.1985	.0829	.0310	.0104	.0031	.0008	.0002
	2	.9335	.7054	.4413	.2369	.1113	.0462	.0170	.0055	.0015
	3	.9869	.8850	.6841	.4551	.2631	.1332	.0591	.0230	.0077
	4	.9980	.9648	.8556	.6733	.4654	.2822	.1500	.0696	.0280
	5	.9998	.9914	.9463	.8369	.6678	.4739	.2968	.1629	.0777
	6	1.0000	.9983	.9837	.9324	.8251	.6655	.4812	.3081	.1727
	7	1.0000	.9997	.9959	.9767	.9225	.8180	.6656	.4878	.3169
	8	1.0000	1.0000	.9992	.9933	.9713	.9161	.8145	.6675	.4549
	9	1.0000	1.0000	.9999	.9984	.9911	.9674	.9125	.8139	.6822
	10	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9977	.9895	.9653	.9115	.8329
	11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9995	.9972	.9886	.9648	.9126
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9969	.9884	.9648
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9993	.9969	.9884
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994	.9969
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9994
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9999
	17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	18	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	0	.3585	.1216	.0388	.0115	.0032	.0008	.0002	.0000	.0000
	1	.7358	.3917	.1756	.0692	.0243	.0076	.0021	.0005	.0001
	2	.9245	.6769	.4049	.2061	.0913	.0355	.0121	.0036	.0010
	3	.9841	.8670	.6477	.4114	.2252	.1071	.0444	.0160	.0049
	4	.9974	.9568	.8298	.6296	.4148	.2375	.1182	.0510	.0189
	5	.9997	.9887	.9327	.8042	.6172	.4164	.2454	.1256	.0553
	6	1.0000	.9976	.9781	.9133	.7858	.6080	.4166	.2500	.1299
	7	1.0000	.9996	.9941	.9679	.8982	.7723	.6010	.4159	.2520
	8	1.0000	.9999	.9987	.9900	.9591	.8867	.7624	.5956	.4143
	9	1.0000	1.0000	.9998	.9974	.9861	.9520	.8782	.7553	.5914
	10	1.0000	1.0000	1.0000	.9994	.9961	.9829	.9468	.8725	.7507
	11	1.0000	1.0000	1.0000	.9999	.9991	.9949	.9804	.9435	.8692
	12	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9987	.9940	.9790	.9420
	13	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9985	.9935	.9786
	14	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9984	.9935
	15	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997	.9984
	16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	.9997
	17	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	18	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 การแจกแจงทวินาม (ต่อ)

Table 3 (CONTINUED)

n	y	$p = .50$	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95
19	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0004	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0022	.0005	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0096	.0028	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.0318	.0109	.0031	.0007	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	6	.0835	.0342	.0116	.0031	.0006	.0001	.0000	.0000	.0000	.0000
	7	.1796	.0871	.0352	.0114	.0028	.0005	.0000	.0000	.0000	.0000
	8	.3238	.1841	.0885	.0347	.0105	.0023	.0003	.0000	.0000	.0000
	9	.5000	.3290	.1861	.0875	.0326	.0089	.0016	.0001	.0000	.0000
	10	.6762	.5060	.3325	.1855	.0839	.0287	.0067	.0008	.0000	.0000
	11	.8204	.6831	.5122	.3344	.1820	.0775	.0233	.0041	.0003	.0000
	12	.9165	.8273	.6919	.5188	.3345	.1749	.0676	.0163	.0017	.0000
	13	.9682	.9223	.8371	.7032	.5522	.3322	.1631	.0537	.0086	.0002
	14	.9904	.9720	.9304	.8500	.7178	.5346	.3267	.1444	.0352	.0020
	15	.9978	.9923	.9770	.9409	.8668	.7369	.5449	.3159	.1150	.0132
	16	.9996	.9985	.9945	.9830	.9538	.8887	.7631	.5587	.2946	.0665
	17	1.0000	.9998	.9992	.9969	.9896	.9690	.9171	.8015	.5797	.2453
	18	1.0000	1.0000	.9999	.9997	.9989	.9958	.9856	.9544	.8649	.6226
	19	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	1	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	2	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3	.0013	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	4	.0059	.0015	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	5	.0207	.0064	.0016	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	6	.0577	.0214	.0065	.0015	.0003	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	7	.1316	.0580	.0210	.0060	.0013	.0002	.0000	.0000	.0000	.0000
	8	.2517	.1308	.0565	.0196	.0051	.0009	.0001	.0000	.0000	.0000
	9	.4119	.2493	.1275	.0532	.0171	.0039	.0006	.0000	.0000	.0000
	10	.5881	.4086	.2447	.1218	.0480	.0139	.0026	.0002	.0000	.0000
	11	.7483	.5857	.4044	.2376	.1133	.0409	.0100	.0013	.0001	.0000
	12	.8684	.7480	.5841	.3990	.2277	.1018	.0321	.0059	.0004	.0000
	13	.9423	.8701	.7500	.5834	.3920	.2142	.0867	.0219	.0024	.0000
	14	.9793	.9447	.8744	.7546	.5836	.3828	.1958	.0673	.0113	.0003
	15	.9941	.9811	.9490	.8818	.7625	.5852	.3704	.1702	.0432	.0026
	16	.9987	.9951	.9840	.9556	.8929	.7748	.5886	.3523	.1330	.0159
	17	.9998	.9991	.9964	.9879	.9645	.9087	.7939	.5951	.3231	.0755
	18	1.0000	.9999	.9995	.9979	.9924	.9757	.9308	.8244	.6083	.2642
	19	1.0000	1.0000	1.0000	.9998	.9992	.9968	.9885	.9612	.8784	.6415
	20	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

For n larger than 20, the rth quantile y_r of a binomial random variable may be approximated using $y_r = np + w_r \sqrt{np(1-p)}$, where w_r is the rth quantile of a standard normal random variable, obtained from Table 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 d-factors for Wilcoxon signed-rank test and confidence intervals for median

d-factors for Wilcoxon signed-rank test and confidence intervals for the median (α' = one-sided significance level, α'' = two-sided significance level)

n	d	Confidence coefficient	α'	α''
3	1	.750	.250	.125
4	1	.875	.125	.063
5	1	.938	.062	.031
	2	.875	.125	.063
6	1	.969	.031	.016
	2	.937	.063	.031
	3	.906	.094	.047
	4	.844	.156	.078
7	1	.984	.016	.008
	2	.969	.031	.016
	4	.922	.078	.039
	5	.891	.109	.055
8	1	.992	.008	.004
	2	.984	.016	.008
	4	.961	.039	.020
	5	.945	.055	.027
	6	.922	.078	.039
	7	.891	.109	.055
9	2	.992	.008	.004
	3	.988	.012	.006
	5	.961	.039	.020
	6	.945	.055	.027
	7	.902	.098	.049
	8	.871	.129	.065
10	4	.990	.010	.005
	5	.985	.014	.007
	9	.951	.049	.024
	10	.936	.064	.032
	11	.916	.084	.043
	12	.895	.105	.053
11	6	.990	.010	.005
	7	.986	.014	.007
	11	.958	.042	.021
	12	.946	.054	.027
	14	.917	.083	.043
	15	.898	.102	.051
12	8	.991	.009	.005
	9	.988	.012	.006
	13	.958	.042	.021
	15	.948	.052	.026
	18	.909	.091	.049
	19	.890	.110	.055
13	10	.992	.008	.004
	11	.990	.010	.005
	17	.952	.048	.024
	19	.943	.057	.029
	22	.906	.094	.047
	23	.890	.110	.055
14	13	.991	.009	.005
	14	.989	.011	.006
	22	.951	.049	.025
	23	.939	.061	.031
	25	.909	.091	.046
	27	.896	.104	.053
15	16	.993	.007	.004
	17	.989	.011	.006
	26	.952	.048	.025
	27	.945	.055	.029
	31	.905	.095	.047
	32	.897	.103	.052
16	20	.991	.009	.005
	21	.989	.011	.006
	30	.955	.045	.024
	31	.949	.051	.027
	36	.907	.093	.049
	37	.895	.105	.055
17	21	.991	.009	.005
	25	.959	.041	.022
	35	.915	.085	.046
	36	.910	.090	.049
	42	.858	.142	.077
18	24	.992	.008	.004
	25	.990	.010	.005
	41	.952	.048	.026
	42	.946	.054	.029
	48	.907	.093	.051
	49	.896	.104	.057
19	33	.991	.009	.005
	34	.990	.010	.005
	46	.952	.048	.026
	48	.946	.054	.029
	55	.905	.095	.052
20	38	.991	.009	.005
	39	.989	.011	.006
	53	.953	.047	.026
	54	.947	.053	.029
	61	.904	.096	.052
	62	.896	.104	.057
21	43	.991	.009	.005
	44	.990	.010	.005
	59	.953	.047	.026
	60	.950	.050	.029
	68	.905	.095	.052
	69	.897	.103	.057

Source. F. Wilcoxon, S. Katti, and R. A. Wilcox, *Critical Values and Probability Levels for the Wilcoxon Rank Sum Test and the Wilcoxon Signed Rank Test*, Pearl River, N.Y.: Lederle Laboratories, American Cyanamid Co., 1949; used by permission of American Cyanamid Company.

Note. For $n > 25$ use $d = z[n(n+1)(2n+1)/6]^{1/2}$, where z is read from Table A.1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง d-factors for Wilcoxon signed-rank test and confidence intervals for median (ต่อ)

n	d	Confidence coefficient	a''	a'	n	d	Confidence coefficient	a''	a'
22	49	991	000	005	24	62	990	010	005
	50	990	010	005		63	989	011	005
	66	954	046	023		82	971	029	015
	67	950	050	025		81	967	033	017
	76	902	098	049		82	959	041	021
	77	895	105	053		83	951	049	025
23	55	991	009	005	25	69	990	010	005
	56	990	010	005		70	988	012	006
	74	954	046	024		88	966	034	018
	75	946	054	028		89	959	041	022
	84	902	098	049		90	951	049	025
	85	893	107	053		101	902	098	049

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 Table of Critical values of r in the run test

Table of Critical Values of r in the Runs Test*

Given in the bodies of Table F_I and Table F_{II} are various critical values of r for various values of n_1 and n_2. For the one-sample runs test, any value of r which is equal to or smaller than that shown in Table F_I or equal to or larger than that shown in Table F_{II} is significant at the .05 level. For the Wald-Wolfowitz two-sample runs test, any value of r which is equal to or smaller than that shown in Table F_I is significant at the .05 level.

n_1 \ n_2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2											2	2	2	2	2	2	2	2	2
3					2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
4				2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
5			2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5
6		2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6
7		2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6
8		2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7
9		2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8
10		2	3	3	4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9
11		2	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9
12	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10
13	2	2	3	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10
14	2	2	3	4	5	5	6	7	7	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11
15	2	3	3	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12
16	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12
17	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	13
18	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13
19	2	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13
20	2	3	4	5	6	6	7	8	9	9	10	10	11	12	13	13	13	13	14

* Adapted from Swed, Frieda S., and Eisenhart, C. 1943. Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *Ann. Math. Statist.*, 14. 83–86, with the kind permission of the authors and publisher.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 Table of Critical values of r in the run test (ต่อ)

Table of Critical Values of r in the Runs Test* (*Continued*)

n_1 \ n_2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2																			
3																			
4				9	9														
5			9	10	10	11	11												
6			9	10	11	12	12	13	13	13	13								
7				11	12	13	13	14	14	14	14	15	15	15					
8				11	12	13	14	14	15	15	16	16	16	16	17	17	17	17	17
9					13	14	14	15	16	16	16	17	17	18	18	18	18	18	18
10					13	14	15	16	16	17	17	18	18	18	19	19	19	20	20
11					13	14	15	16	17	17	18	19	19	19	20	20	20	21	21
12					13	14	16	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	22	22
13						15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
14						15	16	17	18	19	20	20	21	22	22	23	23	23	24
15						15	16	18	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25
16							17	18	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	25
17							17	18	19	20	21	22	23	23	24	25	25	26	26
18							17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	26	27
19							17	18	20	21	22	23	23	24	25	26	26	27	27
20							17	18	20	21	22	23	24	25	25	26	27	27	28

* Adapted from Swed, Frieda S., and Eisenhart, C. 1943. Tables for testing randomness of grouping in a sequence of alternatives. *Ann. Math. Statist.*, 14. 83-86, with the kind permission of the authors and publisher.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 Quantiles of the Wilcoxon Signed Ranks Test Statistic

QUANTILES OF THE WILCOXON SIGNED RANKS TEST STATISTIC[a]

	$w_{.005}$	$w_{.01}$	$w_{.025}$	$w_{.05}$	$w_{.10}$	$w_{.20}$	$w_{.30}$	$w_{.40}$	$w_{.50}$	$\frac{n(n+1)}{2}$
$n = 4$	0	0	0	0	1	3	3	4	5	10
5	0	0	0	1	3	4	5	6	7.5	15
6	0	0	1	3	4	6	8	9	10.5	21
7	0	1	3	4	6	9	11	12	14	28
8	1	2	4	6	9	12	14	16	18	36
9	2	4	6	9	11	15	18	20	22.5	45
10	4	6	9	11	15	19	22	25	27.5	55
11	6	8	11	14	18	23	27	30	33	66
12	8	10	14	18	22	28	32	36	39	78
13	10	13	18	22	27	33	38	42	45.5	91
14	13	16	22	26	32	39	44	48	52.5	105
15	16	20	26	31	37	45	51	55	60	120
16	20	24	30	36	43	51	58	63	68	136
17	24	28	35	42	49	58	65	71	76.5	153
18	28	33	41	48	56	66	73	80	85.5	171
19	33	38	47	54	63	74	82	89	95	190
20	38	44	53	61	70	82	91	98	105	210

For n larger than 20, the pth quantile w_p of the Wilcoxon signed ranks test statistic may be approximated by $w_p = [n(n+1)/4] + x_p\sqrt{n(n+1)(2n+1)/24}$, where x_p is the pth quantile of a standard normal random variable, obtained from Table 1.

SOURCE. Adapted from Table 1, McCornack (1965).

[a] *The entries in this table are quantiles* w_p *of the Wilcoxon signed ranks test statistic* T, given by Equation (5.1.4), for selected values of $p \leq .50$. Quantiles w_p for $p > .50$ may be computed from the equation

$$w_p = n(n+1)/2 - w_{1-p}$$

where $n(n+1)/2$ is given in the right hand column in the table. Note that $P(T < w_p) \leq p$ and $P(T > w_p) \leq 1 - p$ if H_0 is true. Critical regions correspond to values of T less than (or greater than) but not including the appropriate quantile.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Quantiles of Mann-Whitney test statistic

Table

Quantiles of the Mann–Whitney test statistic

n_1	p	$n_2=2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2
	.025	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	.05	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	5	5
	.10	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	7	7	8	8
3	.001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	.005	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4
	.01	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6
	.025	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8	8	9
	.05	0	0	0	1	2	2	3	3	4	5	6	6	6	8	8	9	10	11	12
	.10	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	.001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4
	.005	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	9
	.01	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11
	.025	0	0	1	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	15	17	18
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
5	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
	.005	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10
	.01	0	0	0	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9	10	11	12
	.025	0	0	1	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8
	.005	0	0	0	0	1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10	11
	.01	0	0	0	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13
	.025	0	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	16	17	18
7	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8
	.005	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10	11	12
	.01	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	14
	.025	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19
8	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	8	9
	.005	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	.01	0	0	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	.025	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	19
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	20	21
9	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10
	.005	0	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	.01	0	0	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	.025	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	20	21
10	.001	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	10
	.005	0	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	.01	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	.025	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19
	.05	0	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15	16	17	19	20
	.10	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	15	16	17	19	20	22

Source: Adapted from L. R. Verdooren, "Extended Tables of Critical Values for Wilcoxon's Test Statistic," *Biometrika*, 50 (1963), 177–186; used by permission of the *Biometrika* Trustees. The additional data to $n_2 = 20$ are from *Handbook of Mathematical Statistics*, New York: Wiley, 1971.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Quantiles of Mann-Whitney test statistic (ต่อ)

n_1	p	$n_2=2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	.001	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8
	.005	0	0	0	1	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	12	13	14
	.01	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	.025	0	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13	14	15	16	18	19	20	21
	.05	0	1	2	3	5	6	7	9	10	12	13	14	16	17	20	21	23	24	26
	.10	1	2	3	5	6	8	9	11	13	16	18	19	21	23	24	26	28	29	31
6	.001	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	.005	0	0	0	0	1	2	3	4	6	8	10	11	12	13	14	16	17	18	19
	.01	0	0	0	2	3	4	5	7	8	10	12	13	14	16	17	19	20	21	23
	.025	0	0	2	3	4	6	7	9	11	14	15	17	18	20	22	23	25	26	28
	.05	0	0	2	3	4	6	8	9	11	13	15	17	20	22	24	26	28	30	32
	.10	0	1	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
7	.001	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
	.005	0	0	0	0	2	4	5	7	8	9	10	11	13	14	16	17	19	20	22
	.01	0	0	0	1	2	4	5	7	8	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25
	.025	0	0	1	2	4	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
	.05	0	0	2	4	5	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27	29	31	34	36
	.10	0	1	3	5	7	9	12	14	16	18	21	24	26	28	31	34	37	39	42
8	.001	0	0	0	0	1	2	3	5	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21
	.005	0	0	0	2	3	5	7	8	10	12	14	16	18	19	21	23	25	27	29
	.01	0	0	0	2	3	5	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	27	29
	.025	0	0	1	3	5	7	8	11	13	16	18	20	23	25	27	30	32	34	37
	.05	0	0	2	3	5	7	9	11	14	16	19	21	23	25	28	30	33	35	38
	.10	0	1	2	4	6	8	11	13	16	18	20	23	25	28	31	33	36	38	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Quantiles of Mann-Whitney test statistic (ต่อ)

Table 10

n_1	p	$n_2=2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	.001	0	0	0	2	3	4	6	8	9	11	13	15	16	18	20	22	24	26	27
	.005	0	1	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	25	28	30	32	34	37
	.01	0	2	4	6	8	10	12	15	17	19	22	24	27	29	32	34	37	39	41
	.025	1	3	5	8	11	13	16	18	21	24	27	29	32	35	38	40	43	46	49
	.05	2	5	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49	52	55
	.10	3	6	10	13	16	19	23	26	29	32	36	39	42	46	49	53	56	59	63
10	.001	0	0	1	2	4	6	7	9	11	13	15	18	20	22	24	26	28	30	33
	.005	0	1	3	5	7	10	12	14	17	19	22	25	27	30	32	35	38	40	43
	.01	0	2	4	7	9	12	14	17	20	23	25	28	31	34	37	39	42	45	48
	.025	1	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30	34	37	40	43	46	49	53	56
	.05	2	5	8	12	15	18	21	25	28	32	35	38	42	45	49	52	56	59	63
	.10	4	7	11	14	18	22	25	29	33	37	40	44	48	52	55	59	63	67	71
11	.001	0	0	1	3	5	7	9	11	13	16	18	21	23	25	28	30	33	35	38
	.005	0	1	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49
	.01	0	2	5	8	10	13	16	19	23	26	29	32	35	38	42	45	48	51	54
	.025	1	4	7	10	14	17	20	24	27	31	34	38	41	45	48	52	56	59	63
	.05	2	6	9	13	17	20	24	28	32	35	39	43	47	51	55	58	62	66	70
	.10	4	8	12	16	20	24	28	32	37	41	45	49	53	58	62	66	70	74	79
12	.001	0	0	1	3	5	8	10	13	15	18	21	24	26	29	32	35	38	41	43
	.005	0	2	4	7	10	13	16	19	22	25	28	32	35	38	42	45	48	52	55
	.01	0	3	6	9	12	15	19	22	25	29	32	36	39	43	47	50	54	57	61
	.025	2	5	8	12	15	19	23	27	30	34	38	42	46	50	54	58	62	66	70
	.05	3	6	10	14	18	22	27	31	35	39	43	48	52	56	61	65	69	73	78
	.10	5	9	13	18	22	27	31	36	40	45	50	54	59	64	68	73	78	82	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Quantiles of Mann-Whitney test statistic (ต่อ)

n_1	P	$n_2=2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	.001	0	0	2	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	43	46	49
	.005	0	2	4	8	11	14	18	21	25	28	32	35	39	43	46	50	54	58	61
	.01	1	3	6	10	13	17	21	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68
	.025	2	5	9	13	17	21	25	29	34	38	42	46	51	55	60	64	68	73	77
	.05	3	7	11	16	20	25	29	34	38	43	48	52	57	62	66	71	76	81	85
	.10	5	10	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	75	80	85	90	95
14	.001	0	0	2	4	7	10	13	16	20	23	26	30	33	37	40	44	47	51	55
	.005	0	2	3	8	12	16	19	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	64	68
	.01	1	3	7	11	14	18	23	27	31	35	39	44	48	52	57	61	66	70	74
	.025	2	6	10	14	18	23	27	32	37	41	46	51	56	60	65	70	75	79	84
	.05	4	8	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	78	83	88	93
	.10	5	11	16	21	26	32	37	42	48	53	59	64	70	75	81	86	92	98	103
15	.001	0	0	2	5	8	11	15	18	22	25	29	33	37	41	44	48	52	56	60
	.005	0	3	6	9	13	17	21	25	30	34	38	43	47	52	56	61	65	70	74
	.01	1	4	8	12	16	20	25	29	34	38	43	48	52	57	62	67	71	76	81
	.025	2	6	11	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	71	76	81	86	91
	.05	4	8	13	19	24	29	34	40	45	51	56	62	67	73	78	84	89	95	101
	.10	6	11	17	23	28	34	40	46	52	58	64	69	75	81	87	93	99	105	111
16	.001	0	0	3	6	9	12	16	20	24	28	32	36	40	44	49	53	57	61	66
	.005	0	3	6	10	14	19	23	28	32	37	42	46	51	56	61	66	71	75	80
	.01	1	4	8	13	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	83	88
	.025	2	7	12	16	22	27	32	38	43	48	54	60	65	71	76	82	87	93	99
	.05	4	9	15	20	26	31	37	43	49	55	61	66	72	78	84	90	96	102	108
	.10	6	12	18	24	30	37	43	49	55	62	68	75	81	87	94	100	107	113	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 Quantiles of Mann-Whitney test statistic (ต่อ)

n_1	p	$n_2=2$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17	.001	0	1	3	6	10	14	18	22	26	30	35	39	44	48	53	58	62	67	71
	.005	0	3	7	11	16	20	25	30	35	40	45	50	55	61	66	71	76	82	87
	.01	1	5	9	14	19	24	29	34	39	45	50	56	61	67	72	78	83	89	94
	.025	3	7	12	18	23	29	35	40	46	52	58	64	70	76	82	88	94	100	106
	.05	4	10	16	21	27	34	40	46	53	58	65	71	78	84	90	97	103	110	116
	.10	7	13	19	26	32	39	46	53	59	66	73	80	86	93	100	107	114	121	128
18	.001	0	1	4	7	11	15	19	24	28	33	38	43	47	52	57	62	67	72	77
	.005	0	3	7	12	17	22	27	32	38	43	48	54	59	65	71	76	82	88	93
	.01	1	5	10	15	20	25	31	37	42	48	54	60	66	71	77	83	89	95	101
	.025	3	8	13	19	25	31	37	43	49	56	62	68	75	81	87	94	100	107	113
	.05	5	10	17	23	29	36	42	49	56	62	69	76	83	89	96	103	110	117	124
	.10	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	78	85	92	99	107	114	121	129	136
19	.001	0	1	4	8	12	16	21	26	30	35	41	46	51	56	61	67	72	78	83
	.005	1	4	8	13	18	23	29	34	40	46	52	58	64	70	75	82	88	94	100
	.01	2	5	10	16	21	27	33	39	45	51	57	64	70	76	83	89	95	102	108
	.025	3	8	14	20	26	33	39	46	53	59	66	73	79	86	93	100	107	114	120
	.05	5	11	18	24	31	38	45	52	59	66	73	81	88	95	102	110	117	124	131
	.10	6	15	22	29	37	44	52	59	67	74	82	90	98	105	113	121	129	136	144
20	.001	0	1	4	8	13	17	22	27	33	38	43	49	55	60	66	71	77	83	89
	.005	1	4	9	14	19	25	31	37	43	49	55	61	68	74	80	87	93	100	106
	.01	2	6	11	17	23	29	35	41	48	54	61	68	74	81	88	94	101	108	115
	.025	3	9	15	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	99	106	113	120	128
	.05	5	12	19	26	33	40	48	55	63	70	78	85	93	101	108	116	124	131	139
	.10	8	16	23	31	39	47	55	63	71	79	87	95	103	111	120	128	136	144	152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 Selected critical values of L for Page's ordered alternatives test

Selected critical values of L, for Page's ordered alternatives test

k						
		3			4	
		α			α	
b	0.001	0.01	0.05	0.001	0.01	0.05
2			28		60	58
3		42	41	89	87	84
4	56	55	54	117	114	111
5	70	68	66	145	141	137
6	83	81	79	172	167	163
7	96	93	91	198	193	189
8	109	106	104	225	220	214
9	121	119	116	252	246	240
10	134	131	128	278	272	266
11	147	144	141	305	298	292
12	160	156	153	331	324	317
13	172	169	165			
14	185	181	178			
15	197	194	190			
16	210	206	202			
17	223	218	215			
18	235	231	227			
19	248	243	239			
20	260	256	251			

		5			6	
		α			α	
b	0.001	0.01	0.05	0.001	0.01	0.05
2	109	106	103	178	173	166
3	160	155	150	260	252	244
4	210	204	197	341	331	321
5	259	251	244	420	409	397
6	307	299	291	499	486	474
7	355	346	338	577	563	550
8	403	393	384	655	640	625
9	451	441	431	733	717	701
10	499	487	477	811	793	777
11	546	534	523	888	869	852
12	593	581	570	965	946	928

		7			8	
		α			α	
b	0.001	0.01	0.05	0.001	0.01	0.05
2	269	261	252	388	376	362
3	394	382	370	567	549	532
4	516	501	487	743	722	701
5	637	620	603	917	893	869
6	757	737	719	1090	1063	1037
7	876	855	835	1262	1232	1204
8	994	972	950	1433	1401	1371
9	1113	1088	1065	1603	1569	1537
10	1230	1205	1180	1773	1736	1703
11	1348	1321	1295	1943	1905	1868
12	1465	1437	1410	2112	2072	2035

Source: E. B. Page, "Ordered Hypotheses for Multiple Treatments: A Significance Test for Linear Ranks," *J. Amer. Statist. Assoc.* 58 (1963), 216–230.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 Critical values for Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks statistic

Critical values for the Kruskal-Wallis one-way analysis of variance by ranks statistic

Sample sizes			α				
n_1	n_2	n_3	.10	.05	.01	.005	.001
2	2	2	4.25				
3	2	1	4.29				
3	2	2	4.71	4.71			
3	3	1	4.57	5.14			
3	3	2	4.56	5.36			
3	3	3	4.62	5.60	7.20	7.20	
4	2	1	4.50				
4	2	2	4.46	5.33			
4	3	1	4.06	5.21			
4	3	2	4.51	5.44	6.44	7.00	
4	3	3	4.71	5.73	6.75	7.32	8.02
4	4	1	4.17	4.97	6.67		
4	4	2	4.55	5.45	7.04	7.28	
4	4	3	4.55	5.60	7.14	7.59	8.32
4	4	4	4.65	5.69	7.66	8.00	8.65
5	2	1	4.20	5.00			
5	2	2	4.36	5.16	6.53		
5	3	1	4.02	4.96			
5	3	2	4.65	5.25	6.82	7.18	
5	3	3	4.53	5.65	7.08	7.51	8.24
5	4	1	3.99	4.99	6.95	7.36	
5	4	2	4.54	5.27	7.12	7.57	8.11
5	4	3	4.55	5.63	7.44	7.91	8.50
5	4	4	4.62	5.62	7.76	8.14	9.00
5	5	1	4.11	5.13	7.31	7.75	
5	5	2	4.62	5.34	7.27	8.13	8.68
5	5	3	4.54	5.71	7.54	8.24	9.06
5	5	4	4.53	5.64	7.77	8.37	9.32
5	5	5	4.56	5.78	7.98	8.72	9.68
Large samples			4.61	5.99	9.21	10.60	13.82

Note: The absence of an entry in the extreme tails indicates that the distribution may not take on the necessary extremes values.

Adapted from Table F in Kraft, C. H., and van Eeden, C., (1968). *A nonparametric introduction to statistics.* New York: Macmillan, with the permission of the publisher.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 Critical value of D in the Kolmogorov-Smirnov one-sample test*

Critical values of D in the Kolmogorov-Smirnov one-sample test*

Sample size (N)	Level of significance for D = maximum $\lvert F_0(X) - S_N(X) \rvert$				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.776	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.322	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
Over 35	$\frac{1.07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{N}}$

* *Adapted from* Massey, F. J., Jr. (1951). *The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. Journal of the American Statistical Association*, 46, 70, with the kind permission of the author and publisher.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 Critical value for Lilliefors test

TABLE 23$_1$

Critical values for Lilliefors test, normal case 1 (μ unknown, σ^2 known)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
3	.392	.308	.428	.453	[illegible]
4	.351	.366	.384	.410	[illegible]
5	.318	.333	.350	.376	[illegible]
6	.294	.307	.324	.348	[illegible]
7	.276	.288	.305	.328	[illegible]
8	.260	.272	.288	.311	[illegible]
9	.246	.258	.272	.294	[illegible]
10	.234	.245	.259	.280	[illegible]
11	.225	.235	.249	.269	[illegible]
12	.216	.226	.238	.259	[illegible]
13	.209	.218	.230	.249	[illegible]
14	.202	.211	.224	.242	[illegible]
15	.195	.205	.217	.235	[illegible]
16	.189	.197	.209	.227	[illegible]
17	.184	.192	.203	.220	[illegible]
18	.179	.187	.198	.215	[illegible]
19	.174	.182	.194	.210	[illegible]
20	.170	.178	.189	.205	[illegible]
21	.166	.174	.184	.199	[illegible]
22	.163	.171	.180	.195	[illegible]
23	.160	.167	.177	.193	[illegible]
24	.156	.164	.173	.188	[illegible]
25	.154	.160	.170	.184	[illegible]
26	.151	.158	.167	.181	[illegible]
27	.147	.154	.163	.177	[illegible]
28	.146	.153	.161	.174	[illegible]
29	.143	.149	.158	.172	[illegible]
30	.141	.147	.155	.168	[illegible]

TABLE 23$_{11}$

Critical values for Lilliefors test, normal case 2 (μ known, σ^2 unknown)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
2	.739	.770	.797	[illegible]	[illegible]
3	.551	.599	.657	[illegible]	[illegible]
4	.499	.529	.585	[illegible]	[illegible]
5	.440	.470	.507	.567	.660
6	.400	.428	.464	.514	.601
7	.375	.395	.429	.477	.568
8	.451	.374	.405	.450	.534
9	.332	.353	.382	.426	.508
10	.315	.335	.361	.401	.477
11	.300	.320	.346	.387	.466
12	.289	.307	.332	.371	.444
13	.277	.296	.320	.358	.428
14	.268	.284	.307	.341	.410
15	.259	.275	.297	.331	.397
16	.251	.257	.288	.322	.387
17	.244	.260	.282	.313	.377
18	.236	.251	.271	.302	.369
19	.231	.246	.266	.297	.357
20	.226	.241	.260	.290	.348
21	.219	.233	.252	.282	.337

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 Critical value for Lilliefors test **(ต่อ)**

TABLE 23_{II}

(continued)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
32	.214	.226	.247	.278	.334
33	.210	.223	.242	.270	.319
34	.205	.218	.236	.263	.317
35	.202	.214	.231	.258	.308
36	.197	.210	.227	.255	.305
37	.194	.208	.224	.250	.302
38	.191	.203	.219	.244	.292
39	.188	.200	.217	.242	.290
40	.185	.198	.212	.236	.284
50	$1.02/\sqrt{n}$	$1.080/\sqrt{n}$	$1.170/\sqrt{n}$	$1.310/\sqrt{n}$	$1.595/\sqrt{n}$
100	$1.04/\sqrt{n}$	$1.100/\sqrt{n}$	$1.180/\sqrt{n}$	$1.320/\sqrt{n}$	$1.610/\sqrt{n}$
≥101	$1.06/\sqrt{n}$	$1.120/\sqrt{n}$	$1.190/\sqrt{n}$	$1.333/\sqrt{n}$	$1.625/\sqrt{n}$

TABLE 23_{III}

Critical values for Lilliefors test, normal case 3 (μ, σ^2 both unknown)

	α				
n	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
4	.303	.320	.344	.374	.414
5	.290	.302	.319	.344	.386
6	.266	.280	.299	.331	.371
7	.252	.264	.280	.304	.353
8	.239	.251	.266	.290	.333
9	.227	.239	.253	.275	.319
10	.217	.228	.241	.262	.303
11	.209	.219	.232	.252	.291
12	.201	.210	.223	.243	.281
13	.195	.203	.215	.233	.270
14	.187	.196	.209	.227	.264
15	.181	.190	.202	.219	.256
16	.176	.184	.195	.212	.248
17	.170	.179	.190	.207	.241
18	.166	.174	.185	.201	.234
19	.162	.171	.181	.197	.230
20	.159	.167	.177	.192	.223
21	.155	.163	.173	.188	.219
22	.152	.160	.170	.185	.214
23	.149	.156	.165	.181	.210
24	.145	.153	.162	.177	.205
25	.144	.151	.159	.173	.202
26	.141	.147	.156	.170	.198
27	.138	.145	.153	.166	.193
28	.136	.142	.151	.165	.191
29	.134	.140	.149	.162	.188
30	.132	.138	.146	.159	.183
31	0.741	0.775	0.819	0.895	1.035
	d_n	d_n	d_n	d_n	d_n

$$d_n = (\sqrt{n} - 0.01 + 0.83/\sqrt{n})$$

Source: Andrew L. Mason and C. B. Bell, "New Lilliefors and Srinivasan Tables with Applications," *Commun. Statist.—Simul.*, Vol. 15, No. 2 (1986), pp. 457–486. Copyright (c) 1986 by Marcel Dekker, Inc., reprinted by permission.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่12 Critical value for use with the Kendall tau statistic

Critical values for use with the Kendall tau statistic

n \ α	0.005		0.010		0.025		0.050		n	
	S	τ*	S	τ*	S	τ*	S	τ*		τ*
4	8	1.000	8	1.000	8	1.000	6	1.000	[illegible]	[illegible]
5	12	1.000	10	1.000	10	1.000	8	.800	[illegible]	.800
6	15	1.000	13	.867	13	.867	11	.733	[illegible]	.600
7	19	.905	17	.810	15	.714	13	.619	[illegible]	.524
8	22	.786	20	.714	18	.643	16	.571	[illegible]	.429
9	26	.722	24	.667	20	.556	18	.500	[illegible]	.389
10	29	.644	27	.600	23	.511	21	.467	[illegible]	.378
11	33	.600	31	.564	27	.491	23	.418	[illegible]	.345
12	38	.576	36	.545	30	.455	26	.394	[illegible]	.303
13	44	.564	40	.513	34	.436	28	.359	[illegible]	.308
14	47	.516	43	.473	37	.407	33	.363	[illegible]	.275
15	53	.505	49	.467	41	.390	35	.333	[illegible]	.276
16	58	.483	52	.433	46	.383	38	.317	[illegible]	.250
17	64	.471	58	.426	50	.368	42	.309	[illegible]	.250
18	69	.451	63	.412	53	.346	45	.294	[illegible]	.242
19	75	.439	67	.392	57	.333	49	.287	[illegible]	.228
20	80	.421	72	.379	62	.326	52	.274	[illegible]	.221
21	86	.410	78	.371	66	.314	56	.267	[illegible]	.210
22	91	.394	83	.359	71	.307	61	.264	[illegible]	.203
23	99	.391	89	.352	75	.296	65	.257	[illegible]	.202
24	104	.377	94	.341	80	.290	68	.246	[illegible]	.196
25	110	.367	100	.333	86	.287	72	.240	[illegible]	.193
26	117	.360	107	.329	91	.280	77	.237	[illegible]	.190
27	125	.356	113	.322	95	.271	81	.231	[illegible]	.179
28	130	.344	118	.312	100	.265	86	.229	[illegible]	.183
29	138	.340	126	.310	106	.261	90	.222	[illegible]	.175
30	145	.333	131	.301	111	.255	95	.218	[illegible]	.172
31	151	.325	137	.295	117	.252	99	.213	[illegible]	.168
32	160	.323	144	.290	122	.246	104	.210	[illegible]	.165
33	166	.314	152	.288	128	.242	108	.205	[illegible]	.163
34	175	.312	157	.280	133	.237	113	.201	[illegible]	.159
35	181	.304	165	.277	139	.234	117	.197	[illegible]	.156
36	190	.302	172	.273	146	.232	123	.194	[illegible]	.152
37	198	.297	178	.267	152	.228	128	.192	[illegible]	.150
38	205	.292	185	.263	157	.223	133	.189	[illegible]	.148
39	213	.287	193	.260	163	.220	139	.188	[illegible]	.147
40	222	.285	200	.256	170	.218	144	.185	[illegible]	.144

Source. L. Kaarsemaker and A. van Wijngaarden, "Tables for Use in Rank Correlation," *Statistica Neerlandica*, 7 (1953), 41–54.

* The column labeled S contains, for each n, the smallest value of S for which $P(S \geq S) \leq \alpha$. The column labeled τ^* contains, for each n, the smallest value of τ^* for which $P(\tau \geq \tau^*) \leq \alpha$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้