รายงานการวิจัย

แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

นิกร กรรณิกากลาง

Nikorn Kannikaklang

โครงการวิจัยทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้ เป็นรายงานการจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ (E-Practice for Statistical Analysis in Business Course) ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากทุนสนับสนุนงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ งบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2556 โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสื่อการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาตราจารย์ปิติพร จูปราง นักวิจัยพี่เลี้ยง ที่กรุณาช่วยให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอบพระคุณผู้ช่วยศาตราจารย์ปิติพร จูปราง ผู้ช่วยศาตราจารย์สุพจน์ พูลน้อย และคุณสุดารัตน์ เลิศสีทอง ผู้เชี่ยวชาญ ที่ให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะและติชม รวมทั้งทดลองใช้แบบฝึกหัดออนไลน์นี้ และขอบคุณคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาผู้ประเมินทดลองใช้แบบฝึกหัดออนไลน์นี้ ที่ให้ข้อเสนอแนะและติชม รวมทั้งทดลองใช้แบบฝึกหัดออนไลน์นี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยห่วงใย ให้กำลังใจ และให้คำปรึกษาผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยมีความตั้งใจเป็นอย่างมากที่จะนำเสนอแบบฝึกหัดออนไลน์ชุดนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสื่อการเรียนการสอนชุดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ

นิกร กรรณิกากลาง
ผู้วิจัย

ชื่อโครงการวิจัย แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

ผู้วิจัย นิกร กรรณิกากลาง

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ และเพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ศึกษาที่มีต่อแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยแบบฝึกหัดเรื่องการแจกแจงของตัวสถิติ การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งเป็นสื่อการสอนประเภทแบบฝึกทักษะและแบบฝึกหัด เป็นแอปพลิเคชั่นบนระบบไอโอเอส ซึ่งใช้ทบทวนหลังจากเรียนรู้เนื้อหานั้นมาแล้ว โดยมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น คือ ผู้เรียนสามารถเลือกทบทวนแบบฝึกหัดได้ตามที่สนใจ ในส่วนของรูปแบบการนำเสนอนั้นมีทั้งข้อความนิ่ง ข้อความเคลื่อนไหว กรอกตัวเลขลงในกล่องข้อความ เลือกตัวเลือก สี เสียง และแสดงผลเป็นคะแนน เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียนมากขึ้น

เมื่อได้พัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์เสร็จแล้ว ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติจำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านแอปพลิเคชั่นจำนวน 1 ท่าน ทดลองใช้และประเมินผล 4 ด้าน พบว่าด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดี ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี ด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี และให้นักศึกษาที่เคยเรียนวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติแบ่งเป็น 2 กลุ่ม หลังจากจบการเรียนการสอนหัวข้อนั้นๆ ตามปกติในห้องเรียนแล้ว กลุ่มทดลอง คือ ให้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม จำนวน 20 คน กลุ่มควบคุม คือ ไม่ต้องศึกษาเพิ่มเติม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้งสองกลุ่มทำข้อสอบชุดเดียวกัน เพื่อนำคะแนนทั้งสองกลุ่มนี้มาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลสรุปคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01($p\text{-value} < 0.01$) หมายความว่า แบบฝึกหัดออนไลน์นี้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียนสูงขึ้น ส่วนการประเมินผลการใช้งาน ให้นักศึกษาทั้ง 40 คน ทำการประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงต่อไป โดยประเมิน 4 ด้าน พบว่าด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี ด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี

RESEARCH TITLE **E-Practice for Statistical Analysis in Business Course**

RESEARCHER **Nikorn Kannikaklang**

ACADEMIC YEAR **2013**

Abstract

The purpose of this research were to develop an E-Practice for Statistical Analysis in Business Course, which was developed for undergraduate students in business administration faculty at RMUTK, to test hypothesis of learning achievement 2 groups, which are experimental group and control group and to evaluate satisfaction of this E-Practice.

The E-Practice for Statistical Analysis in Business Course was developed on iOS application platform. It consists of practices of the statistical distributions, the confidence intervals, the hypothesis testing, and the analysis of variance. It is Drill and Practice, which was designed in a non-sequential way of the computer assisted instruction. The students could select any preferred lessons. It was one of the alternative equipment, which is more interesting than traditional learning media that students could learn and review by themselves anytime. It has not only static text but also still dynamic text, textboxes, choices, animation, sound and multimedia, which attract the interest of students.

After the production of the E-Practice, 3 domain experts who tested and evaluated the E-Practice. It was found that the content and presentation part were evaluated at well level, the encouraging part were evaluated at well level, the interface part was evaluated at well level, the management part was evaluated at well level, and all part was evaluated at well level. The hypothesis testing of learning achievement 2 groups, which are experimental group 20 students and control group 20 students. It was found that the learning achievement was higher with the statistical significance at 0.01(p-value < 0.01). And all students who studied the E-Practice. It was found that the content and presentation part were evaluated at very well level, the encouraging part were evaluated at well level, the interface part was evaluated at well level, the management part was evaluated at very well level, and all part was evaluated at well level.

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	3
2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	3
2.1.2 คำศัพท์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	4
2.1.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	6
2.1.4 แนวการพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้กับการสร้างบทเรียน	8
2.1.5 แนวการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	9
2.1.6 การสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	11
2.1.7 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	19
2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ	20
2.2.1 การแจกแจงของตัวสถิติ	20
2.2.2 การประมาณค่า	25
2.2.3 การทดสอบสมมติฐาน	39
2.2.4 การแจกแจงของตัวสถิติ	58
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	69
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	71
3.1 ศึกษาแบบฝึกหัด รายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ	71
3.2 กำหนดขอบเขตของปัญหาและวางโครงสร้างของแบบฝึกหัด	71
3.3 ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาใช้สร้างเป็นแบบฝึกหัดออนไลน์	73
3.4 เขียนสคริพท์ของแบบฝึกหัด	73
3.5 การจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์	73

สารบัญเรื่อง (Table of Contents) (ต่อ)

	หน้า
3.6 ตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ และประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ	74
3.7 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์	74
3.8 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์	76
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	
4.1 ศึกษาแบบฝึกหัด รายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ	77
4.2 กำหนดขอบเขตของปัญหาและวางโครงสร้างของแบบฝึกหัด	81
4.3 ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาใช้สร้างเป็นแบบฝึกหัดออนไลน์	81
4.4 เขียนสคริพท์ของแบบฝึกหัด	82
4.5 การจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์	84
4.6 ตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ และประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ	91
4.7 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์	95
4.8 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์	103
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	104
5.1 สรุปการดำเนินการวิจัย	104
5.2 อภิปรายผล	105
5.3 ข้อเสนอแนะ	106
บรรณานุกรม	107
ภาคผนวก ก แบบสอบถามความต้องการ	110
ภาคผนวก ข แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ	113
ภาคผนวก ค แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ สำหรับนักศึกษา	117
ภาคผนวก ง ผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป	121
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	131
ภาคผนวก ฉ ข้อสอบ	141
ภาคผนวก ช ประวัติผู้วิจัย	149

สารบัญตาราง (List of Tables)

หน้า

ตารางที่ 2- 1 ตัวอย่างตารางกำหนดน้ำหนักของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 16

ตารางที่ 2- 2 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของข้อสอบ 17

ตารางที่ 2- 3 แสดงปริมาณการขายของพนักงานแต่ละคน ก่อนและหลังอบรม 33

ตารางที่ 2- 4 แสดงการตัดสินใจ และข้อเท็จจริง 41

ตารางที่ 2- 5 แสดงการตัดสินใจ ข้อเท็จจริง และสัญลักษณ์ 42

ตารางที่ 2- 6 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีที่ 1 46

ตารางที่ 2- 7 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีที่ 2 47

ตารางที่ 2- 8 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 1 48

ตารางที่ 2- 9 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 2 49

ตารางที่ 2- 10 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 3 50

ตารางที่ 2- 11 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันและขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 51

ตารางที่ 2- 12 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันและขนาดตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30 52

ตารางที่ 2- 13 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานสัดส่วนของประชากร 52

ตารางที่ 2- 14 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานสัดส่วนของสองประชากร 54

ตารางที่ 2- 15 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร 56

ตารางที่ 2- 16 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากร 58

สารบัญตาราง (List of Tables) (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 2- 17 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)	59
ตารางที่ 2- 18 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)	60
ตารางที่ 2- 19 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)	61
ตารางที่ 2- 20 ตัวอย่างขนาด n_i รวม k ตัวอย่าง	62
ตารางที่ 2- 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว	65
ตารางที่ 2- 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง	68
ตารางที่ 3- 1 แสดงเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	72
ตารางที่ 3- 2 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	72
ตารางที่ 4- 1 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ แยกตามเพศ	78
ตารางที่ 4- 2 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ แยกตามเกรดเฉลี่ยสะสม	79
ตารางที่ 4- 3 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับเคยเห็นหรือเคยศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่	79
ตารางที่ 4- 4 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับความต้องการให้มีแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่	79
ตารางที่ 4- 5 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับความต้องการให้แบบฝึกหัดออนไลน์ รองรับระบบใดมากที่สุด	80
ตารางที่ 4- 6 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้พัฒนามากที่สุด 4 อันดับแรก	80
ตารางที่ 4- 7 สคริฟท์	82

สารบัญตาราง (List of Tables) (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4- 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ โดยผู้เชี่ยวชาญ 91

ตารางที่ 4- 9 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการส่งเสริมของสื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ 92

ตารางที่ 4- 10 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการออกแบบหน้าจอ โดยผู้เชี่ยวชาญ 92

ตารางที่ 4- 11 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด โดยผู้เชี่ยวชาญ 93

ตารางที่ 4- 12 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รวมทุกด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญ 94

ตารางที่ 4- 13 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ 95

ตารางที่ 4- 14 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50-4.00 96

ตารางที่ 4- 15 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.00-3.49 96

ตารางที่ 4- 16 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50-2.99 97

ตารางที่ 4- 17 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม แยกตามเพศชายและกลุ่มเพศหญิง 98

ตารางที่ 4- 18 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศชาย 98

สารบัญตาราง (List of Tables) (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4- 19 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศหญิง	99
ตารางที่ 4- 20 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	100
ตารางที่ 4- 21 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการส่งเสริมของสื่อ	100
ตารางที่ 4- 22 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการออกแบบหน้าจอ	101
ตารางที่ 4- 23 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด	102
ตารางที่ 4- 24 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รวมทุกด้าน	102

สารบัญภาพ (List of Illustrations)

หน้า

ภาพที่ 2- 1 แสดงการวางแผนสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน 9

ภาพที่ 2- 2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ 12

ภาพที่ 2- 3 แผนภาพแสดงประชากร ตัวอย่าง พารามิเตอร์ และตัวสถิติ 21

ภาพที่ 2- 4 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีที่ 1 28

ภาพที่ 2- 5 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีที่ 2 29

ภาพที่ 2- 6 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 1 30

ภาพที่ 2- 7 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 2 31

ภาพที่ 2- 8 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน 34

ภาพที่ 2- 9 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนของประชากร 35

ภาพที่ 2- 10 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของความแปรปรวนของประชากร 37

ภาพที่ 2- 11 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากร 38

ภาพที่ 2- 12 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา 43

ภาพที่ 2- 13 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย 43

ภาพที่ 2- 14 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง 43

ภาพที่ 2- 15 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา 45

ภาพที่ 2- 16 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย 45

ภาพที่ 2- 17 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง 46

ภาพที่ 2- 18 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา 54

สารบัญภาพ (List of Illustrations) (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 2- 19 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย	55
ภาพที่ 2- 20 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง	55
ภาพที่ 2- 21 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา	57
ภาพที่ 2- 22 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย	57
ภาพที่ 2- 23 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง	58
ภาพที่ 4- 1 หน้าจอเมนูหลัก	84
ภาพที่ 4- 2 หน้าจอวิธีใช้	85
ภาพที่ 4- 3 หน้าจอ About Me	85
ภาพที่ 4- 4 แบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ	86
ภาพที่ 4- 5 หน้าจอเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ	86
ภาพที่ 4- 6 หน้าจอแบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า	87
ภาพที่ 4- 7 หน้าจอเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า	87
ภาพที่ 4- 8 แบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน	88
ภาพที่ 4- 9 หน้าจอแบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน	88
ภาพที่ 4- 10 แบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน	89
ภาพที่ 4- 11 เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน	89
ภาพที่ 4- 12 หน้าจอตารางทางสถิติ	90

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างไม่หยุดยั้ง คอมพิวเตอร์ (Computer) ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อยู่ในวัฏจักรแห่งการพัฒนาของเทคโนโลยี และเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น เนื่องจากคอมพิวเตอร์ สามารถสร้างอรรถประโยชน์ และอำนวยความสะดวกให้กับเรามากมาย ไม่ว่าจะเป็นการทำงานด้านธุรกิจ งานราชการ ตลอดจนทางด้านการศึกษา ในระบบการเรียนการสอน จึงไม่จำเป็นต้องเรียนหรือศึกษาหาความรู้เฉพาะในห้องเรียนเสมอไป การศึกษาหาความรู้ทาง E-Learning ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งสามารถศึกษาได้ทุกที่ ทุกเวลา การนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานกับการศึกษา เพื่อช่วยเป็นสื่อการสอน ซึ่งเรียกว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI : Computer Aided Instruction) ซึ่งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น แบบฝึกหัดออนไลน์ (E-Practice) ซึ่งรูปแบบของการนำเสนอนั้น มีลักษณะของภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ ดนตรี แสง สี ที่ดึงดูดความสนใจผู้อ่านให้เกิดความเพลิดเพลินในขณะอ่านโดยไม่เครียด

และเนื่องจากรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ (Statistical Analysis in Business) เป็นรายวิชาที่มีเนื้อหาและแบบฝึกหัดจำนวนมาก จึงทำให้ยากต่อการทำความความเข้าใจ การทำแบบฝึกหัดจะช่วยให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น และในการตรวจหรือเฉลยแบบฝึกหัดให้ครบทุกฉบับนั้นจึงเป็นเรื่องที่ต้องใช้เวลามาก ดังนั้นการให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัดออนไลน์จึงเป็นการช่วยให้นักศึกษาเข้าใจเนื้อหามากขึ้น ซึ่งนำเสนอในลักษณะของภาพเคลื่อนไหว แสง สี และเสียงประกอบที่ทำให้ผู้ศึกษาเห็นภาพชัดเจนมากขึ้น เกิดแรงจูงใจและความเพลิดเพลินในการทำความเข้าใจ โดยเลือกเฉพาะหัวข้อที่ยากต่อการทำความเข้าใจและเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญสำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ คือ การแจกแจงของตัวสถิติ การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เห็นความสำคัญของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงนำรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ มาสร้างเป็นแบบฝึกหัดออนไลน์ เพื่อเป็นแบบฝึกหัดเสริมเพิ่มเติมความรู้และสำหรับเฉลยแบบฝึกหัด ที่สามารถตรวจและทราบผลทันที

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รหัสวิชา 5-010-201 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ขึ้นไป คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ศึกษาที่มีต่อแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

1.3.2 ความพึงพอใจต่อแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ในระดับดี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

1.4.2 นักศึกษาสามารถทำแบบฝึกหัดและเข้าใจในเนื้อหา สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติมากขึ้น ได้ทุกที่ ทุกเวลา

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอเสนอตามลำดับดังนี้

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

2.1.1 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นักวิชาการหลายท่านได้ให้ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI: COMPUTER AIDED INSTRUCTION) ไว้แตกต่างกันดังนี้

ศักดา ไชกิจภิญโญ (2536) ได้ให้นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ“โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหาวิชา และลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่ได้เตรียมไว้อย่างเป็นระบบมาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับผู้เรียนแต่ละคน” ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในทุกด้าน ในด้านการศึกษาคอมพิวเตอร์จะช่วยพัฒนาคุณภาพในด้านการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น โดยการนำมาใช้เป็นสื่อการสอน (CAI : COMPUTER AIDED INSTRUCTION) ซึ่งได้พัฒนาอย่างต่อเนื่องมาหลายสิบปี คอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบันสามารถผสมผสานสื่อต่าง ๆ เช่น จอภาพ วิดิทัศน์ ซีดีรอม เครื่องดนตรี รวมออกมา เพื่อใช้ประโยชน์ในการนำเสนอหรือช่วยสอน ซึ่งสื่อผสมนี้ทำให้ประสาทสัมผัสได้มากกว่าแบบเดิมคือภาพที่มีสีสัน ภาพเคลื่อนไหว สื่อแบบใหม่นี้จึงดึงดูดความสนใจ ทำให้เร้าใจกว่าแบบดั้งเดิม และใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ที่ต้องการความบันเทิงควบคู่กับการเรียน

ถนอมพร เลาหจรัสแสง (2542) ได้ให้นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอน คือ “สื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง ซึ่งใช้ความสามารถทางคอมพิวเตอร์ในการเสนอสื่อผสม ได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว วิดิทัศน์ เสียง เพื่อถ่ายทอดเนื้อหาบทเรียน ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับการสอนจริงมากที่สุด”

นิภา อุตมฉันท์ (2544) ได้ให้นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ “การนำเสนอบทเรียนผ่านคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่นำเสนอบทเรียนแทนครู และผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง”

ร.ศ.ยืน ภู่วรวรรณ (2546) ได้ให้นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ “โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้นำเนื้อหา และลำดับวิธีการสอนมาบันทึกเก็บไว้ คอมพิวเตอร์จะช่วยนำบทเรียนที่เตรียมไว้อย่างเป็นระบบ มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน”

สารานุกรมการศึกษาและจิตวิทยาสาขาวิชาเทคโนโลยีการศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชได้ให้นิยามของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนว่า คอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือ “การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนวิชาต่าง ๆ เช่น วิชาสังคมศึกษา ศิลปะ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ภาษาไทย ภาษาต่างประเทศ รวมทั้งวิชาทางคอมพิวเตอร์ โดยถือว่าคอมพิวเตอร์เป็นสื่อในระบบการเรียนการสอนที่สามารถให้ผู้เรียน รู้ผลตอบสนองได้อย่างรวดเร็วกว่าสื่อประเภทอื่น ยกเว้น สื่อบุคคล

ผู้วิจัยจึงขอสรุปความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้ดังนี้

คอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอน โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการนำเสนอเนื้อหา ความรู้ต่าง ๆ ภาพ ตามวัตถุประสงค์ของผู้จัดทำ ในลักษณะของภาพเคลื่อนไหว เสียงประกอบ ให้น่าสนใจยิ่งขึ้น โดยมีการนำเสนอที่เป็นลำดับขั้นตอน สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองทุกที่ ทุกเวลา

2.1.2 คำศัพท์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (C.A.I.) มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามลักษณะการนำไปใช้และมักใช้เป็นตัวอักษรย่อภาษาอังกฤษ แต่มีความหมายเดียวกัน ได้แก่ C.A.I, C.M.T, C.M.I., C.B.E. เป็นต้น

ศาสตราจารย์ ดร.ศรีศักดิ์ จามรมาน (ศรีศักดิ์ จามรมาน, 2532) กล่าวว่า “ซีเอไอ (C.A.I)” เป็นศัพท์เดิมที่เคยนิยมใช้ในสหรัฐอเมริกา มีความหมายว่าการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วย (C.A.I: Computer-Assisted Instruction) แต่ปัจจุบันมีผู้นิยมใช้คำว่า ซีบีที (C.B.T.:Computer-Based Teaching) ซึ่งหมายถึงการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นหลัก นอกจากนั้นยังนิยมใช้อีกคำหนึ่งคือ ซีเอ็มไอ (C.M.I.:Computer-Managed Instruction) หมายถึงการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์

ส่วนในยุโรป นิยมใช้คำว่า ซีบีอี (C.B.E.: Computer-Based Education) หมายถึงการศึกษาโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นหลัก นอกจากนั้นยังมีอีกสองคำ ได้แก่ ซีเอแอล (C.A.L.: Computer-Assisted Learning) และซีเอ็มแอล (C.M.L.: Computer-Managed Learning)”

ตัวอักษรช่วย 3 ตัว ที่หมายถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนนี้ ตัวแรกจะใช้กันแน่นอนเพียงตัวเดียว คือ ซี (C) มาจากคำว่า คอมพิวเตอร์ (Computer) ส่วนตัวกลางมีใช้กัน 7 แบบ และตัวสุดท้ายใช้กัน 4 แบบ

ตัวกลางมีใช้กัน 7 แบบ ซึ่งบางครั้งใช้ตัวอักษรตัวเดียวกัน แต่มีความหมายหลายความหมาย ตัวอักษรทั้ง 7 แบบ ได้แก่

1. เอ (A)	มาจากคำว่า	Aided	หมายถึง ช่วย
หรือ	มาจากคำว่า	Assisted	หมายถึง ช่วย
หรือ	มาจากคำว่า	Augment	หมายถึง เพิ่มประสิทธิภาพใน
หรือ	มาจากคำว่า	Administered	หมายถึง การจัดงาน
2. บี (B)	มาจากคำว่า	Based	หมายถึง เป็นรากฐานใน
3. อี (E)	มาจากคำว่า	Extended	หมายถึง ขยายความสามารถใน
4. เอ็ม (M)	มาจากคำว่า	Managed	หมายถึง ช่วยจัดการ
หรือ	มาจากคำว่า	Mediated	หมายถึง ช่วยวางแผนใน
หรือ	มาจากคำว่า	Monitored	หมายถึง ช่วยดูแล
5. โอ (O)	มาจากคำว่า	Oriented	หมายถึง ไปในแนวทางของ
6. อาร์ (R)	มาจากคำว่า	Related	หมายถึง ที่เกี่ยวข้อง
7. ยู (U)	มาจากคำว่า	Used in	หมายถึง การใช้ใน

ตัวสุดท้ายมี 4 แบบ ได้แก่

1. อี (E)	มาจากคำว่า	Education	หมายถึง การศึกษา
2. ไอ (I)	มาจากคำว่า	Instruction	หมายถึง การสั่งสอน
3. แอล (L)	มาจากคำว่า	Learning	หมายถึง การเรียน
4. ที (T)	มาจากคำว่า	Teaching	หมายถึง การสอน
หรือ	มาจากคำว่า	Training	หมายถึง การฝึกอบรม

ดังนั้น คำย่อภาษาอังกฤษ ที่ใช้เกี่ยวกับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จึงมีไม่ต่ำกว่า 28 ตัว ดังต่อไปนี้

CAE CAI CAL CAT CBE CBI CBL CBT CEE CEI CEL
CET CME CMI CML CMT COE COI COL COT CRE CRI
CRL CRT CUE CUI CUL CUT

2.1.3 ประเภทของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

Romiszowski แบ่งประเภทของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ ตามหน้าที่การทำงาน ดังนี้

1. สำหรับการจัดการ (Computer Managed Learning หรือ CML) ใช้สำหรับจัดการเกี่ยวกับการเรียนการสอน เช่น การคิดเกรด การวิเคราะห์ข้อสอบ หรือการจัดทำทะเบียนนักศึกษา เป็นต้น

2. สำหรับช่วยสอน (Computer Assisted instruction หรือ CAI) ใช้ประโยชน์เฉพาะการสอนแบ่งย่อยเป็น 6 ชนิด คือ การทดสอบ (Testing) แบบฝึกหัดทักษะและแบบฝึกหัด (Drill and Practice) แบบเจรจา (Dialogue) แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation) แบบทบทวน (Tutorial) และ การสืบค้นฐานข้อมูล (Database search)

3. สำหรับช่วยผู้เรียน (Computer Based Learning Aids หรือ CBLA) คอมพิวเตอร์สำหรับช่วยผู้เรียนชนิดนี้แบ่งย่อยออกเป็น 2 แบบ คือ ช่วยในด้านการใช้โปรแกรมภาษาที่ได้แก่การนำภาษาโปรแกรมต่าง ๆ เช่น ภาษา Basis, Pascal มาเขียนใช้งานเฉพาะ อีกแบบคือ โปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ที่นำมาใช้ช่วยงาน เช่น โปรแกรมช่วยพิมพ์เอกสาร (Word Processor) โปรแกรมสร้างกราฟ เป็นต้น

ลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

1. แบบเชิงเส้น (Linear Programming)

เป็นบทเรียนที่ต้องเรียนทีละหน่วยตามลำดับ จะข้ามหน่วยไม่ได้

2. แบบไม่เชิงเส้น (Branching Programming)

เป็นบทเรียนที่โยงระหว่างหน่วยถึงกันได้ตามความต้องการของผู้เรียน สามารถเลือกบทเรียนต่าง ๆ ที่จัดไว้ตามระดับความสามารถของตนเองได้

ประเภทของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน จำแนกได้ 9 ประเภท

2.1.3.1 แบบการสอนเนื้อหา (Tutorial Instruction)

เป็นโปรแกรมที่นำเสนอเนื้อหา อาจจะออกแบบให้มีทั้งเนื้อหาใหม่ และเนื้อหาเก่า รวมทั้งการสรุปเนื้อหา และควรมีการชี้แนะด้วย โดยอาจแบ่งเนื้อหาความรู้ออกเนื้อหาย่อย ๆ และนำเสนอในรูปของข้อความ ภาพ เสียง หรือทุกรูปแบบรวมกัน โปรแกรมประเภทนี้สามารถใช้ได้กับทุกเนื้อหา วิชาที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ และหลักการต่าง ๆ รวมทั้งวิธีการแก้ปัญหา

2.1.3.2 แบบฝึกทักษะและแบบฝึกหัด (Drill and Practice)

เป็นโปรแกรมแบบการฝึกหัดมีรูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบปรนัย แบบจับคู่ แบบถูกผิด และแบบเติมคำ เป็นต้น เนื่องจากโปรแกรมรูปแบบนี้ไม่มีการนำเสนอเนื้อหาให้ผู้เรียนก่อน จึงควรใช้หลังจากเรียนรู้เนื้อหานั้นมาแล้ว

2.1.3.3 แบบการเรียนแบบสนทนา (Dialogue)

เป็นโปรแกรมที่พยายามให้เป็นการพูดคุยระหว่างผู้สอนและผู้เรียน โดยเรียนแบบการสอนในห้องเรียน แทนที่จะเป็นเสียงก็เป็นตัวอักษรบนจอภาพ การสอนจะเป็นลักษณะตั้งปัญหาถามลักษณะการใช้แบบสอบถาม

2.1.3.4 แบบจำลองสถานการณ์ (Simulation)

เป็นการสร้างโปรแกรมเพื่อจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ขึ้นมาให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่าใช้จ่าย ลดการเสี่ยงภัยอันตราย และเป็นการฝึกทักษะทางด้านต่าง ๆ ให้เกิดความชำนาญก่อนปฏิบัติจริง เช่น โปรแกรมจำลองสถานการณ์ขับเครื่องบินให้แก่นักบิน เป็นต้น

2.1.3.5 เกมส์เพื่อการสอน (Instructional Game)

เป็นการสร้างโปรแกรม โดยมีวัตถุประสงค์ให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะความชำนาญในเรื่องนั้น ๆ โดยมีการกำหนดเป้าหมาย กำหนดกฎเกณฑ์ในการเล่น มีรางวัล มีการลงโทษ และสามารถเลือกระดับความยากง่ายของเกมส์ เป็นการกระตุ้นให้เกิดความอยากเรียน ตื่นเต้น และกระตือรือร้นในการเรียน

2.1.3.6 แบบการแก้ปัญหา (Problem-Solving)

เป็นการให้ผู้เรียนฝึกการคิดการตัดสินใจแก้ปัญหา โดยมีการกำหนดกฎเกณฑ์ให้แล้ว ให้ผู้เรียนพิจารณาไปตามเกณฑ์นั้น ๆ

2.1.3.7 แบบการค้นพบ (Discovery)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบการค้นพบ เป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเองให้มากที่สุด โดยการนำเสนอปัญหาให้ผู้เรียนแก้ไขด้วยการลองผิดลองถูก โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียน เพื่อช่วยในการค้นพบนั้นจนกว่าจะได้ข้อสรุปที่ดีที่สุด

2.1.3.8 แบบการทดสอบ (Testing)

เป็นการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทดสอบเพื่อวัดความรู้ และพัฒนาผู้เรียน การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้เรียนจะทำให้เกิดความสนุกและน่าสนใจ และสามารถทราบผลคะแนนในทันที

2.1.3.9 แบบการสาธิต (Demonstrations)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบการสาธิตนั้น จะสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้ดี เพราะคอมพิวเตอร์สามารถแสดงสีที่สวยงาม และเสียงได้อีกด้วย ผู้เรียนอาจจะทดลองด้วยตนเองก็ได้ การสาธิตที่ดีควรจะเป็นการสาธิตที่ทำให้ผู้เรียนบรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.4 แนวการพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้กับการสร้างบทเรียน

เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้พัฒนาขึ้นใช้ทั่ว ๆ ไปนั้น มีลักษณะการทำงาน โครงสร้างและรูปแบบการนำเสนอที่แตกต่างกันไป โปรแกรมบางโปรแกรมเหมาะสำหรับการใช้เพื่อนำเสนอข้อมูลเป็นหลัก บางโปรแกรมสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ และสามารถประเมินผลการเรียน รวมถึงการให้คำอธิบายเพิ่มเติมในประเด็นที่ผู้ใช้เข้าใจไม่ดีพอได้อีกด้วย

ดร.ชูศักดิ์ เพรสคอทท์ (ชูศักดิ์ เพรสคอทท์, 2539: 29-35) ได้กล่าวถึงการพิจารณาว่าโปรแกรมที่เราต้องใช้ จะต้องตอบสนองความต้องการของอาจารย์ผู้สอน ซึ่งอาจแยกได้ดังนี้

1. ความยากง่ายของการสร้างบทเรียนและการใช้บทเรียนหลังจากที่สร้างเนื้อหาแล้ว

2. ความสามารถในการสร้างงานกราฟิก ที่มีความละเอียดหรือสีตามที่เราต้องการ ในบางกรณีเราอาจต้องการให้มีการแสดงแอนิเมชั่นในบทเรียนก็ได้ เช่น เราอาจต้องการให้มีการแสดงการเต้นของหัวใจ หรือการหมุนเวียนของโลหิตในร่างกาย เป็นต้น

3. ความสามารถในการใช้เสียงประกอบ แต่ทั้งนี้ก็ต้องพิจารณาว่าการใช้งานนั้นจะเป็นการรบกวนกันก็ได้ แต่ในบางวิชาการใช้เสียงก็เป็นสิ่งจำเป็นที่น่านำมาใช้เป็นอย่างยิ่ง

4. ความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ดีควรจะมีขีดความสามารถในการโต้ตอบและ feedback ได้ตามสมควร ทั้งนี้ก็เพื่อให้การเรียนไม่น่าเบื่อหน่าย และผู้เรียนทราบผลการเรียนของตนเอง

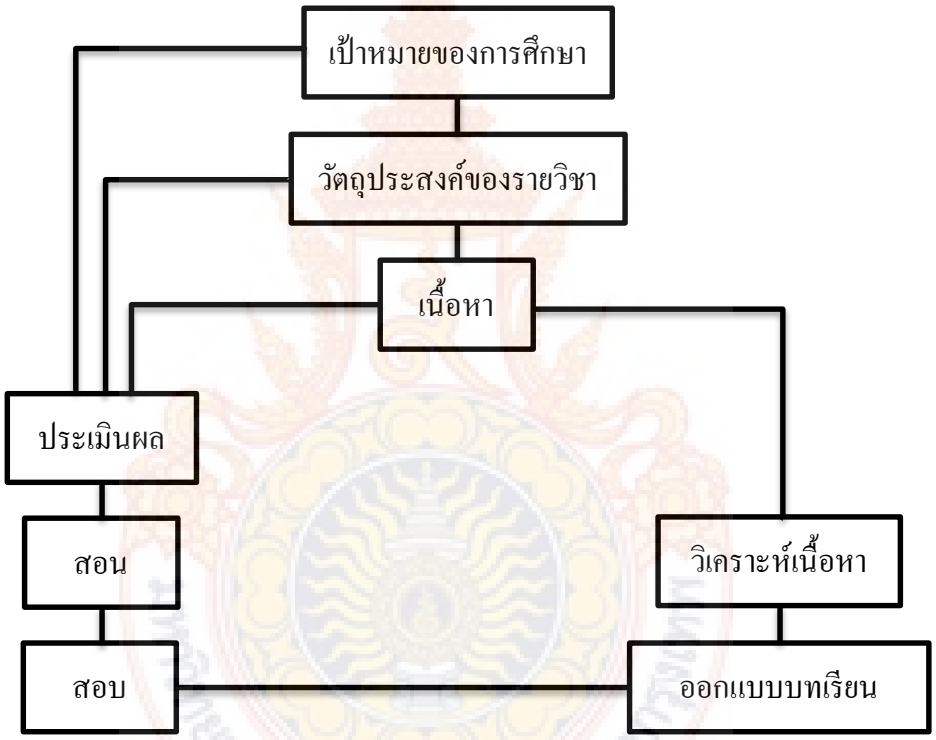
5. ความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ตลอดทั้งการรับหรือเก็บข้อมูลที่จำเป็น โปรแกรมบางโปรแกรมสามารถดึงข้อมูลจากแหล่งอื่น ๆ เช่น CD-ROM หรือข้อมูลภาพจากแผ่นเลเซอร์ดิสก์ มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของบทเรียนได้ การบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการมาใช้บทเรียนของนักเรียน และผลการเรียนก็เป็นสิ่งที่น่าพิจารณาด้วยเช่นกัน

6. ความสามารถในการใช้ภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษร่วมกับภาษาไทย ตลอดทั้งความยืดหยุ่นในการออกแบบตัวอักษร หรือเลือกใช้ตัวอักษรที่มีขนาดรูปแบบและสีตามต้องการ

2.1.5 แนวการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ทักษิณา สวนานนท์ (ทักษิณา สวนานนท์, 2529: 64-66) ได้กล่าวถึงการสร้างซีเอไอไว้ว่าจะต้องได้รับการร่วมมือกันระหว่างนักคอมพิวเตอร์ นักการศึกษา และผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชาที่จะทำ โดยกำหนดขอบเขตของเนื้อหา (แผนภูมิที่ 1)

ผู้เชี่ยวชาญสาขาวิชามีหน้าที่กำหนดขอบเขตของเนื้อหา นักวิชาการศึกษาจะต้องช่วยแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วน ๆ เพื่อกำหนดให้มีการเสนอทีละส่วน ตามด้วยแบบฝึกหัด มีการอธิบายคำตอบที่ผิด และวิเคราะห์คำตอบที่ผิดนั้น นักคอมพิวเตอร์จะเป็นผู้พิจารณาว่า จะทำให้ออกมาในลักษณะใด จึงจะเป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์



ภาพที่ 2- 1 แสดงการวางแผนสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

นอกจากนี้ ควรมีการพิจารณาเรื่องอื่นๆ ประกอบด้วย ดังนี้

1. เลือกคอมพิวเตอร์ให้เหมาะกับความต้องการ เช่น ขนาดของหน่วยความจำว่าใหญ่พอที่จะใช้กับซีเอไอที่กำลังจะทำหรือไม่ หากต้องการทำกราฟ มีภาพ และใช้เพลงประกอบคอมพิวเตอร์สามารถทำได้หรือไม่ จอภาพต้องการให้เป็นสีหรือไม่ ถ้าเป็นสีจะทำให้ภาพต่าง ๆ เด่นชัดและมีชีวิตชีวาขึ้น อักขระที่แสดงบนจอเป็นกี่บรรทัด ต้องการภาษาไทยด้วยหรือไม่ มีการ

แสดงผลลัพธ์กระดาษคำตอบหรือไม่ ความเร็วในการแสดงผลต้องการให้เร็วเพียงใด หน่วยความจำสำรองเป็นชนิดใด ราคาถูกหรือแพง

2. ซอฟต์แวร์ที่จะทำจะใช้ภาษาอะไร ใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ที่มีหรือไม่ มีลักษณะของซีเอไอที่ครบถ้วนหรือเปล่า และหากจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่มีขาย ก็ควรคำนึงถึงสิ่งเหล่านี้ด้วย คือ

2.1 มีเอกสารประกอบดีพอไหม

2.2 ราคาควรเป็นราคาซื้อหรือเช่า

2.3 มีค่าบำรุงรักษาหรือไม่

2.4 ข้อจำกัดในการใช้มีอะไรบ้าง

3. ถ้าจะลงมือทำโปรแกรมเอง ควรวางรูปแบบของบทเรียนให้ดีเสียก่อน โดยทำเป็นขั้นตอนดังนี้

3.1 แบ่งเนื้อหาทั้งหมดของวิชาที่จะเรียนเป็นขั้นตอนให้ดี ศึกษาวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของการเรียนในแต่ละวิชา

3.2 กำหนดขั้นตอนเรียบร้อยแล้วจัดแบ่งเป็นหัวข้อ แสดงเป้าหมายของการเรียนหัวข้อนั้นให้เด่นชัด

3.3 ถ้าหัวข้อนั้นกว้างเกินไป ให้แบ่งเป็นหัวข้อย่อย ๆ เพราะบทแต่ละบทไม่ควรยาวเกินไปนัก (ศึกษาวิธีการในการทำโปรแกรมบทเรียนให้ละเอียดเสียก่อน)

3.4 กำหนดรูปแบบของการพัฒนาแต่ละหัวข้อ ว่าจะทำการสอนในรูปแบบใด แก้ปัญหา หรือเสนอเรื่องให้อ่านแล้วตอบคำถาม หรือสร้างสภาพจำลองให้แก้ไข

3.5 การออกแบบซีเอไอควรให้ผู้เรียนเลือกคำถามด้วยวิธีการสุ่ม จำนวนคำถามควรมีมาก ๆ ผู้เรียนแต่ละคนจะได้ตอบคำถามโดยไม่ซ้ำกัน นอกจากนั้นต้องไม่ลืมให้คำตอบที่ถูกต้องไว้และให้คอมพิวเตอร์ตรวจรวมคะแนนไว้เลย วางหลักให้มีการอธิบายข้อผิดหรือวิเคราะห์คำตอบที่ผิดให้ได้ว่าทำไมผู้เรียนจึงตอบผิด เพื่อเป็นแนวทางที่จะเข้าใจผู้เรียน และนำข้อผิดพลาดไปแก้ไข

3.6 เขียนโปรแกรมให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และภาษาที่ใช้ให้เหมาะสมกับเครื่อง

3.7 หลังจากทำเสร็จแล้ว ต้องนำไปให้ผู้เรียนทดลองเก็บข้อมูลมาเป็นแนวทางที่จะใช้แก้ไข

3.8 เสร็จแล้วต้องเขียนคู่มือวิธีใช้ให้ชัดเจน เพื่อคนรุ่นหลังมาใช้จะได้ไม่เกิดปัญหา

สรุปสั้นๆ ว่าค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเรื่องอุปกรณ์ น่าจะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นรองการจัดทำซอฟต์แวร์รายวิชา และการพัฒนาภายหลังต่างหากที่จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการลงทุน อย่างไรก็ตามอย่าลืมว่าค่าใช้จ่ายรายหัวย่อมขึ้นอยู่กับจำนวนผู้เรียน หรือผู้ใช้รายวิชานั้นๆ

2.1.6 การสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เป้าหมายของการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอนด้วยการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนด้วยตนเองได้ ดังนั้นบทเรียนที่พัฒนาขึ้น จะต้องมีความสมบูรณ์ เพื่อตอบสนองในด้านความแตกต่างของแต่ละบุคคลแล้ว และเมื่อผู้เรียนเรียนจบแล้วสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ ซึ่งในกระบวนการเรียนการสอนสามารถจำแนกออกเป็น 6 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ ขั้นตอนก่อนเรียน จะสังเกตว่าในกระบวนการเรียนการสอนมีการทดสอบอยู่ 2 ขั้นตอน คือ การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น คือ แบบทดสอบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.6.1 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถ แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้เอง (Teacher-made Test) เป็นแบบทดสอบที่ครูผู้สอนได้จัดสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดความก้าวหน้าของนักเรียน หลังจากที่ได้มีการเรียนการสอนไประยะหนึ่งแล้ว โดยปกติแบบทดสอบประเภทนี้จะใช้เฉพาะภายในกลุ่มนักเรียนที่ครูผู้ออกข้อสอบเป็นผู้สอน จุดมุ่งหมายเพื่อตรวจดูว่านักเรียนมีความรู้ ความสามารถตามจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้มากเพียงใด และจะนำผลการสอบไปใช้ปรับปรุงซ่อมเสริมการเรียนการสอน กับนำไปตัดสินผลการเรียนของนักเรียนด้วย

2) แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์เช่นเดียวกับแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นใช้เอง แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพการเรียนด้านต่างๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน แบบทดสอบมาตรฐานจะมีการกำหนดมาตรฐานในการดำเนินการสอนให้เป็นอย่างเดียวกัน และมีเกณฑ์สำหรับเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียน

บุญชม ศรีสะอาด (2541) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอนนั้น โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่างๆ ที่เรียนในโรงเรียน วิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ อาจจำแนกเป็น 2 ประเภท คือ

1) แบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2) แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนก

ผู้สอบตามความแก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานะภาพความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

2.1.6.2 หลักการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

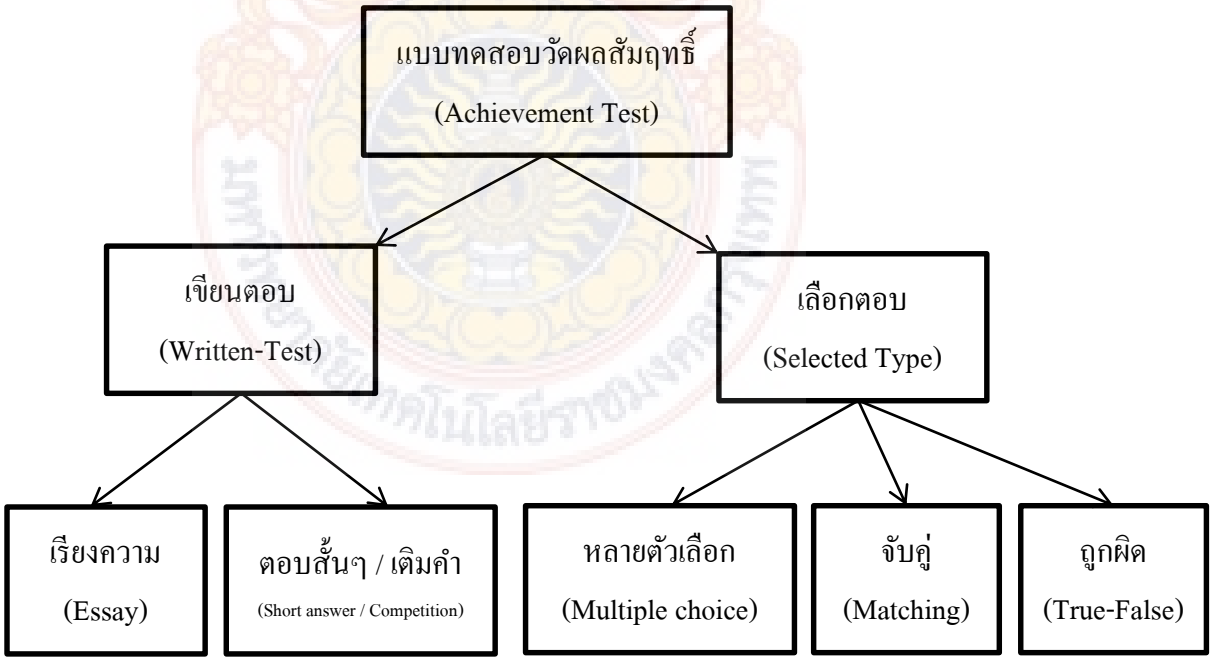
สุมาลี จันทร์ชลอ (2542) ได้แบ่งประเภทของข้อสอบได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1) แบบทดสอบชนิดให้เขียนตอบ ได้แก่ แบบทดสอบชนิดเรียงความ(Essay type) และแบบทดสอบชนิดให้ตอบคำถามแบบสั้นๆ หรือให้เติมคำตอบ

2) แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Selected type) แบ่งเป็น แบบทดสอบชนิดจับคู่ (Matching) ถูก-ผิด(True-False) และชนิดหลายตัวเลือก (Multiple choice)

นอกจากนี้ สุมาลี จันทร์ชลอ (2542) ยังได้กล่าวถึงหลักในการเขียนข้อสอบไว้ว่า ไม่ว่าจะเป็นข้อสอบประเภทใดก็ตาม หลักในการเขียนข้อสอบควรคำนึงถึงหลักสำคัญต่อไปนี้

1) ถามให้ครอบคุลมเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปครูมักใช้ผลจากการสอบวัดเป็นเกณฑ์สำคัญในการสรุปความรู้ความสามารถของผู้เรียน การถามเพียงส่วนหนึ่งส่วนใดอาจขาดความตรง และไม่ยุติธรรมสำหรับผู้สอบบางคน ซึ่งอาจพลาดหรือบกพร่อง ในส่วนที่ถูกนำมาถามนั้น ดังนั้นจึงควรถามให้ครอบคลุมเนื้อหาหรือวัตถุประสงค์



ภาพที่ 2- 2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

2) ถามในสิ่งที่สำคัญ การถามในสิ่งที่สำคัญ หมายถึง การถามสิ่งที่เป็นประโยชน์ สิ่งที่ผู้สอบควรรู้ สิ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถของผู้เรียน ดังนั้น การสอบวัดจึงควรวัดจากจุดประสงค์การเรียนการสอนที่สำคัญ ไม่ควรถามรายละเอียดนอกจากจะมีในจุดประสงค์ เพื่อวัดความรู้ในรายละเอียดนั้นๆ ในบางตอน

3) ถามให้ลึก การถามให้ลึกเป็นการถามเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ในระดับสูงกว่าความจำ จึงไม่ควรถามคำถามตามตำราหรือถามตามที่ครูสอนตรงๆ หรือถามจากเรื่องที่กำหนดตรงๆ แต่ปรับสถานการณ์ ปรับเงื่อนไข ให้อธิบายใหม่ หรือต้องเชื่อมโยงรายละเอียดของแต่ละส่วนมาสัมพันธ์กันจึงจะสามารถให้คำตอบได้

4) ถามโดยให้ตัวอย่าง การถามโดยให้ตัวอย่างซึ่งเป็นแบบอย่างที่ดี คำถามจากแบบสอบถามมักเป็นสิ่งที่ผู้เรียนจำได้ดี ดังนั้นการตั้งคำถามควรให้แบบอย่างที่ดี

5) ถามให้ชัดเจนและจำเพาะเจาะจง การเขียนข้อสอบที่ดี คำถามต้องมีความชัดเจนว่าต้องการให้ตอบอะไร มีขอบข่ายแค่ไหน คำถามจึงต้องมีความจำเพาะเจาะจงไม่คลุมเครือหลีกเลี่ยงคำถามสองแง่สองมุม

1) การเขียนข้อสอบเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple Choice)

ข้อสอบแบบเลือกตอบนี้ ถือเป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนิยมสร้างเป็นข้อสอบมาตรฐาน(Standardized Test) ลักษณะข้อสอบแบบเลือกตอบจะประกอบด้วย ส่วนที่เป็นคำถามและส่วนตัวเลือก ซึ่งส่วนที่เป็นตัวเลือกนั้นจะแบ่งเป็นตัวเลือกที่ถูก ซึ่งจะมีเพียงข้อเดียวเท่านั้น และตัวเลือกที่จะลวงอาจจะมีหลายข้อ หลักการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบหลายตัวเลือกมีดังนี้

1 การเขียนคำถามจะต้องเป็นประโยคที่สมบูรณ์ ชัดเจน ไม่ใช้คำฟุ่มเฟือย ในแต่ละคำถามให้มีคำถามเพียงคำถามเดียว ควรเขียนคำถามในลักษณะบอกเล่าไม่ควรใช้ประโยคปฏิเสธโดยเฉพาะประโยคปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ เพราะจะทำให้ผู้สอบสับสน หรือหากมีความจำเป็นควรขีดเส้นใต้ให้ชัดเจน

2 นำคำตอบที่ต้องพูดซ้ำกันทุกข้อของตัวเลือกมากล่าวเพียงครั้งเดียวในข้อคำถาม

3 คำถามในข้อต้นๆ ไม่ควรใช้ถ้อยคำหรือเป็นคำถามที่เป็นการชี้แนะคำตอบในข้อต่อไป

2) การเขียนข้อสอบแบบถูก-ผิด (True-False)

ข้อสอบชนิดนี้อาจเรียกว่าเป็นข้อสอบชนิด 2 ตัวเลือก ที่มีตัวเลือกหนึ่งถูกและอีกตัวเลือกหนึ่งผิด ข้อสอบชนิดนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนในชั้นเล็กๆ ซึ่งใช้วัดความเข้าใจ ความคิดรวบยอดในลักษณะถูกผิดมากกว่าการประเมินความคิดรวบยอดเกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักการเขียนข้อสอบแบบถูกผิดมีดังนี้

1 ไม่ควรใช้ถ้อยคำ / ข้อความที่คลุมเครือไม่ใช้คำถามที่หลอกล่อให้ผู้สอบเข้าใจผิด ไม่ควรใช้คำปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

2 คำถามจะต้องเป็นข้อความที่ถูกหรือผิดจริงๆ ไม่ใช่ส่วนหนึ่งถูก ส่วนหนึ่งผิด แต่ต้องถูกทั้งหมดหรือผิดทั้งหมด

3 หลีกเลี่ยงการใช้คำต่อไปนี้ในประโยค ได้แก่ ทั้งหมด เสมอๆ ไม่เคย จำนวนมาก บ้าง บางครั้ง บ่อยๆ โดยทั่วไป อาจจะ เป็นต้น เพราะผู้สอบที่มีความรู้สูงอาจเรียนรู้ว่าการขยายคำดังกล่าวจะช่วยให้ข้อความเป็นจริงหรือเท็จ ซึ่งไม่ใช่ความรู้ที่แท้จริง

4 ควรใช้ข้อสอบแบบถูกผิดนี้ เป็นส่วนประกอบในบางประเด็น ไม่ควรใช้เป็นแบบทดสอบหลัก

3) การเขียนข้อสอบแบบจับคู่ (Matching)

ข้อสอบชนิดนี้เหมาะสำหรับการวัดความรู้เกี่ยวกับคำจำกัดความ เหตุการณ์ และตัวอย่างของความคิดรวบยอดที่มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กัน และเหมาะที่จะใช้วัดเรื่องเกี่ยวกับบุคคล (ใคร) การกระทำของบุคคล (ทำอะไร) เหตุการณ์สำคัญๆ (เมื่อไร) และสถานที่ หลักการเขียนข้อความแบบจับคู่มีดังนี้

1 ถ้าเป็นไปได้ ควรมีรายการของคำตอบเป็นคำเดียวหรือวลีสั้นๆ ไว้ทางขวามือ ส่วนคำถามจะเป็นข้อความอธิบายที่ยาวกว่าไว้ทางซ้ายมือ จะทำให้อ่านง่ายกว่า

2 คำถามจับคู่แต่ละข้อ ควรมีความสอดคล้องกัน และจำนวนข้อคำถาม ควรอยู่ระหว่าง 5-12 ข้อ

3 จำนวนข้อของคำถามกับจำนวนรายการคำตอบไม่ควรเท่ากัน และควรให้มีจำนวนรายการคำตอบมีจำนวนมากกว่าข้อความ

4) การเขียนข้อสอบแบบตอบสั้นๆ (Short Answer)

ข้อสอบชนิดนี้เป็นแบบปรนัย ซึ่งแต่ละข้อคำถามจะถามโดยตรง โดยใช้วลี ปัญหาเฉพาะข้อความ หรือคำถามที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งผู้สอบต้องเขียนคำตอบเอง โดยไม่มีรายการคำตอบได้

รูปแบบคำตอบสั้นๆ โดยปกติอาจใช้คำตอบเป็นจำนวนตัวเลข คำ หรือวลีเพียงสิ่งเดียว หลักการเขียนข้อสอบแบบตอบสั้นๆ มีดังนี้

1 เขียนประโยคคำถามให้ชัดเจน และเป็นคำถามที่สามารถตอบได้ด้วยคำตอบสั้นๆ

2 หลีกเลี่ยงการถามถ้อยคำจากตำราแบบคำต่อคำ และเติมคำหลายแห่งในข้อเดียวกัน

3 ถ้าเป็นข้อความที่เป็นการคำนวณ จะต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าต้องการทศนิยมกี่ตำแหน่ง

4 การเว้นช่องว่าง สำหรับการตอบนั้นจะต้องเพียงพอ แต่ควรระวังเกี่ยวกับการเว้นที่ว่าง จะเป็นการแนะคำตอบได้

5) การเขียนข้อสอบแบบความเรียง (Essay)

ข้อสอบชนิดนี้ เป็นข้อสอบที่สามารถให้ผู้สอบมีอิสระในการตอบ สามารถวิเคราะห์สังเคราะห์เรื่องราว จัดระบบความคิดของตนเองได้ ซึ่งถือเป็นข้อสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่ซับซ้อน แต่ละการประเมินผลจะทำได้ยากกว่าแบบอื่นๆ หลักการเขียนข้อสอบแบบความเรียง มีดังนี้

1 ใช้เมื่อต้องการวัดผลการเรียนที่ซับซ้อนเท่านั้น

2 ก่อนเขียนคำถาม ผู้ออกข้อสอบต้องชัดเจนว่าต้องการให้ผู้สอบตอบอะไร และเขียนคำถามให้ตรงจุดประสงค์ที่จะวัด

3 คำถามต้องแสดงถึงงานที่จะให้ผู้สอบปฏิบัติได้ชัดเจนไม่คลุมเครือ

2.1.6.3 ข้อควรพิจารณาการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุมาลี จันทร์ชลอ (2542) ได้กล่าวว่าในการสร้างข้อสอบที่ดี ต้องมีการวางแผนอย่างระมัดระวังในการสร้าง ต้องพิจารณาหัวข้อและจุดประสงค์ที่ถูกวัด ต้องเหมาะกับคะแนนและเงื่อนไขสถานการณ์ที่ปรากฏขึ้น การพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาควรจะพิจารณาแนวทาง ดังต่อไปนี้

1) ข้อสอบควรใช้ประเมินจุดประสงค์ที่สำคัญในการสอน ที่สามารถสอบวัดได้โดยใช้แบบทดสอบที่เป็นข้อเขียน

2) ข้อสอบควรสะท้อนให้เห็นจุดประสงค์ที่เป็นเนื้อหา และจุดประสงค์ที่เป็นกระบวนการที่สำคัญที่เน้นในหลักสูตร

3) ข้อสอบควรจะสะท้อนให้เห็นจุดประสงค์ในการวัด เช่น วัดประเมินผลความแตกต่างระหว่างบุคคล หรือเพื่อแยกแยะผู้ที่ได้เรียนรู้

4) ข้อสอบควรมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้อ่าน

2.1.6.4 ขั้นตอนการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ถนอนพร เลาหจรัญแสง (2541) การพัฒนาแบบทดสอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์การสอน เพื่อใช้ในการหาประสิทธิผลในการเรียนรู้ของผู้เรียน มีขั้นตอนดังนี้

1) การกำหนดน้ำหนักวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดจำนวนข้อสอบ เป็นการพิจารณาเนื้อหาแต่ละหน่วย และแยกแยะวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ว่าต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมในด้านใด และควรมีน้ำหนักเท่าไร โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประมาณ 5-9 ท่าน พิจารณาน้ำหนักในแต่ละเนื้อหาลงในตารางซึ่งมีการกำหนดรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 2- 1 ตัวอย่างตารางกำหนดน้ำหนักของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	พฤติกรรม					
	ความจำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า
1 อธิบายความหมาย						
2 แจกแจงความสำคัญ						
3 บอกองค์ประกอบการออกแบบ						
4 ลำดับวิธีการออกแบบเพื่อการสอน						

2) การเขียนข้อสอบ ก่อนการเขียนข้อสอบ จะต้องทำการตัดสินใจก่อนว่าจะใช้คำถามรูปแบบใด และศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ จากนั้นจึงลงมือเขียนข้อสอบ ซึ่งการเขียนข้อสอบคือ การดำเนินการเขียนแบบทดสอบสัมฤทธิ์ผลตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ และเป็นไปตามหลักการเขียนแบบทดสอบดังที่กล่าวมาแล้ว และจำนวนข้อสอบที่เขียนนั้น ต้องเขียนเผื่อไว้อีกประมาณ 2 เท่าของจำนวนที่วิเคราะห์ได้ เพื่อสำรองในข้อที่ใช้ไม่ได้ จำนั้นจะต้องทำการตรวจทาน โดยพิจารณาความถูกต้องตามหลักวิชาการ ภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจน เข้าใจง่ายหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าเกณฑ์หรือไม่ ทำการปรับปรุงให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3) การตรวจวัดค่า IOC หรือความเที่ยงตรง (Index of Consistency หรือ IOC) เป็นคุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามลักษณะหรือจุดประสงค์ที่จะวัด ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญมากของแบบทดสอบ ในขั้นนี้จะให้คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชา

พิจารณาว่าข้อทดสอบแต่ละข้อนั้น สามารถวัดได้ตรงตามตารางวิเคราะห์รายละเอียดหรือไม่ ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรง (Index of Consistency) เช่น

ตารางที่ 2- 2 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์ดัชนีความเที่ยงตรงของข้อสอบ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	รายละเอียดข้อสอบ	คะแนนการพิจารณา		
		+1	0	-1
สื่อนำข้อมูลไร้สายประเภทใดที่มีลักษณะการส่งสัญญาณต่อเนื่องเป็นช่วงๆ	ก สัญญาณวิทยุ ข ระบบไมโครเวฟ ค แสงอินฟราเรด ง การสื่อสารผ่านดาวเทียม			

จากตารางที่ 2-2 คณะกรรมการจะพิจารณาว่าข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือไม่ ถ้าแน่ใจว่าตรงจะกาเครื่องหมายไปช่อง +1 ถ้าแน่ใจว่าไม่ตรงจะกาเครื่องหมายในช่อง -1 และถ้าไม่แน่ใจว่าตรงหรือไม่จะกาเครื่องหมายในช่อง 0

การพิจารณาค่า IOC นี้จะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงจะถือว่าวัดได้สอดคล้องกัน

4) การทดสอบเพื่อวิเคราะห์ความเป็นข้อสอบมาตรฐาน กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์ (2529) กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการพยายามที่จะตอบปัญหาว่า ข้อสอบนี้ยากปานใดและมีอำนาจจำแนกเพียงใด ซึ่งข้อสอบที่ดีนั้นจะต้องสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ คนเรียนเก่งควรได้คะแนนสูง คนเรียนอ่อนก็ควรได้คะแนนต่ำ แต่สำหรับการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) นั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty) และอำนาจจำแนก (Discrimination) แล้วยังต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) เพื่อเป็นการยืนยันว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดสิ่งที่ต้องการได้จริง

4.1) ความยากง่ายของข้อสอบ (Difficulty)

การหาค่าความยากง่ายเป็นการหาสัดส่วน (Proportion) ระหว่างนักเรียนที่ทำข้อสอบข้อนั้นถูกกับจำนวนนักเรียนที่ตอบทั้งหมด ซึ่งการหาค่าความยากง่ายนี้จะต้องทำเป็นรายข้อ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P หมายถึง ค่าระดับความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก

N หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบผิด

ข้อสอบที่ดีจะต้องเป็นข้อสอบที่ไม่ง่ายเกินไปหรือยากเกินไป ควรเลือกข้อสอบที่อยู่ระหว่างระดับค่อนข้างง่ายถึงค่อนข้างยาก หรือช่วงระดับ 0.20-0.80 ซึ่งความหมายของระดับความยากง่ายมีดังนี้

0.85-1.00 แปลว่า ง่ายมาก (ตัดทิ้ง)

0.61-0.84 แปลว่า ค่อนข้างง่าย

0.41-0.60 แปลว่า ปานกลาง

0.15-0.40 แปลว่า ค่อนข้างยาก

0.00-0.14 แปลว่า ยากมาก (ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

4.2) อำนาจจำแนก (Discrimination)

ค่าอำนาจจำแนก เป็นคุณลักษณะของข้อสอบที่ต้องวิเคราะห์ อำนาจจำแนก หมายถึง คุณลักษณะของข้อสอบที่ใช้แยกคนที่เรียนเก่ง เก่งปานกลาง อ่อนและอ่อนมาก ให้มีระดับคะแนนที่แตกต่างกัน สำหรับการหาค่าอำนาจจำแนก เป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างสัดส่วนของนักเรียนที่ถูกได้คะแนนในกลุ่มสูง และสัดส่วนของนักเรียนที่ทำถูกในกลุ่มต่ำ ข้อสอบที่ดีนั้นจะต้องมีอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 ถึง 1.00 มีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$D = \frac{R_U}{N_U} - \frac{R_L}{N_L}$$

เมื่อ D หมายถึง ค่าระดับอำนาจจำแนก

R_U หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_L หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_U หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง

N_L หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

4.3) ความเชื่อมั่น (Reliability)

ความเชื่อมั่น คือ ความแน่นอนในผลของการวัด (Consistency) ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้ง ผลจะต้องเท่ากัน ภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขเดียวกัน ความเชื่อมั่นเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับข้อทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ผลทางการศึกษา ซึ่งต้องพยายามให้ได้ค่าความเชื่อมั่นสูงสำหรับการวัดผล เพราะจะทำให้มีความเชื่อมั่นว่าข้อสอบนั้นสามารถวัดได้จริงเป็น 1.00 ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น มีวิธีอย่างน้อย 5 วิธี ได้แก่ การสอบซ้ำ การใช้วิธีทดสอบสมมูล การแบ่งครึ่ง วิธีคูเดอร์-ริชาร์ดสัน หรือการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน

การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) มีสูตรดังนี้

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

เมื่อ n หมายถึง จำนวนข้อสอบ

p หมายถึง สัดส่วนของจำนวนนักเรียนที่ตอบถูก

q หมายถึง สัดส่วนของจำนวนนักเรียนที่ตอบผิด

σ^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนของคะแนนในแบบทดสอบ

4.4) ความเที่ยงตรง (Validity)

ความเที่ยงตรงของข้อสอบ คือ คุณลักษณะที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการได้ เช่น การวัดระดับสติปัญญา โดยทั่วไปผู้เชี่ยวชาญทางด้านการวัดผลทางการศึกษาและจิตวิทยา ได้กล่าวถึงความเที่ยงตรงว่ามี 4 ประเภท คือ

ก) ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ขึ้นอยู่กับว่าข้อสอบนั้นได้ออกคลุมเนื้อหาตามที่กำหนดไว้เพียงไร

ข) ความเที่ยงตรงตามสถานะ (Concurrent Validity) ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของข้อสอบนั้นกับข้อทดสอบที่เป็นเกณฑ์ เพื่อให้ทราบว่าข้อสอบนี้วัดสิ่งที่ต้องการได้เที่ยงตรงหรือไม่

ค) ความเที่ยงตรงในการพยากรณ์ (Predictive Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนข้อสอบที่จัดได้ตามเกณฑ์ที่ระบุผลหรือแนวโน้มในอนาคต เช่น ข้อสอบวัดนักเรียนมัธยมเพื่อพยากรณ์โอกาสที่จะเรียนจบระดับอุดมศึกษา

ง) ความเที่ยงตรงการการสร้าง (Construction Validity) เป็นความเที่ยงตรงที่ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์หรือคุณลักษณะทางจิตวิทยาที่ระบุไว้แล้ว กำหนดหลักเกณฑ์ในการวัดเอาไว้แล้ว ข้อสอบที่เราสร้างขึ้นก็สร้างขึ้นตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ จึงเรียกว่า ความเที่ยงตรงในการสร้างของข้อทดสอบ

2.1.7 ประโยชน์ของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีประโยชน์ต่อการเรียนการสอน มีดังนี้

2.1.7.1 สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ และดึงดูดความสนใจของผู้เรียน โดยการใช้เทคนิคการนำเสนอด้วยกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว สี เสียง ความสวยงามและเหมือนจริง

2.1.7.2 ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดี ด้วยวิธีการออกแบบที่เหมาะสม และสามารถทบทวนบทเรียนซ้ำได้เท่าที่ต้องการ

2.1.7.3 ผู้เรียนมีการโต้ตอบ ปฏิสัมพันธ์กับคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมบทเรียนมี

โอกาสเลือก ตัดสินใจ และได้รับการเสริมแรงจากการได้รับข้อมูลย้อนกลับทันที

2.1.7.4 ช่วยให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจดจำ เพราะมีโอกาสปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองซึ่งจะเรียนรู้ได้จากขั้นตอนเนื้อหาที่ง่ายไปหาเนื้อหาที่ยากตามลำดับ

2.1.7.5 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ตามความสนใจ และความสามารถของตนเอง

2.1.7.6 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบต่อตนเอง

2.1.7.7 ส่งเสริมการแก้ปัญหา และฝึกคิดอย่างมีเหตุผล

2.1.7.8 สร้างความพึงพอใจแก่ผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน

2.1.7.9 สามารถทราบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ทันที เป็นการท้าทายผู้เรียน และเสริมแรงให้อยากเรียนต่อ

2.1.7.10 ครูมีเวลามากขึ้นในการที่จะช่วยเหลือผู้เรียนในการเสริมความรู้ หรือช่วยผู้เรียนคนอื่นที่เรียนอ่อน หรือเรียนช้า

2.1.7.11 ประหยัดเวลา และงบประมาณในการจัดการเรียนการสอน โดยลดความจำเป็นที่จะต้องใช้ครูที่มีประสบการณ์สูง หรือครูสาขาวิชาที่ขาดแคลน หรือเครื่องมือราคาแพง เครื่องมืออันตราย

2.1.7.12 ลดช่องว่างการเรียนรู้ระหว่างโรงเรียนในเมือง และชนบท เพราะสามารถส่งโปรแกรมบทเรียนไปยังโรงเรียนชนบทที่ห่างไกลได้

2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

2.2.1 การแจกแจงของตัวสถิติ

2.2.1.1 ประชากรและตัวอย่าง

นิยาม ประชากร (population) คือ เซตของหน่วยตัวอย่าง (sampling unit) ทั้งหมด ซึ่งเป็นแหล่งของข้อมูลต่าง ๆ ภายในขอบข่ายที่สนใจ

หน่วยตัวอย่างของประชากรอาจเป็นคน สัตว์ พืช หรือสิ่งของก็ได้ เช่น

- ในการศึกษาน้ำหนักแรกเกิดของทารกในปี พ.ศ. 2540 หน่วยตัวอย่าง คือ ทารกแต่ละคนที่คลอดในปีดังกล่าว
- ในการศึกษาปริมาณให้นมของโคนมที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดหนึ่ง หน่วยตัวอย่าง คือ โคนมแต่ละตัวที่เลี้ยงด้วยอาหารชนิดนั้น
- ในการศึกษาอายุการใช้งานของหลอดไฟตราหนึ่ง หน่วยตัวอย่าง คือ หลอดไฟแต่ละหลอด

จากประชากรที่ประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างจำนวนมากนั้น หากทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกตัวอย่าง หรือโดยวิธีสำมะโนแล้ว ก็จะทราบลักษณะที่สำคัญบางประการของ

ประชากร เช่น ค่าเฉลี่ย (μ) ความแปรปรวน (σ^2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) หรือสัดส่วน (p) ของประชากร ซึ่งเรียกว่า พารามิเตอร์

นิยาม พารามิเตอร์ (parameter) คือ ค่าคงที่ ที่แสดงลักษณะบางประการของประชากร โดยทั่วไปจะใช้สัญลักษณ์แทนพารามิเตอร์ด้วยอักษรกรีก เช่น ค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) ความแปรปรวนของประชากร (σ^2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ) สัดส่วนของประชากร (p)

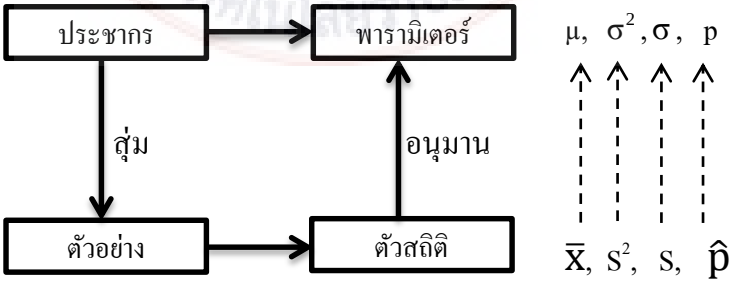
โดยทั่วไป การเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกหน่วยตัวอย่างของประชากร เพื่อหาข้อเท็จจริงของประชากรนั้น เป็นสิ่งที่กระทำได้ยาก เพราะจะต้องเสียค่าใช้จ่ายและใช้เวลาเป็นอันมาก นอกจากนี้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างบางครั้งเป็นการทำลายหน่วยตัวอย่างของประชากรได้ เช่น

- การตรวจสอบความชื้นของข้าวเปลือก ซึ่งต้องบดข้าวเปลือกให้ละเอียดก่อนวัดความชื้น
- การตรวจสอบอายุการใช้งานของหลอดไฟ

ด้วยเหตุนี้จึงไม่อาจทราบถึงข้อเท็จจริงของประชากรหรือพารามิเตอร์ได้ แต่โดยอาศัยวิธีการทางสถิติด้วยการเลือกประชากรมาเพียงบางส่วน ส่วนของประชากรที่เลือกมานี้เรียกว่าตัวอย่าง (sample) และเพื่อให้ตัวอย่างเป็นตัวแทนของประชากรอย่างแท้จริง ตัวอย่างนั้นก็ต้องมาโดยสุ่ม ตัวอย่างที่สุ่มได้จะทราบถึงลักษณะที่สำคัญต่าง ๆ ของตัวอย่าง ซึ่งเรียกว่า ตัวสถิติ

นิยาม ตัวสถิติ (statistic) คือ ฟังก์ชั่นของตัวแปรสุ่ม ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่สุ่มมาได้ ซึ่งหมายความว่า ตัวสถิตินี้จะมีค่าซึ่งแสดงถึงลักษณะที่สำคัญของตัวอย่างแปรเปลี่ยนได้หลายค่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่สุ่มได้ในแต่ละครั้ง ในที่นี้จะใช้อักษรลาตินเป็นสัญลักษณ์แทนตัวสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง ($\bar{x}$) ความแปรปรวนของตัวอย่าง (S^2) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (S) สัดส่วนของตัวอย่าง ($\hat{p}$)

จากตัวอย่างที่สุ่มมาได้ จะอาศัยตัวสถิติทำการสรุปผล หรืออนุมานถึงข้อเท็จจริงของประชากร หรือพารามิเตอร์ได้ 2 วิธี คือ การประมาณค่า (estimation) และการทดสอบสมมติฐาน (testing hypotheses)



ภาพที่ 2- 3 แผนภาพแสดงประชากร ตัวอย่าง พารามิเตอร์ และตัวสถิติ

แต่จากตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมาจากประชากรนั้น จะได้ตัวสถิติต่าง ๆ เช่น $\bar{X}$, S^2, S, $\hat{p}$ ซึ่งตัวสถิติเหล่านี้ต่างก็มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามตัวอย่างที่สุ่มได้ในแต่ละครั้ง และเรียกการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวสถิติว่า การแจกแจงของตัวสถิติ (sampling distribution)

และโดยเหตุที่ในการประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งจะได้ศึกษาในบทต่อไป ต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการแจกแจงของตัวสถิติ ดังนั้นในบทนี้จึงขอกล่าวถึงการแจกแจงของตัวสถิติต่างๆ

2.2.1.2 การแจกแจงของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้า $\bar{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยμ และความแปรปรวน σ^2 แล้ว $\bar{X}$ จะมีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน $\frac{\sigma^2}{n}$ หรือ $\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$ และได้ว่า

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \qquad \text{โดย } Z \sim N(0,1)$$

ทั้งนี้ไม่ว่า n จะมีค่าเท่าใดก็ตาม

ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 โดยที่ ประชากรดังกล่าวมีการแจกแจงแบบอื่น ๆ ที่มิใช่แบบปกตินั้น พบว่า ถ้า n มีขนาดใหญ่พอแล้ว $\bar{X}$ จะมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน $\frac{\sigma^2}{n}$ ซึ่งเขียนแทนด้วย $\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$ ทั้งนี้ในทางปฏิบัติจะถือว่า มีขนาดใหญ่พอ n ถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30

2.2.1.3 การแจกแจงของผลต่างของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 โดยอิสระกันจาก 2 ประชากร โดยประชากรที่ 1 มีค่าเฉลี่ย μ_1 และความแปรปรวน σ_1^2 ส่วนประชากรที่ 2 มีค่าเฉลี่ย μ_2 และความแปรปรวน σ_2^2 แล้วได้ว่า $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ มีค่าเฉลี่ย $\mu_1 - \mu_2$ และความแปรปรวน $\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}$ โดย 1) $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ มีการแจกแจงแบบปกติ ถ้าประชากรทั้ง 2 มีการแจกแจงแบบปกติ 2) $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ มีการแจกแจงแบบใกล้เคียงปกติ ถ้าประชากรทั้ง 2 มิได้มีการแจกแจงแบบปกติ แต่ n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ และได้ว่า

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \qquad \text{โดย } Z \sim N(0,1)$$

ทั้งนี้จะถือว่า n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ ถ้าทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30

2.2.1.4 การแจกแจงของสัดส่วนของตัวอย่าง

จากประชากรที่ประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างทั้งหมด N หน่วย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจ และอีกกลุ่มหนึ่งประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่ไม่สนใจ ถ้าให้

$$p = \text{สัดส่วนของประชากร (population proportion)} = \frac{\text{จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจ}}{N}$$

แล้วจะได้ว่า p เป็นพารามิเตอร์อีกหนึ่งตัวซึ่งแสดงถึงสัดส่วน หรือความน่าจะเป็นของหน่วยที่มีลักษณะที่สนใจในประชากร โดยลักษณะที่สนใจดังกล่าวอาจเป็น คุณภาพสินค้า เพศ พฤติกรรม ระดับความคิดเห็น หรือช่วงของรายได้ ฯลฯ

ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากร ที่มีสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ p แล้วจะได้สัดส่วนของตัวอย่าง (sample proportion) ซึ่งเขียนแทนด้วย $\hat{p}$ อ่านว่า “พี แฮท” โดย

$$\hat{p} = \frac{\text{จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจ}}{n} = \frac{X}{n}$$

ทฤษฎี ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ p แล้วได้ว่า $\hat{p}$ มีการแจกแจงใกล้เคียงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย p และความแปรปรวน $\frac{pq}{n}$ หรือ $\hat{p} \sim N\left(p, \frac{pq}{n}\right)$ เมื่อ n มีขนาดใหญ่พอ และได้ว่า

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}} \qquad \text{โดย } Z \sim N(0,1)$$

ทั้งนี้ จะถือว่า n มีขนาดใหญ่พอ ถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30

2.2.1.5 การแจกแจงของผลต่างของสัดส่วนของตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 โดยอิสระกันจาก 2 ประชากร ที่มีความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ p_1 และ p_2 ตามลำดับ แล้วได้ว่า $\hat{p}_1 - \hat{p}_2$ มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย $p_1 - p_2$ และความแปรปรวน $\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}$ หรือ $\hat{p}_1 - \hat{p}_2 \sim N\left(p_1 - p_2, \frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}\right)$ เมื่อ n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ และได้ว่า

$$Z = \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}}} \qquad \text{โดย } Z \sim N(0,1)$$

ทั้งนี้ จะถือว่า n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ ถ้าทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30

2.2.1.6 การแจกแจงแบบที

ในกรณีตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดเล็ก ($n < 30$) และไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร σ^2 แล้วถ้าหากใช้ความแปรปรวนของตัวอย่าง S^2 เป็นตัวประมาณของ σ^2 อัตราส่วน $\frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ จะมิใช่ตัวแปรสุ่ม Z ที่มีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติมาตรฐาน แต่จะได้ตัวแปรสุ่ม T โดย $T = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$ เรียกการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม T ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่องว่าการแจกแจงแบบที (t distribution) ที่มีพารามิเตอร์หนึ่งตัว คือ องศาแห่งความเป็นอิสระ (degrees of freedom) ซึ่งเขียนแทนด้วยอักษรกรีก ν ทั้งนี้คำว่า “องศาแห่งความเป็นอิสระ” หมายความว่า จากตัวอย่างขนาด n จะได้ตัวแปรสุ่ม X ที่มีค่าแปรเปลี่ยนโดยอิสระกัน n ค่า แต่ในการคำนวณหา $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$ นั้นตัวแปรสุ่ม $X-\bar{X}$ จะมีค่าแปรเปลี่ยนโดยอิสระกัน n-1 ค่าเท่านั้น จึงได้ว่า $\nu = n-1$ เมื่อ n คือขนาดตัวอย่าง หรือกล่าวได้อีกอย่างว่า การแจกแจงแบบทีขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้า $\bar{X}$ และ S^2 เป็นค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งไม่ทราบค่า แล้วจะได้ตัวแปรสุ่ม T โดย

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

จะมีการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$

ทฤษฎี ถ้า $\bar{X}_1, S_1^2$ และ $\bar{X}_2, S_2^2$ เป็นค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 ซึ่งสุ่มมาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่า

1) ถ้า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ จะได้ตัวแปรสุ่ม

$$T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \; ; \; \nu = n_1 + n_2 - 2$$

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

2) ถ้า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ จะได้ตัวแปรสุ่ม

$$T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \; ; \; \nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$$

2.2.1.7 การแจกแจงของความแปรปรวนของตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้า S^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n ซึ่งสุ่มมาจากประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีความแปรปรวน σ^2 แล้วได้ว่า ตัวแปรสุ่ม χ^2 โดย

$$\chi^2 = \frac{(n - 1)S^2}{\sigma^2}$$

จะมีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง (chi-square distribution) ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$

2.2.1.8 การแจกแจงของอัตราส่วนความแปรปรวนของตัวอย่าง

ทฤษฎี ถ้า S_1^2 และ S_2^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 ซึ่งสุ่มมาโดยอิสระกันจาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 แล้วได้ว่า ตัวแปรสุ่ม F โดย

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}$$

จะมีการแจกแจงแบบเอฟ (F distribution) ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu_1 = n_1 - 1$ และ $\nu_2 = n_2 - 1$

2.2.2 การประมาณค่า

การสุ่มตัวอย่างและการแจกแจงของตัวสถิติที่ได้จากตัวอย่างนั้นยังไม่ได้ข้อสรุปของประชากร วิธีการสรุปข้อเท็จจริงของประชากรเป็นส่วนหนึ่งของวิชาสถิติ ซึ่งเรียกว่า สถิติอนุมาน (Inferential statistics) สถิติอนุมานเป็นเรื่องของการใช้ข้อเท็จจริงจากตัวอย่างซึ่งสุ่มมาจากประชากร ไปสรุปคุณลักษณะต่างๆ หรือพารามิเตอร์ของประชากร นั้นๆ โดยอาจสรุปในลักษณะของการประมาณค่า (estimation) พารามิเตอร์ หรือการทดสอบสมมติฐาน (testing hypotheses)

2.2.2.1 การประมาณค่าแบบเดี่ยว

การประมาณค่าแบบเดี่ยว หมายถึง การประมาณค่าพารามิเตอร์โดยประมาณค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่งค่าเดียวเท่านั้น ตัวอย่างเช่น จากครัวเรือนในจังหวัดขอนแก่นที่สุ่มมาจำนวน 250 ครัวเรือน ซึ่งพบว่ามีค่าใช้จ่าย ในการบริโภครายเดือนเฉลี่ยครัวเรือนละ 4500 บาท แล้วประมาณว่า

ครัวเรือนทั้งหมดในจังหวัดขอนแก่นมีค่าใช้จ่ายในการบริโภครายเดือนเฉลี่ยครัวเรือนละ 4500 บาท ซึ่ง 4500 บาท คือ ค่าประมาณแบบเดี่ยว

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเดี่ยว นั้น จะใช้

ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง : $\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยว ของ μ : ค่าเฉลี่ยของประชากร

ความแปรปรวนของตัวอย่าง : $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ σ^2 : ความแปรปรวนของประชากร

สัดส่วนของตัวอย่าง : $\hat{p} = \frac{X}{n}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ p : สัดส่วนของประชากร

เหตุที่ใช้ $\overline{X}, S^2$ และ $\hat{p}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ μ , σ^2 และ $\hat{p}$ ตามลำดับ นั้นก็เพราะว่าตัวประมาณเหล่านี้มีคุณสมบัติของตัวประมาณที่ดีอยู่หลายประการ แต่ในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 ประการ คือ

1. ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง

นิยาม เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียง ของพารามิเตอร์ θ ถ้า

$$\mu_{\hat{\theta}} = E(\hat{\theta}) = \theta$$

ซึ่งหมายความว่า จากตัวอย่างขนาด ที่สุ่มมาจากประชากรที่มีพารามิเตอร์ θ หลายๆ ครั้ง นั้น บางตัวอย่างอาจให้ค่าตัวประมาณ $\hat{\theta}$ ที่มีค่ามากกว่า θ และบางตัวอย่างอาจให้ค่าของ $\hat{\theta}$ ที่มีค่าน้อยกว่า θ แต่ถ้าโดยเฉลี่ยแล้ว มีค่าเท่ากับ θ ก็จะกล่าวว่า $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของพารามิเตอร์ θ

2. ตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุด

นิยาม $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุดของพารามิเตอร์ θ ถ้า

1. $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ θ
2. $\hat{\theta}$ มีความแปรปรวนต่ำสุดในบรรดาตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ θ

นั่นคือ ต้องการตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุดของพารามิเตอร์ θ ตัวอย่างเช่น $\overline{X}$: ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง และ $\tilde{x}$: มัธยฐานของตัวอย่าง ต่างก็เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ μ เมื่อตัวอย่างขนาด n ถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 แต่เนื่องจาก $\overline{X}$ มีความแปรปรวนต่ำสุดในบรรดาตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงทั้งหมดของ μ โดย

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{n}$$

และ $$\text{Var}(\tilde{X}) = 1.57\frac{\sigma^2}{n}$$

ดังนั้น $\bar{X}$ จึงเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุดของ μ

จาก $\bar{X}, S^2$ และ $\hat{p}$ ซึ่งเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีความแปรปรวนต่ำสุดของ μ, σ^2 และ p ตามลำดับ นั้น หากแทนค่าของ $X_1, X_2, ..., X_n$ ซึ่งสุ่มมาได้จากประชากร ก็จะได้ค่าประมาณแบบเดี่ยว ของพารามิเตอร์ μ, σ^2 และ p ตามลำดับ

แต่การประมาณค่าแบบเดี่ยวซึ่งเป็นการประมาณค่าเป็นค่าใดค่าหนึ่งเพียงค่าเดียวมีข้อเสีย เนื่องจากไม่สามารถระบุถึงระดับความเป็นไปได้ของค่าประมาณแบบเดี่ยวดังกล่าว

2.2.2.2 การประมาณค่าแบบช่วง

การประมาณค่าแบบช่วง จะเป็นการหาตัวแปรสุ่ม L และ U ที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ θ ด้วยความน่าจะเป็นระดับหนึ่ง นั่นคือ จะหาตัวแปรสุ่ม L และ U ที่ทำให้

$$P(L < \theta < U) = 1-\alpha$$

โดยตัวแปรสุ่ม L และ U ได้จากการแจกแจงของตัวสถิติ $\hat{\theta}$ เมื่อ $\hat{\theta}$ และเป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ θ

โดยเรียกช่วงระหว่าง L และ U ว่า ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) $(1-\alpha)100$ % ของพารามิเตอร์ θ

เรียกตัวแปรสุ่ม L และ U ว่า ลิมิตล่างและบน (lower and upper limit) ของช่วง

และเรียก $1-\alpha$ ว่า ระดับความเชื่อมั่น (level of confidence) หรือความน่าจะเป็นที่ช่วงจะครอบคลุมค่าของ θ ซึ่งสามารถจะเลือกให้มีขนาดเท่าใดก็ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมใช้ 0.95 หรือ 0.99

2.2.2.3 ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร

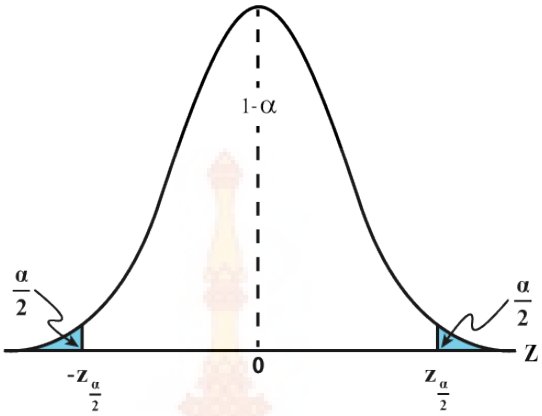
โดยที่ $\bar{X}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ μ และการแจกแจงของ $\bar{X}$ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนั้น แบ่งวิธีการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของ μ ได้ 2 กรณี

กรณีที่ 1

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ ซึ่งไม่ทราบค่า และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งทราบค่า

แล้ว $$\bar{X} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{n}\right)$$

และได้ $$Z = \frac{\overline{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \sim N(0,1)$$



ภาพที่ 2- 4 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีที่ 1

เมื่อ $z_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าของตัวแปรสุ่มแบบปกติมาตรฐานที่มีพื้นที่ปลายหางด้านขวาเท่ากับ $\frac{\alpha}{2}$ หรือ $P(Z > z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$

จากรูป ได้ว่า ความน่าจะเป็นที่ Z จะมีค่าระหว่าง $-z_{\frac{\alpha}{2}}$ และ $z_{\frac{\alpha}{2}}$ เท่ากับ $1-\alpha$

หรือ $$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < Z < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

และได้ว่า $$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\overline{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(-z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \overline{X} - \mu < z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha$$

$$P(-\overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < -\mu < -\overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha$$

$$P(\overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} > \mu > \overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha$$

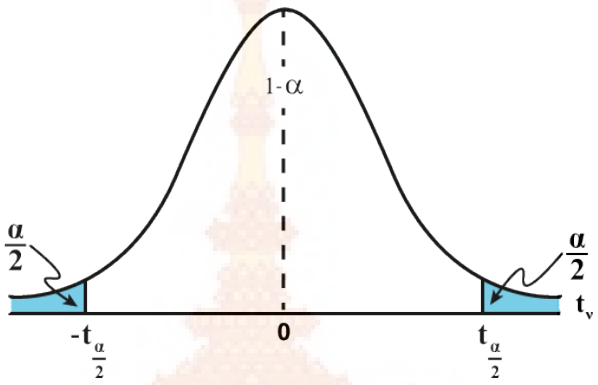
หรือ $$P(\overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha$$

ซึ่งหมายความว่า ช่วงระหว่าง $\overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ และ $\overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ จะครอบคลุมค่าของ μ ซึ่งไม่ทราบค่าด้วยความน่าจะเป็น $1-\alpha$ นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100$ % ของ μ คือ

$$\overline{X} - z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + z_{\frac{\alpha}{2}}\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

กรณีที่ 2

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่า แล้ว $T = \frac{\overline{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$ มีการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$



ภาพที่ 2- 5 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีที่ 2

เมื่อ $t_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าของตัวแปรสุ่ม T ที่มีองศาแห่งความอิสระ $\nu = n-1$ และมีพื้นที่ปลายหางทางขวาของโค้งทีเท่ากับ $\frac{\alpha}{2}$ หรือ $P(T_{(\nu)} > t_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$

จากรูป จะได้ว่า

$$P(-t_{\frac{\alpha}{2}} < T_{(\nu)} < t_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

หรือ $$P(-t_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\overline{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} < t_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

โดยความรู้ทางคณิตศาสตร์ได้

$$P(\overline{X} - t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}}) = 1-\alpha$$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100$ % ของ μ คือ

$$\overline{X} - t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \overline{X} + t_{\frac{\alpha}{2}}\frac{S}{\sqrt{n}}$$

อนึ่ง ดังได้กล่าวมาแล้วว่า เมื่อตัวอย่างที่สุ่มมามีขนาดใหญ่พอ ตัวแปรสุ่ม T จะมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติมาตรฐาน โดยในทางปฏิบัติจะถือว่าตัวอย่างมีขนาดใหญ่พอ ถ้ามีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 ดังนั้น ในกรณีนี้ ได้ว่าช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100$ % ของ μ คือ

$$\bar{X} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S}{\sqrt{n}}$$

2.2.2.4 ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร

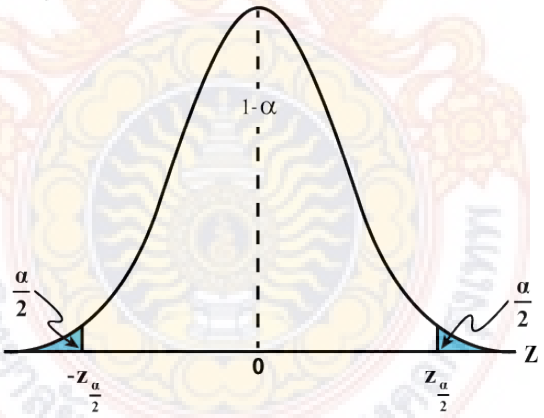
ถ้า $\bar{X}_1$ และ $\bar{X}_2$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่สุ่มมาโดยอิสระกันจากประชากรที่ 1 และ 2 ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ซึ่งไม่ทราบค่า ด้วยขนาด n_1 และ n_2 จะได้ว่า $\bar{X}_1$ และ $\bar{X}_2$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ μ_1 และ μ_2 ตามลำดับ และได้ว่า $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากรที่ 1 และ 2 หรือ μ_1 - μ_2 ซึ่งการแจกแจงของ $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนั้น แบ่งวิธีการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของ μ_1 - μ_2 ได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ซึ่งไม่ทราบค่า ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ตามลำดับ

แล้ว $$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \sim N(\mu_1 - \mu_2, \frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2})$$

และ $$Z = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \sim N(0,1)$$



ภาพที่ 2- 6 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 1

จากรูปได้ว่า $$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < Z < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

หรือ $$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

และได้ว่า $P((\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} < \mu_1 - \mu_2 < (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}) = 1 - \alpha$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น (1- α)100% ของ $\mu_1 - \mu_2$ คือ

$$(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}<\mu_1-\mu_2<(\overline{X}_1-\overline{X}_2)+z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1}+\frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

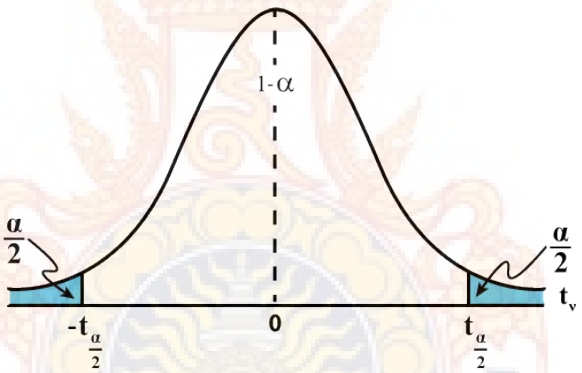
กรณีที่ 2

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกันจาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1และ μ_2 ซึ่งไม่ทราบค่า ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่าเช่นกัน แต่ทราบว่า

1) $\sigma_1^2=\sigma_2^2$

แล้ว $T=\dfrac{(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-(\mu_1-\mu_2)}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}}$

มีการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu=n_1+n_2-2$



ภาพที่ 2- 7 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 2

จากรูปได้ว่า $P(-t_{\frac{\alpha}{2}}<T_{(\nu)}<t_{\frac{\alpha}{2}})=1-\alpha$

หรือ $P(-t_{\frac{\alpha}{2}}<\dfrac{(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-(\mu_1-\mu_2)}{\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}}<t_{\frac{\alpha}{2}})=1-\alpha$

และได้ว่า

$$P((\overline{X}_1-\overline{X}_2)-t_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}<\mu_1-\mu_2<(\overline{X}_1-\overline{X}_2)+t_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})})=1-\alpha$$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น(1- α)100% ของ $\mu_1-\mu_2$ คือ

$$(\overline{X}_1-\overline{X}_2)-t_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}<\mu_1-\mu_2<(\overline{X}_1-\overline{X}_2)+t_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{S_p^2(\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2})}$$

2) $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

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

มีการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$

โดยปัดให้เป็นจำนวนเต็มในลักษณะปัดลง และได้ว่า

ช่วงความเชื่อมั่น (1- α)100% ของ $\mu_1 - \mu_2$ คือ

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

เมื่อ $t_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าของตัวแปรสุ่ม T ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ ν และมีพื้นที่ปลายหางทางขวาของโค้งทีเท่ากับ $\frac{\alpha}{2}$

ในกรณีที่สุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกันจาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่า ความแปรปรวนของ σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่าเช่นกัน แต่ถ้า n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ ตัวแปรสุ่ม T จะมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติมาตรฐาน ทั้งนี้ในทางปฏิบัติจะถือว่าทั้งสองตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ถ้าทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 และได้ว่าช่วงความเชื่อมั่น (1- α)100% ของ $\mu_1 - \mu_2$ คือ

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

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติในกรณีที่ไม่ทราบค่าของ σ_1^2 และ σ_2^2 นั้น ก่อนอื่นต้องทำการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรว่าเท่ากันหรือไม่ โดยการทดสอบเอฟ (F test) ในหัวข้อเรื่องการทดสอบสมมติฐาน หรือการทดสอบแบบเลเวนเน (Levene test) ในหัวข้อเรื่องการวิเคราะห์ความแปรปรวน

2.2.2.5 ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน

จากหัวข้อที่ 2.2.2.4 ได้กล่าวมาแล้วถึงวิธีการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของประชากร กรณีสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกันจากสองประชากรดังกล่าว ซึ่งจะได้ตัวอย่างทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน แต่ถ้าสองตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมามีความสัมพันธ์กันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังกล่าวเกิดจากเป็นหน่วยทดลองเดียวกัน แต่มีการวัดค่าของข้อมูล 2 ครั้ง

เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของการอบรมเทคนิคการขาย ผู้ศึกษาสุ่มพนักงานขายมา n คน แล้วบันทึกปริมาณการขายของพนักงานแต่ละคน ก่อนและหลังอบรมได้ ดังนี้

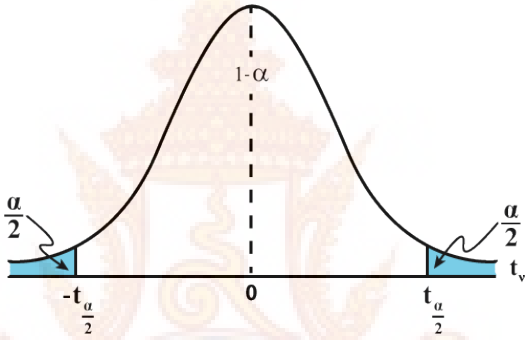
ตารางที่ 2- 3 แสดงปริมาณการขายของพนักงานแต่ละคน ก่อนและหลังอบรม

พนักงานขายคนที่	ปริมาณการขาย		ผลต่างของปริมาณการขายก่อนและหลังอบรม $= D = X_1 - X_2$
	ก่อนอบรม : X_1	หลังอบรม : X_2	
1	X_{11}	X_{12}	$D_1 = X_{11} - X_{12}$
2	X_{21}	X_{22}	$D_2 = X_{21} - X_{22}$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n	X_{n1}	X_{n2}	$D_n = X_{n1} - X_{n2}$

โดยจากตัวอย่างที่ 1 ขนาด $X_{11}, X_{21}, \ldots, X_{n1}$ ขนาด n และตัวอย่างที่ 2 $X_{12}, X_{22}, \ldots, X_{n2}$ ขนาด n นั้น ในพนักงานขายคนที่ i ซึ่งเป็นหน่วยทดลอง ปริมาณการขายหลังอบรมหรือ X_{i2} จะมีค่าเป็นเท่าใดขึ้นอยู่กับความสามารถเดิมหรือปริมาณการขายก่อนอบรมหรือ X_{i1} หรืออาจขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการอบรมเทคนิคการขายด้วยก็ได้ ดังนั้น X_{i2}และ X_{i1}ในพนักงานคนที่ i จึงมีความสัมพันธ์กัน แต่ผลต่างของปริมาณการขายก่อนและหลังการอบรมในพนักงานแต่ละคน $= D = X_1 - X_2$ เป็นอิสระต่อกัน เนื่องจากพนักงานขายแต่ละคนถูกเลือกมาเป็นตัวอย่างสุ่ม นอกจากนั้น ตัวอย่างทั้ง 2 ที่สุ่มมาอาจมีความสัมพันธ์กันในลักษณะเป็นตัวอย่างที่จับคู่หน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดเป็นคู่ ๆ เช่น ฝาแฝด หรือสัตว์จากครอกเดียวกัน หรืออาจจับคู่โดยอาศัยหลักเกณฑ์บางประการ เช่น มีระดับการศึกษาหรือความสามารถเท่ากัน เป็นต้น

ในกรณีทั่วๆ ไป จากตัวอย่างที่ 1 $X_{11}, X_{21}, \ldots, X_{n1}$ และตัวอย่างที่ 2 $X_{12}, X_{22}, \ldots, X_{n2}$ ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน โดยตัวอย่างทั้งสองต่างถูกสุ่มจาก 2 ประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2

ตามลำดับ แล้วได้ว่า $D_i = X_{i1} - X_{i2}, i = 1,2,...,n$ ถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย $\mu_D = \mu_1 - \mu_2$ และความแปรปรวน σ_D^2 ซึ่งไม่ทราบค่า และได้ว่า ค่าเฉลี่ยของผลต่างของตัวอย่าง : $\overline{D} = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{n}$ ซึ่งเป็นตัวสถิติมีค่าเฉลี่ย $\mu_{\overline{D}} = \mu_D$ หรือค่าเฉลี่ยของผลต่าง $= \mu_1 - \mu_2$ หรือผลต่างของค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน $\sigma_{\overline{D}}^2 = \frac{\sigma_D^2}{n}$ ซึ่งไม่ทราบค่า ดังนั้น ถ้าใช้ $S_{\overline{D}}^2 = \frac{S_D^2}{n}$ เป็นตัวประกอบแบบเดี่ยวของ $\sigma_{\overline{D}}^2$ เมื่อ $S_D^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (D_i - \overline{D})^2}{n-1}$ แล้วได้ ว่า ตัวแปรสุ่ม $T = \frac{\overline{D} - \mu_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}}$ มีการแจกแจงแบบที ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n\text{-}1$



ภาพที่ 2- 8 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน

ในการสร้างช่วงความเชื่อมั่นของ μ_D โดย $\mu_{\overline{D}} = \mu_D = \mu_1 - \mu_2$ นั้น จะใช้ $\overline{D}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ μ_D และจากรูปได้ว่า

$$P(-t_{\frac{\alpha}{2}} < T_{(\nu)} < t_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

หรือ

$$P(-t_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\overline{D} - \mu_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} < t_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

$$P(\overline{D} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}} < \mu_D < \overline{D} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}}) = 1 - \alpha$$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น (1- α)100% ของ $\mu_D = \mu_1 - \mu_2$ คือ

$$\overline{D} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}} < \mu_D < \overline{D} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}}$$

แต่ถ้าตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน n มีขนาดใหญ่พอ กล่าวคือ มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 แล้ว

$$Z = \frac{\overline{D} - \mu_D}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \sim N(0,1)$$

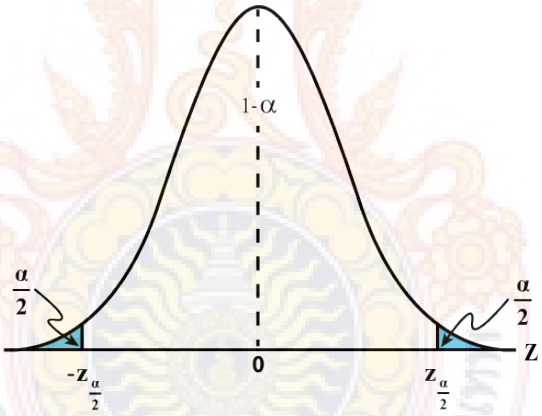
ดังนั้นจะได้ว่า (1- α)100% ของ $\mu_D = \mu_1 - \mu_2$ คือ

$$\overline{D} - z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}} < \mu_D < \overline{D} + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{S_D}{\sqrt{n}}$$

2.2.2.6 ช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนของประชากร

ถ้าประชากรที่สนใจมีความน่าจะเป็นหรือสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ p ซึ่งไม่ทราบค่า และ $\hat{p}$ เป็นสัดส่วนของตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมาจากประชากรดังกล่าว โดยที่ $\hat{p}$ ซึ่งเป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ p ที่มีแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย $\mu_{\hat{p}} = p$ และความแปรปรวน $\sigma^2_{\hat{p}} = \frac{pq}{n}$ เมื่อตัวอย่าง n มีขนาดใหญ่พอ หรือ n มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 และได้ว่า

$$Z = \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}} \sim N(0,1)$$



ภาพที่ 2- 9 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของสัดส่วนของประชากร

จากรูปได้ว่า

$$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < Z < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

หรือ

$$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{\hat{p} - p}{\sqrt{\frac{pq}{n}}} < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

และได้ว่า

$$P(\hat{p} - z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{pq}{n}} < p < \hat{p} + z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{pq}{n}}) = 1 - \alpha$$

แต่เนื่องจากไม่ทราบค่า p ดังนั้นจะใช้ $S_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$ เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ $\sigma_{\hat{p}} = \sqrt{\frac{pq}{n}}$ ในสูตรข้างต้น และได้ว่า

ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ p คือ

$$\hat{p} - z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} < p < \hat{p} + z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}}$$

2.2.2.7 ช่วงความเชื่อมั่นของผลต่างของสัดส่วนของสองประชากร

ถ้าสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 โดยอิสระจากกันจาก 2 ประชากรที่ต่างมีความน่าจะเป็น หรือสัดส่วนของลักษณะที่สนใจ p_1 และ p_2 ซึ่งไม่ทราบค่า ตามลำดับ แล้ว $\hat{p}_1 - \hat{p}_2$ ซึ่งเป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ $p_1 - p_2$ จะมีการแจกแจงใกล้เคียงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย $\mu_{\hat{p}_1-\hat{p}_2} = p_1 - p_2$ และความแปรปรวน $\sigma^2_{\hat{p}_1-\hat{p}_2} = \frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}$ เมื่อตัวอย่าง n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ หรือทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30

ในทำนองเดียวกันจะได้ว่า

$$P(-z_{\frac{\alpha}{2}} < \frac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - (p_1 - p_2)}{\sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}}} < z_{\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \alpha$$

และ $P((\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}} < p_1 - p_2 < (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}}) = 1 - \alpha$

แต่เนื่องจากไม่ทราบค่า p_1 และ p_2 ดังนั้นจะใช้ $S^2_{\hat{p}_1-\hat{p}_2} = \sqrt{\frac{\hat{p}_1\hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2\hat{q}_2}{n_2}}$ เป็นตัวประมาณของ $\sigma^2_{\hat{p}_1-\hat{p}_2} = \sqrt{\frac{p_1q_1}{n_1} + \frac{p_2q_2}{n_2}}$ ในสูตรข้างต้น และได้ว่า

ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ $\hat{p}_1 - \hat{p}_2$ คือ

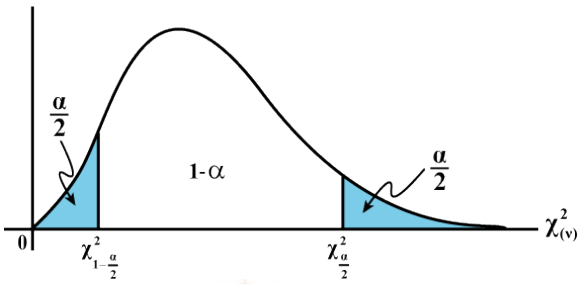
$$(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}_1\hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2\hat{q}_2}{n_2}} < p_1 - p_2 < (\hat{p}_1 - \hat{p}_2) + z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}_1\hat{q}_1}{n_1} + \frac{\hat{p}_2\hat{q}_2}{n_2}}$$

2.2.2.8 ช่วงความเชื่อมั่นของความแปรปรวนของประชากร

ถ้า S^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีความแปรปรวน σ^2 ซึ่งไม่ทราบค่า แล้วตัวแปรสุ่ม

$$\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$$

มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$



ภาพที่ 2- 10 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของความแปรปรวนของประชากร

เมื่อ $\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}$ และ $\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าของตัวแปรสุ่ม χ^2 ที่มีองศาแห่งความเป็นอสระ $\nu = n-1$ และมีพื้นที่ทางขวาเท่ากับ $1-\frac{\alpha}{2}$ และ $\frac{\alpha}{2}$ ตามลำดับ

จากรูปได้ว่า

$$P(\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}} < \chi^2_{(v)} < \chi^2_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}} < \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} < \chi^2_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\frac{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}{(n-1)S^2} < \frac{1}{\sigma^2} < \frac{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}}{(n-1)S^2}) = 1-\alpha$$

$$P(\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}} > \sigma^2 > \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}}) = 1-\alpha$$

หรือ

$$P(\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}} < \sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}) = 1-\alpha$$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ σ^2 คือ

$$\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}} < \sigma^2 < \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}$$

และได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ σ คือ

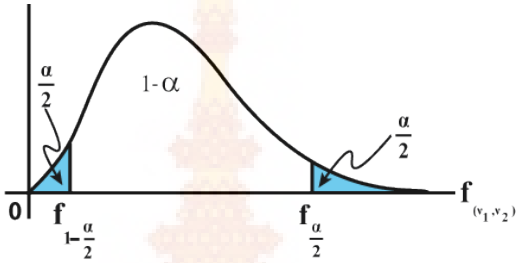
$$\sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}}} < \sigma < \sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}}$$

2.2.2.9 ช่วงความเชื่อมั่นของอัตราส่วนความแปรปรวนของสองประชากร

ถ้า S_1^2 และ S_2^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 ที่สุ่มมาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่าตามลำดับ โดยที่ S_1^2/S_2^2 เป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ σ_1^2/σ_2^2 แล้ว ตัวแปรสุ่ม

$$F = \frac{S_1^2/\sigma_1^2}{S_2^2/\sigma_2^2} \text{ หรือ } F = \frac{S_1^2}{S_2^2}\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}$$

มีการแจกแจงแบบเอฟ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu_1 = n_1\text{-}1$ และ $\nu_2 = n_2\text{-}1$



ภาพที่ 2- 11 กราฟช่วงความเชื่อมั่นของอัตราส่วนความแปรปรวนของประชากร

เมื่อ $f_{1-\frac{\alpha}{2}}$ และ $f_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าของตัวแปรสุ่ม F ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu_1 = n_1\text{-}1$ และ $\nu_2 = n_2\text{-}1$

ซึ่งมีพื้นที่ทางขวาเท่ากับ $1-\frac{\alpha}{2}$ และ $\frac{\alpha}{2}$ ตามลำดับ

จากรูปที่ได้ว่า $P(f_{1-\frac{\alpha}{2}} < F_{(\nu_1,\nu_2)} < f_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$

$$P(f_{1-\frac{\alpha}{2}} < \frac{S_1^2/\sigma_1^2}{S_2^2/\sigma_2^2} < f_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\frac{S_2^2}{S_1^2} f_{1-\frac{\alpha}{2}} < \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} < \frac{S_2^2}{S_1^2} f_{\frac{\alpha}{2}}) = 1-\alpha$$

$$P(\frac{S_1^2}{S_2^2 f_{1-\frac{\alpha}{2}}} > \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} > \frac{S_1^2}{S_2^2 f_{\frac{\alpha}{2}}}) = 1-\alpha$$

หรือ $$P(\frac{S_1^2}{S_2^2 f_{\frac{\alpha}{2}}} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{S_1^2}{S_2^2 f_{1-\frac{\alpha}{2}}}) = 1-\alpha$$

นั่นคือ ช่วงความเชื่อมั่น $(1\text{-}\alpha)100\%$ ของ $\frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$ คือ $\frac{S_1^2}{S_2^2 f_{\frac{\alpha}{2}}} < \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} < \frac{S_1^2}{S_2^2 f_{1-\frac{\alpha}{2}}}$

และได้ว่า ช่วงความเชื่อมั่น $(1\text{-}\alpha)100\ \%$ ของ $\frac{\sigma_1}{\sigma_2}$ คือ $\sqrt{\frac{S_1^2}{S_2^2 f_{\frac{\alpha}{2}}}} < \frac{\sigma_1}{\sigma_2} < \sqrt{\frac{S_1^2}{S_2^2 f_{1-\frac{\alpha}{2}}}}$

2.2.3 การทดสอบสมมติฐาน

2.2.3.1 บทนำ

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) เป็นอีกวิธีหนึ่งของสถิติอนุมานที่ใช้ศึกษาถึงข้อเท็จจริงของประชากร ในทางสถิติ สมมติฐานที่จะทดสอบมีลักษณะพิเศษเฉพาะแตกต่างจากสมมติฐานที่เข้าใจกันทั่วๆ ไป

นิยาม สมมติฐานเชิงสถิติ (statistical hypothesis) ได้แก่ข้อสมมติ (tentative statement) เกี่ยวกับพารามิเตอร์หนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งประชากร หรือหลายประชากร ซึ่งข้อสมมติดังกล่าว อาจเป็นจริงหรือไม่ก็ได้ ในการทดสอบสมมติฐาน จะแทนสมมติฐานด้วย H

นิยาม สมมติฐานที่จะทดสอบ จะเรียกว่าสมมติฐานเพื่อการทดสอบหรือสมมติฐานหลัก (null hypothesis) และแทนด้วย H_0 สมมติฐานที่แย้งกับสมมติฐานหลัก และนำมาพิจารณาในการทดสอบ H_0 เรียกว่าสมมติฐานแย้งหรือสมมติฐานรอง (alternative hypothesis) ซึ่งแทนด้วย H_1

ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ θ เมื่อ θ_0 คือ ค่าพารามิเตอร์ที่จะพิจารณาใน H_0 และ H_1 ซึ่งขัดแย้งกันเสมอ หาก H_0 เป็นจริงแล้ว H_1 จะไม่จริง และในทางกลับกัน หาก H_0ไม่จริงแล้ว H_1 จะเป็นจริงเสมอ แต่การขัดแย้งกันนี้มี 3 แบบ คือ

1) $H_0 : \theta = \theta_0$ $\quad H_1 : \theta > \theta_0$

2) $H_0 : \theta = \theta_0$ $\quad H_1 : \theta < \theta_0$

3) $H_0 : \theta = \theta_0$ $\quad H_1 : \theta \neq \theta_0$

โดยสมมติฐานหลักจะระบุค่าแน่นอนของพารามิเตอร์ θ เพียงค่าเดียว คือ $\theta = \theta_0$ ส่วนสมมติฐานรองจะระบุค่าของพารามิเตอร์ θ ในลักษณะแบบช่วงหรือไม่แน่นอน คือ $\theta > \theta_0, \theta < \theta_0$ หรือ $\theta \neq \theta_0$

สมมติฐานเพื่อการทดสอบหรือสมมติฐานหลัก เป็นสมมติฐานที่ตั้งขึ้นเพื่อยืนยันความจริงที่ทราบมาก่อนแล้ว โดยระบุค่าของพารามิเตอร์เพียงค่าเดียว

เช่น เป็นที่ทราบกันว่าคนไทยในวัยทำงาน 100 คน จะเป็นคนว่างงาน 15 คน ต่อมาสงสัยว่าจำนวนคนว่างงานในประเทศไทยลดลง ในการทดสอบจะต้องตั้ง H_0 ว่า “คนไทยในวัยทำงาน 100 คน เป็นคนว่างงาน 15 คน” และตั้ง H_1 ว่า “คนไทยในวัยทำงาน 100 คน เป็นคนว่างงานน้อยกว่า 15 คน” ทั้งนี้จะต้องเปลี่ยน H_0 และ H_1 ให้อยู่ในรูปของพารามิเตอร์ต่อไป ซึ่งในตัวอย่างนี้คือ p หรือ สัดส่วนของคนว่างงานในประเทศไทย นั่นคือจะได้ว่า

$H_0 : p = 0.15$

$H_1 : p < 0.15$

หรือในบางครั้งต้องตั้ง H_0 ให้ตรงข้ามกับผลสรุปที่ต้องการ เช่น ต้องการสรุปว่าวิธีการสอนแบบบใหม่มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการสอนแบบเดิม ต้องตั้ง H_0 ว่า “ประสิทธิภาพของการสอนทั้ง 2 วิธีไม่แตกต่างกัน” และตั้ง H_1 ว่า “ประสิทธิภาพของการสอนวิธีใหม่ดีกว่าวิธีเดิม” และเมื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพารามิเตอร์จะได้ว่า

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 \text{ หรือ } \mu_1 - \mu_2 > 0$$

เมื่อ μ_1 และ μ_2 คือ คะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการสอนโดยวิธีใหม่และวิธีเดิม

ดังนั้นจึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า โดยทั่วไป H_1 คือข้อความเกี่ยวกับพารามิเตอร์ θ ที่ถูกแปลงมาจากข้อสงสัยของผู้ทำการทดสอบนั่นเอง

จากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น โดยอาศัยตัวสถิติทดสอบ (test statistic) ซึ่งอาจเป็น Z, T, χ^2 หรือ F เราจะหาหลักฐานจากตัวอย่างที่สุ่มมาได้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจยอมรับสมมติฐานใดสมมติฐานหนึ่ง โดยถ้าข้อมูลจากตัวอย่างที่สุ่มได้ชี้ให้เห็นว่ามีความน่าจะเป็นดัง H_0 มากพอ ก็ต้องยอมรับ H_0 ว่าเป็นจริง แต่หากความน่าจะเป็นดังกล่าวไม่มากพอเราต้องปฏิเสธ H_0 แล้วยอมรับ H_1 ว่าเป็นจริง ด้วยเหตุนี้จะเห็นว่ามีการแบ่งการแจกแจงของตัวสถิติออกเป็น 2 ส่วน คือ บริเวณยอมรับและปฏิเสธ โดยค่าที่แบ่งบริเวณทั้งสองนี้เรียกว่า ค่าวิกฤต (critical value)

นิยาม บริเวณยอมรับ (acceptance region) คือ บริเวณที่ทำให้เกิดการยอมรับ H_0 หรือปฏิเสธ H_1 ส่วนบริเวณปฏิเสธ (rejection region) หรือบริเวณวิกฤต (critical region) คือ บริเวณที่ทำให้เกิดการปฏิเสธ H_0 หรือยอมรับ H_1

ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้งจะใช้ตัวสถิติทดสอบใดขึ้นอยู่กับ H_0 การแจกแจงของประชากรและขนาดของตัวอย่างที่สุ่มมา ส่วนค่าสถิติทดสอบขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่สุ่มมา ดังนั้น ในการตัดสินใจเพื่อการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 อาจจะพิจารณาโดยการเปรียบเทียบค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้จากตัวอย่างกับค่าวิกฤต

ในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 นั้นควรทำความเข้าใจให้ดีว่าเราจะยอมรับ H_0 ถ้าค่าสถิติทดสอบที่คำนวณได้จากตัวอย่างแสดงว่าควรจะยอมรับ H_0 โดย H_0 นั้นอาจจะถูกต้องหรือไม่ถูกต้องกับความเป็นจริงก็ได้ การปฏิเสธ H_0 ก็เช่นเดียวกัน H_0 นั้นอาจจะไม่ถูกต้องหรือถูกต้องกับความเป็นจริงก็ได้

ดังนั้นความคลาดเคลื่อนของการตัดสินใจในการปฏิเสธ H_0 ที่เป็นจริง หรือยอมรับ H_1 ที่ไม่เป็นจริงในทางสถิติ จึงเป็นสิ่งที่เป็นได้

นิยาม ความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (type I error) ส่วนความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 ไม่จริง เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 (type II error)

ซึ่งผลของการตัดสินใจสรุปได้ ดังตาราง

ตารางที่ 2- 4 แสดงการตัดสินใจ และข้อเท็จจริง

การตัดสินใจ	ข้อเท็จจริงของ H_0	
	H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ปฏิเสธ H_0	ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1	ตัดสินใจถูกต้อง
ยอมรับ H_0	ตัดสินใจถูกต้อง	ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2

นิยาม ขนาดของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้แก่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 เขียนแทนด้วย α ซึ่งขนาดของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 อาจจะเรียกอีกชื่อว่า ระดับนัยสำคัญ (level of significant) ส่วนขนาดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 ได้แก่ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 เขียนแทนด้วย β

เมื่อ α = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1

$= P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ เป็นจริง})$

แต่ $P(\text{ยอมรับ } H_0 \mid H_0 \text{ เป็นจริง}) + P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ เป็นจริง}) = 1$

ดังนั้น $P(\text{ยอมรับ } H_0 \mid H_0 \text{ เป็นจริง}) = 1 - P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ เป็นจริง}) = 1-\alpha$

และจาก β = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2

$= P(\text{ยอมรับ } H_0 \mid H_0 \text{ ไม่จริง})$

แต่ $P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ ไม่จริง}) + P(\text{ยอมรับ } H_0 \mid H_0 \text{ ไม่จริง}) = 1$

ดังนั้น $P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ ไม่จริง}) = 1 - P(\text{ปฏิเสธ } H_0 \mid H_0 \text{ ไม่จริง}) = 1-\beta$ (หรือเรียกว่า อำนาจของการทดสอบ) ซึ่งก็คือความน่าจะเป็นของการตัดสินใจถูกต้องอีกกรณีหนึ่ง

นิยาม อำนาจของการทดสอบ (power of the test) คือ ความน่าจะเป็นที่จะเกิดการปฏิเสธ H_0 เมื่อ H_0 ไม่จริง ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1-\beta$

ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐาน สรุปความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นจากการยอมรับหรือปฏิเสธ H_0 ได้ดังนี้

ตารางที่ 2- 5 แสดงการตัดสินใจ ข้อเท็จจริง และสัญลักษณ์

การตัดสินใจ	ข้อเท็จจริงของ H_0	
	H_0 เป็นจริง	H_0 ไม่เป็นจริง
ปฏิเสธ H_0	α = ระดับความมีนัยสำคัญ	1- β = อำนาจการทดสอบ
ยอมรับ H_0	1- α	β

ซึ่ง α และ β เป็นความน่าจะเป็นที่จะตัดสินใจผิด ส่วน 1- α และ 1- β เป็นความน่าจะเป็นที่จะตดสินใจถูกต้อง แต่ไม่ว่าจะอย่างไร ก็มีโอกาสกระทำความคลาดเคลื่อนได้ทั้ง 2 ชนิด

ดังนั้นในการตัดสินใจแต่ละครั้งจึงต้องการให้ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 ชนิดมีค่าน้อย ซึ่งพบว่า α และ β จะมีค่าลดลงถ้าขนาดตัวอย่างเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขนาดตัวอย่างก็เป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายและเวลายิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังพบว่า α และ β มีความสัมพันธ์กัน โดยถ้า α มีค่าลดลง β จะมีค่าเพิ่มขึ้น หรือถ้า α เพิ่มขึ้น β ก็จะมีค่าลดลง แต่ผลบวกของ α และ β ไม่เท่ากับ 1 และโดยเหตุที่ความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 2 หรือ β มีผลกระทบต่อการตัดสินใจมากกว่าความน่าจะเป็นของการเกิดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 หรือ α ด้วยเหตุนี้ ในการทดสอบสมมติฐานแต่ละครั้งผู้ทดสอบต้องเลือกขนาดของ α และ n ล่วงหน้าไว้ก่อน แล้วค่าของ β ก็จะถูกกำหนดโดย α และ n โดยทั่วไปในการทดสอบสมมติฐานนิยมกำหนดระดับความมีนัยสำคัญ α = 0.05 หรือ 0.01

2.2.3.2 การทดสอบทางเดียวและสองทาง

การทดสอบแบ่งออกได้ 2 ชนิด

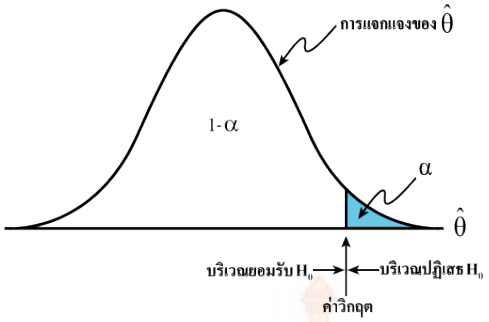
2.2.3.2.1 การทดสอบทางเดียว (One – tailed Test)

สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

1) $H_0: \theta = \theta_0$

$H_1: \theta > \theta_0$

เมื่อถือว่า H_0 เป็นจริง บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทางขวาของการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ $\hat{\theta}$ ดังรูป

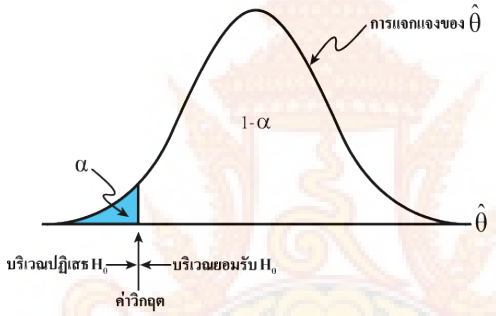


ภาพที่ 2- 12 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา

2) $H_0: \theta = \theta_0$

$H_1: \theta < \theta_0$

เมื่อถือว่า H_0 เป็นจริง บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทางซ้ายของการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ $\hat{\theta}$ ดังรูป



ภาพที่ 2- 13 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย

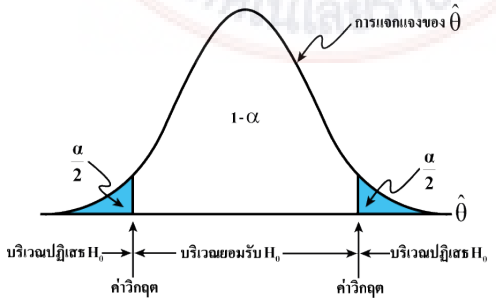
2.2.3.2.2 การทดสอบแบบสองทาง (two – tailed Test)

สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$H_0: \theta = \theta_0$

$H_1: \theta \neq \theta_0$ ซึ่งหมายถึง $\theta > \theta_0$ หรือ $\theta < \theta_0$

เมื่อถือว่า H_0 เป็นจริง บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ปลายหางทั้งสองข้างของการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบ $\hat{\theta}$ ดังรูป



ภาพที่ 2- 14 กราฟการทดสอบสมมติฐานแบบทางเดียว กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง

2.2.3.3 ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐานพารามิเตอร์ต่างๆ

ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีดังนี้

1) ตั้งสมมติฐานหลัก

$H_0: \theta = \theta_0$

ตั้งสมมติฐานรอง

$H_1: \theta > \theta_0$ หรือ $H_1: \theta < \theta_0$ หรือ $H_1: \theta \neq \theta_0$

2) กำหนดระดับนัยสำคัญ α

3) เลือกตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสม แล้วกำหนดบริเวณปฏิเสธ H_0 ให้สอดคล้องกับ H_1 และ α

4) คำนวณค่าสถิติทดสอบจากตัวอย่างขนาด n ที่สุ่มมา

5) สรุปผล ที่ระดับนัยสำคัญ α

นั่นคือ ปฏิเสธ H_0 ถ้าค่าสถิติทดสอบที่คำนวณจาก 5) ตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0

หรือ ยอมรับ H_0 ถ้าค่าสถิติทดสอบที่คำนวณจาก 5) ตกอยู่ในบริเวณยอมรับ H_0

2.2.3.4 การทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากร และ μ_0 คือ ค่าของค่าเฉลี่ย μ สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$H_0: \mu = \mu_0$ $H_1: \mu > \mu_0$

หรือ $H_0: \mu = \mu_0$ $H_1: \mu < \mu_0$

หรือ $H_0: \mu = \mu_0$ $H_1: \mu \neq \mu_0$

ตัวสถิติทดสอบขึ้นอยู่กับการแจกแจงของประชากร ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาซึ่งแบ่งได้ 2 กรณี

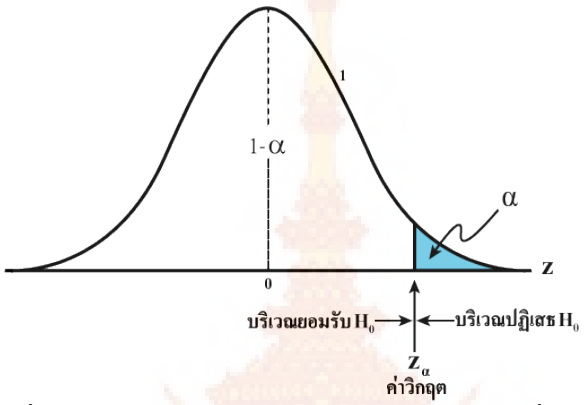
กรณีที่ 1

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งทราบค่า

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{\dfrac{\sigma}{\sqrt{n}}}$

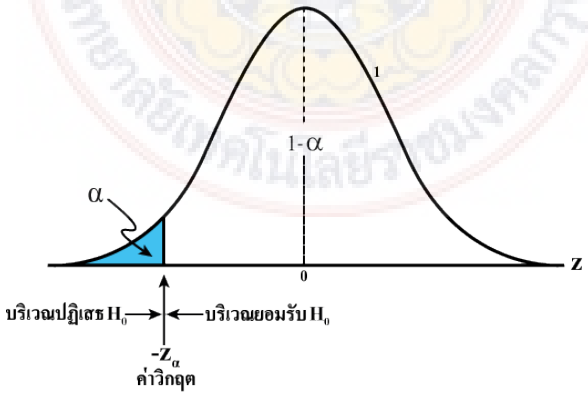
ทั้งนี้ ภายใต้ H_0 ถ้าค่าของ $\overline{X}$ ที่ได้จากตัวอย่าง และ μ_0 จาก H_0 มีค่าใกล้เคียงกัน จะทำให้ผลต่าง $\overline{X} - \mu_0$ มีค่าน้อย และทำให้ $Z = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{\dfrac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ มีค่าน้อย ซึ่งเป็นการสนับสนุน H_0 แต่

ในทางตรงกันข้าม ถ้า $\overline{X}$ มีค่ามากกว่า μ_0 และทำให้ $Z = \frac{\overline{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ มีค่ามาก ก็เป็นการสนับสนุน $H_1 : \mu > \mu_0$ ทั้งนี้ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า Z ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต z_α โดย $P(Z > z_\alpha) = \alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งปกติมาตรฐาน ดังรูป



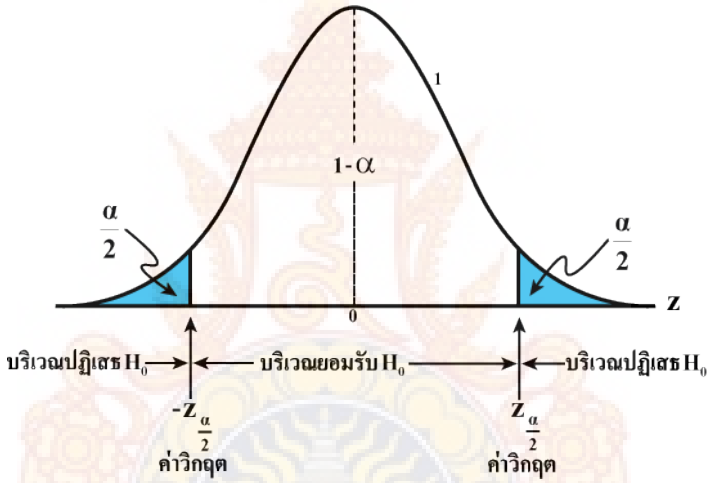
ภาพที่ 2- 15 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา

ในทำนองเดียวกัน ถ้าค่าของ $\overline{X}$ มีค่าน้อยกว่า μ_0 และทำให้ $Z = \frac{\overline{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ มีค่าน้อยและเป็นลบ เป็นการสนับสนุน $H_1 : \mu < \mu_0$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า Z ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $z_{1-\alpha}$ โดย $P(Z > z_{1-\alpha}) = 1-\alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางซ้ายของโค้งปกติมาตรฐาน แต่เนื่องจากโค้งปกติมาตรฐานสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย 0 ดังนั้น ค่าวิกฤต $z_{1-\alpha} = -z_\alpha$ เมื่อ $P(Z > z_\alpha) = \alpha$ ดังรูป



ภาพที่ 2- 16 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย

ในการทดสอบแบบสองทาง ถ้า $\overline{X}$ มีค่ามากกว่า μ_0 หรือ $\overline{X}$ มีค่าน้อยกว่า μ_0 และทำให้ $Z = \frac{\overline{X} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$ มีค่ามากหรือน้อย ก็เป็นการสนับสนุน $H_1 : \mu \neq \mu_0$ ซึ่งหมายถึง $\mu > \mu_0$ หรือ $\mu < \mu_0$ ทั้งนี้ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า Z ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $z_{\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(Z > z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งปกติมาตรฐาน หรือ Z ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(Z > z_{1-\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \frac{\alpha}{2}$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่บริเวณปลายหางด้านซ้ายของโค้งปกติมาตรฐาน แต่เนื่องจากโค้งปกติมาตรฐานสมมาตรรอบค่าเฉลี่ย 0 ดังนั้นค่าวิกฤต $z_{1-\frac{\alpha}{2}} = -z_{\frac{\alpha}{2}}$ เมื่อ $P(Z > z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$ ดังรูป



ภาพที่ 2- 17 กราฟการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง

ดังนั้น สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α ได้ดังนี้

ตารางที่ 2- 6 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีที่ 1

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu > \mu_0$	$Z \geq z_\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$Z \leq -z_\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu \neq \mu_0$	$Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีที่ 2

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งไม่ทราบค่า

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{\dfrac{s}{\sqrt{n}}}$

ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 7 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของหนึ่งประชากร กรณีที่ 2

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu > \mu_0$	$T \geq t_\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu < \mu_0$	$T \leq -t_\alpha$
$H_0 : \mu = \mu_0$	$H_1 : \mu \neq \mu_0$	$T \leq -t_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $T \geq t_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ตัวอย่างขนาดใหญ่พอ กล่าวคือมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 แล้ว ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{\overline{X} - \mu_0}{\dfrac{S}{\sqrt{n}}}$ และเกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ α ก็เช่นเดียวกับกรณีที่ 1

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ ก่อนอื่นต้องทดสอบประชากรที่ต้องการทดสอบค่าเฉลี่ย $\mu = \mu_0$ ว่าประชากรดังกล่าวมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบความกลมกลืนกันหรือการทดสอบลิลลี่ฟอร์ส (Lilliefors test) ซึ่งบทนี้ไม่ได้กล่าวถึง

และวิธีสรุปผลอีกลักษณะหนึ่งซึ่งสะดวกและให้สารสนเทศมากยิ่งขึ้น โดยใช้ p-value ดังนิยามต่อไปนี้

นิยาม p-value คือ ระดับนัยสำคัญ α ที่น้อยที่สุด ที่ H_0 จะถูกปฏิเสธ

จากนิยามดังกล่าว p-value อาจเป็นพื้นที่ปลายหางทางซ้าย หรือขวา หรือทั้งสองปลายหางของการแจกแจงของตัวสถิติทดสอบก็ได้ แล้วแต่สมมติฐานรองของการทดสอบครั้งนั้น ๆ โดยจะต้องปฏิเสธ H_0 ถ้า p-value $\leq \alpha$ (ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2)

2.2.3.5 การทดสอบสมมติฐานผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร

เมื่อ μ_1 , μ_2 คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรที่ 1 และ 2 และ d_0 คือ ค่าของผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากรดังกล่าว สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$

หรือ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$

หรือ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$

ตัวสถิติทดสอบขึ้นอยู่กับค่าแจกแจงของประชากรที่เกี่ยวข้อง ขนาดของตัวอย่างที่สุ่มมา และความแปรปรวนของประชากรทั้ง 2 ชุด ว่าทราบค่าหรือไม่ ซึ่งแบ่งได้ 3 กรณี

กรณีที่ 1

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งทราบค่า

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{\dfrac{\sigma_1^2}{n_1} + \dfrac{\sigma_2^2}{n_2}}}$

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 8 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 1

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$	$Z \geq z_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$	$Z \leq -z_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีที่ 2

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 และความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \dfrac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{s_p^2(\dfrac{1}{n_1} + \dfrac{1}{n_2})}}$

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

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 9 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 2

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$	$T \geq t_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$	$T \leq -t_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$T \leq -t_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $T \geq t_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีที่ 3

เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n_1และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 และความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$

ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$

โดยปัดให้เป็นเลขจำนวนเต็มในลักษณะปัดลง

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 10 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีที่ 3

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > d_0$	$T \geq t_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < d_0$	$T \leq -t_\alpha$
$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$	$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq d_0$	$T \leq -t_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $T \geq t_{\frac{\alpha}{2}}$

กรณีสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกันจาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งต่างไม่ทราบค่า แต่ทั้ง n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ กล่าวคือ ทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 แล้ว

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{\dfrac{s_1^2}{n_1} + \dfrac{s_2^2}{n_2}}}$

ทั้งนี้เกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ α ก็เช่นเดียวกับกรณีที่ 1

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ การทดสอบสมมติฐานผลต่างของค่าเฉลี่ย 2 ประชากร $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ จะต้องดำเนินการดังนี้

1. ทดสอบประชากรว่ามีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบเทียบความกลมกลืนกัน

2. กรณีที่ไม่ทราบค่าของ σ_1^2 และ σ_2^2 นั้น จะต้องทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากรเท่ากันหรือไม่ โดยการทดสอบเอฟ (F test) หรือการทดสอบเลเวนเน (Levene test)

หากยอมรับ $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ จะได้ตัวสถิติทดสอบ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ คือ

$$T = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{s_p^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

แต่ยอมรับ $H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ จะได้ตัวสถิติทดสอบ $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = d_0$ คือ

$$T = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{\dfrac{s_1^2}{n_1} + \dfrac{s_2^2}{n_2}}}$$

2.2.3.6 การทดสอบสมมติฐานผลต่างของค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างที่มีความสัมพันธ์กัน

เมื่อ $X_{11}, X_{21}, \ldots, X_{n1}$ และ $X_{12}, X_{22}, \ldots, X_{n2}$ คือ สองตัวอย่างขนาด n ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยถูกสุ่มจากสองประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 ตามลำดับ แล้วผลต่างที่ $i = D_i = X_{i1} - X_{i2}$, $i = 1, 2, \ldots, n$ ถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย $\mu_D = \mu_1 - \mu_2$ และความแปรปรวน σ_D^2 ซึ่งไม่ทราบค่า ถ้าให้ D_0 คือ ค่าผลต่างของค่าเฉลี่ย (ซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยของผลต่าง) สมมติฐานที่จะทดสอบจะอยู่ในลักษณะ

$H_0 : \mu_D = \mu_1 - \mu_2 = D_0$ $\quad H_1 : \mu_D > D_0$

หรือ $\quad H_0 : \mu_D = D_0$ $\quad H_1 : \mu_D < D_0$

หรือ $\quad H_0 : \mu_D = D_0$ $\quad H_1 : \mu_D \neq D_0$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \dfrac{\overline{D} - D_0}{\dfrac{S_D}{\sqrt{n}}}$

ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$

เกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 11 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันและขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D > D_0$	$T \geq t_\alpha$
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D < D_0$	$T \leq -t_\alpha$
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D \neq D_0$	$T \leq -t_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $T \geq t_{\frac{\alpha}{2}}$

แต่ถ้าตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันมีขนาดใหญ่พอ กล่าวคือมีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 30 แล้ว

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{\overline{D} - D_0}{\dfrac{S_D}{\sqrt{n}}}$

เกณฑ์การตัดสินใจที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 12 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานค่าเฉลี่ยของสองประชากร กรณีตัวอย่างมีความสัมพันธ์กันและขนาดตัวอย่างมากกว่าหรือเท่ากับ 30

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D > D_0$	$Z \geq z_\alpha$
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D < D_0$	$Z \leq -z_\alpha$
$H_0 : \mu_D = D_0$	$H_1 : \mu_D \neq D_0$	$Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติ ก่อนอื่นต้องทดสอบว่า ตัวอย่าง $D_1, D_2, \ldots, D_n$ ขนาด n ถูกสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ โดยใช้การทดสอบเปรียบเทียบความกลมกลืน หรือการทดสอบลินลี่ฟอร์ส (Lilliefors test) ซึ่งบทนี้ไม่ได้กล่าวถึง

2.2.3.7 การทดสอบสมมติฐานสัดส่วนของประชากร

เมื่อ p_0 คือ ค่าของสัดส่วนของประชากร

สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$H_0 : p = p_0$ $\quad$ $H_1 : p > p_0$

หรือ $\quad H_0 : p = p_0$ $\quad$ $H_1 : p < p_0$

หรือ $\quad H_0 : p = p_0$ $\quad$ $H_1 : p \neq p_0$

เมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่พอ กล่าวคือ มีขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 30 โดยการทดสอบ Z (Z test) ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ

$$Z = \frac{\hat{p} - p_0}{\sqrt{\frac{p_0 q_0}{n}}} \quad \text{เมื่อ } q_0 = 1 - p_0$$

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 13 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานสัดส่วนของประชากร

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : p = p_0$	$H_1 : p > p_0$	$Z \geq z_\alpha$
$H_0 : p = p_0$	$H_1 : p < p_0$	$Z \leq -z_\alpha$
$H_0 : p = p_0$	$H_1 : p \neq p_0$	$Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

2.2.3.8 การทดสอบสมมติฐานผลต่างของสัดส่วนของสองประชากร

เมื่อ p_1 และ p_2 คือ สัดส่วนของประชากรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นอิสระต่อกัน และ c_0 คือ ค่าของผลต่างของสัดส่วนของสองประชากรดังกล่าว สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$H_0 : p_1 - p_2 = c_0$ $H_1 : p_1 - p_2 > c_0$

หรือ $H_0 : p_1 - p_2 = c_0$ $H_1 : p_1 - p_2 < c_0$

หรือ $H_0 : p_1 - p_2 = c_0$ $H_1 : p_1 - p_2 \neq c_0$

เมื่อทั้ง n_1 และ n_2 มีขนาดใหญ่พอ กล่าวคือ ทั้ง n_1 และ n_2 มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 30 โดยการทดสอบ Z (Z test) ตัวสถิติทดสอบ แบ่งได้ 2 กรณี

กรณีที่ 1 เมื่อ $c_0 \neq 0$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - c_0}{\sqrt{\dfrac{\hat{p}_1\hat{q}_1}{n_1} + \dfrac{\hat{p}_2\hat{q}_2}{n_2}}}$

เมื่อ $\hat{p}_1 = \dfrac{X_1}{n}$, $\hat{q}_1 = 1 - \hat{p}_1$

และ $\hat{p}_2 = \dfrac{X_2}{n}$, $\hat{q}_2 = 1 - \hat{p}_2$

กรณีที่ 2 เมื่อ $c_0 = 0$

จะประมาณ p_1 และ p_2 ซึ่งมีค่าเท่ากันด้วย $\hat{p}$ โดย $\hat{p} = \dfrac{X_1 + X_2}{n_1 + n_2}$ เมื่อ X_1 และ X_2 คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างที่มีลักษณะที่สนใจในตัวอย่างที่ 1 และ 2 ซึ่งสุ่มมาโดยอิสระกันขนาด n_1 และ n_2 จากประชากรที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $Z = \dfrac{(\hat{p}_1 - \hat{p}_2) - c_0}{\sqrt{\dfrac{\hat{p}_1\hat{q}_1}{n_1} + \dfrac{\hat{p}_2\hat{q}_2}{n_2}}} = \dfrac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}\hat{q}(\dfrac{1}{n_1} + \dfrac{1}{n_2})}}$

เมื่อ $\hat{p}_1 = \dfrac{X_1}{n_1}$, $\hat{p}_2 = \dfrac{X_2}{n_2}$ และ $\hat{q} = 1 - \hat{p}$

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α เป็นดังนี้

ตารางที่ 2- 14 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานสัดส่วนของสองประชากร

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0 : p_1 - p_2 = c_0$	$H_1 : p_1 - p_2 > c_0$	$Z \geq z_\alpha$
$H_0 : p_1 - p_2 = c_0$	$H_1 : p_1 - p_2 < c_0$	$Z \leq -z_\alpha$
$H_0 : p_1 - p_2 = c_0$	$H_1 : p_1 - p_2 \neq c_0$	$Z \leq -z_{\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $Z \geq z_{\frac{\alpha}{2}}$

2.2.3.9 การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร

เมื่อ σ_0^2 คือ ค่าความแปรปรวนของประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ สมมติฐานที่จะทดสอบอยู่ในลักษณะ

$$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 \qquad H_1: \sigma^2 > \sigma_0^2$$

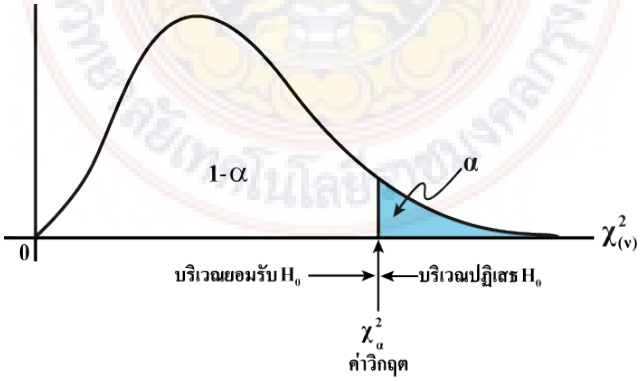
หรือ $$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 \qquad H_1: \sigma^2 < \sigma_0^2$$

หรือ $$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2 \qquad H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $\chi^2 = \dfrac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$

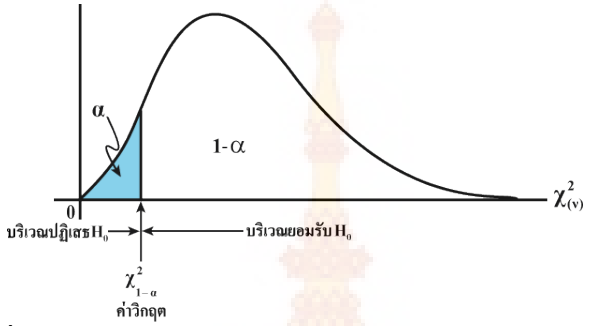
ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = n-1$

ภายใต้ H_0 ถ้า S^2 ที่ได้จากตัวอย่างที่มีค่ามากกว่า σ_0^2 จาก H_0 และทำให้ $\chi^2 = \dfrac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$ มีค่ามาก เป็นการสนับสนุน $H_1 : \sigma^2 > \sigma_0^2$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า χ^2 ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต χ_α^2 โดย $P(\chi_{(\nu)}^2 > \chi_\alpha^2) = \alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งไคกำลังสอง ดังรูป



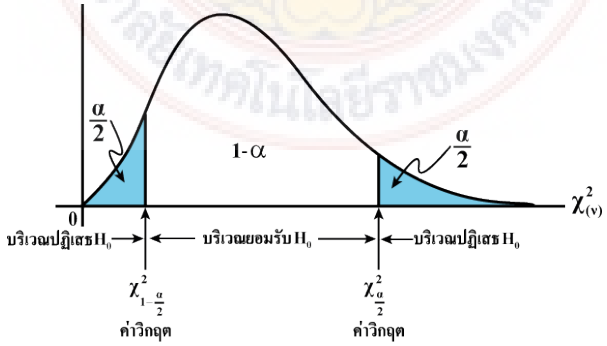
ภาพที่ 2- 18 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา

ในทำนองเดียวกัน ภายใต้ H_0 ถ้า S^2 มีค่าน้อยกว่า σ_0^2 จาก H_0 และทำให้ $\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$ ซึ่งมีค่าเป็นบวก แต่มีค่าน้อย เป็นการสนับสนุน $H_1 : \sigma^2 < \sigma_0^2$ ทั้งนี้ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า χ^2 ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $\chi^2_{1-\alpha}$ โดย $P(\chi^2_{(v)} > \chi^2_{1-\alpha}) = 1 - \alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางซ้ายของโค้งไคกำลังสอง ดังรูป



ภาพที่ 2- 19 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย

ในการทดสอบสองทาง ภายใต้ H_0 ถ้า S^2 มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่า σ_0^2 จาก H_0 และทำให้ $\chi^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$ มีค่ามากหรือน้อย ก็เป็นการสนับสนุน $H_1 : \sigma^2 \neq \sigma_0^2$ ซึ่งหมายถึง $\sigma^2 > \sigma_0^2$ หรือ $\sigma^2 < \sigma_0^2$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า χ^2 ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(\chi^2_{(v)} > \chi^2_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งไคกำลังสอง หรือ χ^2 ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(\chi^2_{(v)} > \chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}) = 1 - \frac{\alpha}{2}$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางซ้ายของโคงไคกำลังสอง ดังรูป



ภาพที่ 2- 20 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง

สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α ได้ดังนี้

ตารางที่ 2- 15 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$	$H_1: \sigma^2 > \sigma_0^2$	$\chi^2 \geq \chi_{\alpha}^2$
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$	$H_1: \sigma^2 < \sigma_0^2$	$\chi^2 \leq \chi_{1-\alpha}^2$
$H_0: \sigma^2 = \sigma_0^2$	$H_1: \sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$\chi^2 \leq \chi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2$ หรือ $\chi^2 \geq \chi_{\frac{\alpha}{2}}^2$

2.2.3.10 การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากร

เมื่อ σ_1^2 และ σ_2^2 คือ ความแปรปรวนของประชากรที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นอิสระกัน และทั้งสองประชากรต่างมีการแจกแจงแบบปกติ สมมติฐานที่ทดสอบจะอยู่ในลักษณะ

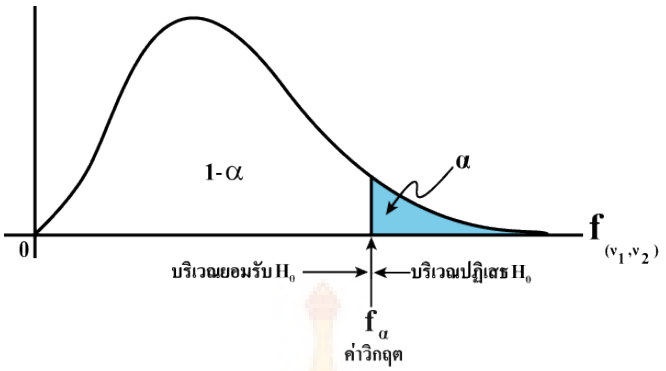
$H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$ $H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 > 1$

หรือ $H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$ $H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 < 1$

หรือ $H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$ $H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 \neq 1$

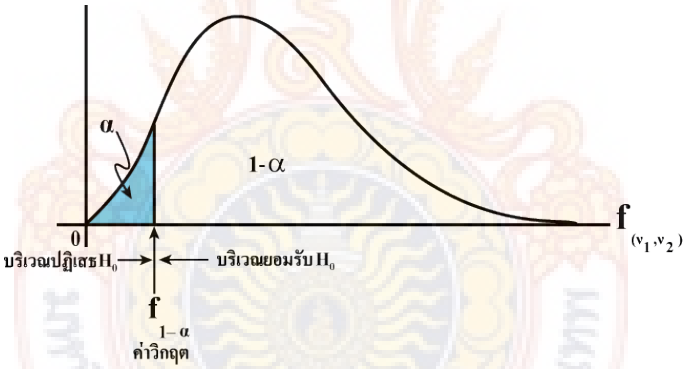
เมื่อ S_1^2 และ S_2^2 คือ ความแปรปรวนของตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่ 1 และ 2 ขนาด n_1 และ n_2 ตามลำดับ โดยการทดสอบเอฟ (F test) ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ ที่มี $\nu_1 = n_1\text{-}1$ และ $\nu_2 = n_2\text{-}1$

ภายใต้ H_0 ถ้า S_1^2 ซึ่งได้จากตัวอย่างสุ่มจากประชากรที่ 1 มีค่ามากกว่า S_2^2 ซึ่งได้จากตัวอย่างที่สุ่มจากประชากรที่ 2 และทำให้ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ มีค่ามาก เป็นการสนับสนุน $H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 > 1$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า F ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต f_{α} โดย $P(F_{(\nu_1,\nu_2)} > f_{\alpha}) = \alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งเอฟ ดังรูป



ภาพที่ 2- 21 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางขวา

ในทำนองเดียวกัน ถ้า S_1^2 มีค่าน้อยกว่า S_2^2 และทำให้ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ ซึ่งเป็นบวกแต่มีค่าน้อย ก็เป็นการสนับสนุน $H_1 : \sigma^2/\sigma_0^2 < 1$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า F ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $f_{1-\alpha}$ โดย $P(F_{(v_1,v_2)} > f_{1-\alpha}) = 1\text{-}\alpha$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางซ้ายของโค้งเอฟ ทั้งนี้ ค่าวิกฤต $f_{1-\alpha}$ คำนวณได้จาก $F_{(\alpha;v_1,v_2)} = \frac{1}{F_{(1-\alpha;v_2,v_1)}}$ ดังรูป

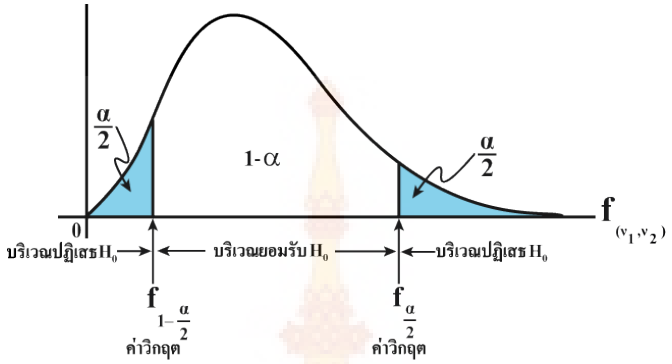


ภาพที่ 2- 22 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทางซ้าย

ในการทดสอบแบบสองทาง ถ้า S_1^2 มีค่ามากกว่า S_2^2 หรือ S_1^2 มีค่าน้อยกว่า S_2^2 และทำให้ $F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$ มีค่ามากหรือน้อย ก็เป็นการสนับสนุน $H_1 : \sigma_1^2/\sigma_2^2 \neq 1$ ซึ่งหมายถึง $\sigma_1^2/\sigma_2^2 > 1$ หรือ $\sigma_1^2/\sigma_2^2 < 1$ ทั้งนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะถือว่า F ดังกล่าวมีค่ามาก ถ้ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $f_{\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(F_{(v_1,v_2)} > f_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$ หรือตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางขวาของโค้งเอฟ หรือ F ดังกล่าวมีค่าน้อย ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤต $f_{1-\frac{\alpha}{2}}$ โดย $P(F_{(v_1,v_2)} > f_{1-\frac{\alpha}{2}}) = 1-\frac{\alpha}{2}$ หรือ

ตกอยู่ในบริเวณปฏิเสธ H_0 ซึ่งอยู่ปลายหางทางซ้ายของโค้งเอฟ ทั้งนี้ ค่าวิกฤต $f_{1-\frac{\alpha}{2}}$ คำนวณได้จาก

$F_{(1-\frac{\alpha}{2};v_1,v_2)} = \frac{1}{F_{(\frac{\alpha}{2};v_2,v_1)}}$ ดังรูป



ภาพที่ 2- 23 กราฟการทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของหนึ่งประชากร
กรณีบริเวณปฏิเสธอยู่ปลายหางทั้งสองข้าง

สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α ได้ดังนี้

ตารางที่ 2- 16 สรุปเกณฑ์การตัดสินใจ การทดสอบสมมติฐานความแปรปรวนของสองประชากร

H_0	H_1	ปฏิเสธ H_0 ถ้า
$H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$	$H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 > 1$	$F \geq f_{\alpha}$
$H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$	$H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 < 1$	$F \leq f_{1-\alpha}$
$H_0: \sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$	$H_1: \sigma_1^2/\sigma_2^2 \neq 1$	$F \leq f_{1-\frac{\alpha}{2}}$ หรือ $F \geq f_{\frac{\alpha}{2}}$

2.2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

หากต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของ k ประชากร โดย k>2 ซึ่งดูเหมือนว่าอาจทำได้โดยการทดสอบคราวละ 2 ประชากร รวม ${}^{k}C_2$ ครั้ง ก็จะได้ข้อสรุปตามต้องการนั้น เป็นวิธีที่ไม่ถูกต้องตามหลักการทดสอบสมมติฐาน เพราะอาจทำให้ขนาดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 แตกต่างไปจากที่ได้กำหนดไว้ เช่น ต้องการทดสอบค่าเฉลี่ยของ 5 ประชากร ซึ่งต้องทำการทดสอบคราวละ 2 ประชากร รวม ${}^{5}C_2 = 10$ ครั้ง ถ้าในแต่ละครั้งความน่าจะเป็นที่จะยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง หรือ $(1-\alpha) = 0.95$ ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับ H_0 เมื่อ H_0 เป็นจริง ของการทดลอง 10 ครั้ง เท่ากับ $(1-\alpha)^{10} = (0.95)^{10} = 0.6$ ถ้าการทดสอบความเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งจะพบว่าขนาดของความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ได้เพิ่มขึ้นเป็นอันมาก คือ จาก 0.05 เป็น 0.4

ใน ค.ศ. 1920 Sir R.A. Fisher ได้เสนอวิธีการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของทั้ง k ประชากร พร้อม ๆ กัน หรือ $H_0:\mu_1=\mu_2=...=\mu_k$ ซึ่งเรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) หรือที่นิยมเรียกสั้นๆ ว่า ANOVA โดยในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลองออกเป็นส่วน ๆ ตามแหล่งที่มาของความแปรปรวนนั้นๆ รวมทั้งความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนซึ่งเกิดขึ้นอย่างสุ่มด้วย โดยในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียวและจำแนก 2 ทาง เท่านั้น

2.2.4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (one-way analysis of variance) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยทดลอง (experimental unit) ที่ได้จากการทดลองโดยใช้เพียงปัจจัยเดียว แต่แยกเป็นหลายระดับหรือหลายชนิด ซึ่งระดับหรือชนิดของปัจจัยดังกล่างจะเรียกว่า สิ่งทดลอง (treatment) ตัวอย่างเช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของสิ่งทดลอง คือ เทคนิคการขายสินค้า 3 วิธี โดยทดลองให้ขายสินค้าในวันที่มีลูกค้าเท่า ๆ กันและเป็นวันปกติโดยสุ่มจำนวน 8 วัน ในที่นี้ลูกค้าแต่ละคนในแต่ละวันจะเป็นหน่วยทดลอง หลังจากนั้นบันทึกยอดขายในแต่ละวันทั้ง 24 วัน ปรากฏผลดังตาราง 2-17

ตารางที่ 2- 17 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)

	เทคนิคการขาย		
	1	2	3
	5.7	4.3	6.2
	4.8	5.2	3.8
	6.0	5.4	3.8
	5.2	4.2	6.4
	6.3	5.5	6.2
	5.0	3.8	6.0
	6.0	5.6	4.0
	5.0	4.4	3.6
ยอดขายรวม	44.0	38.4	40.0
ยอดขายเฉลี่ย	5.5	4.8	5.0

จากข้อมูลในตารางพบว่า ความแปรปรวนทั้งหมดของยอดขายทั้ง 24 วัน เกิดจาก 2 แหล่ง แหล่งแรกเป็นความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างยอดขายของเทคนิคการขายแต่ละวิธี ซึ่งเรียกว่า ความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน และแหล่งที่ 2 คือ ความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างยอดขายของลูกค้าแต่ละวันที่ขายได้ในเทคนิคเดียวกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุจากลูกค้าทั้ง 24 วัน ที่นำมาทดลองมีความสามารถในการซื้อสินค้าไม่เหมือนกัน เช่น ไม่จำเป็นต้องพูดมาก ลูกค้าก็ซื้อ หรือพูดโน้มน้าวแทบตาย ถ้าลูกค้าไม่อยากซื้อก็ขายไม่ออก ซึ่งลูกค้าแต่ละคนเป็นไปโดยสุ่ม ดังนั้น จึงเรียกความแปรปรวนจากแหล่งที่ 2 นี้ว่า ความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

ตารางที่ 2- 18 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)

	เทคนิคการขาย		
	1	2	3
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
	5.5	4.8	5.0
ยอดขายรวม	44.0	38.4	40.0
ยอดขายเฉลี่ย	5.5	4.8	5.0

ตารางที่ 2- 19 ยอดขายของพนักงานขาย ในแต่ละเทคนิคการขาย ทั้ง 24 วัน (หน่วย: หมื่นบาท)

	เทคนิคการขาย		
	1	2	3
	4.2	3.0	7.3
	1.8	6.4	6.4
	8.3	5.8	0.9
	5.7	3.6	2.1
	3.9	4.0	8.6
	5.4	4.2	7.0
	2.8	6.0	5.1
	7.9	7.0	2.6
ยอดขายรวม	40.0	40.0	40.0
ยอดขายเฉลี่ย	5.0	5.0	5.0

แต่หากวัดยอดขายได้ผลดังตาราง 2-18 แสดงว่า ความแปรปรวนทั้งหมดของยอดขายทั้ง 24 วัน เกิดจากเพียงแหล่งเดียว คือ สิ่งทดลอง ในทางตรงกันข้าม หากวัดยอดขายได้ดังตาราง 2-19 แสดงว่า ความแปรปรวนทั้งหมดของยอดขายเกิดจากความคลาดเคลื่อนเพียงแหล่งเดียว

ในกรณีทั่วไป จากการทดลองหนึ่งซึ่งประกอบด้วย k สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองใช้หน่วยทดลอง n_i หน่วย ได้ตัวอย่างขนาด n_i รวม k ตัวอย่าง ดังตาราง 2-20

ตารางที่ 2- 20 ตัวอย่างขนาด n_i รวม k ตัวอย่าง

เทคนิคการขาย					
1	2	…	i	…	k
X_{11}	X_{21}	…	X_{i1}	…	X_{k1}
X_{12}	X_{22}	…	X_{i2}	…	X_{k2}
.	.		.		.
.	.		.		.
X_{1j}	X_{2j}	…	X_{ij}	…	X_{kj}
.	.		.		.
.	.		.		.
X_{1n_1}	X_{2n_2}	…	X_{in_i}	…	X_{kn_k}

$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} = X_{i.}$ $X_{1.}$ $X_{2.}$ … $X_{i.}$ … $X_{k.}$ $X_{..} = \sum_{i=1}^{k} X_{i.}$

$\frac{X_{i.}}{n_i} = \bar{X}_{i.}$ $\bar{X}_{1.}$ $\bar{X}_{2.}$ … $\bar{X}_{i.}$ … $\bar{X}_{k.}$ $\bar{X}_{..} = \frac{X_{..}}{\sum_{i=1}^{k} n_{i.}}$

เมื่อ X_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j จากสิ่งทดลองที่ i, i = 1, 2, …, k และ j = 1, 2, …, n_i

$\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij} = X_{i.}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตในตัวอย่างจากสิ่งทดลองที่ i

$\frac{X_{i.}}{n_i} = \bar{X}_{i.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตในตัวอย่างจากสิ่งทดลองที่ i

$X_{..}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

$\bar{X}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด หรือเรียกว่า ค่าเฉลี่ยรวม

จากตารางที่ 2-20 ตัวอย่างขนาด n_i รวม k ตัวอย่าง ถูกสุ่มมาโดยอิสระกันจาก k สิ่งทดลอง ที่มีค่าเฉลี่ย $\mu_1, \mu_2, ..., \mu_k$ ตามลำดับ โดยค่าสังเกตที่ j จากสิ่งทดลองที่ i หรือ X_{ij} มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่ i หรือ μ_i ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ บวกกับค่าเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ย μ_i ซึ่งเรียกว่า ความคลาดเคลื่อน (error) และเขียนแทนด้วย ε_{ij} เป็นตัวแปรสุ่ม นั่นคือ

$$X_{ij} = \mu_i + \varepsilon_{ij}, \qquad i = 1, 2, \ldots, k \quad \text{และ } j = 1, 2, \ldots, n_i$$

ซึ่งเรียกว่า ตัวแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว ทั้งนี้มีข้อสมมติ (assumption) เกี่ยวกับตัวแปรสุ่ม ε_{ij} ในแต่ละสิ่งทดลอง ดังนี้

1. ε_{ij} มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ค่าเฉลี่ยของ $\varepsilon_{ij} = 0$
3. ความแปรปรวนของ $\varepsilon_{ij}=\sigma^2$ ซึ่งไม่ทราบค่าและมีค่าเท่ากันทุกสิ่งทดลอง
4. ε_{ij} เป็นอิสระต่อกัน หรือ $Cov(\varepsilon_{ij},\varepsilon_{i1})=0, j \neq 1$

นั่นคือ กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับข้อสมมติของตัวแปรสุ่ม ε_{ij} ได้ว่า ในแต่ละสิ่งทดลอง ε_{ij} มีการแจกแจงแบบปกติและเป็นอิสระต่อกัน (normally and independently distributed) โดยมีค่าเฉลี่ย 0 และความแปรปรวน σ^2 ซึ่งมีค่าเท่ากันแต่ไม่ทราบค่า เขียนย่อได้เป็น $\varepsilon_{ij} \sim NID(0,\sigma^2)$ และในแต่ละสิ่งทดลอง $X_{ij} \sim NID(\mu_i,\sigma^2)$ และได้ว่า สมมติฐานในการทดลองค่าเฉลี่ยของ k สิ่งทดลอง คือ

$H_0: \mu_1=\mu_2=...=\mu_k$

H_1: ค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ค่า ไม่เท่ากัน

จากตาราง 2-21 คำนวณหาผลบวกกำลังสองทั้งหมด (total sum of squares) ซึ่งเขียนแทนด้วย SST ได้เป็น

$$SST=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(X_{ij}-\bar{X}_{..}\right)^2$$

ซึ่งก็คือ ความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลองนั่นเอง

$$SST=\sum_{i=1}^{k} n_i\left(\bar{X}_{i.}-\bar{X}_{..}\right)^2+\sum_{i=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_i}\left(X_{ij}-\bar{X}_{i.}\right)^2$$

หมายความว่า สามารถแยกความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง ซึ่งวัดด้วยผลบวกกำลังสองทั้งหมด หรือ SST ออกเป็นผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่สังเกตได้กับค่าเฉลี่ยรวม ซึ่งจะเรียกว่าผลบวกกำลังสองของสิ่งทดลอง (treatment sum of squares) เขียนแทนด้วย SSTr และผลบวกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าสังเกตในแต่ละสิ่งทดลองกับค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่สังเกตได้ ซึ่งจะเรียกว่า ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (error sum of squares) และเขียนแทนด้วย SSE เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วยหน่วยทดลองหรือค่าสังเกตทั้งหมด $\sum_{i=1}^{k} n_i$ ค่า ดังนั้น SST จึงมีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\sum_{i=1}^{k} n_i - 1$ และโดยเหตุที่การทดลองประกอบด้วยตัวอย่างจาก k สิ่งทดลอง SSTr จึงมีองศาแห่งความเป็นอิสระ k-1 และในเมื่อตัวอย่างจากแต่ละสิ่งทดลองประกอบด้วยค่าสังเกต n_i ค่า ทำให้ความคลาดเคลื่อนมีองศาแห่งความ

เป็นอิสระ n_i-1 แต่มีตัวอย่างจากสิ่งทดลอง k สิ่ง SSE จึงมีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\sum_{i=1}^{k}(n_i-1)=\sum_{i=1}^{k}n_i-k$ นั่นคือ ได้ว่า

	SST	=	SSTr	+	SSE
และองศาแห่งความเป็นอิสระ	$\sum_{i=1}^{k}n_i-1$		k-1		$\sum_{i=1}^{k}n_i-k$

จากการที่ SSTr มีองศาแห่งความเป็นอิสระ k-1 ดังนั้น จึงได้ว่า ค่าเฉลี่ยกำลังสองของสิ่งทดลอง (treatment mean square) ซึ่งเขียนแทนด้วย MSTr มีค่าเท่ากับ SSTr/k-1 ก็คือความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งทดลองที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นตัวประมาณของ σ^2 โดย MSTr จะเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ σ^2 ถ้า H_0 เป็นจริง แต่ถ้า H_0 ไม่จริง MSTr จะเป็นตัวประมาณที่เอนเอียงของ σ^2 ชนิดมีค่ามากกว่า σ^2 ดังนั้น ในกรณี H_0 เป็นจริง จะได้ว่า $\frac{(k-1)MSTr}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ k-1

ในทำนองเดียวกัน จากการที่ SSE มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\sum_{i=1}^{k}n_i-k$ จึงได้ว่า ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (error mean square) ซึ่งเขียนแทนด้วย MSE มีค่าเท่ากับ $\frac{SSE}{\sum_{i=1}^{k}n_i-k}$ ก็คือ ความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลองซึ่งเป็นตัวประมาณอีกตัวหนึ่งของ σ^2 โดยเป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงเสมอ ไม่ว่า H_0 จะเป็นจริงหรือไม่ก็ตาม และได้ว่า $\frac{(\sum_{i=1}^{k}n_i-k)MSE}{\sigma^2}$ มีการแจกแจงแบบไคกำลังสอง ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\sum_{i=1}^{k}n_i-k$

เนื่องจากตัวแปรสุ่มแบบไคกำลังสองทั้งสองตัวข้างต้นเป็นอิสระต่อกัน จึงได้ว่า

$$F=\frac{\frac{(k-1)MSTr}{\sigma^2}\Big/(k-1)}{\frac{(\sum_{i=1}^{k}n_i-k)MSE}{\sigma^2}\Big/(\sum_{i=1}^{k}n_i-k)}=\frac{MSTr}{MSE}$$

มีการแจกแจงแบบเอฟ ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ k-1 และ $\sum_{i=1}^{k}n_i-k$ เป็นตัวสถิติทดสอบ H_0 ดังนั้น ค่าวิกฤต หรือ p-value จะอยู่ปลายหางทางขวาของตัวสถิติทดสอบ นั่นคือ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธ H_0 ถ้า $F \geq f_\alpha$ โดย $P(F_{(k-1,\ \sum_{i=1}^{k}n_i-k)} > f_\alpha) = \alpha$

ผลจากการแยกความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทดลองออกเป็นส่วนๆ ตามแหล่งที่มา ตลอดจนตัวสถิติทดสอบ H_0 นำมาเขียนสรุปเป็นตารางที่เรียกว่า ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว ได้ดังตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

ตารางที่ 2- 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว

แหล่งของความแปรปรวน (SOV)	องศาแห่งความเป็นอิสระ (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F
สิ่งทดลอง	k-1	SSTr	MSTr	$\frac{MSTr}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$\sum_{i=1}^{k} n_i - k$	SSE	MSE	
รวม	$\sum_{i=1}^{k} n_i - 1$	SST		

สูตรในการคำนวณ

เพื่อให้การคำนวณ SST, SSTr และ SSE เป็นไปโดยสะดวก จึงแปลงสูตรได้ดังนี้

$$SST=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(X_{ij}-\bar{X}_{..}\right)^2=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}X_{ij}^2-\frac{X_{..}^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

$$SSTr=\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_i}\left(\bar{X}_{i.}-\bar{X}_{..}\right)^2=\sum_{i=1}^{k}\frac{X_{i.}^2}{n_i}-\frac{X_{..}^2}{\sum_{i=1}^{k} n_i}$$

และ SSE ได้จาก SSE = SST – SSTr

2.2.4.2 การเปรียบเทียบเชิงซ้อน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว หากปฏิเสธ H_0 ก็แสดงว่าค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองอย่างน้อย 2 ค่า หรือ 1 คู่ ไม่เท่ากัน และในกรณีต้องการวิเคราะห์ต่อไปว่าสิ่งทดลองคู่ใดบ้างแตกต่างกันนั้น สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบเชิงซ้อน (multiple comparison test)

วิธี Duncan's new multiple range test

เป็นวิธีที่นำเสนอโดย Duncan เพื่อใช้ทดสอบว่าสิ่งทดลองคู่หนึ่ง ๆ แตกต่างหรือไม่ โดยสามารถทำการทดสอบระหว่างค่าเฉลี่ยคู่ต่าง ๆ ของสิ่งทดลองที่เป็นไปได้ทั้งหมด การทดสอบระหว่างคู่โดยวิธีนี้มีการใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากอำนาจของการทดสอบสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสิ่งทดลองมีขนาดเท่ากัน วิธีทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. เรียงลำดับค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองทั้ง k สิ่ง จากน้อยไปมาก

2. คำนวณหา LSR (least significant range) ที่ระดับนัยสำคัญ α เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการทดสอบระหว่างสิ่งทดลองคู่ที่ i และ j โดย

$$LSR = SSR(\alpha,p)\sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

เมื่อ n คือ ขนาดของแต่ละสิ่งทดลองซึ่งมีขนาดเท่ากันทั้งหมด k สิ่งทดลอง ส่วนในกรณีที่สิ่งทดลองมีขนาดไม่เท่ากัน ให้ใช้ค่าเฉลี่ยฮาร์มอนิกแทน n ในสูตรข้างต้น โดย $n = \frac{k}{\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{n_i}}$

MSE คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน จากตาราง one-way ANOVA

$SSR(\alpha,p)$ คือ Significant Studentized Ranges ซึ่งได้จากตาราง เมื่อกำหนด เมื่อกำหนดระดับนัยสำคัญ α องศาแห่งความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (error df) = $\sum_{i=1}^{k} n_i - k$ ซึ่งได้จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว และ p คือ จำนวนสิ่งทดลองที่เรียงจากน้อยไปหามากที่อยู่ในช่วงสิ่งทดลองที่ i และ j ที่กำลังทดสอบ โดย p = 2, 3, .., k เมื่อ k คือจำนวนสิ่งทดลอง

จากวิธีข้างต้นจะได้ว่า หากมี k สิ่งทดลอง แต่ละสิ่งทดลองมีขนาด n เท่ากันหมด จะได้ LSR เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ทดสอบระหว่างคู่สิ่งทดลองรวม k-1 ค่า

3. จากค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองที่เรียงลำดับจากน้อยไปมาก คำนวณผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองทุกคู่ที่เป็นไปได้ รวม ${}^{k}C_{2}$ คู่ โดยถ้า $\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{j.} \geq LSR$ แสดงว่าสิ่งทดลองทั้งสองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ถ้าน้อยกว่า แสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้ดำเนินการหาผลต่างแต่ละคู่สิ่งทดลองและเปรียบเทียบกับ LSR แต่ละค่า ดังนี้

เริ่มจากค่ามากที่สุดกับน้อยที่สุด โดยมี k สิ่งทดลองที่อยู่ในช่วงนี้ จึงได้ว่า p = k แล้วเปรียบเทียบผลต่างดังกล่าวกับ LSR ที่ p = k

ต่อไปหาผลต่างระหว่างค่ามากที่สุดกับรองน้อยที่สุด กรณีนี้ p = k-1 จึงต้องเปรียบเทียบผลต่างดังกล่าวกับ LSR ที่ p = k-1

ดำเนินการเช่นนี้เรื่อยไปจนถึงผลต่างระหว่างค่ามากที่สุดกับรองมากที่สุด จึงได้ว่า p = 2 แล้วเปรียบเทียบกับ LSR ที่ p = 2

แล้วเริ่มหาผลต่างระหว่างค่ารองมากที่สุดกับน้อยที่สุด โดย p = k-1 แล้วเปรียบเทียบกับ LSR ที่ p = k-1

ดำเนินการเช่นนี้เรื่อยไป จนถึงคู่สุดท้ายระหว่างค่ารองน้อยที่สุดกับน้อยที่สุด โดย p = 2 แล้วเปรียบเทียบกับ LSR ที่ p = 2 ด้วยวิธีข้างต้น จะได้ผลการทดสอบระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองครบทุกคู่ที่เป็นไปได้

2.2.4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกสองทาง (two-way analysis of variance) เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ประกอบด้วย 2 ปัจจัย โดยแต่ละปัจจัยยังแยกออกเป็นหลายระดับหรือหลายชนิด ทั้งนี้ปัจจัยหนึ่งคือสิ่งทดลอง และอีกปัจจัยหนึ่งเรียกว่ากลุ่ม (block) เช่น ในการศึกษาประสิทธิภาพของสิ่งทดลอง คือ เทคนิคการขายสินค้า 3 วิธี โดยศึกษากับห้างสรรพสินค้าจำนวน 3 ห้าง จากข้อมูลจะพบว่า ความแปรปรวนทั้งหมดเกิดจาก 3 แหล่ง แหล่งแรก คือ ความแปรปรวนที่เกิดจากสิ่งทดลองหรือเทคนิคการขายสินค้าที่แตกต่างกัน แหล่งที่ 2 คือ ความแปรแปรวนที่เกิดจากกลุ่มหรือห้างสรรพสินค้าที่แตกต่างกัน และแหล่งที่ 3 คือ ความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง

ในกรณีทั่วไป จากการทดลองหนึ่งซึ่งประกอบด้วย k สิ่งทดลอง และ b กลุ่ม ได้ตัวอย่างขนาด kb ตัวอย่าง

และได้ว่าสมมติฐานในการทดสอบค่าเฉลี่ย $\mu_{i.}$ ของ k สิ่งทดลอง คือ

H_0' : $\mu_{1.} = \mu_{2.} = \ldots = \mu_{k.}$

H_0' : ค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ค่าไม่เท่ากัน

ในทำนองเดียวกัน ได้ว่าสมมติฐานในการทดสอบค่าเฉลี่ย $\mu_{.j}$ ของ b กลุ่ม คือ

H_0'' : $\mu_{.1} = \mu_{.2} = \ldots = \mu_{.b}$

H_0'' : ค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ค่าไม่เท่ากัน

ตัวแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนจำแนก 2 ทาง สามารถแยกผลบวกกำลังสองทั้งหมดได้ดังนี้

SST = SSTr + SSB + SSE

$F' = \frac{MSTr}{MSE}$ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธ H_0' ถ้า $F' \geq f'_{(\alpha;k-1,((k-1)(b-1)))}$

$F'' = \frac{MSB}{MSE}$ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธ H_0'' ถ้า $F'' \geq f'_{(\alpha;b-1,((k-1)(b-1)))}$

ผลของการแยกความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการทดลองออกเป็นส่วนๆ ตามแหล่งที่มา ตลอดจนตัวสถิติทดสอบ H_0' และ H_0'' นำมาเขียนสรุปเป็นตารางที่เรียกว่า ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง ได้ดังตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง

ตารางที่ 2- 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง

แหล่งของความแปรปรวน (SOV)	องศาแห่งความเป็นอิสระ (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	F
สิ่งทดลอง	k-1	SSTr	MSTr	$\frac{\text{MSTr}}{\text{MSE}}$
กลุ่ม	b-1	SSB	MSB	$\frac{\text{MSB}}{\text{MSE}}$
ความคลาดเคลื่อน	(k-1)(b-1)	SSE	MSE	
รวม	Kb-1	SST		

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$\text{SST} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{b} x_{ij}^2 - \frac{x_{..}^2}{kb}$$

$$\text{SSTr} = \sum_{i=1}^{k} \frac{x_{i.}^2}{b} - \frac{x_{..}^2}{kb}$$

$$\text{SSB} = \sum_{i=1}^{k} \frac{x_{.j}^2}{k} - \frac{x_{..}^2}{kb}$$

$$\text{SSE} = \text{SST} - \text{SSTr} - \text{SSB}$$

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนก 2 ทาง หากพบว่ามีค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองอย่างน้อย 2 ค่าแตกต่างกัน สามารถทำการเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี Duncan's new multiple range test เพื่อวิเคราะห์ต่อไปว่า สิ่งทดลองใดบ้างที่แตกต่างกัน

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

สำหรับเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและใช้ประกอบกับการจัดทำโปรแกรมช่วยสอน เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

ธันย์ชนก สงรักษา ได้ทำวิจัยเรื่อง “ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) ของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 ในการเรียนวิชาการบาดเจ็บของกระดูกสันหลัง ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิคส์ฯ คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล” ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 90/90 การเปรียบเทียบความแตกต่างของประสิทธิผลและความคงทนทางการเรียน ระหว่างการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการเรียนด้วยบทเรียนเอกสาร ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 นักศึกษามีความรู้ที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและทุกคนมีความคิดเห็นตรงกันว่าแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนช่วยทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ดีขึ้น รูปแบบและวิธีการนำเสนอสวยงามและเหมาะสม ภาพประกอบ ภาพวีดิทัศน์และภาพเคลื่อนไหวทำให้แบบเรียนน่าสนใจ และทำให้เข้าใจยิ่งขึ้น

นุชรี ปุตระเศรณี ได้ทำวิจัยเรื่อง “ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล” โดยเลือกนักศึกษาแพทย์ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.5 – 3.0 แบ่งนักศึกษาแพทย์ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนจากอาจารย์และเรียนเสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลองที่ 3 ศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง แล้วให้นักศึกษาแพทย์ทั้ง 3 กลุ่ม ทำแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน พร้อมทั้งกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 ตอบแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษาแพทย์กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งแสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้สอนเสริมนักศึกษาแพทย์ และนักศึกษาแพทย์มีการตอบสนองในทางบวก ผลการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างนักศึกษาแพทย์ทั้ง 3 กลุ่ม ปรากฏว่านักศึกษาแพทย์กลุ่มที่ 1 และ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ 3 นั่นคือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง

บุญเรือน พฤกษ์ศศิธร ได้ทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรายวิชาโครงสร้างข้อมูล เรื่อง การเรียงลำดับและการค้นหาข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี” ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื้อหาของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เช่นกัน และพบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิ์ภาพเท่ากับ 81.67/80.50

สุวิทย์ เสวรันต์ ได้ทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา สถิติธุรกิจ” ผลการวิจัยปรากฏว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาสถิติธุรกิจที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดเนื่องจากผู้เรียนมีคะแนนสอบระหว่างเรียนเฉลี่ยร้อยละ 82.60 และคะแนนสอบหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 80.83 และผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล

ทักษิณา วิไลลักษณ์ ได้ทำวิจัยเรื่อง “การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 เรื่อง ฟังก์ชันและสถิติ” ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 เรื่อง ฟังก์ชันและสถิติ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.5/87.5 สูงกว่ามาตรฐาน 80/80 ที่ตั้งไว้เป็นมาตรฐานการวิจัย ส่วนคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 40.8 และหลังเรียนเท่ากับ 87.5 แตกต่างกันเท่ากับ 46.7 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ดังนั้นชุดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาคณิตศาสตร์ ค.012 เรื่อง ฟังก์ชันและสถิติ ทำให้นักเรียนมีประสิทธิผลทางการเรียนเพิ่มขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1 ศึกษาแบบฝึกหัด รายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

ทำการศึกษาแบบฝึกหัด รายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบฝึกหัด ที่จะจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์ ศึกษาความเป็นไปได้ในเรื่องของเนื้อหาที่จะนำเสนอ รูปแบบการนำเสนอ ข้อจำกัดต่างๆ เพื่อที่จะนำมากำหนดแบบฝึกหัดออนไลน์ให้มีความน่าสนใจ มีความเหมาะสมกับระยะเวลาในการผลิต และเพิ่มเติมความรู้ของตนเอง เพื่อให้ได้ผลงานที่มีคุณภาพและเป็นที่น่าสนใจ ซึ่งได้ทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์เชิงธุรกิจ ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก. (หน้า 61) จำนวน 30 คน เพื่อจะได้นำผลการสำรวจมาเป็นแนวทางในการพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ต่อไป

3.2 กำหนดขอบเขตของปัญหาและวางโครงสร้างของแบบฝึกหัด

3.2.1 ประชากรและตัวอย่าง

ประชากร คือ

นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ขึ้นไป คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่กำลังศึกษาหรือผ่านการศึกษาในรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รหัสวิชา 5-010-201

ตัวอย่าง คือ

นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ขึ้นไป คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ที่กำลังศึกษาหรือผ่านการศึกษาในรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รหัสวิชา 5-010-201 จำนวน 40 คน

โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง โดยให้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม จำนวน 20 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม โดยให้เรียนตามปกติไม่ต้องศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ จำนวน 20 คน โดยมีเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่างดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3- 1 แสดงเกณฑ์ในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	เกรด	เพศ		รวม
		ชาย	หญิง	
กลุ่มที่ 1 กลุ่มทดลอง คือ ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	4.00-3.50	3	3	**20**
	3.49-3.00	4	4	
	2.99-2.50	3	3	
กลุ่มที่ 2 กลุ่มควบคุม คือ ไม่ต้องศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	4.00-3.50	3	3	**20**
	3.49-3.00	4	4	
	2.99-2.50	3	3	
รวม		**20**	**20**	**40**

3.2.2 ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในการตรวจประเมินแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ และตรวจสอบแบบสอบถาม จำนวน 3 ท่าน คือ

ตารางที่ 3- 2 รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับ	ชื่อ-นามสกุล	หน่วยงาน	ความเชี่ยวชาญ
1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิติพร จูปราง	คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ
2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ พูลน้อย	คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ
3	นางสาวสุดารัตน์ เลิศสีทอง	บริษัท สกู๊ดสกิล จำกัด ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายออกแบบ	เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาแอพพลิเคชั่นและแอนิชั่น

3.2.3 ขอบเขตและโครงสร้างของแบบฝึกหัด

เป็นแบบฝึกหัดแบบคงที่ไม่สามารถสุ่มเลือกข้อได้ ซึ่งเนื้อหาที่นำมาจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์ ได้แก่

- แบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ จำนวน 5 ข้อ
- แบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า จำนวน 5 ข้อ
- แบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน จำนวน 5 ข้อ
- แบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน จำนวน 5 ข้อ

โดยสามารถบอกให้ทราบว่าถูกหรือผิด ทราบผลคะแนน พร้อมเฉลย

3.3 ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาใช้สร้างเป็นแบบฝึกหัดออนไลน์ ได้แก่

3.1 โปรแกรมทางด้านการจัดการภาพ

3.2 โปรแกรมทางด้านการทำสื่อการสอน

3.3 โปรแกรมทางด้านการทำภาพเคลื่อนไหว

3.4 โปรแกรมทางด้านเสียง

3.4 เขียนสคริพท์ของแบบฝึกหัด ประกอบด้วย

- รหัสของแต่ละแบบฝึกหัดที่จะเชื่อมโยงถึงกัน
- แบบฝึกหัด
- การใส่เสียงดนตรีประกอบ
- เทคนิคการทำแบบฝึกหัด
- ลำดับรหัสที่เชื่อมโยงถึงกัน

ในการเขียนสคริพท์ต้องคำนึงถึงแบบฝึกหัดเป็นหลักว่ามีความถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ การเขียนนั้นต้องดูการเรียงลำดับแบบฝึกหัดตามความง่าย ปานกลางและยาก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความสับสนในบทเรียน อีกทั้งเน้นการนำเสนอที่น่าสนใจ ทำให้ผู้เรียนสนใจอยากเรียนรู้ไม่เกิดความเบื่อหน่าย ดังนั้นสคริพท์จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างแบบฝึกหัด เพราะเป็นตัวกำหนดว่าแบบฝึกหัดจะดำเนินไปอย่างไร ต้องการอะไรที่เป็นสิ่งดึงดูดความสนใจผู้เรียนบ้าง

3.5 การจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์

ในการจัดทำโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์นี้ได้ใช้โปรแกรมทางด้านการทำสื่อการสอนเป็นโปรแกรมหลักในการพัฒนา เพื่อช่วยเสริมให้รูปแบบของโปรแกรมมีความสมบูรณ์มาก

ขึ้น ซึ่งจะมีภาพเคลื่อนไหว และเสียงดนตรีประกอบ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจ โดยอุปกรณ์ที่จำเป็นในการจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์ มีดังนี้

3.5.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ระบบ Multimedia ได้

3.5.2 CPU ที่มีความเร็วตั้งแต่ 2.60 GHz ขึ้นไป

3.5.3 หน่วยความจำสำรอง (RAM) ตั้งแต่ 4 GB ขึ้นไป

3.5.4 ความละเอียดของสีและจอภาพ 64 bit หน้าจอ 1024x768 pixels

3.5.5 Hard disk มีพื้นที่ว่างอย่างต่ำ 10 GB

3.5.6 เมาส์ ไมโครโฟน และลำโพง

3.6 ตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ และประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

เพื่อที่จะดำเนินการแก้ไขใช้งานให้ถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด จากนั้นตรวจสอบเนื้อหาของแบบฝึกหัดว่าครบถ้วนสมบูรณ์หรือไม่ แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลและตรวจสอบความถูกต้อง

3.7 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์

หลังจากที่ผลิตแบบฝึกหัดออนไลน์และผู้เชี่ยวชาญประเมินเรียบร้อยแล้วจะมีการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์

โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มทดลอง โดยให้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม จำนวน 20 คน และกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มควบคุม โดยให้เรียนตามปกติไม่ต้องศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ จำนวน 20 คน หลังจากจบการเรียนการสอนหัวข้อนั้น ๆ ตามปกติในห้องเรียนแล้ว ให้กลุ่มที่ 1 ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้งสองกลุ่มทำข้อสอบชุดเดียวกัน เพื่อนำคะแนนทั้งสองกลุ่มนี้มาเปรียบเทียบกัน

3.7.1 วิธีวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบของกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม กรณีที่ตัวอย่างทั้งสองกลุ่มเป็นอิสระกันและไม่ทราบค่าความแปรปรวนของทั้งสองประชากร ขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 สถิติที่ใช้ในการทดสอบ คือ t-test ซึ่งมีสูตรดังนี้

กรณีสุ่มตัวอย่างขนาด n_1และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 และความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \frac{(\overline{X}_1 - \overline{X}_2) - d_0}{\sqrt{s_p^2(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$

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

กรณีสุ่มตัวอย่างขนาด n_1 และ n_2 มาโดยอิสระกัน จาก 2 ประชากร ที่มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย μ_1 และ μ_2 และความแปรปรวน σ_1^2 และ σ_2^2 ซึ่งไม่ทราบค่า แต่ทราบว่า $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$

ตัวสถิติทดสอบ H_0 คือ $T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$

ที่มีองศาแห่งความเป็นอิสระ $\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}}$

โดยปัดให้เป็นเลขจำนวนเต็มในลักษณะปัดลง

เกณฑ์การตัดสินใจ ที่ระดับนัยสำคัญ α จะต้องปฏิเสธ H_0 ถ้าค่า p-value $\leq \alpha$

3.7.2 การประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์

ส่วนการประเมินผลการใช้งาน ให้นักศึกษากลุ่มที่ 2 ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ทดลองใช้โปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ แล้วให้ทั้งสองกลุ่มทำการประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงต่อไป โดยประเมิน 4 ด้าน ได้แก่

- ด้านเนื้อหาของแบบฝึกหัด
- ด้านการส่งเสริมของสื่อ
- ด้านการออกแบบจอภาพ
- ด้านการจัดการบทเรียนของแบบฝึกหัด

แบบประเมินได้แบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง และไม่เหมาะสม

ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของวุฒิชัย ประสารสอย (2543) โดยแบบประเมินแบ่งระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับ 5 หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง ดี

ระดับ 3 หมายถึง พอใช้

ระดับ 2 หมายถึง ควรปรับปรุง

ระดับ 1 หมายถึง ไม่เหมาะสม

ซึ่งจะนำเสนอน้ำหนักความคิดเห็นโดยเฉลี่ยด้วย $\overline{X}$ และใช้เกณฑ์ในการแปลความหมายของระดับผลการประเมิน ดังนี้

ระดับผลการประเมิน	การแปลความหมาย
4.5 - 5.00	ดีมาก
3.5 - 4.49	ดี
2.5 – 3.49	พอใช้
1.5 – 2.49	ควรปรับปรุง
1.0 - 1.49	ไม่เหมาะสม

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินของตัวอย่าง

$\sum_{i=1}^{n} X_i$ คือ ผลรวมคะแนนประเมิน

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบประเมิน

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2}{n-1}}$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนประเมินของตัวอย่าง

X_i คือ คะแนนประเมินของตัวอย่างแต่ละคน

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนประเมินของตัวอย่าง

n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบประเมิน

3.8 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์

หลังจากที่ได้มีการตรวจสอบข้อผิดพลาดต่าง ๆ และทำการประเมินแล้ว ขั้นต่อไป คือ จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ได้อย่างรวดเร็ว

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ได้ดำเนินการในด้านต่างๆ ได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ศึกษาแบบฝึกหัด รายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

หลังจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและแบบฝึกหัด สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ สามารถเขียนสรุปเป็นแผนการสอนได้ดังนี้

4.1.1 สาระสำคัญ

การแจกแจงของตัวสถิติ เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นชนิดต่อเนื่องมีอยู่หลายแบบ ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) การแจกแจงแบบที (t distribution) การแจกแจงแบบไคกำลังสอง (chi-square distribution) การแจกแจงแบบเอฟ (F distribution)

การประมาณค่า เป็นการหาตัวแปรสุ่ม L และ U ที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ θ ด้วยความน่าจะเป็นระดับหนึ่ง นั่นคือ จะหาตัวแปรสุ่ม L และ U ที่ทำให้ $P(L < \theta < U) = 1-\alpha$ โดยตัวแปรสุ่ม L และ U ได้จากการแจกแจงของตัวสถิติ $\hat{\theta}$ เมื่อ $\hat{\theta}$ และเป็นตัวประมาณแบบเดี่ยวของ θ โดยเรียกช่วงระหว่าง L และ U ว่า ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval) $(1-\alpha)100$ % ของพารามิเตอร์ θ เรียกตัวแปรสุ่ม L และ U ว่า ลิมิตล่างและบน (lower and upper limit) ของช่วง และเรียก $1-\alpha$ ว่า ระดับความเชื่อมั่น (level of confidence) หรือความน่าจะเป็นที่ช่วงจะครอบคลุมค่าของ θ ซึ่งสามารถจะเลือกให้มีขนาดเท่าใดก็ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมใช้ 0.95 หรือ 0.99

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างพารามิเตอร์ของประชากรที่นำมาทดสอบกับสมมติฐานที่มีอยู่ โดยประมาณพารามิเตอร์ของประชากรที่นำมาทดสอบนั้นด้วยค่าประมาณจากตัวอย่าง ซึ่งจะต้องทราบและเข้าใจถึงขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐาน เพื่อให้การทดสอบสมมติฐานเป็นไปโดยง่าย ในบางครั้งของการทดสอบสมมติฐานก็มักจะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นคือ ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 และความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 ซึ่งต้องการให้มีโอกาสเกิดขึ้นน้อยที่สุด โดยต้องควบคุมความคลาดเคลื่อนทั้งสองประเภทให้เหมาะสม จึงจะทำให้ผลการวิจัยมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของทั้ง k ประชากร พร้อมๆ กัน หรือ $H_0:\mu_1=\mu_2=...=\mu_k$ ซึ่งเรียกว่าสั้นๆ ว่า ANOVA โดยในการวิเคราะห์

ความแปรปรวนนี้ความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการทดลองออกเป็นส่วนๆ ตามแหล่งที่มาของความแปรปรวนนั้นๆ รวมทั้งความแปรปรวนที่เกิดจากความคลาดเคลื่อน ซึ่งเกิดขึ้นอย่างสุ่ม

4.1.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

เพื่อให้ผู้ศึกษาสามารถทำแบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง

4.1.3 เนื้อหา

- แบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ
- แบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า
- แบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน
- แบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

4.1.4 ผลจากการสำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์

ผลจากการสำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ได้ผลสรุปการสำรวจความต้องการดังนี้

ตารางที่ 4- 1 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ แยกตามเพศ

เพศ	จำนวน	ร้อยละ
ชาย	15	50.0
หญิง	15	50.0
รวม	**30**	**100.0**

ตารางที่ 4- 2 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ แยกตามเกรดเฉลี่ยสะสม

เกรดเฉลี่ยสะสม	จำนวน	ร้อยละ
3.50-4.00	10	33.33
3.00-3.49	10	33.33
2.50-2.99	10	33.33
รวม	**30**	**100.0**

ตารางที่ 4- 3 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับเคยเห็นหรือเคยศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
ไม่เคย	30	100.0
เคย	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

ตารางที่ 4- 4 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์ เกี่ยวกับความต้องการให้มีแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
ต้องการ	30	100.0
ไม่ต้องการ	0	0.0
รวม	**30**	**100.0**

ตารางที่ 4- 5 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์เกี่ยวกับความต้องการให้แบบฝึกหัดออนไลน์ รองรับระบบใดมากที่สุด

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ
IOS	20	66.7
Androids	9	30.0
Windows Phone	1	3.3
รวม	**30**	**100.0**

ตารางที่ 4- 6 แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ที่สำรวจความต้องการเกี่ยวกับแบบฝึกหัดออนไลน์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้พัฒนามากที่สุด 4 อันดับแรก

หัวข้อ	จำนวน	ร้อยละ	อันดับ
การวิเคราะห์ความแปรปรวน	30	25.0	1
การทดสอบสมมติฐาน	24	20.0	2
การแจกแจงของตัวสถิติ	24	20.0	3
การประมาณค่า	18	15.0	4

4.2 กำหนดขอบเขตของปัญหาและวางโครงสร้างของแบบฝึกหัด

จากการศึกษาเนื้อหาของแบบฝึกหัด สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ซึ่งจะนำเสนอเนื้อหาในส่วนของแบบฝึกหัดออนไลน์ ดังนี้

4.2.1 หน้าหลักสำหรับเชื่อมโยงไปยังแบบฝึกหัดบทต่างๆ

4.2.2 แบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ

4.2.3 แบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า

4.2.4 แบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน

4.2.5 แบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

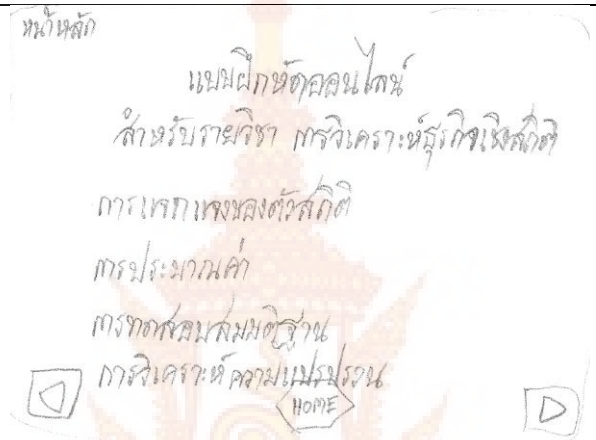
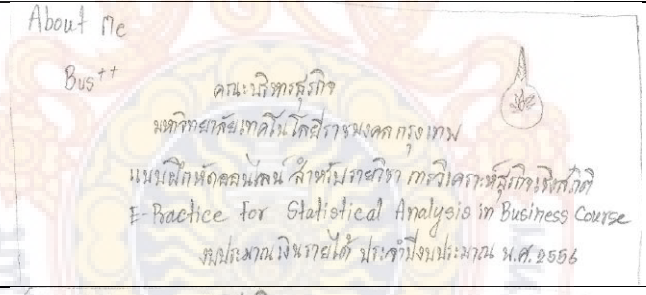
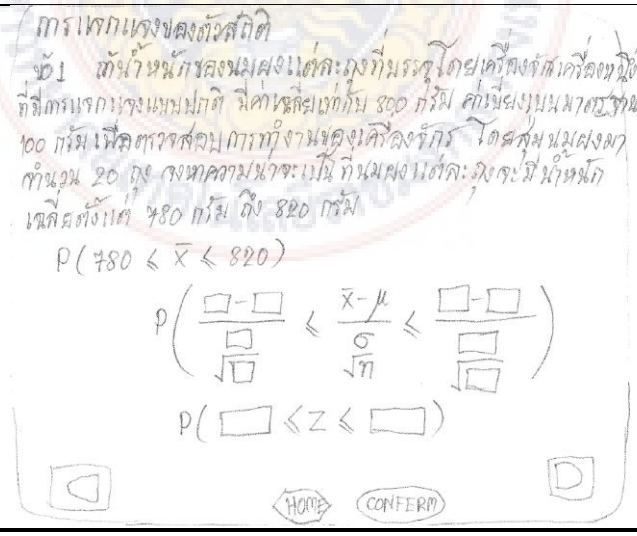
4.3 ศึกษาโปรแกรมที่จะนำมาใช้สร้างเป็นแบบฝึกหัดออนไลน์ ได้แก่

จากการศึกษาโปรแกรมที่ใช้จัดบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ประกอบด้วยโปรแกรม Macromedia Flash ซึ่งเป็นโปรแกรมหลักในการสร้างบทเรียนช่วยสอน โปรแกรม Adobe Illustrator และAdobe Photoshop ใช้ในการตกแต่งภาพ ทำให้ผู้วิจัยมีความรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรมดังกล่าว และสามารถดำเนินการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้

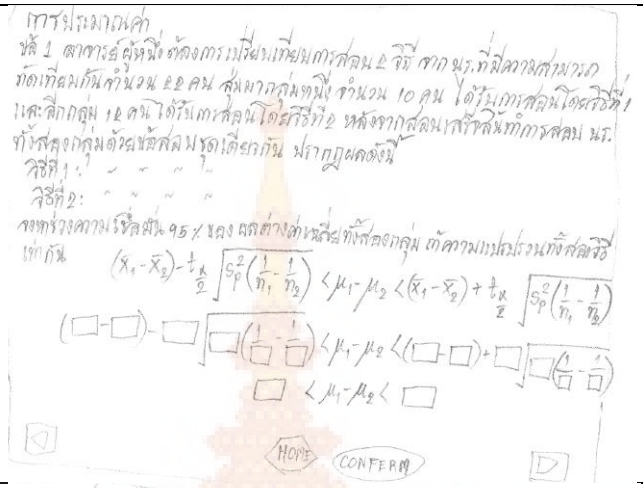
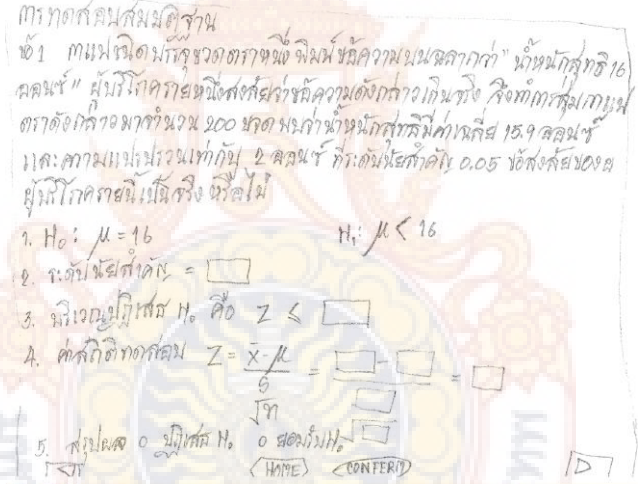
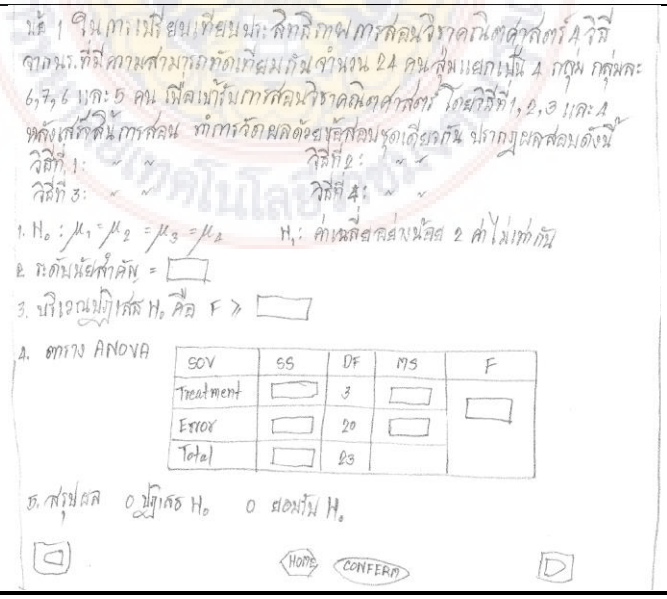
4.4 เขียนสคริพท์ของแบบฝึกหัด ประกอบด้วย

จัดทำสคริพท์ของแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4- 7 สคริฟท์

รหัส	ลิงค์	เนื้อหา	คำอธิบาย
frame1	frame2 frame3 frame4 frame5		หน้าหลัก มีเสียงดนตรีประกอบ คลิกลิงค์ไปแบบฝึกหัดเรื่องต่างๆ
frame6	frame1		หน้า About Me มีเสียงดนตรีประกอบ
frame2	frame1 frame3		แบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ มีเสียงดนตรีประกอบ เติมคำตอบลงในช่องว่าง

ตารางที่ 4-7 สคริฟท์ (ต่อ)

รหัส	ลิงค์	เนื้อหา	คำอธิบาย
frame3	frame2 frame4		แบบฝึกหัด เรื่อง การ ประมาณค่า มีเสียงดนตรี ประกอบ เติมคำตอบลง ในช่องว่าง
frame4	frame3 frame5		แบบฝึกหัด เรื่อง การ ทดสอบ สมมติฐาน มีเสียงดนตรี ประกอบ เติมคำตอบลง ในช่องว่าง
frame5	frame4		แบบฝึกหัด เรื่อง การ วิเคราะห์ความ แปรปรวน มีเสียงดนตรี ประกอบ เติมคำตอบลง ในช่องว่าง

4.5 การจัดทำแบบฝึกหัดออนไลน์

ทำการจัดทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามรูปแบบการนำเสนอและสคริพท์ที่กำหนดไว้ข้างต้น โดยในส่วนของแบบฝึกหัดจะใช้เวลาไม่เท่ากัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนเอง โดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ได้ ประกอบด้วย

4.5.1 หน้าหลักสำหรับเชื่อมโยงไปยังแบบฝึกหัดบทต่างๆ

4.5.2 แบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ

4.5.3 แบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การประมาณค่า

4.5.4 แบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การทดสอบสมมติฐาน

4.5.5 แบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน จำนวน 5 ข้อ

เฉลยแบบฝึกหัดเรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

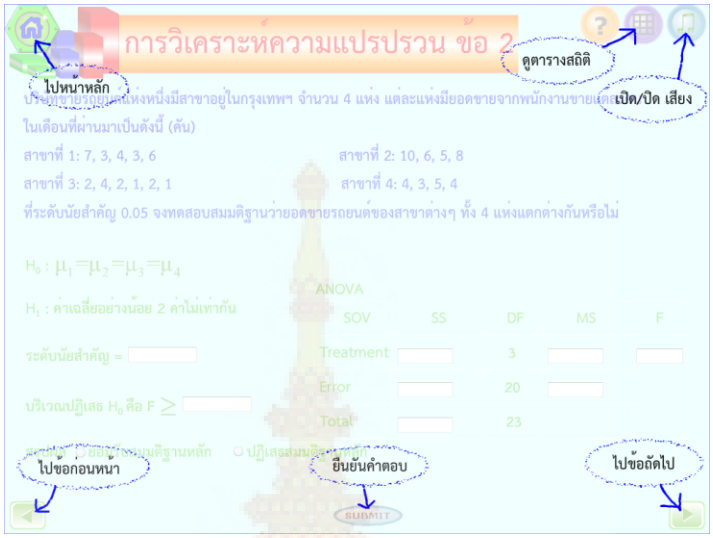
ตัวอย่างแบบฝึกหัดออนไลน์

หน้าจอเมนูหลัก

หน้าจอเมนูหลัก ผู้เรียนสามารถเลือกแบบฝึกหัดที่สนใจได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. หน้าหลัก 2. แบบฝึกหัดแต่ละเรื่อง และ3. About Me

ภาพที่ 4- 1 หน้าจอเมนูหลัก

หน้าจอวิธีใช้



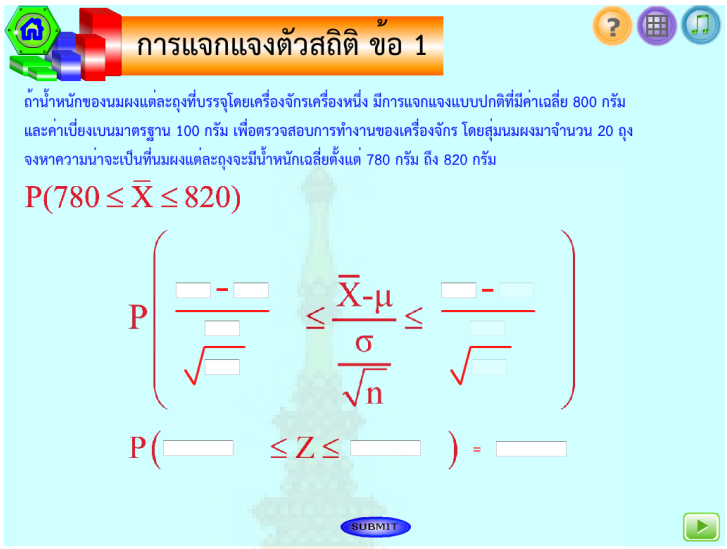
ภาพที่ 4- 2 หน้าจอวิธีใช้

หน้าจอ About Me

ที่หน้าจอเมนูหลัก เมื่อคลิกปุ่ม About Me โปรแกรมจะเข้าสู่หน้าจอของ About Me

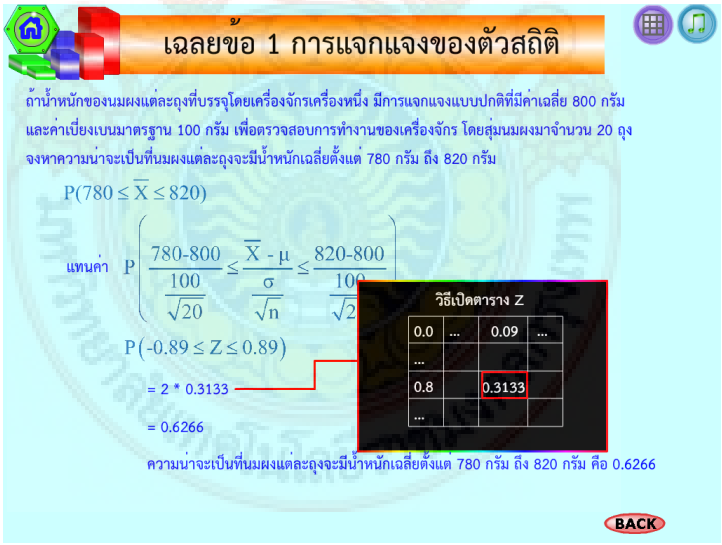
ภาพที่ 4- 3 หน้าจอ About Me

แบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ



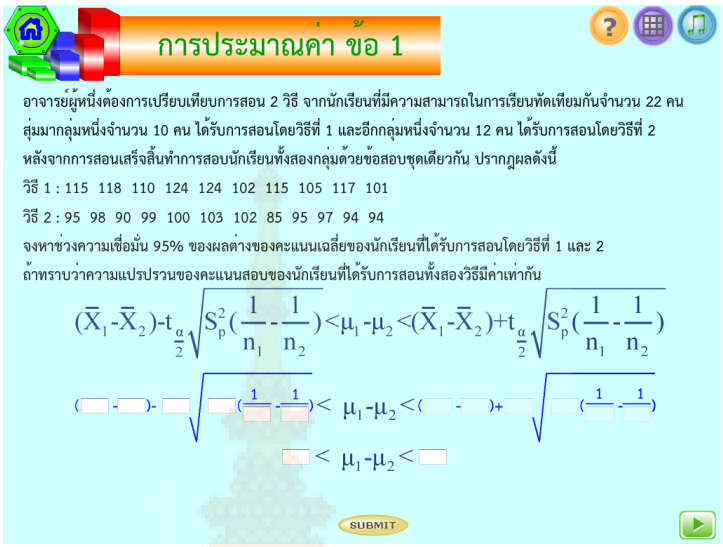
ภาพที่ 4- 4 แบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ



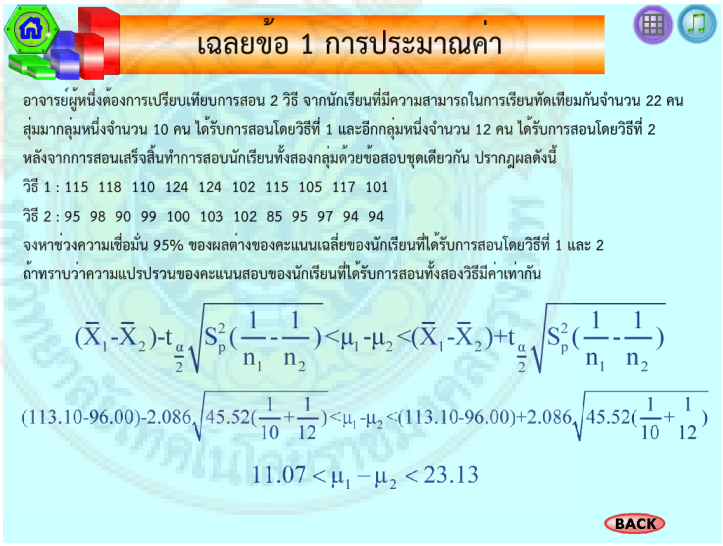
ภาพที่ 4- 5 หน้าจอเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงตัวสถิติ

แบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า



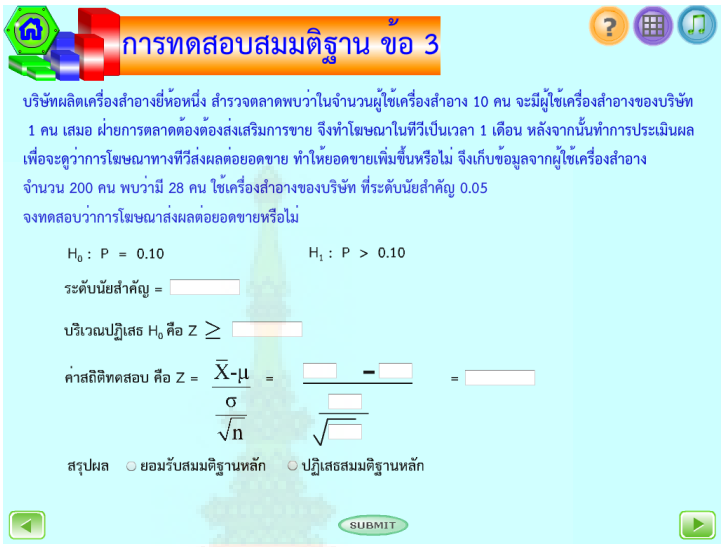
ภาพที่ 4- 6 หน้าจอแบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า



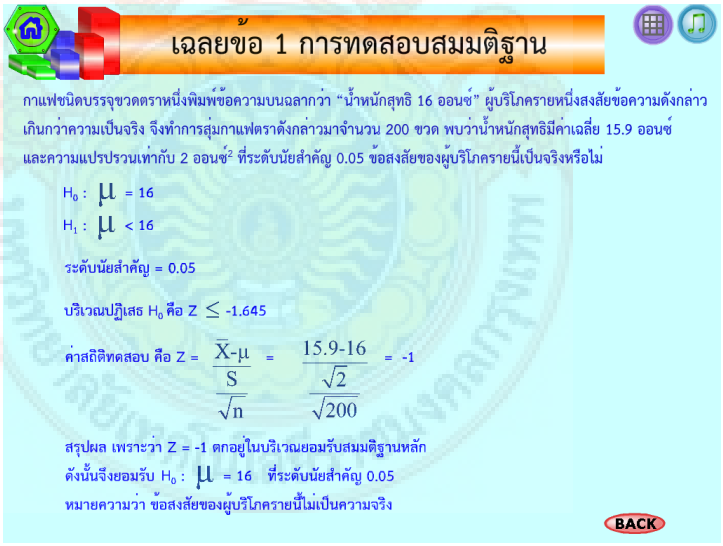
ภาพที่ 4- 7 หน้าจอเฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า

แบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน



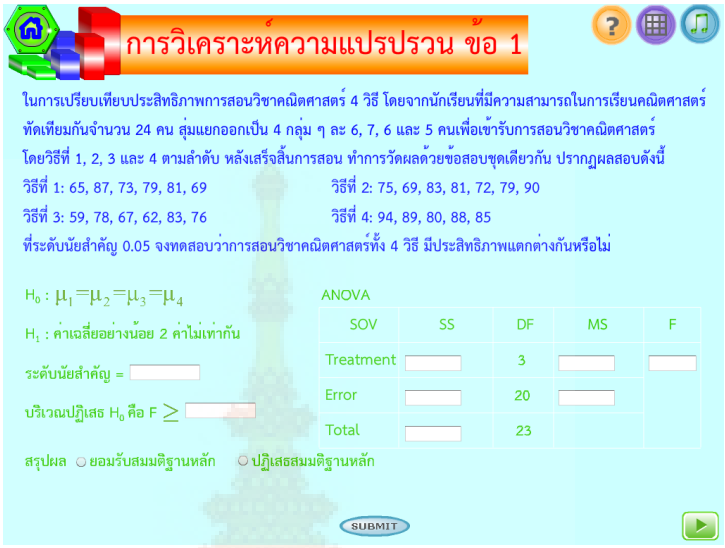
ภาพที่ 4- 8 แบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน



ภาพที่ 4- 9 หน้าจอแบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน

แบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน



ภาพที่ 4- 10 แบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ภาพที่ 4- 11 เฉลยแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ตารางทางสถิติ

Z T X^2 F close

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817

ภาพที่ 4- 12 หน้าจอตารางทางสถิติ

4.6 ตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดของโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ และประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหา ความถูกต้องของคำตอบ การสะกดคำ การลำดับของเนื้อหา และตรวจสอบการทำงานของการเชื่อมโยงของโปรแกรม แล้วทำการแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งผลประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4- 8 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
1.1 เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.00	0.00	ดี
1.2 การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัด	4.00	0.00	ดี
1.3 ความถูกต้องของแบบฝึกหัด	4.00	0.00	ดี
1.4 ความน่าสนใจของแบบฝึกหัด	4.00	0.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.00**	**0.00**	**ดี**

จากตารางที่ 4-8 พบว่า เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์อยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) ความถูกต้องของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) ความน่าสนใจของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) และเมื่อรวมด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00)

ตารางที่ 4- 9 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการส่งเสริมของสื่อ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
2.1 สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจ	4.33	0.58	ดี
2.2 สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติม	3.67	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.00**	**0.63**	**ดี**

จากตารางที่ 4-9 พบว่า สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติมอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.58) และเมื่อรวมด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 4- 10 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการออกแบบหน้าจอ โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจน	4.67	0.58	ดี
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสม	4.33	0.58	ดี
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	3.67	0.58	ดี
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ	3.67	0.58	ดี
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจอ	3.67	0.58	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.00**	**0.65**	**ดี**

จากตารางที่ 4-10 พบว่า แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจนอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58) ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสมอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ความเหมาะสมของสีตัวอักษรอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.58) ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ อยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.58) ความเหมาะสมของการเลือกใช้สี

หน้าจออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 3.67, S.D. = 0.58) และเมื่อรวมด้านการออกแบบหน้าจออยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.65)

ตารางที่ 4- 11 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	**ค่าเฉลี่ย** $\overline{X}$	**ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)**	**ระดับประเมิน**
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจน	4.33	0.58	ดี
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัด	4.33	0.58	ดี
4.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด	4.33	0.58	ดี
4.4 ความยากง่ายของแบบฝึกหัด	4.00	0.00	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.25**	**0.45**	**ดี**

จากตารางที่ 4-11 พบว่า คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจนอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัดอยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58) ความยากง่ายของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) และเมื่อรวมด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.45)

ตารางที่ 4- 12 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รวมทุกด้าน โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อด้านที่การประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	4.00	0.00	ดี
2. ด้านการส่งเสริมของสื่อ	4.00	0.63	ดี
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ	4.00	0.65	ดี
4. ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด	4.25	0.45	ดี
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	**4.07**	**0.50**	**ดี**

จากตารางที่ 4-12 พบว่าด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.45) ด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63) ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.65) และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.50)

4.7 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและประเมินผลแบบฝึกหัดออนไลน์

โดยให้นักศึกษาที่กำลังศึกษาหรือผ่านการศึกษาในรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รหัสวิชา 5-010-201 (Statistical Analysis in Business) เปิดสอนสำหรับนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ ทุกสาขาวิชา ชั้นปีที่ 3 ขึ้นไป จำนวน 40 คน เป็นผู้ประเมิน ซึ่งแบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ จำนวนกลุ่มละ 20 คน หลังจากจบการเรียนการสอนหัวข้อนั้นๆ ตามปกติในห้องเรียนแล้ว ให้กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ทำการศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้งสองกลุ่มทำข้อสอบ เพื่อนำคะแนนทั้งสองกลุ่มนี้มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4- 13 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	20	33.70	2.89	11.540	3.82
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	20	28.75	5.35	(0.002)	(0.001)**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-13 ผลการศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 (t = 3.82, p-value = 0.001) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 33.70 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.89 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 28.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 5.35 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์นี้ รายละเอียดของข้อมูลคะแนนสอบระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ แสดงไว้ภาคผนวก ง. (หน้า 121)

ตารางที่ 4- 14 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50-4.00

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	6	36.33	2.25	2.356	2.56
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	6	33.67	1.21	(0.156)	(0.029)*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4-14 ผลการศึกษากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.50-4.00 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (t = 2.56, p-value = 0.029) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 36.33 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.25 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 33.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.21 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ตารางที่ 4- 15 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.00-3.49

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	8	34.00	1.85	0.563	3.48
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	8	29.75	2.92	(0.465)	(0.004)**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-15 ผลการศึกษากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.00-3.49 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 (t = 3.48, p-value = 0.004) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 34.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.85 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 29.75 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.92 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ตารางที่ 4- 16 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50-2.99

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	6	30.67	1.51	0.253	8.14
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	6	21.67	2.25	(0.626)	(0.000)**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-16 ผลการศึกษากลุ่มที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.50-2.99 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 (t = 8.14, p-value = 0.000) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 30.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 1.51 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 21.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.25 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติที่สร้างขึ้น ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ตารางที่ 4- 17 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม แยกตามเพศชายและกลุ่มเพศหญิง

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
เพศชาย	10	33.80	2.49	0.392	0.15
เพศหญิง	10	33.60	3.37	(0.539)	(0.882)

จากตารางที่ 4-17 ผลการศึกษากลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเพศชายกับเพศหญิง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 (t = 0.15, p-value = 0.882) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยเพศชาย มีค่าเท่ากับ 33.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.49 และเพศหญิง มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 33.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3.37 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้นจะเห็นว่าเพศไม่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ 4- 18 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศชาย

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	10	33.80	2.49	7.887	3.25
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	10	27.60	5.50	(0.012)	(0.007)**

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 4-18 ผลการศึกษาเฉพาะเพศชาย พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 (t = 3.25, p-value = 0.007) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัด

ออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 33.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 2.49 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 27.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 5.50 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้น ทำให้เพศชายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ตารางที่ 4- 19 แสดง จำนวน คะแนนเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า F และค่า t ของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศหญิง

กลุ่ม	จำนวน N	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ค่า F (p-value)	ค่า t (p-value)
กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม	10	33.60	3.37	2.31	2.10
กลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์	10	29.40	5.34	(0.146)	(0.050)*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4-19 ผลการศึกษาเฉพาะเพศหญิง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($t = 2.10$, p-value = 0.050) และเมื่อพิจารณาคะแนนสอบเฉลี่ย ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม มีค่าเท่ากับ 33.60 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 3.37 และกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ มีคะแนนสอบเฉลี่ยเท่ากับ 29.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 5.34 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ที่สร้างขึ้น ที่สร้างขึ้นจะเห็นว่าเพศหญิงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ส่วนการประเมินผลการใช้งาน ให้นักศึกษากลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ทดลองใช้โปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ แล้วทำการประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงต่อไป โดยประเมิน 4 ด้าน ได้แก่

- ด้านเนื้อหาของแบบฝึกหัด
- ด้านการส่งเสริมของสื่อ
- ด้านการออกแบบจอภาพ
- ด้านการจัดการบทเรียนของแบบฝึกหัด

ซึ่งได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4- 20 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
1.1 เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.55	0.50	ดีมาก
1.2 การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัด	4.50	0.50	ดีมาก
1.3 ความถูกต้องของแบบฝึกหัด	4.50	0.50	ดีมาก
1.4 ความน่าสนใจของแบบฝึกหัด	4.45	0.50	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.50**	**0.50**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4-20 พบว่า เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์อยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.50) การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.50) ความถูกต้องของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.50) ความน่าสนใจของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.45, S.D. = 0.50) และเมื่อรวมด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.50)

ตารางที่ 4- 21 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการส่งเสริมของสื่อ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
2.1 สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจ	4.30	0.64	ดี
2.2 สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติม	3.90	0.70	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.10**	**0.71**	**ดี**

จากตารางที่ 4-21 พบว่า สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.64) สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติมอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 3.90, S.D. = 0.70) และเมื่อรวมด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.71)

ตารางที่ 4- 22 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการออกแบบหน้าจอ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจน	4.45	0.45	ดี
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสม	4.50	0.45	ดีมาก
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	4.30	0.77	ดี
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ	4.25	0.67	ดี
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจอ	4.00	0.77	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.30**	**0.72**	**ดี**

จากตารางที่ 4-22 พบว่า ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสมอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.45, S.D. = 0.45) แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจนอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.45) ความเหมาะสมของสีตัวอักษรอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.77) ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ อยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.67) ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจออยู่ระดับพอใช้($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.77) และเมื่อรวมด้านการออกแบบหน้าจออยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.72)

ตารางที่ 4- 23 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจน	4.70	0.46	ดีมาก
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัด	4.55	0.50	ดีมาก
4.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด	4.70	0.46	ดีมาก
4.4 ความยากง่ายของแบบฝึกหัด	4.60	0.49	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.64**	**0.48**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4-23 พบว่า คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจนอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.46) ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.70, S.D. = 0.46) ความยากง่ายของแบบฝึกหัดอยู่ระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.49) ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัดอยู่ระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.55, S.D. = 0.50) และเมื่อรวมด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.48)

ตารางที่ 4- 24 แสดงผลการประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รวมทุกด้าน

หัวข้อด้านที่การประเมิน	ค่าเฉลี่ย $\overline{X}$	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	ระดับประเมิน
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ	4.50	0.50	ดีมาก
2. ด้านการส่งเสริมของสื่อ	4.10	0.71	ดี
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ	4.30	0.72	ดี
4. ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด	4.64	0.48	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน	**4.36**	**0.62**	**ดี**

จากตารางที่ 4-24 พบว่าด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.48) ด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.50) ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.72) ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.71) และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.36, S.D. = 0.62)

4.8 จัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์

เมื่อได้ทำการประเมินแบบฝึกหัดออนไลน์แล้ว ได้จัดทำคู่มือประกอบการใช้โปรแกรม ซึ่งคู่มือประกอบด้วย การแนะนำโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ อุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้งานโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ การติดตั้งโปรแกรมแบบฝึกหัดออนไลน์ และวิธีการเข้าสู่แบบฝึกหัดออนไลน์ ดังรายละเอียดในภาคผนวก จ. (หน้า 131)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับแบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐาน และการวิเคราะห์ความแปรปรวน และพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ซึ่งเป็นสื่อการสอน(CAI: COMPUTER AIDED INSTRUCTION) ประเภทแบบฝึกทักษะและแบบฝึกหัด(Drill and Practice) เป็นโปรแกรมแบบการฝึกหัดมีรูปแบบต่างๆ เช่น แบบเติมตัวเลข แบบตัวเลือก เป็นต้น ซึ่งใช้ทบทวนหลังจากเรียนรู้เนื้อหานั้นมาแล้ว โดยแบ่งออกเป็น 4 เรื่อง คือ แบบฝึกหัด เรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ แบบฝึกหัด เรื่อง การประมาณค่า แบบฝึกหัด เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน และแบบฝึกหัด เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ โปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนา ได้แก่ โปรแกรม Macromedia Flash เป็นโปรแกรมหลักในการพัฒนา โปรแกรม Adobe Illustrator และAdobe Photoshop ใช้ในการตกแต่งภาพ แล้วพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ มีรูปแบบไม่เป็นเชิงเส้นตรง คือ ผู้เรียนสามารถเลือกหัวข้อแบบฝึกหัดได้ตามสนใจ โดยที่แต่ละบทของแบบฝึกหัดสามารถเชื่อมโยงถึงกันได้ทุกเรื่อง ผู้เรียนสามารถเลือกแบบฝึกหัดเรื่องใดก่อนก็ได้ แบบฝึกหัดมีลักษณะเติมตัวเลขลงไปในช่องว่าง และเลือกคำตอบที่ถูกต้อง เมื่อยืนยันคำตอบแล้วจะสามารถทราบได้ว่าคำตอบนั้นทันทีว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแบบฝึกหัดเสริมเพิ่มเติมความรู้นอกห้องเรียนหลังจากที่เรียนหัวข้อนั้นๆ แล้ว ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจยิ่งขึ้น สามารถเพิ่มเติมและทบทวนความรู้แก่นักศึกษาตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป

การประเมินแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ทดลองใช้และประเมิน 4 ด้าน ผลสรุปคือ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.25, S.D. = 0.45) ด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.00) ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63) ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.00, S.D. = 0.65) และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.50) และได้ให้นักศึกษาที่กำลังศึกษาหรือผ่านการศึกษาในรายวิชา 5-010-201 เปิดสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 3 ขึ้นไป คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จำนวน 40 คน เป็นผู้ประเมิน การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มที่

ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ได้แบ่งนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ กับกลุ่มที่ไม่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ จำนวนกลุ่มละ 20 คน หลังจากจบการเรียนการสอนหัวข้อนั้นๆ ตามปกติในห้องเรียนแล้ว ให้กลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ทำการศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม หลังจากนั้นให้นักศึกษาทั้งสองกลุ่มทำข้อสอบชุดเดียวกัน เพื่อนำคะแนนทั้งสองกลุ่มนี้มาเปรียบเทียบกัน ผลสรุปคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01(p-value < 0.01) หมายความว่าแบบฝึกหัดออนไลน์นี้ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ส่วนการประเมินผลการใช้งานให้นักศึกษาทั้ง 40 คน ทำการประเมินผลการใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงต่อไป โดยประเมิน 4 ด้าน ผลสรุปคือ ด้านการจัดการในแบบฝึกหัดอยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.48) ด้านเนื้อหาและการนำเสนออยู่ในระดับดีมาก($\overline{X}$ = 4.50, S.D. = 0.50) ด้านการออกแบบหน้าจออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.30, S.D. = 0.72) ด้านการส่งเสริมของสื่ออยู่ระดับดี($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.71) และเมื่อรวมทุกด้านอยู่ในระดับดี($\overline{X}$ = 4.36, S.D. = 0.62)

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 จากผลการวิจัยครั้งนี้ ปรากฏว่า แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจริง ทั้งนี้อาจเนื่องจาก

5.2.1.1 แบบฝึกหัดออนไลน์ เป็นวิธีการสอนแบบใหม่ที่แตกต่างไปจากวิธีการสอนอื่นๆ ทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนที่แปลกใหม่ นักศึกษาจะมีความกระตือรือร้น มีความเพลิดเพลินและมองเห็นประโยชน์ที่ได้รับ

5.2.1.2 แบบฝึกหัดออนไลน์ สามารถเรียนรู้และฝึกฝนได้ช้าหรือเร็วตามความสามารถของนักศึกษาแต่ละคน นักศึกษามีความมั่นใจที่จะตอบคำถามไม่ว่าถูกหรือผิด เพราะตนเองเป็นผู้ประเมินผลการเรียน

ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับผลของการวิจัยของ สุวิทย์ เสวรันต์ ได้ทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา สถิติธุรกิจ” ผลการวิจัยปรากฏว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01 ดังนั้นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่สร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิผล สอดคล้องกับผลของการวิจัยของ นุชรี ปุตระเศรณี ได้ทำวิจัยเรื่อง “ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล” โดยเลือกนักศึกษาแพทย์ที่มีเกรดเฉลี่ย 2.5 – 3.0 แบ่งนักศึกษาแพทย์ออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 6 คน กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนจากอาจารย์และเรียน

เสริมด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพียงอย่างเดียว และกลุ่มทดลองที่ 3 ศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง แล้วให้นักศึกษาแพทย์ทั้ง 3 กลุ่ม ทำแบบทดสอบก่อนเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ผลการวิจัยปรากฏว่า นักศึกษาแพทย์กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และคะแนนความคิดเห็นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างนักศึกษาแพทย์ทั้ง 3 กลุ่ม ปรากฏว่านักศึกษาแพทย์กลุ่มที่ 1 และ 2 มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่ 3 นั่นคือ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเอง และสอดคล้องกับผลของการวิจัยของ บุญเรือน พฤกษ์ศศิธร ได้ทำวิจัยเรื่อง “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในรายวิชาโครงสร้างข้อมูล เรื่อง การเรียงลำดับและการค้นหาข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี” ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเนื้อหาของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 และสูงกว่าผู้ที่ไม่ได้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 เช่นกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 สำหรับการพัฒนาต่อไป ควรมีการพัฒนาแบบฝึกหัดออนไลน์ให้สามารถรองรับทุกระบบปฏิบัติการ

5.3.2 สำหรับการพัฒนาต่อไป ควรมี 2 ภาษา คือ ภาษาไทย สำหรับนักศึกษาไทย และภาษาอังกฤษ สำหรับนักศึกษาต่างชาติที่สนใจศึกษาและเพื่อรองรับประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

5.3.3 จากผลการวิจัย พบว่า แบบฝึกหัดออนไลน์สามารถนำไปใช้เป็นสื่อการศึกษาเพื่อเสริมความรู้ให้แก่นักศึกษาได้ และนักศึกษามีความพึงพอใจต่อการทำแบบฝึกหัดออนไลน์ ดังนั้น จึงควรสนับสนุนให้มีการพัฒนาสำหรับรายวิชาอื่นให้หลากหลายกลุ่มสาระการเรียนรู้

5.3.4 การสร้างและพัฒนาสื่อมีต้นทุนสูงและใช้เวลามาก ดังนั้นการเลือกเนื้อหาที่นำมาพัฒนาควรเป็นเนื้อหาที่เป็นนามธรรมสูงหรือมีความยากและซับซ้อน ส่วนเนื้อหาที่ง่ายและไม่ซับซ้อน ควรใช้สื่ออื่นที่ประหยัดกว่า

บรรณานุกรม

กังวล เทียนกัณฑ์เทศน์. “การวัด การวิเคราะห์ การประเมินทางการศึกษาเบื้องต้น.” *ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ*, หน้า 28-192, 2529.

กัลยา วานิชย์บัญชา. *การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ภาควิชา สถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

กำพล ลีลาภรณ์. *Flash Actionscript*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : โปรวิชั่น, 2551.

ชูศักดิ์ เพรสคอทท์. “การผลิตคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.” *ประมวลสาระชุดวิชาประสบการณ์วิชาชีพมหาบัณฑิตเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา*, หน่วยที่ 11 หน้า 29-35. นนทบุรี : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2539.

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์. *สถิติพื้นฐาน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น : ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2543.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. *คอมพิวเตอร์ช่วยสอน*. กรุงเทพฯ : วงศ์กมล โปรดักชั่น, 2542.

ถนอมพร เลาหจรัสแสง. *Design e-learning : หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อการเรียนการสอน*. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2545.

ทักษิณา วิไลลักษณ์. *“การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชาคณิตศาสตร์ ค.012 เรื่องฟังก์ชันและสถิติ.”* วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

ทักษิณา สวนานนท์. *คอมพิวเตอร์ช่วยสอน (CAI) คอมพิวเตอร์รีวิว 3*. กรุงเทพฯ : บริษัทแมนกรุ๊ปอินเตอร์เนชั่นแนล, 2529.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. *คู่มือการพัฒนาแอพพลิเคชั่นด้วย Visual C# 2010*. กรุงเทพฯ : ซิมพลิฟาย, 2554.

ธันย์ชนก สงรักษา. “*ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) ของนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 ในการเรียนวิชาการบาดเจ็บของกระดูกสันหลัง ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิคส์ฯ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.*” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเวชนิทัศน์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2554.

นิภา อุตมฉันท์. *การผลิตสื่อโทรทัศน์และสื่อคอมพิวเตอร์ : กระบวนการสร้างสรรค์และเทคนิคการผลิต*. กรุงเทพฯ : บุ๊ค พอยท์, 2544.

บรรณานุกรม (ต่อ)

นุชรี ปุตระเศรณี. "*ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.*" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเวชนิทัศน์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2535.

บุญชม ศรีสะอาด. "การพัฒนาการสอน." *สุวีริยาสาส์น*, หน้า 24-83, 2541.

บุญเรือน พฤกษ์ศศิธร. "*การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในวิชาโครงสร้างข้อมูล เรื่อง การเรียงลำดับและการค้นหาข้อมูล ระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏรำไพพรรณี.*" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล, 2544.

มนัสสินี ล่ำสันเทียะ. *Flash Animation ออกแบบและสร้างภาพเคลื่อนไหวให้การ์ตูนอย่างมีชีวิตชีวา*. กรุงเทพฯ : รีไวว่า, 2555.

ยืน ภู่วรวรรณ, และสมชาย นำประเสริฐชัย. *ไอซีที เพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2546.

วุฒิชัย ประสารสอย. *บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นวัตกรรมเพื่อการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วน วี เจ พริ้นติ้ง, 2543.

ศักดา ไชกิจภิญโญ. "คอมพิวเตอร์ช่วยสอน." *วารสารส่งเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอน*. 4, 1 (พฤษภาคม-สิงหาคม 2536) : 9-26.

ศุภชัย สมพานิช. *Basic iOS App Development*. นนทบุรี, 2556.

ศรีศักดิ์ จามรมาน. *การเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วย*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล, 2532.

สมรัก ปริยะวาที. *สร้างสื่อบทเรียน Multimedia Online แบบมืออาชีพ Volume 2*. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2555.

สราญ ปริสุทธิกุล. *Authorware*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซัคเซส มีเดีย, 2548.

สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย. *ประมวลการสอนชุดวิชา ทฤษฎีและแนวปฏิบัติในการบริหารการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2540.

สุมาลี จันทร์ชล. "การวัดและประเมินผล." *ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ*, หน้า 37-86, 282-283, 2542.

สุวิทย์ เสวรันต์. "*การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน วิชา สถิติธุรกิจ.*" วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

บรรณานุกรม (ต่อ)

อิศเรศ ภาชนะกาญจน์. *หัดสร้างแอนิเมชันด้วย Flash 8 ฉบับมือใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : ไอดีซีฯ, 2549.

Anderson, T.P. Using models of Instruction. In C.R. Dills and A.J. RomisZowski (eds.), Instructional development paradigms. Englewood Cliffs, NJ : Education Technology Publications, 1997.

Bowerman, O'Connell, and Murhpree. *Business Statistics in Practice*. 7th Edition. Mc Graw-Hill International Edition, 2014.

Bowerman, O'Connell, Murhpree, and Orris. *Essentials of Business Statistics*. 5th Edition. Mc Graw-Hill International Edition, 2014.

Groebner Shannon Fry. *Business Statistics*. 9th Edition. Pearson New International Edition, 2014.

Stine Foster. *Statistics for Business*. 2nd Edition. Pearson New International Edition, 2014.

ภาคผนวก ก
แบบสอบถามความต้องการ

แบบสอบถามความต้องการ
แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

การศึกษาความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ สำหรับนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ สำหรับนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับสอบถามความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์
2. แบบสอบถามชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

    ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์

    ตอนที่ 2 เรื่องของแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่ต้องการให้พัฒนา

    ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

3. ขอความกรุณาให้ท่านได้อ่านคำถามให้ชัดเจน แล้วตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านและกรุณาได้ตอบให้ครบทุกข้อ

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ข้อเท็จจริงที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนา ซึ่งผู้ศึกษาค้นคว้าจะเก็บข้อมูลของท่านให้เป็นความลับที่สุดและจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้านี้เท่านั้น

ผู้วิจัย นายนิกร กรรณิกากลาง

คณะ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

แบบสอบถามความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์

การศึกษาความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ สำหรับนักศึกษาคณะบริหารธุรกิจ

คำชี้แจง โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่เห็นว่าตรงกับความเห็นของท่าน

ตอนที่ 1 สภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม และความต้องการแบบฝึกหัดออนไลน์

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. เกรดเฉลี่ยสะสม .....

3. ท่านเคยเห็นหรือเคยศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่

☐ ไม่เคย ☐ เคย ระบุลิงค์ .....

4. ท่านต้องการให้มีแบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ หรือไม่

☐ ต้องการ เพราะ .....

☐ ไม่ต้องการ เพราะ .....(และคืนแบบสอบถาม)

5. ท่านต้องการให้แบบฝึกหัดออนไลน์ วิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ รองรับระบบใดมากที่สุด

☐ IOS ☐ Androids ☐ Windows Phone

ตอนที่ 2 เรื่องที่ต้องการให้พัฒนา โดยเรียงลำดับเรื่องที่อยากให้พัฒนา 4 อันดับแรก (1 คือ อยากให้พัฒนามากที่สุดเป็นอันดับแรก)

☐ การแจกแจงความน่าจะเป็นชนิดไม่ต่อเนื่อง

☐ การแจกแจงของตัวสถิติ

☐ การประมาณค่า

☐ การทดสอบสมมติฐาน

☐ การวิเคราะห์ความแปรปรวน

☐ การวิเคราะห์ถดถอยและสหสัมพันธ์

☐ อนุกรมเวลา

ตอนที่ 3 ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะ

.....

.....

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ข
แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ
แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพ แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์
2. แบบสอบถามชุดนี้ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

3. ขอความกรุณาให้ท่านได้อ่านคำถามให้ชัดเจน แล้วตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านและกรุณาได้ตอบให้ครบทุกข้อ

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ข้อเท็จจริงที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนา ซึ่งผู้ศึกษาค้นคว้าจะเก็บข้อมูลของท่านให้เป็นความลับที่สุดและจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้านี้เท่านั้น

ผู้วิจัย นายนิกร กรรณิกากลาง

คณะ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ
แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

คำชี้แจง โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่เห็นว่าตรงกับความเห็นของท่าน

ตอนที่ 1 ประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์

รายการประเมิน	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์					
1.2 การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัด					
1.3 ความถูกต้องของแบบฝึกหัด					
1.4 ความน่าสนใจของแบบฝึกหัด					
2. ด้านการส่งเสริมของสื่อ					
2.1 สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจ					
2.2 สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติม					
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ					
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจน					
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสม					
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ					
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจอ					
4. ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด					
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจน					
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัด					
4.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด					
4.4 ความยากง่ายของแบบฝึกหัด					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

……

……

ลงชื่อ .....

(_____)

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ สำหรับนักศึกษา

แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ
แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

สำหรับนักศึกษา

วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินคุณภาพ แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้ใช้สำหรับประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์
2. แบบสอบถามชุดนี้ แบ่งเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

3. ขอความกรุณาให้ท่านได้อ่านคำถามให้ชัดเจน แล้วตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความคิดเห็นของท่านและกรุณาได้ตอบให้ครบทุกข้อ

4. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ ข้อเท็จจริงที่ได้จากแบบสอบถามนี้จะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และมีความสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนา ซึ่งผู้ศึกษาค้นคว้าจะเก็บข้อมูลของท่านให้เป็นความลับที่สุดและจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้านี้เท่านั้น

ผู้วิจัย นายนิกร กรรณิกากลาง

คณะ บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

แบบสอบถามเพื่อประเมินคุณภาพ
แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

E-Practice for Statistical Analysis in Business Course

คำชี้แจง โปรดเติมเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่เห็นว่าตรงกับความเห็นของท่าน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. รหัสนักศึกษา .....

ตอนที่ 2 ประเมินคุณภาพแบบฝึกหัดออนไลน์

รายการประเมิน	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์					
1.2 การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัด					
1.3 ความถูกต้องของแบบฝึกหัด					
1.4 ความน่าสนใจของแบบฝึกหัด					
2. ด้านการส่งเสริมของสื่อ					
2.1 สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจ					
2.2 สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติม					
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ					
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจน					
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสม					
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร					
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ					
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจอ					
4. ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด					
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจน					
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัด					
4.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด					
4.4 ความยากง่ายของแบบฝึกหัด					

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

……

……

ขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

ภาคผนวก ง
ผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวัดผลสัมฤทธิ์ของแบบฝึกหัดออนไลน์

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	20	33.7000	2.88554	.64523
	NoEPactice	20	28.7500	5.35576	1.19759

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	11.540	.002	3.823	38	.000	5.20000	1.36034	2.44613	7.95387
	Equal variances not assumed			3.823	29.173	.001	5.20000	1.36034	2.41851	7.98149

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.00-3.50

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	6	36.3333	2.25093	.91894
	NoEPactice	6	33.6667	1.21106	.49441

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	2.356	.156	2.556	10	.029	2.66667	1.04350	.34161	4.99173
	Equal variances not assumed			2.556	7.671	.035	2.66667	1.04350	.24227	5.09107

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.49-3.00

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	8	34.0000	1.85164	.65465
	NoEPactice	8	29.7500	2.91548	1.03078

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	.563	.465	3.480	14	.004	4.25000	1.22109	1.63101	6.86899
	Equal variances not assumed			3.480	11.857	.005	4.25000	1.22109	1.58590	6.91410

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่มีเกรดเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.99-2.50

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	6	30.6667	1.50555	.61464
	NoEPactice	6	21.6667	2.25093	.91894

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	.253	.626	8.141	10	.000	9.00000	1.10554	6.53670	11.46330
	Equal variances not assumed			8.141	8.728	.000	9.00000	1.10554	6.48714	11.51286

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติม แยกตามเพศชายและกลุ่มเพศหญิง

Group Statistics

	Gender	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	Man	10	33.8000	2.48551	.78599
	Woman	10	33.6000	3.37310	1.06667

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	.392	.539	.151	18	.882	.20000	1.32497	-2.58367	2.98367
	Equal variances not assumed			.151	16.548	.882	.20000	1.32497	-2.60128	3.00128

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศชาย

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	10	33.8000	2.48551	.78599
	NoEPactice	10	27.6000	5.50151	1.73973

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	7.887	.012	3.248	18	.004	6.20000	1.90904	2.18925	10.21075
	Equal variances not assumed			3.248	12.527	.007	6.20000	1.90904	2.05988	10.34012

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์เพิ่มเติมและกลุ่มที่ไม่ได้ศึกษาแบบฝึกหัดออนไลน์ ที่เป็นเพศหญิง

Group Statistics

	Group	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ScoreSum	EPactice	10	33.6000	3.37310	1.06667
	NoEPactice	10	29.4000	5.33750	1.68787

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
ScoreSum	Equal variances assumed	2.305	.146	2.104	18	.050	4.20000	1.99666	.00516	8.39484
	Equal variances not assumed			2.104	15.200	.052	4.20000	1.99666	-.05092	8.45092

ผลการทดสอบความแตกต่างผลต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มที่มีเกรดแตกต่างกัน 3 กลุ่ม

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
4.00-3.50	12	35.0000	2.21565	.63960	33.5922	36.4078	32.00	40.00
3.49-3.00	16	31.8750	3.22232	.80558	30.1579	33.5921	25.00	37.00
2.99-2.50	12	26.1667	5.04225	1.45557	22.9630	29.3704	20.00	33.00
Total	40	31.1000	4.99641	.79000	29.5021	32.6979	20.00	40.00

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	484.183	2	242.092	18.302	.000
Within Groups	489.417	37	13.227		
Total	973.600	39			

Duncan

GradeGroup	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2.99-2.50	12	26.1667		
3.49-3.00	16		31.8750	
4.00-3.50	12			35.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13.263.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

Type I error levels are not guaranteed.

ผลการประเมินคุณภาพของแบบฝึกหัดออนไลน์

รายการประเมิน	จำนวนผู้ตอบแบบประเมิน					$\bar{X}$ (SD)	ระดับประเมิน
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ควรปรับปรุง	ไม่เหมาะสม		
	5	4	3	2	1		
1. ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ							
1.1 เนื้อหาแบบฝึกหัดครอบคลุมวัตถุประสงค์	22	18	-	-	-	4.55 (0.50)	ดีมาก
1.2 การจัดลำดับขั้นนำเสนอแบบฝึกหัด	20	20	-	-	-	4.50 (0.50)	ดีมาก
1.3 ความถูกต้องของแบบฝึกหัด	20	20	-	-	-	4.50 (0.50)	ดีมาก
1.4 ความน่าสนใจของแบบฝึกหัด	18	22	-	-	-	4.45 (0.50)	ดี
ค่าเฉลี่ยของ $\bar{X}$ (SD)						4.50 (0.50)	ดีมาก
2. ด้านการส่งเสริมของสื่อ							
2.1 สื่อได้เสริมสร้างความเข้าใจ	16	20	4	-	-	4.30 (0.64)	ดี
2.2 สื่อกระตุ้นให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติม	8	20	12	-	-	3.90 (0.70)	ดี
ค่าเฉลี่ยของ $\bar{X}$ (SD)						4.10 (0.71)	ดี
3. ด้านการออกแบบหน้าจอ							
3.1 แบบอักษรที่ใช้ในการนำเสนออ่านได้ชัดเจน	11	29	-	-	-	4.45 (0.45)	ดี
3.2 ขนาดตัวอักษรในการนำเสนอเหมาะสม	11	29	-	-	-	4.50 (0.45)	ดีมาก
3.3 ความเหมาะสมของสีตัวอักษร	18	14	8	-	-	4.30 (0.77)	ดี
3.4 ความชัดเจนของตัวอักษรบนพื้นหลังสีต่างๆ	9	22	9	-	-	4.25 (0.67)	ดี
3.5 ความเหมาะสมของการเลือกใช้สีหน้าจอ	10	16	14	-	-	4.00 (0.77)	ดี
ค่าเฉลี่ยของ $\bar{X}$ (SD)						4.30 (0.72)	ดี
4. ด้านการจัดการในแบบฝึกหัด							
4.1 คำอธิบายการปฏิบัติในแบบฝึกหัดชัดเจน	28	12	-	-	-	4.70 (0.46)	ดีมาก
4.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอแบบฝึกหัด	22	18	-	-	-	4.55 (0.50)	ดีมาก
4.3 ความเหมาะสมของจำนวนแบบฝึกหัด	28	12	-	-	-	4.70 (0.46)	ดีมาก
4.4 ความยากง่ายของแบบฝึกหัด	24	16	-	-	-	4.60 (0.49)	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยของ $\bar{X}$ (SD)						4.64 (0.48)	ดีมาก

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน

1. แตะ ICON สัญลักษณ์ แบบฝึกหัดออนไลน์ สำหรับรายวิชา การวิเคราะห์ธุรกิจเชิงสถิติ

ภาพ ICON จะแสดงบนหน้าจอ

ภาพหน้าจอแสดง ICON ต่างๆ

2. เมื่อเข้าสู่หน้าหลัก ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

ภาพแสดงหน้าหลัก (Home)

ภาพปุ่ม การแจกแจงของตัวสถิติ

ภาพปุ่ม การประมาณค่า

ภาพปุ่ม การทดสอบสมมติฐาน

ภาพปุ่ม การวิเคราะห์ความแปรปรวน

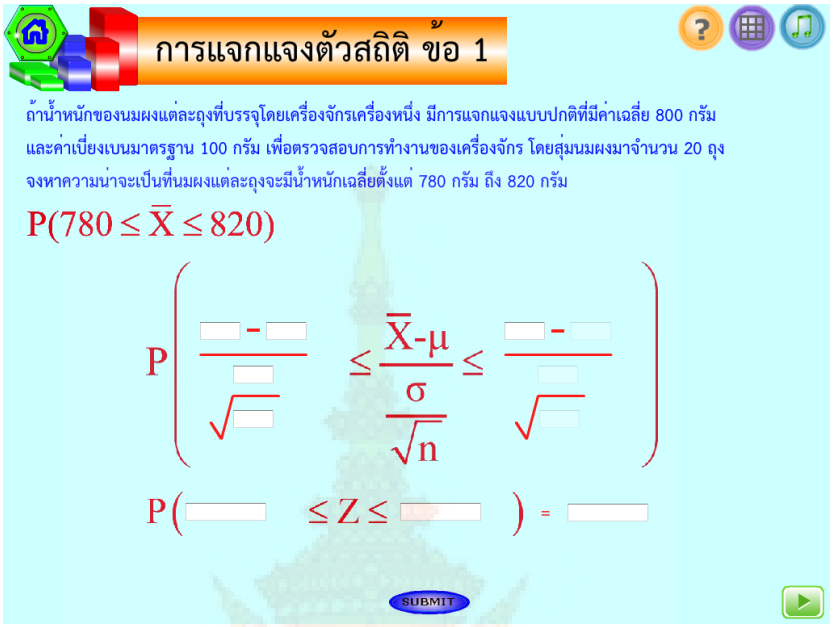
ภาพปุ่ม เปิด/ปิดเสียง

ภาพปุ่ม About Me

ภาพหน้าจอ About Me

ภาพปุ่ม กลับสู่หน้าหลัก

3. เมื่อเข้าสู่แบบฝึกหัด



ภาพหน้าจอแบบฝึกหัด

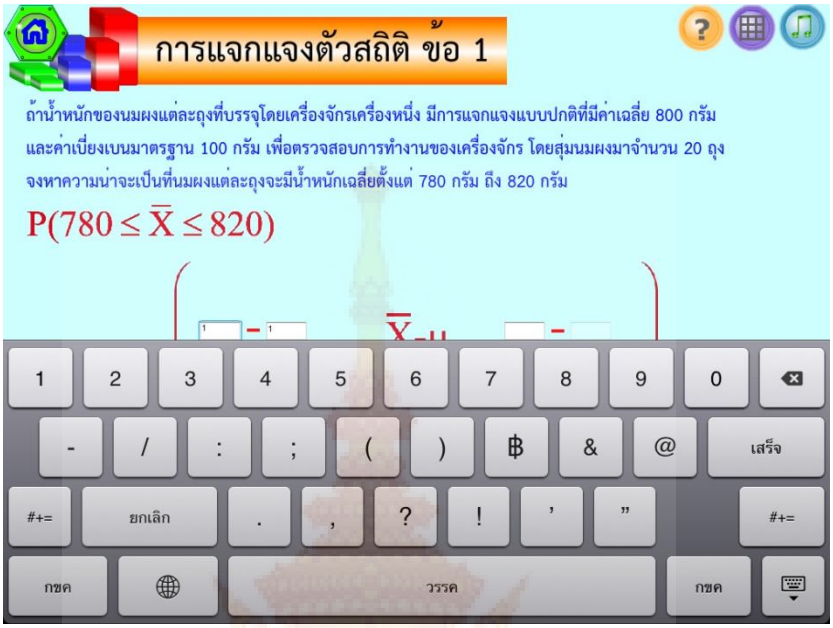
ภาพปุ่ม ไปข้อถัดไป

ภาพปุ่ม ไปข้อก่อนหน้า

ภาพปุ่ม กลับสู่หน้าหลัก

ภาพปุ่ม ดูตารางสถิติ

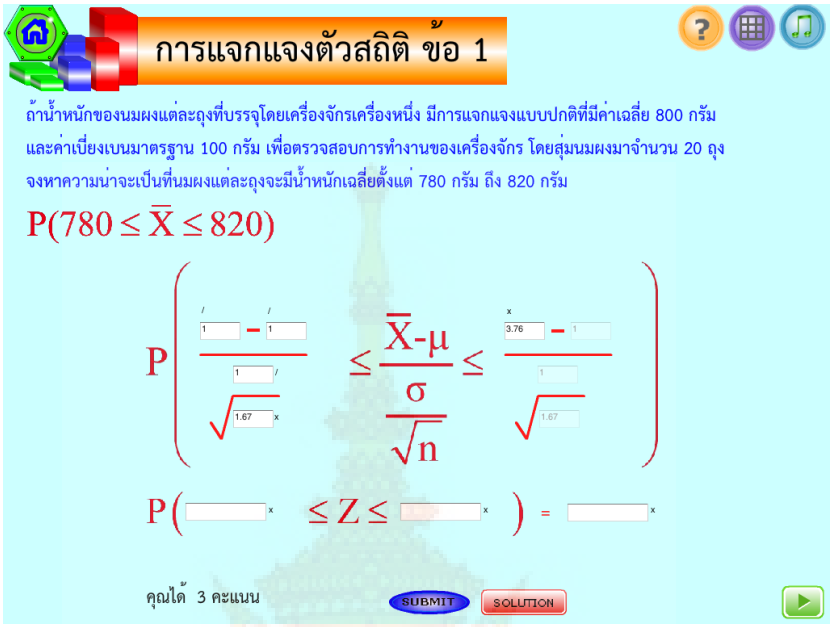
4. การทำแบบฝึกหัด



ภาพกรอกตัวเลขคำตอบลงไปในช่องกล่องข้อความ

ภาพปุ่ม ยืนยันคำตอบ

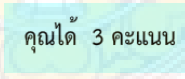
5. การแสดงผลคะแนน



ภาพแสดงการตรวจคำตอบ

ภาพแสดง คำตอบที่ถูกต้อง

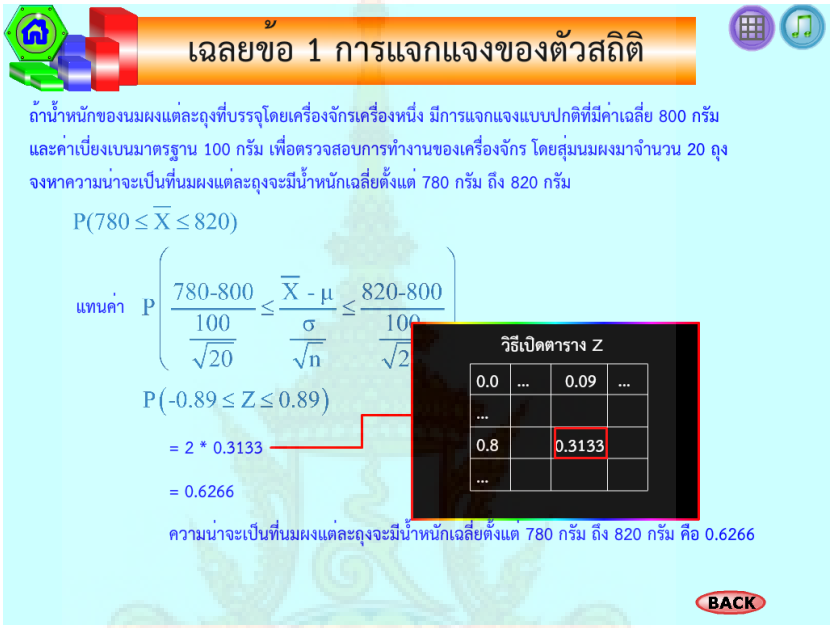
ภาพแสดง คำตอบที่ผิด



ภาพแสดงคะแนนรวม

6. การดูเฉลย

ภาพปุ่ม ดูเฉลยคำตอบ



ภาพหน้าจอเฉลย

ภาพปุ่ม กลับไปทำแบบฝึกหัดข้อเดิม

7. การดูตารางสถิติ

ภาพปุ่ม ดูตารางสถิติ

Z T X^2 F close

	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0398	0.0438	0.0478	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4812	0.4817

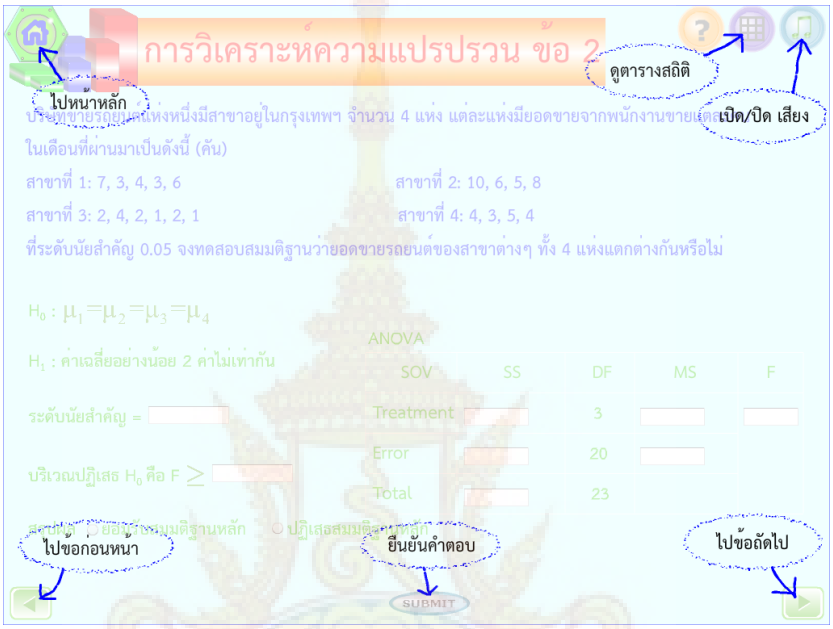
ภาพแสดงตารางสถิติ

close

ภาพปุ่ม ปิดตารางสถิติ

8. การขอความช่วยเหลือ

ภาพปุ่ม Help



ภาพหน้าจอ Help

ภาคผนวก ฉ

ข้อสอบ

ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

เรื่อง การแจกแจงของตัวสถิติ

1. พนักงานธนาคารพาณิชย์ 2 แห่ง มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 9400 บาท และ 9900 บาท ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 300 บาท และ 200 บาท ถ้าสุ่มพนักงานธนาคารที่ 1 และ 2 มาจำนวน 100 และ 50 คน จงหาความน่าจะเป็นที่พนักงานธนาคารที่ 2 มีรายได้เฉลี่ยมากกว่าพนักงานธนาคารที่ 1 อย่างน้อย 450 บาท

เรื่อง การประมาณค่า

2. ในการศึกษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ 2 ตรา โดยสุ่มแบตเตอรี่ตราที่ 1 และตราที่ 2 มาจำนวน 16 และ 13 ลูก บันทึกอายุการใช้งานปรากฏผลดังนี้ หน่วย: ชั่วโมง

ตราที่ 1:	85	90	84	82	85	86	87	86	89	88
	83	84	90	85	85	84				
ตราที่ 2:	85	74	79	75	73	83	84	80	83	75
	76	72	77							

จงหาช่วงความเชื่อมั่น 90% ของผลต่างของอายุการใช้งานเฉลี่ยของแบตเตอรี่ตราที่ 1 และตราที่ 2 ถ้าทราบว่าความแปรปรวนของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ทั้งสองตรามีค่าไม่เท่ากัน

เรื่อง การทดสอบสมมติฐาน

3. กาแฟชนิดบรรจุขวดตราหนึ่งพิมพ์ข้อความบนฉลากว่า “น้ำหนักสุทธิ 16 ออนซ์” ผู้บริโภครายหนึ่งสงสัยว่าข้อความดังกล่าวเกินกว่าความเป็นจริง จึงทำการสุ่มกาแฟตราดังกล่าวมาจำนวน 9 ขวด แล้วชั่งน้ำหนักได้ดังนี้ หน่วย: ออนซ์

15.6	15.8	16.2	16.3	15.9	15.5	15.9	16.0	15.8

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบว่าข้อสงสัยของผู้บริโภครายนี้เป็นความจริงหรือไม่

เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

5. ในการเปรียบเทียบอิทธิพลของชั้นวางของสินค้า 5 ระดับ ที่มีต่อยอดขายผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง โดยวางผลิตภัณฑ์ดังกล่าวบนชั้นต่าง ๆ ในห้างสรรพสินค้าครบทั้ง 5 ระดับ ๆ ละสัปดาห์ โดยระดับของชั้นที่จะวางเป็นไปโดยสุ่ม ปรากฏผลดังนี้ หน่วย: พันบาท / สัปดาห์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จงทดสอบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในแต่ละชั้นมียอดขายแตกต่างกันหรือไม่

ชั้นระดับสูงกว่าศีรษะ	7	7	15	11	9
ชั้นระดับสายตา	19	25	22	19	23
ชั้นระดับข้อมือ	14	18	18	19	19
ชั้นระดับเข่า	12	17	12	18	18
ชั้นระดับเท้า	7	10	11	15	11

ข้อสอบแบบฝึกหัดออนไลน์

เรื่องการแจกแจงของตัวสถิติ

1. ถ้าน้ำหนักของนมผงแต่ละถุงที่บรรจุโดยเครื่องจักรเครื่องหนึ่ง มีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย 800 กรัม และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 100 กรัม เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักร โดยสุ่มนมผงมาจำนวน 20 ถุง จงหาความน่าจะเป็นที่นมผงแต่ละถุงจะมีน้ำหนักเฉลี่ยตั้งแต่ 780 กรัม ถึง 820 กรัม

2. ถ้าทราบว่าร้อยละ 10 ของคนอายุตั้งแต่ 70 ปี ขึ้นไป จะเสียชีวิตภายใน 1 ปี บริษัทประกันภัยแห่งหนึ่งได้รับประกันชีวิตคนอายุตั้งแต่ 70 ปีขึ้นไป รวม 400 คน จงหาความน่าจะเป็นที่ลูกค้ากลุ่มนี้จะเสียชีวิตภายใน 1 ปี มากกว่าร้อยละ 13

3. ในการเล่นการพนันระหว่างนายแกละและนายจุกครั้งหนึ่ง โดยต่างโยนเหรียญเที่ยงตรง 50 เหรียญ คนละครั้ง และมีข้อตกลงว่านายแกละจะเป็นผู้ชนะถ้านายแกละโยนได้สัดส่วนของเหรียญที่หงายหัวมากกว่านายจุกอย่างน้อยร้อยละ 10 จงหาโอกาสที่นายแกละจะเป็นผู้ชนะในการพนันครั้งนี้

4. ถ้า S_1^2 และ S_2^2 เป็นความแปรปรวนของตัวอย่างขนาด 41 และ 25 ที่สุ่มมาโดยอิสระกันจาก 2 ประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีความแปรปรวน $\sigma_1^2 = 10$ และ$\sigma_2^2 = 15$ ตามลำดับ จงหา $P\left(\frac{S_1^2}{S_2^2}\right) > 1.26$

5. สุ่มหลอดไฟฟ้ามา 25 หลอด เพื่อทดสอบอายุการใช้งานของหลอดไฟ พบว่าความแปรปรวนเท่ากับ 84.5 ชั่วโมง^2 โดยมีค่าความแปรปรวนของหลอดไฟของประชากรเป็น 81.5 ชั่วโมง^2 จงหาความน่าจะเป็นของค่าความแปรปรวนของหลอดไฟฟ้าที่สุ่มมา จะมีค่าน้อยกว่า 61.5 ชั่วโมง^2

เรื่องการประมาณค่า

1. อาจารย์ผู้หนึ่งต้องการเปรียบเทียบการสอน 2 วิธี จากนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนทัดเทียมกันจำนวน 22 คน สุ่มมากลุ่มหนึ่งจำนวน 10 คน ได้รับการสอนโดยวิธีที่ 1 และอีกกลุ่มหนึ่งจำนวน 12 คน ได้รับการสอนโดยวิธีที่ 2 หลังจากการสอนเสร็จสิ้นทำการสอบนักเรียนทั้งสองกลุ่มด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน ปรากฏผลดังนี้

วิธี 1 :	115	118	110	124	124	102	115	105	117	101	
วิธี 2 :	95	98	90	99	100	103	102	85	95	97	94
	94										

จงหาช่วงความเชื่อมั่น 95% ของผลต่างของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีที่ 1 และ 2 ถ้าทราบว่าความแปรปรวนของคะแนนสอบของนักเรียนที่ได้รับการสอนทั้งสองวิธีมีค่าเท่ากัน

2. จากการสำรวจราคาห้องพักของโรงแรมต่างๆ ในบริเวณหาดชะอำ จำนวน 12 แห่ง พบว่า ราคาห้องพักเฉลี่ยเท่ากับ 769.17 บาท ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 320.35 บาท จงหาช่วงความเชื่อมั่น 99% ของราคาเฉลี่ยของห้องพักของโรงแรมบริเวณหาดชำอำ ถ้าทราบว่าราคาห้องพักของโรงแรมต่างๆ มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติ

3. จากการสำรวจประชาชนที่อาศัยในกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 คน พบว่า มีบ้านเป็นของตัวเอง 60 คน จงหาช่วงความเชื่อมั่น 90% ของสัดส่วนของประชากรที่มีบ้านอาศัยเป็นของตนเอง

4. สุ่มพนักงานในบริษัทแห่งหนึ่ง จำนวน 31 คน พบว่ารายได้มีความแปรปรวนเท่ากับ 25 บาท^2 จงหาช่วงความเชื่อมั่น 95% ของความแปรปรวนของรายได้พนักงานในบริษัทแห่งนี้ ถ้ารายได้ของพนักงานในบริษัทแห่งนี้มีการแจงแจงแบบปกติ

5. บริษัทจำหน่ายสบู่ตราหนึ่ง ต้องการศึกษาอิทธิพลของการโฆษณาสบู่ตราดังกล่าวทางโทรทัศน์ที่มีต่อการเพิ่มยอดขาย โดยการสุ่มจังหวัดมา 8 จังหวัด แล้วบันทึกยอดขายต่อเดือนก่อนและหลังการโฆษณาปรากฏดังนี้ หน่วย: หนึ่งหมื่นบาท/เดือน

ก่อนโฆษณา:	60	75	42	80	35	51	22	19
หลังโฆษณา:	65	82	45	90	37	57	25	22

จงหาช่วงความเชื่อมั่น 95% ของค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างยอดขายหลังและก่อนโฆษณา

เรื่องการทดสอบสมมติฐาน

1. กาแฟชนิดบรรจุขวดตราหนึ่งพิมพ์ข้อความบนฉลากว่า “น้ำหนักสุทธิ 16 ออนซ์” ผู้บริโภครายหนึ่งสงสัยข้อความดังกล่าวเกินกว่าความเป็นจริง จึงทำการสุ่มกาแฟตราดังกล่าวมาจำนวน 200 ขวด พบว่าน้ำหนักสุทธิมีค่าเฉลี่ย 15.9 ออนซ์ และความแปรปรวนเท่ากับ 2 ออนซ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ข้อสงสัยของผู้บริโภครายนี้เป็นจริงหรือไม่

2. ในการฝึกอบรมการลงบัญชีด้วยระบบคอมพิวเตอร์ของพนักงานในบริษัทแห่งหนึ่งจำนวน2 กลุ่ม ปรากฏว่า เมื่อสุ่มพนักงานกลุ่มแรก 10 คน สอบได้คะแนนเฉลี่ย 70 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12 คน กลุ่มที่สองจำนวน 15 คน สอบได้คะแนนเฉลี่ย 75 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15 คะแนน ถ้าคะแนนของทั้งสองประชากรมีการแจกแจงแบบปกติและมีความแปรปรวนเท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบว่าผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มแรกน้อยกว่ากลุ่มที่สองหรือไม่

3. บริษัทผลิตเครื่องสำอางยี่ห้อหนึ่ง สำรวจตลาดพบว่าในจำนวนผู้ใช้เครื่องสำอาง 10 คน จะมีผู้ใช้เครื่องสำอางของบริษัท 1 คน เสมอ ฝ่ายการตลาดต้องต้องส่งเสริมการขาย จึงทำโฆษณาในทีวีเป็นเวลา 1 เดือน หลังจากนั้นทำการประเมินผล เพื่อจะดูว่าการโฆษณาทางทีวีส่งผลต่อยอดขาย ทำให้ยอดขายเพิ่มขึ้นหรือไม่ จึงเก็บข้อมูลจากผู้ใช้เครื่องสำอาง จำนวน 200 คน พบว่ามี 28 คน ใช้เครื่องสำอางของบริษัท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบว่าการโฆษณาส่งผลต่อยอดขายหรือไม่

4. สมศรีต้องการลงทุนขายขนมหวาน โดยกำหนดไว้ว่าต้องขายได้อย่างน้อยวันละ 300 บาท กิจการจึงจะอยู่ได้ จึงทำการขายขนมหวาน 1 สัปดาห์ แล้วจดบันทึกยอดขายในแต่ละวันได้ดังนี้ 295 285 310 315 320 293 และ 275 บาท ตามลำดับ จงทดสอบว่าสมศรีจะสามารถดำเนินกิจการต่อไปนี้หรือไม่

5.นักวิจัยตลาดเก็บข้อมูลเนื้อหมูราคาต่อกิโลกรัมในห้างสรรพสินค้าและในตลาดสดเป็นเวลา 21 วัน พบว่า ราคาเนื้อหมูเฉลี่ยในห้างสรรพสินค้าราคากิโลกรัมละ 68 บาท ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5 บาท ส่วนราคาเนื้อหมูเฉลี่ยในตลาดสดราคากิโลกรัมละ 80 บาท ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8 บาท ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 จงทดสอบว่าค่าความแปรปรวนของราคาเนื้อหมูในตลาดทั้งสองแห่งแตกต่างกันหรือไม่

เรื่อง การวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสอนวิชาคณิตศาสตร์ 4 วิธี โดยจากนักเรียนที่มีความสามารถในการเรียนคณิตศาสตร์ทัดเทียมกันจำนวน 24 คน สุ่มแยกออกเป็น 4 กลุ่ม ๆ ละ 6, 7, 6 และ 5 คนเพื่อเข้ารับการสอนวิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ หลังเสร็จสิ้นการสอน ทำการวัดผลด้วยข้อสอบชุดเดียวกัน ปรากฏผลสอบดังนี้

วิธีสอน

1	2	3	4
65	75	59	94
87	69	78	89
73	83	67	80
79	81	62	88
81	72	83	85
69	79	76	
	90		

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบว่าการสอนวิชาคณิตศาสตร์ทั้ง 4 วิธี มีประสิทธิภาพแตกต่างกันหรือไม่

2. บริษัทขายรถยนต์แห่งหนึ่งมีสาขาอยู่ในกรุงเทพฯ จำนวน 4 แห่ง แต่ละแห่งมียอดขายจากพนักงานขายแต่ละคน ในเดือนที่ผ่านมาเป็นดังนี้

ยอดขายของแต่ละสาขา (คัน)

สาขา 1	สาขา 2	สาขา 3	สาขา 4
7	10	2	4
3	6	4	3
4	5	2	5
3	8	1	4
6		2	
		1	

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบสมมติฐานว่ายอดขายรถยนต์ของสาขาต่างๆ ทั้ง 4 แห่งแตกต่างกันหรือไม่

3. บริษัทบูรพาจำกัด มีตัวแทนจำหน่ายสินค้าประเภทคอมพิวเตอร์อยู่ในภูมิภาคต่างๆ 4 แห่ง พนักงานขายของบริษัทแต่ละแห่งมียอดขายสินค้าในเดือนที่ผ่านมาเป็นดังนี้

ยอดขายจำแนกตามภูมิภาค (เครื่อง)

ภาคเหนือ	ภาคใต้	ภาคกลาง	ภาคตะวันออก
94	75	70	68
90	68	73	70
85	77	76	72
80	83	78	65
	88	80	74
		68	65
		65	

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จงทดสอบสมมติฐานว่ายอดขายสินค้าของตัวแทนในภูมิภาคต่างๆ 4 แห่งแตกต่างกันหรือไม่

4. บริษัททักษิณจำกัด มีสาขาอยู่ในกรุงเทพมหานคร 3 แห่ง พนักงานขายสินค้าแต่ละคนขายสินค้าได้ดังตารางในเวลา 4 เดือน ที่ผ่านมา

ยอดขาย (แสนบาท)		
สาขา 1	สาขา 2	สาขา 3
20	12	25
15	18	28
24	10	30
18	15	32

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จงทดสอบว่าพนักงานขายสินค้าของแต่ละสาขามียอดขายสินค้าแตกต่างกันหรือไม่

5. ในการศึกษาความต้านทานแรงดึงของกระดาษที่มีปริมาณร้อยละของเยื่อกระดาษผสม 5 ระดับ วัดความต้านทานแรงดึงได้ ดังนี้ หน่วย: ปอนด์/ตารางนิ้ว

ร้อยละของเยื่อกระดาษ	ความต้านทานแรงดึง				
15	7	7	15	11	9
20	12	17	12	18	18
25	14	18	18	19	19
30	19	25	22	19	23
35	7	10	11	15	11

ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จงทดสอบว่า กระดาษที่มีปริมาณร้อยละของเยื่อกระดาษผสมทั้ง 5 ระดับ มีความต้านทานแรงดึงแตกต่างกันหรือไม่

ภาคผนวก ช

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายนิกร กรรณิกากลาง
   ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Nikorn Kannikaklang
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5 3020 90004 41 8
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงานพร้อมหมายเลขโทรศัพท์ และ e-mail
   สาขาระบบสารสนเทศ คณะบริหารธุรกิจ
   081-8078741
   nikorn.k@rmutk.ac.th
5. ประวัติการศึกษา วท.บ. (สถิติ), วท.ม. (เทคโนโลยีสารสนเทศ)