สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิเคราะห์ข้อมูลงานทดลองปัจจัยเดียวที่ซับซ้อนด้วยภาษา C

นาย ธวัชชัย พีชะพัฒน์

นางสาว สุพินดา วรมงคล

นาย มนตรี พาณิชย์เอกไพบูลย์

ปพ.
ว394ก
2535

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

ป1948558

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชา สถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การวิเคราะห์ข้อมูลงานทดลองปัจจัยเดียวที่ซับซ้อนด้วยภาษา C

โดย นาย ธวัชชัย พีชะพัฒน์
นางสาว สุพินดา วรมงคล
นาย มนตรี พาณิชย์เอกไพบูลย์

ภาควิชา สถิติประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.วีรศักดิ์ สุรพัฒน์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

(อ.วีรศักดิ์ สุรพัฒน์) หัวหน้าภาค

(อ.วีรศักดิ์ สุรพัฒน์) ประธานกรรมการ

(ผ.ศ.หัทยา เชี่ยววัฒกี) กรรมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(อ.บุญสิทธิ์ วารจันทร์) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชา สถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ **การวิเคราะห์ข้อมูลงานทดลองปัจจัยเดียวที่ซับซ้อนด้วยภาษา C**

นักศึกษา **นาย ชวัชชัย นีชะพัฒน์**
นางสาว สุพินดา วรมงคล
นาย มนตรี พาณิชย์เอกไพบูลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา **อาจารย์ วีรศักดิ์ สุรพัฒน์**

ภาควิชา **สถิติประยุกต์**

ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสถิติด้านการวางแผนการทดลอง ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในงานวิจัยหลายแขนง โดยเฉพาะงานวิจัย ที่มีการเปรียบเทียบสิ่งทดลองหลาย ๆ สิ่งทดลอง

โดยการวิเคราะห์ข้อมูล ในการวางแผนการทดลองนั้น จะใช้เทคนิคของการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อหาข้อสรุปจากแผนการทดลอง แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น มีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้เวลาค่อนข้างนานในการคำนวณ

ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้ผสานเทคโนโลยีอันทรงประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์เข้ากับทฤษฎีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ก่อเกิดเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน

โปรแกรมนี้สามารถคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ให้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำในเวลาอันรวดเร็ว อีกทั้งขั้นตอนการใช้โปรแกรม และการใส่ข้อมูลสะดวก และง่ายดาย นอกจากนั้นยังมีการแสดงผลลัพธ์ และการสรุปผลการทดลองที่ง่ายต่อการแปลผลอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งความสามารถของโปรแกรมดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ได้บรรจุอยู่ในแผ่นดิสค์ขนาด 360 KB เพียงแผ่นเดียว และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จะใช้เครื่อง IBM หรือ IBM Compatible ขนาด 16 bit ขึ้นไป มีหน่วยความจำ (RAM)ไม่น้อยกว่า 640 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title **Analysis of One Factor Experimental Data by C language**

Name **Tawatchai Peechapat**
Supinda Voramonkol
Montree Phanichekphaiboon

Special Project Advisor **Prof. Veerasak Surapat**

Department **Applied Statistics**

Acadamic Year **1991**

Abstract

Nowaday, Statistic in Experimental Design play importance role in many reseach, particularly that has comparison among the experiment.

In Experimental Design, data is analyzed by mean of "Analysis of Variance" (ANOVA) technique. But calculation process of ANOVA take long time and rather cumbersome.

Form this problem, we have an idea to employ computer program to overcome the problem.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This statistical package solves ANOVA problem efficiently in short time. Moreover this program has easy input-output system. Program is contained in 360 KB diskette, run on IBM or IBM compatible PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำขอขอบคุณ บุคคลดังต่อไปนี้ ที่ได้ช่วยในเรื่องต่าง ๆ ให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความเรียบร้อยยิ่งขึ้น

อาจารย์ วีรศักดิ์ สุรพัฒน์ ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ เป็นผู้ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือในเกือบทุก ๆ ด้านมาโดยตลอด

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หัทยา เชี่ยววัฒกี และ อาจารย์ บุญญสิทธิ์ วรจันทร์ ให้เกียรติเป็นกรรมการ และช่วยสอบทานปัญหาพิเศษฉบับนี้

นาย สาธิต ทองจีน และ นาย รวิ อุดมธานินทร์ ให้คำปรึกษาทางด้านการเขียนโปรแกรม

นาย สามารถ จรูญวุฒิธรรม ช่วยงานในด้านการพิมพ์ ปัญหาพิเศษฉบับนี้

นาย สาวัสดิ์ บุญยะเวศ ช่วยในการเรียบเรียง และขัดเกลาเนื้อหา Abstract

เพื่อน ๆ ภาควิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความช่วยเหลืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่าน ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ ให้มีความสามารถในการทำปัญหาพิเศษฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

นาย ธวัชชัย พีชะพัฒน์

นางสาว สุพินดา วรมงคล

นาย มนตรี พาณิชย์เอกไพบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหานิเศษภาษาไทย	ก-1
บทคัดย่อปัญหานิเศษภาษาอังกฤษ	ข-1
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง-1
สารบัญรูปภาพ	จ-1
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	62
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์	64
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ	116
ภาคผนวก	
- คู่มือการใช้โปรแกรม ANOVA	118
- คู่มือการใช้โปรแกรม INSET (โปรแกรมช่วยในการพิมพ์ผลลัพธ์จากหน้าจอ)	130
เอกสารอ้างอิง	135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1.1.1	ข้อมูลที่รวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำ เท่ากับ r	7
2-1.1.2	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD	9
2-1.1.3	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของCRDเมื่อมีจำนวนซ้ำ ไม่เท่ากัน	10
2-1.1.4	ข้อมูลที่รวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำ เท่ากับ r และภายในแต่ละซ้ำ หรือแต่ละหน่วยทดลองมีหน่วย ตัวอย่างย่อยเท่ากับ s	12
2-1.1.5	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อย	14
2-1.1.6	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อย ไม่เท่ากัน	16
2-1.1.7	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีจำนวนซ้ำ และ ตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน	18
2-1.2.1	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการทดลองแบบ RBD	20
2-1.2.2	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RBD	21
2-1.2.3	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน RBD t ทรีตเมนท์ จัดเป็น r บล็อค และแต่ละหน่วยทดลองมีตัวอย่างย่อย s ตัวอย่างย่อย	23
2-1.3.1	ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการทดลองแบบ LS	25
2-1.3.2	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ LS	27
2-1.3.3	ANOVA LS with sub-samples	29
2-2.1.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว แบบ RBD	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-2.1.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว แบบ RBD	33
2-2.2.1	การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว แบบ LS	35
2-2.2.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว แบบ LS	36
2-4.1	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ CRD	42
2-4.2	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ RBD	45
2-4.3	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ LS	48
2-5.1	การวิเคราะห์รวม p การทดลอง ที่วางแผนแบบ RBD ที่มี t ทรีตเมนต์ และ r ซ้ำ	51
2-5.2	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RBD ทำ 2 การทดลอง	56
2-5.3	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ RBD	57
2-5.4	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD ทำ 2 การทดลอง	58
2-5.5	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ CRD	59
2-5.6	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ LS ทำ 2 สแควร์	60
2-5.7	ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ LS	61
4-1.1.1	Grain Yield of Rice Resulting from Use of Different Foliar and Granular Insecticides for the Control of Brown Planthoppers and Stem Borers, from a CRD Experiment with 4 (r) Replications and 7 (t) Treatments	65
4-1.1.2	ANOVA CRD with equal replication of Rice Yield Data in Table 4-1.1.1	66
4-1.1.3	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ และมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน	67
4-1.1.4	ANOVA CRD with unequal replication of Data in Table 4-1.1.3	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-1.1.5	ข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 4 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อย 2 ตัวอย่างย่อย	69
4-1.1.6	ANOVA CRD with sub-samples of Data in Table 4-1.1.5	70
4-1.1.7	ข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 4 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน	72
4-1.1.8	ANOVA CRD with unequal sub-samples of Data in Table 4-1.1.7	73
4-1.1.9	แสดงข้อมูลแผนการทดลอง CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ มีจำนวนซ้ำ และ ตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน	74
4-1.1.10	ANOVA CRD with unequal replication and sub-samples of Data in Table 4-1.1.9	75
4-1.2.1	Grain Yield of Rice Variety IR8 with Six Different Rates of Seeding, from a RBD	76
4-1.2.2	ANOVA RBD with sub-samples of Data in Table 4-1.2.1	77
4-1.2.3	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อย	78
4-1.2.4	ANOVA RBD with sub-samples of Data in Table 4-1.2.3	79
4-1.2.5	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน	81
4-1.2.6	ANOVA RBD with unequal sub-samples of Data in Table 4-1.2.5	82
4-1.3.1	Grain Yield of Three Promising Maize Hybrids (A,B and D) and a Check Variety (C) from an Experiment with Latin Square Design	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-1.3.2	ANOVA LS with sub-samples of Data in Table 4-1.3.1	84
4-1.3.3	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ LS เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ และมีตัวอย่างย่อย 3 ตัวอย่าง	85
4-1.3.4	ANOVA LS with sub-samples of Data in Table 4-1.3.3	86
4-1.3.5	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ LS เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน	88
4-1.3.6	ANOVA LS with unequal sub-sampling of Data in Table 4-1.3.5	89
4-2.1.1	Percentage of White Heads of 14 Rice Varieties Tested in a RBD Design with Three Replications	92
4-2.1.2	Transformation of Data in Table 4-2.2.1 Using Square Root	93
4-2.1.3	ANOVA of Data in Table 4-2.2.2	94
4-2.2.1	Number of Living Larvae Recovered Following Different Insecticide Treatments	95
4-2.2.2	Data in Table 4-2.1.1 Transformed to Logarithmic Scale, log(X + 1)	96
4-2.2.3	ANOVA of Data in Table 4-2.1.2	97
4-2.3.1	Percentage Survival of Zigzag Leafhoppers on 12 Rice Varieties Tested in a CRD Experiment with Three Replications	98
4-2.3.2	Transformation of Data in Table 4-2.3.1 with Arc-Sine Transformation	99
4-2.3.3	ANOVA of Data in Table 4-2.3.2	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4-3.1.1	Data from a RBD Design, with One Missing Observation	101
4-3.1.2	Data in Table 4-3.1.1 with the Missing Data Replaced by the Value Estimated from the Missing Data Formula Technique	102
4-3.1.3	ANOVA RBD of Data in Table 4-3.1.2 with One Missing Value Estimateed by the Missing Data Formula Technique	103
4-3.1.4	ANOVA LS of Data in Table 4-1.3.1, with One Value Assumed Missing and Estimated by the Missing Data Formula Technique	105
4-3.2.1	Data from a RBD Design, with Two Missing Values ,One of Which is Assigned an Initial Value, as the First Step in Estimating Missing Data Through the Iterative Procedure	107
4.3.2.2	ANOVA of Data in Table 4-3.2.1 with Two Missing Data Estimated through the Iterative Procedure	108
4-4.1.1	แสดงข้อมูลการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 7 ซ้ำ	110
4-4.1.2	ANCOVA CRD of Data in Table 4-4.1.1	111
4-4.2.1	แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ	113
4-4.2.2	ANCOVA RBD of Data in Table 4-4.2.1	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

แผนภาพที่		หน้า
1.1.1	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CRD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	66
1.1.2	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal replication เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	68
1.1.3	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	71
1.1.4	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	73
1.1.5	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal replication and sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	75
1.2.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD without sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	77
1.2.2	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	80
1.2.3	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with unequal sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	82
1.3.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS without sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	84
1.3.2	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	87
1.3.3	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with unequal sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Square-root Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	94
2.2.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Logarithmic Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	97
2.3.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Arc-sine Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	100
3.1.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with One Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	104
3.1.2	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with One Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	106
3.1.3	แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with Two Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	109
4.1.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANCOVA CRD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	112
4.2.1	แสดงผลการวิเคราะห์ ANCOVA RBD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น	115
ก-1	แสดงคำสั่งเริ่มต้นโปรแกรม ANOVA	119
ก-2	แสดง Title ของโปรแกรม ANOVA	120
ก-3	แสดงเมนูหลักของโปรแกรม ANOVA	121
ก-4	แสดงหน้าจอเลือกแผนแบบการทดลอง	122
ก-5	แสดงเมนูให้เลือกว่า ต้องการใส่ค่าสังเกตที่มีตัวอย่างย่อยหรือไม่	123
ก-6	แสดงเมนูให้เลือกว่าลักษณะของค่าสังเกตนั้นมีจำนวนหน่วยตัวอย่างย่อยเท่ากันหรือไม่	124
ก-7	แสดงข้อความให้ใส่ชื่อ ทรีตเมนต์นั้นจนครบทุกทรีตเมนต์	125
ก-8	ข้อความให้ใส่จำนวนซ้ำ	126
ก-9	แสดงข้อความให้ใส่จำนวนตัวอย่างย่อย	126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก-10	แสดงข้อความให้ใส่ค่าสังเกต ตามลำดับเริ่มตั้งแต่ทรีตเมนต์แรก หน่วยตัวอย่างย่อยแรก จำนวนซ้ำแรก ไปจนครบ	127
ก-11	แสดงเมนูถามว่าต้องการจะตรวจสอบข้อมูลค่าสังเกต ที่ใส่ไปแล้วหรือไม่	128
ก-12	แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม ANOVA	129
ก-13	แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม ANOVA	129
ข-1	แสดงรูปของโปรแกรม SETUP	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญ/ที่มาของปัญหา

ปัจจุบันสถิติด้านการวางแผนการทดลอง ได้มีบทบาทสำคัญในงานวิจัยหลายแขนง โดยเฉพาะงานวิจัย ที่มีการเปรียบเทียบสิ่งทดลอง (Critical Experiments) งานวิจัยประเภทนี้ มักอาศัยรูปแบบของการทดลองที่แน่นอน เช่น แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design) แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ข้อดีของการเลือกใช้แผนการทดลองก็ คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสรุปผลการทดลอง จะมีรูปแบบตายตัวตามแผนการทดลองนั้น ๆ

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวางแผนการทดลองนั้น จะใช้เทคนิคของการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อหาข้อสรุปจากผลการทดลอง แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น มีขั้นตอนที่ค่อนข้างยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้เวลาค่อนข้างนานในการคำนวณ

ซึ่งปัจจุบันนี้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในขณะที่ราคาถูกลงมาก จนขณะนี้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก ทางด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ รวมทั้งวิทยาศาสตร์สาขาสถิติประยุกต์ด้วย ได้มีผู้ทำโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติขึ้นมากมาย เช่น SPSS/PC+ ซึ่งนักวิจัยสามารถนำโปรแกรมสำเร็จรูปนี้ มาช่วยวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ แต่โปรแกรมเหล่านั้น ผู้ใช้ต้องศึกษาวิธีการเขียนคำสั่งตามรูปแบบของโปรแกรมนั้นก่อน จึงจะสามารถเขียนโปรแกรมตามจุดประสงค์ของตนเองได้ อีกทั้งการป้อนข้อมูลก็ไม่สะดวก นอกจากนั้นแล้วผลลัพธ์ของโปรแกรม ยังยากแก่การสรุปผลอีกด้วย

ทางคณะผู้จัดทำ ได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวข้างต้น จึงได้ออกแบบโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณ การวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยคำนึงถึงความง่าย สะดวก รวดเร็ว และความคล่องตัวในการใช้งานเป็นหลัก ผู้ใช้สามารถเลือกวิธีการวิเคราะห์-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนแบบต่าง ๆ ได้โดยง่าย ระบบการป้อนข้อมูล จะเป็นลักษณะแบบโต้ตอบ (Inter-active) คือ ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูล เข้าทางหน้าจอได้เลย นอกนั้นแล้วยังมีการแสดงผลการวิเคราะห์ และสรุปผล ที่ง่ายแก่การเข้าใจอีกด้วย

โปรแกรมนี้เขียนขึ้นโดยใช้ภาษาซี เนื่องจากภาษาซี มีลักษณะการเขียนโปรแกรมแบบโครงสร้าง (Structure Programming) ทำให้ง่ายแก่การเขียนโปรแกรมตรวจสอบความผิดพลาด และพัฒนาโปรแกรม อีกทั้งปัจจุบันนี้ มีตัวแปลภาษาซีที่มีประสิทธิภาพมาก เช่น TURBO C ซึ่ง TURBO C นี้ มีฟังก์ชันให้เลือกใช้อย่างสะดวก นอกจากนั้นแล้ว TURBO C ยังมี Library ในโหมดกราฟิกให้เรียกใช้อีกด้วย คือ BGI (Borland Graphic Interface) ทำให้สามารถแสดงหน้าจอของโปรแกรมในกราฟิกโหมดได้อย่างสวยงามและรวดเร็ว

วัตถุประสงค์ของปัญหา

1. ศึกษาและสร้างโปรแกรมด้วยภาษา C เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสถิติด้านการวางแผนการทดลองปัจจัยเดียวที่ซับซ้อน

2. สร้างคู่มือการใช้งานของโปรแกรมนี้ เพื่อให้นักวิจัยหรือผู้สนใจสามารถใช้โปรแกรมนี้ได้อย่างง่าย

3. เพื่อเป็นพื้นฐาน และ แนวทางในการพัฒนาโปรแกรมที่เกี่ยวกับ การวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายปัจจัยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของปัญหา

ขอบเขตของโครงงานพิเศษนี้ มีดังนี้

1. สร้างโปรแกรมการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากงานทดลองปัจจัยเดียว ที่ใช้กันมากได้แก่ Completely Random Design (CRD), Randomized Complete Block Design (RBD) และ Latin Square (LS) มีรายละเอียดดังนี้

ก. CRD ซึ่งแยกตามลักษณะข้อมูลดังนี้
- จำนวนซ้ำเท่ากัน (CRD with equal replications)
- จำนวนซ้ำไม่เท่ากัน (CRD with unequal replications)
- มีตัวอย่างย่อย (CRD with sub-samples)
- มีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน (CRD with unequal sub-samples)
- ทั้งจำนวนซ้ำ และตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน (CRD with unequal replications and sub-samples)

ข. RBD ซึ่งแยกตามลักษณะข้อมูลดังนี้
- ไม่มีตัวอย่างย่อย (RBD without sub-samples)
- มีตัวอย่างย่อย (RBD with sub-samples)
- มีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน (RBD with unequal sub-samples)

ค.Latin Square ซึ่งแยกตามลักษณะข้อมูลดังนี้
- ไม่มีตัวอย่างย่อย (LS without sub-samples)
- มีตัวอย่างย่อย (LS with sub-samples)
- มีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน (LS with unequal sub-samples)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สร้างโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลที่มีลักษณะผิดปกติ ได้แก่

ก. มีข้อมูลสูญหาย

ข. ข้อมูลไม่ตรงตามเงื่อนไขทฤษฎีของการวิเคราะห์ความแปรปรวน โดยต้องแปลงข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ (วิธีการแปลงข้อมูล ได้แก่ square root, logarithmic และ arcsin transformations)

3. สร้างโปรแกรมวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

ก. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง CRD

ข. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง RBD

ค. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง LS

4. สร้างโปรแกรมคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined Analysis of Variance) การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมหลายฤดูกาล หรือ หลายสถานที่ หรือ หลายเวลา (repetition in season or place or time) แยกตามแผนการทดลองทั้ง 3 คือ CRD RBD และ LS

ขั้นตอนในการดำเนินงาน

1. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภายใต้ขอบเขตของปัญหาโดยละเอียด
2. ออกแบบโครงสร้างของโปรแกรม โดยใช้ Hierachical Chart
3. เขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี ตามที่ได้ออกแบบไว้
4. ทดสอบการทำงานของโปรแกรม โดยใช้ข้อมูลจริง
5. จัดทำคู่มือการใช้งาน (User's Manual)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จะใช้เครื่อง IBM หรือ IBM Compatible ขนาด 16 bit ขึ้นไป มีหน่วยความจำ (RAM) ไม่น้อยกว่า 640 KB

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ขั้นตอนในการคำนวณ การวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบปัจจัยเดียว สะดวก รวดเร็ว และง่ายขึ้น

2. ทำให้การวางแผนการทดลองที่ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน แบบปัจจัยเดียวเป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย และนิยมใช้ในงานวิจัย

3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจ สามารถนำไปศึกษา และทำการพัฒนาโปรแกรมนี้ให้ครอบคลุม การวางแผนการทดลองอื่นมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และ หลักเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนปัจจัยเดียว

วิธีการวิคราะห์ความแปรปรวน หรือ ความผันแปร เป็นวิธีการคำนวณแบบเลขคณิตเพื่อแบ่งแยกผลรวมกำลังสอง (sum of squares) ของความผันแปรทั้งหมดออกเป็นส่วน ๆ ตามแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุนั้น ๆ เช่น ความแตกต่างอาจเนื่องมากจากพันธุ์พืชต่างกัน เพศต่างกัน น้ำหนักต่างกัน หรือกินอาหารต่างกัน เป็นต้น วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนออกตามสาเหตุนี้ ได้ถูกนำมาใช้ในทุกสาขาวิชาสำหรับวิเคราะห์สรุปผลจากข้อมูลแบบปริมาณ (quantitative data) แผนการทดลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นมีหลายแบบ แยกตามลักษณะของแต่ละงานวิจัย ซึ่งสามารถแยกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้

1.1 แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ชนิดซับซ้อน (complex completely randomized design, CRD)

การวางแผนแบบสุ่มตลอด (Completely Random Design)

การวางแผนงานทดลองมีหลายแบบ วิธีนี้เป็นแบบหนึ่งของการวางแผนวิจัยที่มีลักษณะง่าย ๆ และสะดวก แผนทดลองนี้เหมาะสมสำหรับกรณีที่สิ่งทดลอง (experimental material) มีความสม่ำเสมอมาก ไม่มีความแตกต่างเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น อายุ น้ำหนัก เป็นต้น หรือแม้จะมีก็จัดว่าน้อยมาก

วิธีสุ่ม (randomization) หรือการจัดสิ่งทดลองเข้ากับทรีตเมนต์ กระทำได้ 2 แบบคือ โดยวิธีจับฉลาก และใช้ตารางเลขสุ่ม เพื่อให้ทุก ๆ หน่วยทดลองมีโอกาสเท่า ๆ กันในการรับทรีตเมนต์ใด เช่น ถ้ามีสัตว์ 5 ตัว และมีทรีตเมนต์ในการทดลองอยู่ 5 อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอกาสที่สัตว์ตัวใดตัวหนึ่งจะได้รับทรีตเมนต์หนึ่งจะเท่ากัน

รูปแบบของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำ เท่ากับ r แสดงได้ดังตาราง 2-1.1.1

ตารางที่ 2-1.1.1 ข้อมูลที่รวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำเท่ากับ r

หน่วยทดลอง	ทรีตเมนท์ 1	2	3	...	t	รวม
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	...	X_{t1}	
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	...	X_{t2}	
3	X_{13}	X_{23}	X_{33}	...	X_{t3}	
.	.	.	.		.	
.	.	.	.		.	
.	.	.	.		.	
r	X_{1r}	X_{2r}	X_{3r}	...	X_{tr}	
เฉลี่ย	$\bar{X}_{1.}$	$\bar{X}_{2.}$	$\bar{X}_{3.}$	...	$\bar{X}_{t.}$	$\bar{X}_{..}$

เมื่อ t คือ จำนวนทรีตเมนท์ และ r คือ จำนวนซ้ำ

X_{ij} คือ ข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ j ในตัวอย่างจากประชากรที่ i หรือข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ j ซึ่งได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$i = 1,2,3, \ldots ,t \quad ; \quad j = 1,2,3, \ldots ,r$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_{i.} = \sum_{j} X_{ij}$ คือ ผลรวมของข้อมูลในตัวอย่างจากประชากรที่ i หรือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$\bar{X}_{i.} = X_{i.}/r$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในตัวอย่างจากประชากรที่ i หรือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$X_{..} = \sum_{i} \sum_{j} X_{ij} = \sum_{i} X_{i.}$ คือ ผลบวกของข้อมูลทั้งหมดในตัวอย่างจากทุกประชากร หรือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดจากทุกหน่วยทดลอง ทุกทรีตเมนท์

$\bar{X}_{..} = X_{..}/rt = \sum_{i} X_{i.}/t$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในตัวอย่างจากทุกประชากร หรือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด จากทุกหน่วยทดลอง ทุกทรีตเมนท์

จากลักษณะข้อมูลข้างต้นจะได้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.1.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD

Source of Variation	df	Sum of Squares		Mean Square
		Definition	Working	
Treatment	$t-1$	$\Sigma_i(\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})^2$	$\Sigma_i \frac{(X_{i.})^2}{r} - \frac{(X_{..})^2}{tr}$	$\frac{SSTrt}{t-1}$
Error	$t(r-1)$	$\Sigma_i \Sigma_j (X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2$	$SST - SSTr$	$\frac{SSE}{t(r-1)}$
Total	$tr-1$	$\Sigma_i \Sigma_j (X_{ij} - \bar{X}_{..})^2$	$\Sigma_i \Sigma_j X^2_{ij} - \frac{X^2_{..}}{tr}$	

SSTrt = Sum of Square for treatment

SSE = Sum of Square for error

SST = Sum of Total

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดยวิธีทดสอบแบบ F นั้นจะใช้ MStrt/MSE อัตราส่วน F (F-ratio) นี้ ต้องมากกว่า 1 หากสมมติฐานไม่เป็นจริง ก็คาดว่าอัตราส่วน F ควรใกล้เคียง 1 ในกรณีที่อัตราส่วน F น้อยกว่า 1 แสดงว่าสมมติฐานเป็นจริงคือ ไม่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์เมื่อมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน</u> (CRD with unequal replecation)

การทดลองแบบนี้อาจเกิดขึ้นได้เสมอเนื่องจาก ผู้ทดลองไม่สามารถเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลองบางหน่วยได้ เช่นมีข้อมูลสูญหาย อันเป็นผลให้ทรีตเมนท์แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำต่างกัน ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะมีลักษณะดังนี้

ตารางที่ 2-1.1.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของCRDเมื่อมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน

SOV	df	SS		MS
		Definition	Working	
Treatment	$t-1$	$\sum_{i=1}^{t} r_i(\bar{X}_{i.} - \bar{X}_{..})^2$	$\sum_{i=1}^{t} \frac{(X_{i.})^2}{r_i} - \frac{(X_{..})^2}{N}$	$\frac{SSTrt}{t-1}$
Error	$N-t$	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r_i}(X_{ij} - \bar{X}_{i.})^2$	SST - SSTrt	$\frac{SSE}{N-t}$
Total	$N-1$	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r_i}(X_{ij} - \bar{X}_{..})^2$	$\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=1}^{r_i} X^2_{ij} - \frac{X^2_{..}}{N}$	

โดยที่จำนวนหน่วยทดลองทั้งหมด $N = r_1 + r_2 + r_3 + \ldots + r_t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดยวิธีทดสอบแบบ F นั้นจะใช้ MSTr/MSE เช่นเดียวกับตาราง 2-1.1.2

<u>การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD แบบมีตัวอย่างย่อย</u> (Hierarchical or Nested Design)

ถ้าหน่วยทดลองประกอบด้วยวัตถุ หรือวัสดุที่ใช้ในการทดลองหลายสิ่ง การเก็บข้อมูลจากหน่วยทดลอง ก็คือ การเก็บข้อมูลจากวัสดุแต่ละหน่วยที่อยู่ในหน่วยทดลองนั้นซึ่งจะเรียกว่า หน่วยตัวอย่างย่อย การที่แต่ละทรีตเมนท์ใช้หน่วยทดลองจำนวนหนึ่ง ผลที่ได้จากหน่วยทดลองแต่ละหน่วย ที่ได้รับทรีตเมนท์เดียวกันอาจแตกต่างกันออกไป จึงเหมือนกับการสุ่มตัวอย่างขนาดหนึ่งจากประชากรแต่ละชุด นั่นคือข้อมูลที่ได้จากหน่วยทดลอง เรียกว่าตัวอย่าง ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากวัสดุแต่ละหน่วยที่อยู่ในหน่วยทดลอง จึงเรียกว่าตัวอย่างย่อย (sub-sample)

พิจารณาข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำเท่ากับ r และภายในแต่ละซ้ำ หรือ แต่ละหน่วยทดลองมีหน่วยตัวอย่างย่อยเท่ากับ s แสดงได้ดังตาราง 2-1.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.1.4 ข้อมูลที่รวบรวมได้จาก t ทรีตเมนท์ แต่ละทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำเท่ากับ r และภายในแต่ละซ้ำ หรือแต่ละหน่วยทดลองมีหน่วยตัวอย่างย่อยเท่ากับ s

ทรีตเมนท์ i	1	...	t	รวม
ตัวอย่างย่อย k	หน่วยทดลอง j 1 2 ... r	...	หน่วยทดลอง j 1 2 ... r	
1	X_{111} X_{121} ... X_{1r1}	...	X_{t11} X_{t21} ... X_{tr1}	
2	X_{112} X_{122} ... X_{1r2}	...	X_{t12} X_{t22} ... X_{tr2}	
.	. . .		. . .	
.	. . .		. . .	
.	. . .		. . .	
s	X_{11s} X_{12s} ... X_{1rs}	...	X_{t1s} X_{t2s} ... X_{trs}	
รวมข้อมูลในหน่วยทดลอง	$X_{11\cdot}$ $X_{12\cdot}$ ... $X_{1r\cdot}$	...	$X_{t1\cdot}$ $X_{t2\cdot}$ ... $X_{tr\cdot}$	
ค่าเฉลี่ยในหน่วยทดลอง	$\bar{X}_{11\cdot}$ $\bar{X}_{12\cdot}$ ... $\bar{X}_{1r\cdot}$	...	$\bar{X}_{t1\cdot}$ $\bar{X}_{t2\cdot}$ ... $\bar{X}_{tr\cdot}$	
รวมข้อมูลในทรีตเมนท์	$X_{1\cdot\cdot}$	...	$X_{t\cdot\cdot}$	$X_{\cdot\cdot\cdot}$
ค่าเฉลี่ยในทรีตเมนท์	$\bar{X}_{1\cdot\cdot}$	...	$\bar{X}_{t\cdot\cdot}$	$\bar{X}_{\cdot\cdot\cdot}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ X_{ijk} คือ ข้อมูลจากหน่วยตัวอย่างย่อยที่ k ในหน่วยทดลองที่ j ซึ่งได้รับทรีต-เมนท์ที่ i

$i = 1,2,3,\ldots,t$; $j = 1,2,3,\ldots,r$; $k = 1,2,3,\ldots,s$

$X_{ij.} = \sum_{k} X_{ijk}$ คือ ผลรวมของข้อมูลในหน่วยทดลองที่ j ซึ่งได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$\bar{X}_{ij.} = X_{ij.}/s$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในหน่วยทดลองที่ j ซึ่งได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$X_{i..} = \sum_{j}\sum_{k} X_{ijk}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$\bar{X}_{i..} = X_{i..}/rs$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับทรีตเมนท์ที่ i

$X... = \sum_{i}\sum_{j}\sum_{k} X_{ijk} = \sum_{i} X_{i..}$

คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมดจากทุกตัวอย่างย่อยทุกหน่วยทดลอง และทุกทรีตเมนท์

$\bar{X}... = X.../trs$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดจากทุกตัวอย่างย่อย ทุกหน่วยทดลอง และ ทุกทรีตเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.1.5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อย

SOV	df	SS	
		Definition	Working
Treatment	t-1	$\sum_i \sum_j \sum_k (\bar{X}_{i..} - \bar{X}_{...})^2$	$\sum_i \frac{(X_{i..})^2}{rs} - \frac{(X_{...})^2}{trs}$
Experimental error	t(r-1)	$\sum_i \sum_j \sum_k (\bar{X}_{ij.} - \bar{X}_{i..})^2$	$\sum_i \sum_j \frac{(X_{ij.})^2}{s} - \sum_i \frac{(X_{i..})^2}{rs}$
Sampling error	tr(s-1)	$\sum_i \sum_j \sum_k (X_{ijk} - X_{ij.})^2$	SST - SSTrt -SSE
Total	trs-1	$\sum_i \sum_j \sum_k (X_{ijk} - X_{...})^2$	$\sum_i \sum_j \sum_k X^2_{ijk} - \frac{X^2_{...}}{trs}$

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์ ในกรณีที่เป็นตัวแบบแบบสุ่ม (Random Model) จะใช้ F = MSTrt/MSE เป็นตัวทดสอบ และเปิดตาราง F ที่ df (t-1) และ t(r-1) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

การตรวจสอบอิทธิพลของหน่วยทดลองจะใช้ F = MSE/MSSE เป็นตัวทดสอบ และเปิดตาราง F ที่ df t(r-1) และ tr(s-1) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (เมื่อ MSSE = Mean Square for Sampling Error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD แบบมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (CRD with unequal sub-samples)

การทดลองนี้อาจเกิดเนื่องจากมีตัวอย่างย่อยบางตัวหายไป หรือไม่สามารถจดข้อมูลได้ หรือตัวอย่างย่อยบางตัวปนกันอยู่ทำให้ต้องทิ้งไป หรือปัจจัยย่อยที่ประกอบอยู่ในปัจจัยใหญ่จำนวนไม่เท่ากัน ผลจะทำให้ข้อมูลในแต่ละหน่วยการทดลองหรือปัจจัยใหญ่มีไม่เท่ากัน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทำได้ดังตาราง 2-1.1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.1.6 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

SOV	df	SS
Treatment	t-1	$\sum_i \frac{(X_{i..})^2}{\sum_j s_{ij}} - \frac{(X...)^2}{\sum\sum s_{ij}}$
Experimental error	t(r-1)	$\sum\sum \frac{(X_{ij.})^2}{s_{ij}} - \sum_i \frac{(X_{i..})^2}{\sum_j s_{ij}}$
Sampling error	$\sum\sum s_{ij} - rt$	SST - SSTrt - SSE
Total	$\sum\sum s_{ij}$	$\sum\sum\sum X^2_{ijk} - \frac{X^2...}{\sum\sum s_{ij}}$

การวิเคราะห์หา F ratio เพื่อทดสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดยใช้ MSTrt/MSE นั้น ไม่สามารถทำได้โดยตรง เพราะจะทำให้ค่าที่คำนวณได้ มีค่าสูงเกินความเป็นจริง Satterthwaite (1946) ได้แนะนำการทดสอบแบบ F ที่ถูกต้อง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = \frac{MSTrt}{L}$$

โดยที่ $L = [1 - K_2/K_1]MSSE + [K_2/K_1]MSE$

$$d.f.\ L = \frac{L^2}{[([1 - K_2/K_1]MSSE)^2/d.f.MSSE] + [([K_2/K_1]MSE)^2/d.f.MSE]}$$

ให้ $N_{i.}$ คือ จำนวนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับทรีตเมนท์แต่ละทรีตเมนท์

N_{ij} คือ จำนวนข้อมูลที่เก็บในแต่ละตัวอย่างย่อย

$N..$ คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$Q_1 = (\Sigma (N_{ij})^2 / N_{i.}) - (\Sigma (N_{ij})^2 / N..)$

$Q_2 = N.. - (\Sigma (N_{ij})^2 / N_{i.})$

Q_3 = d.f.ของทรีตเมนท์

Q_4 = d.f.ของ Experimental Error

$K_1 = Q_2 / Q_4$

$K_2 = Q_1 / Q_3$

<u>การวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีทั้งจำนวนซ้ำ และตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u>

(CRD with unequal replications and sub-samples)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทำได้ดังตาราง 2-1.1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.1.7 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD เมื่อมีจำนวนซ้ำและ ตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

SOV	df	SS
Treatment	$t-1$	$\sum_{i}^{t} \frac{(X_{i..})^2}{\sum_{j} s_{ij}} - \frac{(X...)^2}{\sum\sum s_{ij}}$
Experimental error	$\sum_{i}^{t} r_i - t$	$\sum\sum \frac{(X_{ij.})^2}{s_{ij}} - \sum_{i}^{t} \frac{(X_{i..})^2}{\sum_{j} s_{ij}}$
Sampling error	$\sum\sum s_{ij} - \sum_{i}^{t} r_i$	SST - SSTr -SSE
Total	$\sum\sum s_{ij}$	$\sum\sum\sum X^2_{ijk} - \frac{X^2...}{\sum\sum s_{ij}}$

โดยที่ t = จำนวนทรีตเมนท์

$A = r_i$ = จำนวนซ้ำของทรีตเมนท์ i

$B = s_{ij}$ = จำนวนตัวอย่างย่อยในแต่ละหน่วยการทดลอง

$i = 1, \ldots, t$; $j = 1, \ldots, r_i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์จะใช้วิธีเดียวกันกับ การวิเคราะห์ในแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

1.2 แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ชนิดซับซ้อน (complex Randomized Complete Block Design)

แผนงานทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ เขียนย่อว่า RBD เป็นแผนงานทดลองที่ใช้เมื่อหน่วยทดลองสามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มโดยอาศัยลักษณะใดลักษณะหนึ่ง และให้มีจำนวนหน่วยทดลองภายในกลุ่ม เท่ากับจำนวนทรีตเมนท์ กลุ่มดังกล่าวเรียก "บล็อค" การจัดกลุ่มมีจุดประสงค์ให้หน่วยทดลองที่อยู่ในบล็อคเดียวกันมีลักษณะเหมือนกันมีความสม่ำเสมอกันมากที่สุด เพื่อที่เมื่อหน่วยทดลองได้รับทรีตเมนท์แล้ว ความแตกต่างที่พบ จะเป็นความแตกต่างของทรีตเมนท์เป็นส่วนใหญ่ และจุดประสงค์อีกอย่างก็คือให้มีความแปรผันระหว่างหน่วยทดลองที่อยู่ในแต่ละบล็อคต่างกันมากที่สุด เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของงานทดลองให้เล็กลงการจัดทรีตเมนท์ให้แก่หน่วยทดลองในแต่ละบล็อคกระทำโดยวิธีสุ่ม ในระหว่างดำเนินการทดลอง ต้องพยายามปฏิบัติต่อหน่วยทดลองภายในบล็อคเดียวกันให้เหมือนกันมากที่สุด

พิจารณาทรีตเมนท์ t ทรีตเมนท์ โดยจะใช้ r บล็อก ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้แสดงดังตาราง 2-1.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2-1.2.1 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการทดลองแบบ RBD

บล็อค	ทรีตเมนท์ 1	2	...	t	รวม	เฉลี่ย
1	X_{11}	X_{21}	...	X_{t1}	$X._1$	$\bar{X}._1$
2	X_{12}	X_{22}	...	X_{t2}	$X._2$	$\bar{X}.2$
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
r	X_{1r}	X_{2r}		X_{tr}	$X._r$	$\bar{X}._r$
รวม	$X_1.$	$X_2.$		$X_t.$	$X..$	
เฉลี่ย	$\bar{X}_1.$	$\bar{X}_2.$		$\bar{X}_t.$		$\bar{X}..$

X_{ij} คือ ค่าสังเกตจากทรีตเมนท์ที่ i บล็อกที่ j $i = 1, 2, \ldots, t$ $j = 1, 2, \ldots, r$

$X_i.$ คือ ผลบวกของค่าสังเกตจากทรีตเมนท์ที่ i $= \sum_j X_{ij}$

$X._j$ คือ ผลบวกของค่าสังเกตจากบล็อกที่ j $= \sum_i X_{ij}$

$\bar{X}_i.$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่เก็บจากทรีตเมนท์ที่ i $= X_i./r$

$\bar{X}._j$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่เก็บจากบล็อกที่ j $= X._j/t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_{..}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการทดลอง

$$= \sum_i \sum_j X_{ij} = \sum_i X_{i.} = \sum_j X_{.j}$$

$\bar{X}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการทดลอง $= X_{..}/tr$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหาได้จากตารางต่อไปนี้

ตาราง 2-1.2.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RBD

SOV	df	SS		MS
		Definition	Working	
Treatment	$t-1$	$r\sum_i(\bar{X}_{i.}-\bar{X}_{..})^2$	$\sum_i \frac{(X_{i.})^2}{r} - \frac{(X_{..})^2}{tr}$	$\frac{SSTrt}{t-1}$
Block	$r-1$	$t\sum_j(\bar{X}_{.j}-\bar{X}_{..})^2$	$\sum_j \frac{(X_{.j})^2}{t} - \frac{(X_{..})^2}{tr}$	$\frac{SSB}{r-1}$
Error	$(t-1)(r-1)$	$\sum_i\sum_j(X_{ij}-\bar{X}_{i.})^2$	$SST - SSTr - SSB$	$\frac{SSE}{(t-1)(r-1)}$
Total	$tr-1$	$\sum_i\sum_j(X_{ij}-\bar{X}_{..})^2$	$\sum_i\sum_j X^2_{ij} - \frac{(X_{..})^2}{tr}$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ SSB = Sum Square for Block

และ MSB = Mean Square for Block

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดยวิธีทดสอบแบบ F นั้นจะใช้ MSTrt/MSE ส่วนการทดสอบอิทธิพลใน Block นั้นใช้ MSB/MSE เป็นตัวทดสอบ

<u>แผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมีตัวอย่างย่อย</u> (RBD with sub-sampling)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหาได้จากตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2-1.2.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน RBD t ทรีตเมนท์ จัดเป็น r บล็อค และแต่ละหน่วยทดลองมีตัวอย่างย่อย s ตัวอย่างย่อย

SOV	df	SS	MS
Treatment	t-1	$\sum_i \frac{(X_{i..})^2}{rs} - \frac{(X...)^2}{trs}$	$\frac{SSTrt}{t-1}$
Block	r-1	$\sum_j \frac{(X_{.j.})^2}{ts} - \frac{(X...)^2}{trs}$	$\frac{SSB}{r-1}$
Experimental Error	(t-1)(r-1)	$\sum_i \sum_j \frac{(X_{ij.})^2}{s} - \frac{(X...)^2}{trs} - SSTrt - SSB$	$\frac{SSE}{(t-1)(r-1)}$
Sampling Error	rt(s-1)	SST - SSTr - SSB - SSE	$\frac{SSSE}{rt(s-1)}$
Total	rst-1	$\sum_k \sum_i \sum_j X^2_{ijk} - \frac{(X...)^2}{str}$	

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์ ในกรณีที่เป็นตัวแบบแบบสุ่ม (Random Model) จะใช้ F = MSTrt/MSE เป็นตัวทดสอบและเปิดตาราง F ที่ df (t-1) และ (t-1)(r-1) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบอิทธิพลของบล็อคจะใช้ F = MSB/MSE เป็นตัวทดสอบ และเปิดตาราง F ที่ df t(r-1) และ tr(s-1) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด (เมื่อ MSSE = Mean Square for Sampling Error)

<u>แผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (RBD with unequal sub-sampling)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบนี้มีหลายวิธีที่ Federer (1955) ได้แนะนำไว้ ในโครงงานพิเศษนี้จะเลือกใช้วิธีหนึ่งที่ง่าย ก็คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยต่อหน่วยทดลอง (โดยไม่คำนึงว่าจำนวนข้อมูลต่อหน่วยการทดลองมีเท่าไร) จากนั้นนำค่าเฉลี่ย มาวิเคราะห์แบบ rbd ธรรมดา ข้อดีของวิธีนี้ก็คือ การคำนวณกระทำได้ง่ายและรวดเร็ว และผลที่ได้ก็มีค่าพอที่จะสรุปได้ใกล้เคียงกับวิธีอื่น

1.3 แผนการทดลองแบบละตินสแควร์ที่ซับซ้อน (Complex Latin Square Design)

แผนการทดลองแบบละตินสแควร์ใช้เมื่อทราบว่าหน่วยทดลองมีความแปรผัน 2 แหล่งหรือ 2 ทิศทาง ซึ่งต่างกับ RBD ที่หน่วยทดลองมีความแปรผันเพียงทิศทางเดียว

<u>แผนการทดลองแบบละตินสแควร์</u> (LS)

พิจารณาทรีตเมนท์ r ทรีตเมนท์ที่ให้แก่หน่วยทดลองจำนวน r x r โดยแบ่งหน่วยทดลองเป็นแถวนอน r แถว แถวตั้ง r แถว ข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.3.1 ข้อมูลที่เก็บรวบรวมในการทดลองแบบ LS

แถวตั้ง / แถวนอน	1	2	...	t	รวม	เฉลี่ย
1	X_{11}	X_{21}	...	X_{t1}	$X_{1.}$	$\bar{X}_{1.}$
2	X_{12}	X_{22}	...	X_{t2}	$X_{2.}$	$\bar{X}_{2.}$
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
r	X_{1r}	X_{2r}	...	X_{tr}	$X_{r.}$	$\bar{X}_{r.}$
รวม	$X_{.1}$	$X_{.2}$	...	$X_{.t}$	$X_{..}$	
เฉลี่ย	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	...	$\bar{X}_{.t}$		$\bar{X}_{..}$

$X_{ij(k)}$ คือ ค่าสังเกตจากแถวนอนที่ i แถวตั้งที่ j ซึ่งรับทรีตเมนท์ที่ k

$i = 1, 2, \ldots, r$; $j = 1, 2, \ldots, r$

$X_{i.}$ คือ ผลบวกของค่าสังเกตจากแถวนอนที่ i $= \sum_{j} X_{ij}$

$X_{.j}$ คือ ผลบวกของค่าสังเกตจากแถวตั้งที่ j $= \sum_{i} X_{ij}$

$\bar{X}_{i.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่เก็บจากแถวนอนที่ i $= X_{i.}/r$

$\bar{X}_{.j}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่เก็บจากแถวตั้งที่ j $= X_{.j}/r$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_{..}$ คือ ผลรวมของค่าสังเกตที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการทดลอง

$$= \sum_{i}\sum_{j} X_{ij} = \sum_{i} X_{i.} = \sum_{j} X_{.j}$$

$\bar{X}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตที่รวบรวมได้ทั้งหมดจากการทดลอง $= X_{..}/r^2$

การวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.3.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ LS

SOV	df	SS		MS
		Definition	Working	
Treatment	r-1	$r\sum_{i}(\bar{X}_{(k)}-\bar{X}..)^2$	$\sum_{k}\frac{X^2_{(k)}}{r}-\frac{(X..)^2}{r^2}$	$\frac{SSTrt}{r-1}$
Row	r-1	$r\sum_{i}(\bar{X}_{i.}-\bar{X}..)^2$	$\sum_{i}\frac{(X_{i.})^2}{r}-\frac{(X..)^2}{r^2}$	$\frac{SSR}{r-1}$
Column	r-1	$r\sum_{j}(\bar{X}_{.j}-\bar{X}..)^2$	$\sum_{j}\frac{(X_{.j})^2}{r}-\frac{(X..)^2}{r^2}$	$\frac{SSC}{r-1}$
Error	(r-1)(r-2)	SST-SSR-SSC -SSTr	SST-SSR-SSC-SSTr	$\frac{SSE}{(r-1)(r-2)}$
Total	r^2-1	$\sum_{i}\sum_{j}(X_{i,j(k)}-\bar{X}..)^2$	$\sum_{i}\sum_{j}X^2_{i,j(k)}-\frac{X^2..}{r^2}$	

เมื่อ SSR = Sum Square for Row

และ SSC = Sum Square for Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์นั้น จะใช้ MSTrt/MSE ส่วนของแถวนอน และแถวตั้งก็จะใช้ MSR/MSE และ MSC/MSE ตามลำดับ เมื่อ MSR และ MSC คือ Mean Square for Row และ Mean Square for Column ตามลำดับ

<u>แผนการทดลองแบบละตินสแควร์เมื่อมีตัวอย่างย่อย</u> (LS with sub-samples)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนคำนวณได้ดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-1.3.3 ANOVA LS with sub-samples

SOV	df	SS	MS
Treatment	t-1	$\sum_{k} \frac{X^2_{(k)}}{st} - \frac{(X...)^2}{st^2}$	SSTrt / t-1
Row	t-1	$\sum_{i} \frac{(X_{i}..)^2}{st} - \frac{(X...)^2}{st^2}$	SSR / t-1
Column	t-1	$\sum_{j} \frac{(X._{j}.)^2}{st} - \frac{(X...)^2}{st^2}$	SSC / t-1
Experimental	(t-1)(t-2)	$\sum\sum_{ij} \frac{(X_{ij}.)^2}{s} - \frac{(X...)^2}{st^2}$ -SSTrt-SSR-SSC	SSE / (t-1)(t-2)
Error			SSSE
Sampling Error	$t^2(s-1)$	SST - SSR - SSC - SSTrt - SSE	$t^2(s-1)$
Total	st^2-1	$\sum\sum\sum_{ijl(k)} X^2_{ijl(k)} - \frac{X^2...}{t^2}$	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์จะใช้ F = MSTrt/MSE เป็นตัวทดสอบ และเปิดตาราง F ที่ df (t-1) และ (t-1)(t-2) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

การตรวจสอบอิทธิพลของแถวนอน และแถวตั้ง ในกรณีที่เป็นตัวแบบแบบสุ่ม (Random Model) จะใช้ F = MSR/MSE และ F = MSC/MSE เป็นตัวทดสอบตามลำดับ และเปิดตาราง F ที่ df (t-1) และ (t-1)(t-2) ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

โดยที่ t = จำนวนทรีตเมนท์ = จำนวนแถว = จำนวนคอลัมน์

s = จำนวนตัวอย่างย่อย

<u>แผนการทดลองแบบละตินสแควร์เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (LS with unequal sub-samples)

ปัญหานี้คล้ายคลึงกับ CRD และ RBD ที่กล่าวมาแล้ว วิธีการวิเคราะห์ใช้วิเคราะห์แบบประเมิน คล้ายคลึงกับแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน คือ หาค่าเฉลี่ยต่อหน่วยทดลอง (โดยไม่คำนึงว่า จำนวนข้อมูลต่อหน่วยทดลองมีเท่าใด) จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาวิเคราะห์แบบ LS ธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเมื่อเกิดข้อมูลสูญหาย (Missing Data)

ในการทดลอง บางครั้งอาจมีค่าสังเกตุสูญหาย หรือใช้ไม่ได้บ้าง เราอาจประมาณค่าสังเกตที่หายไปได้ ซึ่งค่าประมาณนี้มิได้ให้ข้อเท็จจริงเพิ่มเติม หากเป็นเพียงค่าที่ช่วยให้ความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือ โดยสามารถแยกตามแผนการทดลองดังนี้

2.1 แผนการทดลองแบบ RBD

- กรณีข้อมูลสูญหาย 1 ค่า

RBD แบบปกติเมื่อมีข้อมูลสูญหายนั้นจะต้องประเมินข้อมูลนั้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$X = \frac{tT + rB - G}{(r-1)(t-1)}$$

โดยที่ X คือ ค่าประเมินของข้อมูลสูญหาย

T คือ ผลรวม (ที่เหลือ) ของทรีตเมนท์ชนิดเดียวกับข้อมูลสูญหาย

B คือ ผลรวม (ที่เหลือ) ของบล็อคที่ข้อมูลสูญหายปรากฏ

G คือ ผลรวมทั้งหมด (ที่เหลือ)

t,b คือ จำนวนทรีตเมนท์ และ บล็อค ตามลำดับ

นำค่า X มาทดแทนข้อมูลที่สูญหาย แล้วนำข้อมูลทั้งหมด ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนตามปกติ ค่า d.f. จะเปลี่ยนแปลงโดยที่ d.f. total และ d.f. error ลดลงชนิดละ 1 เพราะ X เป็นข้อมูลที่สมมติขึ้น ไม่ใช่ค่าสังเกตจริง ๆ ตามปกติแล้วข้อมูลที่ประเมินนี้ ค่าประเมินจะค่อนข้างสูงกว่าความเป็นจริง จึงต้องมีการปรับค่า mean square ของทรีตเมนท์โดยใช้สูตรหาตัวปรับค่าดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = [B - (t-1)X]^2 / [t(t-1)^2]$$

โดยนำไปลบออกจาก SSTrt ซึ่งแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2-2.1.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว แบบ RBD

SOV	df	SS
Treatment	t - 1	SSTrt - A
Block	r - 1	SSB
Error	(t-1)(r-1)-1	SSE
Total	rt - 2	SST

- กรณีข้อมูลสูญหายไปมากกว่า 1 ตัว

การคำนวณหาข้อมูลสูญหาย ให้ประเมินค่าข้อมูลสูญหายตัวใดตัวหนึ่ง จากสูตรเดียวกับกรณีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว ค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวอื่น ๆ โดยหาจากสูตร

[(ค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ที่มีค่าสังเกตหายไป)+(ค่าเฉลี่ยของบล็อคที่มีค่าสังเกตหายไป)]/2

แล้วใช้ค่าประเมินนี้รวมกับข้อมูลที่เหลือหาข้อมูลสูญหายตัวถัดต่อไปทีละตัวจนครบ 1 รอบ จากนั้นนำค่าประเมินทั้งหมด (ยกเว้นตัวที่หนึ่ง) มาประเมินข้อมูลสูญหายตัวแรกใหม่เป็นรอบที่สองทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าประเมินในรอบสุดท้ายเท่ากับค่าประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรอบรองสุดท้าย หรือค่าประเมินข้อมูลสูญหายเริ่มมีค่าคงที่ทุกตัว ปกติทำประมาณ 2-3 รอบก็จะได้ค่าประเมินข้อมูลสูญหายที่นำมาวิเคราะห์ต่อไปได้และ d.f.ของ total และ error จะลดลงตามจำนวนข้อมูลสูญหาย ข้อมูลสูญหายเมื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแล้ว ค่า SSTrt และ MSTrt จะสูงกว่าความเป็นจริงจะต้องปรับค่าเช่นเดียวกับกรณีสูญหาย 1 ตัว โดยวิเคราะห์ข้อมูลคิบทั้งหมด (ไม่รวมข้อมูลสูญหาย) แบบ CRD ซึ่งมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากันโดยให้ Block เป็น treatments เมื่อได้ค่า SSE จากการวิเคราะห์นี้ให้เป็นตัวตั้ง ลบด้วย SSE ที่วิเคราะห์โดยใช้ค่าประเมินแบบ rbd ค่าที่ได้คือ SSTrt ที่ปรับค่าแล้ว

ตารางที่ 2-2.1.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว แบบ RBD

SOV	df	SS
Treatment	t - 1	adj.SSTrt
Block	r - 1	SSB
Error	(t-1)(r-1)-L	SSE
Total	(rt-1)-L	SST

เมื่อ L คือ จำนวนข้อมูลสูญหายทั้งหมด และ adj.SSTrt คือ ค่า SSTrt ที่ปรับค่าแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แผนการทดลองแบบ LS

- กรณีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว

LS แบบปกติเมื่อมีข้อมูลสูญหายนั้นจะต้องประเมินข้อมูลนั้นโดยใช้สูตรดังนี้

$$X = \frac{t(R+C+T) - 2G}{(t-1)(t-2)}$$

โดยที่ X คือ ค่าประเมินของข้อมูลสูญหาย

T คือ ผลรวม (ที่เหลือ) ของทรีตเมนท์ชนิดเดียวกับข้อมูลสูญหาย

R คือ ผลรวม (ที่เหลือ) ของแถวที่ข้อมูลสูญหายปรากฏ

C คือ ผลรวม (ที่เหลือ) ของคอลัมน์ที่ข้อมูลสูญหายปรากฏ

G คือ ผลรวมทั้งหมด (ที่เหลือ)

t คือ จำนวนทรีตเมนท์ = จำนวนแถว = จำนวนคอลัมน์

วิธีประเมินคล้ายทำคล้ายกับวิธีประเมินในแบบ rbd และตัวปรับค่า mean square ของทรีตเมนท์เพื่อขจัดอคติ มีสูตรดังนี้

$$A = [G-R-C-(t-1)T]^2 / [(t-1)^3(t-2)^2]$$

จะได้ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2.2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อมีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว แบบ LS

SOV	df	SS
Treatment	r - 1	adj.SSTrt
Row	r - 1	SSR
Column	r - 1	SSC
Error	(r-1)(r-2)-L	SSE
Total	(r^2-1)-L	SST

เมื่อ L คือ จำนวนข้อมูลสูญหายทั้งหมด และ adj.SSTrt คือ ค่าของ SSTrt ที่ปรับค่าแล้ว โดยคำนวณได้เช่นเดียวกับแผนการทดลองแบบ RBD ที่มีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การแปลงข้อมูล (Transformation)

การตรวจสอบนัยสำคัญของผลการทดลองจำเป็นต้องตั้งข้อกำหนดว่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง จะต้องมีการกระจายแบบปกติอย่างอิสระ มีวาเรียนซ์ร่วมกัน ในงานทดลองเราใช้วิธีการสุ่มทรีตเมนท์ เพื่อให้ความเป็นอิสระกันระหว่างความคลาดเคลื่อน

ในบางครั้ง ความคลาดเคลื่อน อาจมีวาเรียนซ์ไม่เท่ากัน ซึ่งเนื่องมาจากการกระจายไม่เป็นแบบปกติ อาจมีลักษณะเบ้ที่เรียกว่า skewness ซึ่งสังเกตได้จากการที่บางทรีตเมนท์ มีค่าเฉลี่ยสูง และมีวาเรียนซ์ของค่าเฉลี่ยสูงกว่าทรีตเมนท์อื่น ๆ ในกรณีเช่นนี้ การวิเคราะห์ความแปรปรวนจากข้อมูลดิบโดยตรง จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ จึงจำเป็นที่จะต้องแปลงข้อมูลก่อน และจุดประสงค์ในการแปลงข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1.ข้อมูลที่แปลงเป็นมาตราใหม่แล้ว ความคลาดเคลื่อนจะมีการกระจายเป็นแบบปกติหรือใกล้เคียงกับแบบปกติ

2.ค่าเฉลี่ย และวาเรียนซ์ของทรีตเมนท์ข้อมูลที่แปลงแล้วเป็นอิสระกัน วาเรียนซ์ของทรีตเมนท์จะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน (Homogeneous) สำหรับค่าสังเกตทั้งหมด การแปลงข้อมูลมีหลายวิธีดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

3.1 การแปลงโดยใช้รูทสอง ($\sqrt{X}$ Transformation)

การแปลงข้อมูลโดยวิธีถอดรูทสอง ใช้กับข้อมูลที่ค่าสังเกตมีค่าต่ำมาก เช่น การนับจำนวนโคโลนีของบัคเตรี การนับจำนวนเหตุการณ์ผิดปกติ หรืออุบัติเหตุต่าง ๆ เป็นต้น ข้อมูลเช่นนี้มักมีการกระจายแบบพัวซอง (Poisson) การแปลงเป็น $\sqrt{x}$ จะช่วยให้ค่าเฉลี่ยและวาเรียนซ์เป็นอิสระจากกัน (การกระจายแบบพัวซอง มีค่าเฉลี่ยและวาเรียนซ์เท่ากัน) วาเรียนซ์ของข้อมูล แปลงเป็นรูทสอง จะมีค่าใกล้เคียงกับ 0.25 ถ้าข้อมูลมีค่าสังเกตบางค่าต่ำมาก การแปลงควรใช้ $\sqrt{x+1}$ ซึ่งจะมีผลมากกว่า $\sqrt{x}$ โดยเฉพาะ เมื่อบางค่าเท่ากับศูนย์ การแปลงข้อมูลแบบถอดรูทสอง ใช้ได้กับข้อมูล ที่เป็นเปอร์เซนต์ และมีค่าอยู่ในช่วงแคบ ๆ ช่น 0 ถึง 20 เปอร์เซนต์ หรือ 80 ถึง 100 เปอร์เซนต์ ถ้าค่าอยู่ในช่วง 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึง 100 เปอร์เซนต์ การคำนวณจะลบค่าสังเกตออกจาก 100 เปอร์เซนต์ก่อนทำการแปลง

การแปลงค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ กลับเป็นมาตราเดิม กระทำได้โดยการยกกำลังสองเฉลี่ยของค่าแปลง แต่อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยแปลงกลับ จะมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยเดิมเล็กน้อย เพราะค่าเฉลี่ยของข้อมูลแปลง โดยถอดรู้ทสอง จะมีค่าน้อยกว่ารู้ทสองของเฉลี่ยของข้อมูลเดิม การปรับแบบคร่าว ๆ อาจกระทำได้โดยการบวกความคลาดเคลื่อน MS จากการวิเคราะห์ข้อมูลแปลงให้กับค่าเฉลี่ยแปลงกลับแล้วของแต่ละทรีตเมนท์

3.2 การแปลงเป็นอาร์คไซน์สำหรับค่าสัดส่วน (Arcsin $\sqrt{X}$ Transformation)

การแปลงข้อมูลวิธีนี้เรียกว่า angular transformation ซึ่งคิดขึ้น เพื่อใช้แปลงข้อมูลที่เป็นสัดส่วนแบบไบโนเมียล (Binomial proportion)โดยค่าสังเกตคิดเป็นทศนิยมหรือเป็นเปอร์เซนต์ โดยแปลงค่าเดิม ที่คิดเป็นเปอร์เซนต์ ให้เป็นมุมวัดเป็นองศา ถ้าหากความคลาดเคลื่อนในข้อมูลเดิมกระจายแบบไบโนเมียล การแปลงโดยวิธีนี้จะเปลี่ยนรูปร่างการกระจายให้เป็นแบบปกติ และจะมีวาเรียซ์คงที่โดยประมาณ คือวาเรียนซ์ของค่าแปลงเป็นมุมจะเท่ากับ 821/n โดยประมาณ ถ้าวัดมุมเป็นองศา หากวัดมุมเป็นเรเดียน (radian) วาเรียนซ์จะเท่ากับ 0.25/n โดย n เป็นตัวหารร่วมของค่าในข้อมูลเดิมที่คิดเป็นสัดส่วน จึงเห็นได้ว่าข้อมูลที่ให้คิดเป็นเปอร์เซนต์ ก็เพื่อจะได้มีตัวหารร่วมเท่ากัน คือ ร้อย (เอาร้อยไปหารข้อมูลเดิมทั้งหมดเพื่อทำให้เป็นสัดส่วน) หรือ อีกนัยหนึ่งเพื่อให้จำนวนค่าสังเกตเท่ากัน (คิดจากร้อย) อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ตัวหารร่วมมีค่าเท่ากัน เพียงโดยการประมาณ การแปลงแบบนี้ก็ยังใช้ได้

3.3 การแปลงเป็นค่าลอการิทึม (Logarithmic Transformation), log X

การแปลงเป็นค่าลอการิทึม ใช้ในกรณีที่วาเรียนซ์มีค่าเป็นสัดส่วน กับกำลังสองของเฉลี่ยของทรีตเมนท์ หรืออีกนัยหนึ่ง coefficient of variationของค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์เป็นค่าคงที่ การแปลงเป็นลอการิทึมจะทำให้ทุกทรีตเมนท์มีวาเรียนซ์เท่ากัน นอกจากนั้นการแปลงโดยวิธีนี้ จะทำให้อิทธิพลต่าง ๆ ที่มีผลแบบคูณในข้อมูลเดิมเปลี่ยนเป็นมีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบบวกในมาตราล็อค อนึ่งการแปลงข้อมูลโดยวิธี log ในกรณีที่ข้อมูลมีค่าศูนย์ (0) การแปลงข้อมูลจะใช้แบบ log(X+1) ซึ่งจะให้ผลดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

ในการทดลองทุกประเภทมีหลักสำคัญข้อหนึ่งคือ ผู้ทดลองต้องพยายามใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อควบคุมหรือลดความแปรปรวนในการทดลองให้มีน้อยที่สุด ซึ่งการควบคุมหรือลดความแปรปรวนในการทดลองหากพิจารณากว้าง ๆ อาจแยกได้เป็นสองประเภทคือ

- การควบคุมโดยตรง ทำโดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ ประกอบการทดลอง
- การควบคุมทางอ้อมโดยใช้สถิติช่วย โดยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เป็นวิธีผสมผสานระหว่างการวิเคราะห์ความแปรปรวนกับรีเกรสชั่น โดยแต่ละหน่วยการทดลองต้องเก็บข้อมูลของปัจจัย หรือลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสิ่งทดลองอย่างน้อย 2 อย่าง หรือมีตัวแปรปรวน (Variable) 2 ตัว คือข้อมูลของปัจจัยหรือลักษณะที่สนใจเป็นตัวแปรปรวนตาม (Dependent Variable , Y) และข้อมูลของปัจจัย หรือลักษณะอื่นที่มีผลต่อข้อมูลแรก หรือตัวแปรปรวนอิสระ (Independent Variable , X) ตัวแปรปรวนทั้งสองนี้เรียกสั้น ๆ ว่าตัวแปรปรวน (Variate) และตัวแปรปรวนร่วม (Covariate) ตามลำดับ

4.1 จุดมุ่งหมายและประโยชน์ของการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- เพิ่มความแน่นอนในการทดลองที่สุ่มจัดทรีตเมนท์ ลงในหน่วยทดลองต่าง ๆ
- เพื่อขจัดอิทธิพลของตัวแปรปรวนร่วมบางตัว ที่อาจมีผลต่อตัวแปรปรวนของปัจจัยที่สนใจในการศึกษาแบบสังเกต (Observed Studies)
- เพื่อช่วยขยายความในการแปลความและสรุปผลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

4.2 สมมติฐานในการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

สมมติฐานเหล่านี้ เป็นสมมติฐานที่รวมมาจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน และรีเกรสชั่น

- ตัวแปรปรวนร่วม (X) เป็นค่าคงที่และวัดโดยปราศจากความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลังจากขจัดความแตกต่างอันเนื่องจากบลอค และทรีตเมนท์แล้ว รีเกรสชั่นของตัวแปรปรวน (Y) ที่ขึ้นต่อตัวแปรปรวนร่วม (X) เป็นเส้นตรง และเป็นอิสระจากทรีตเมนท์ และบลอค

- ผลตกค้าง (Residual) หรือความคลาดเคลื่อน จะต้องกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ มีความแปรปรวนร่วมกัน (Common Variance)

4.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง CRD

- แบบหุ่น

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta(X_{ij} - x..) + E_{ij}$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j ทรีตเมนท์ i

$i = 1, \ldots, t$

$j = 1, \ldots, r$

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

T_i คือ อิทธิพลของทรีตเมนท์ i

β คือ สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นเฉลี่ย (จากทุกทรีตเมนท์)

$X_{ij} - x..$ คือ ค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรปรวนร่วมที่ ij จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรปรวนร่วม

E_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

- วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ CRD แสดงในตารางที่ 2-4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-4.1 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ CRD

Source of Variation	Sum of Products				Y adjusted for X		
	d.f.	Y^2	XY	X^2	d.f.	SS	MS
Total	r.- 1	S_{yy}	S_{xy}	S_{xx}	—	—	—
Treatment (T)	t - 1	T_{yy}	T_{xy}	T_{xx}	—	—	—
Error (E)	r.- t	E_{yy}	E_{xy}	E_{xx}	(r.- t) - 1	E_{yy}	S^2_e
T + E (กรณีนี้เท่ากับ Total)	r.- 1	S_{yy}	S_{xy}	S_{xx}	(r.- 1) - 1	S_{yy}	
Treatments (adj. for average error regression)					t - 1	S_{yy}-E_{yy}	S^2_t

โดยที่ $r. = \sum_{i=1}^{t} r_i$ = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

r_i = จำนวนซ้ำของแต่ละทรีตเมนท์

t = จำนวนทรีตเมนท์

ดังนั้นกรณีที่ทรีตเมนท์มีจำนวนซ้ำเท่ากัน $\sum_{i=1}^{t} r_i = rt$

$$E_{yy} = E_{yy} - E^2_{xy} / E_{xx}$$

$$S_{yy} = S_{yy} - S^2_{xy} / S_{xx}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนในการคำนวณ

1. คำนวณหาค่า SS แต่ละองค์ประกอบทั้งพวก X และ พวก Y ตามแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนปกติ

2. คำนวณหาค่า SP (Sum of Products) แต่ละองค์ประกอบของ XY

$$C.F._{xy} = \frac{(\text{ผลรวมของ X})(\text{ผลรวมของ Y})}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม}}$$

Total SP (S_{xy}) = ผลรวมของ (ผลคูณระหว่าง X กับ Y) - $C.F._{xy}$

Treatments SP (T_{xy})

$$= \frac{\text{ผลบวกของ (ผลคูณระหว่างผลรวม X กับ Y ในแต่ทรีตเมนท์)}}{\text{จำนวนซ้ำ}} - C.F._{xy}$$

Error SP (E_{xy}) = $S_{xy} - T_{xy}$

- คำนวณ Error (adjusted) SS หรือ E_{yy}

$$E_{yy} = E_{yy} - (E^2_{xy} / E_{xx})$$

- คำนวณค่า Error (adj.) MS

= Error (adj.) SS / d.f. Error (adj.)

- คำนวณค่า S_{yy}

$$S_{yy} = S_{yy} - (S^2_{xy} / S_{xx})$$

- คำนวณค่า Treatments (adjusted for covariate) SS

$$= S_{yy} - E_{yy}$$

- หาค่า Trt. (adj.) MS

= Trt. (adj.) MS / d.f. Trt.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทดสอบแบบ F

$$F = \text{Trt. (adj.) MS} / \text{Error (adj.) MS}$$

- แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- คำนวณค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของทรีตเมนท์ทั้งหมดซึ่งประเมินโดย

$$b_{yx} = E_{xy} / E_{xx}$$

การคำนวณค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ต้องคำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว (Adjustment of treatment means) โดยคำนวณได้ดังนี้

$$\hat{y}_{i.} = y_{i.} - b_{yx}(x_{i.} - x_{..})$$

เมื่อ $y_{i.} = \sum_{j}^{r} y_{ij}$, $y_{i.} = y_{i.}/r$, $x_{i.} = \sum_{j}^{r} x_{ij}$, $x_{i.} = x_{i.}/t$

$$x_{..} = \sum_{i}^{t}\sum_{j}^{r} x_{ij} \quad , \quad x_{..} = x_{..}/rt$$

4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง RBD

- แบบหุ่น

$$Y_{ij} = \mu + T_i + R_j + \beta(X_{ij} - x_{..}) + E_{ij}$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตของทรีตเมนท์ i ในซ้ำ j

$i = 1, \ldots, t$

$j = 1, \ldots, r$

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

T_i คือ อิทธิพลของทรีตเมนท์ i

R_j คือ อิทธิพลซ้ำ j

β คือ สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นเฉลี่ย (จากทุกทรีตเมนท์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$X_{ij} - x..$ คือ ค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรปรวนร่วมที่ ij จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรปรวนร่วม

E_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

- วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ RBD แสดงในตารางที่ 2-4.2

ตารางที่ 2-4.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ RBD

Source of Variation	Sum of Products				Y adjusted for X		
	d.f.	Y^2	XY	X^2	d.f.	SS	MS
Total	rt- 1	S_{yy}	S_{xy}	S_{xx}	–	–	–
Replications	r - 1	R_{yy}	R_{xy}	R_{xx}	–	–	–
Treatment (T)	t - 1	T_{yy}	T_{xy}	T_{xx}	–	–	–
Error (E)	(r-1)(t-1)	E_{yy}	E_{xy}	E_{xx}	(r-1)(t-1)-1	E_{yy}	S^2_e
T + E	r(t-1)	O_{yy}	O_{xy}	O_{xx}	r(t-1) - 1	O_{yy}	
Treatments (adj. for average error regression)					t - 1	$O_{yy}-E_{yy}$	S^2_t

โดยที่ r = จำนวนซ้ำ

t = จำนวนทรีตเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$E_{yy} = E_{yy} - E^2_{xy} / E_{xx}$

O_{yy} , O_{xy} และ O_{xx} คือ $(T_{yy} + E_{yy})$, $(T_{xy} + E_{xy})$ และ $(T_{xx} + E_{xx})$ ตามลำดับ

- ขั้นตอนในการคำนวณ

1. คำนวณหาค่า SS แต่ละองค์ประกอบทั้งพวก X และ พวก Y ตามแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนปกติ

2. คำนวณหาค่า SP (Sum of Products) แต่ละองค์ประกอบของ XY

$$C.F._{xy} = \frac{\text{(ผลรวมของ X (ผลรวมของ Y)}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม}}$$

Total SP (S_{xy}) = ผลรวมของ (ผลคูณระหว่าง X กับ Y) - $C.F._{xy}$

Replications SP (R_{xy})

$$= \frac{\text{ผลบวกของ (ผลคูณระหว่างผลรวม X กับ Y ในแต่ละซ้ำ)}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม = จำนวนซ้ำ}} - C.F._{xy}$$

Treatments SP (T_{xy})

$$= \frac{\text{ผลบวกของ (ผลคูณระหว่างผลรวม X กับ Y ในแต่ทรีตเมนท์)}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ประกอบเป็นผลรวม = จำนวนซ้ำ}} - C.F._{xy}$$

Error SP (E_{xy}) = $S_{xy} - R_{xy} - T_{xy}$

- คำนวณ Error (adjusted) SS หรือ E_{yy}

$$E_{yy} = E_{yy} - (E^2_{xy} / E_{xx})$$

- คำนวณค่า Error (adj.) MS

= Error (adj.) SS / d.f. Error (adj.)

- คำนวณค่า O_{yy}

$$O_{yy} = O_{yy} - (O^2_{xy} / O_{xx})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณค่า Treatments (adjusted for covariate) SS

$$= O_{yy} - E_{yy}$$

- หาค่า Trt. (adj.) MS

$$= \text{Trt. (adj.) MS / d.f. Trt.}$$

- ทดสอบแบบ F

$$F = \text{Trt. (adj.) MS / Error (adj.) MS}$$

- แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

- คำนวณค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นของทรีตเมนท์ทั้งหมดซึ่งประเมินโดย

$$b_{yx} = E_{xy} / E_{xx}$$

การคำนวณค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์ต้องคำนวณจากค่าเฉลี่ยที่ปรับแล้ว เช่นเดียวกับแผนการทดลอง RBD

4.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง LS

- แบบหุ่น

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + C_k + \beta(X_{ijk} - x...) + E_{ijk}$$

โดยที่ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของทรีตเมนท์ i ในแถว j และคอลัมน์ k

$i = j = k = 1, \ldots, t$

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

T_i คือ อิทธิพลของทรีตเมนท์ i

R_j คือ อิทธิพลแถว j

C_k คือ อิทธิพลคอลัมน์ k

β คือ สัมประสิทธิ์รีเกรสชั่นเฉลี่ย (จากทุกทรีตเมนท์)

$X_{ijk} - x...$ คือ ค่าเบี่ยงเบนของตัวแปรปรวนร่วมที่ ijk จากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรปรวนร่วม

E_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม

รูปแบบการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ LS แสดงในตารางที่ 2-4.3

ตารางที่ 2-4.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของ LS

Source of Variation	Sum of Products				Y adjusted for X		
	d.f.	Y^2	XY	X^2	d.f.	SS	MS
Total	$t^2 - 1$	S_{yy}	S_{xy}	S_{xx}	–	–	–
Rows	$t - 1$	R_{yy}	R_{xy}	R_{xx}	–	–	–
Columns	$t - 1$	C_{yy}	C_{xy}	C_{xx}	–	–	–
Treatment (T)	$t - 1$	T_{yy}	T_{xy}	T_{xx}	–	–	–
Error (E)	$(t-1)(t-2)$	E_{yy}	E_{xy}	E_{xx}	$(t-1)(t-2)-1$	E_{yy}	S^2_e
T + E	$(t-1)^2$	O_{yy}	O_{xy}	O_{xx}	$(t-1)^2 - 1$	O_{yy}	
Treatments (adj. for average error regression)					$t - 1$	$O_{yy}-E_{yy}$	S^2_t

โดยที่ t = จำนวนทรีตเมนท์ = จำนวนแถว = จำนวนคอลัมน์

O_{yy} , O_{xy} และ O_{xx} คือ $(T_{yy} + E_{yy})$, $(T_{xy} + E_{xy})$ และ $(T_{xx} + E_{xx})$ ตามลำดับ

$$O_{yy} = O_{yy} - (O^2_{xy} / O_{xx})$$

เนื่องจากการวิเคราะห์คล้ายคลึงกับ CRD และ RBD จึงไม่กล่าวซ้ำอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.การวิเคราะห์รวม (Combined Analysis of Variance)

การวิเคราะห์รวม คือการนำผลการทดลองที่ต่อเนื่องกันมาวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมกันเพื่อศึกษาอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อทรีตเมนท์ที่ศึกษา งานทดลองที่ต่อเนื่องกันคือการทดลองชนิดเดียวกันทำซ้ำตั้งแต่ 2 การทดลองขึ้นไป เช่น ทดลองหลายฤดูกาล หลายปีหลายสถานที่ หรือทำซ้ำทั้งปี และสถานที่

ในการวิเคราะห์รวมนั้น ต้องให้แบบแผนการทดลองเป็นแบบเดียวกัน จะเป็น CRD, RBD หรือ Latin Square ก็ได้ และทรีตเมนต์ จำนวนซ้ำ และวิธีปฏิบัติในการทดลองต้องเหมือนกันทุกการทดลอง

เป็นการวิเคราะห์ผลการทดลองที่กระทำซ้ำในหลายสถานที่ (repetitions in place) หรือ การทดลองที่กระทำในหลายเวลา (repetitions in time)

5.1 การวิเคราะห์รวมที่วางแผนแบบ RBD

แบบหุ่น (model)

แบบหุ่นจากแต่ละการทดลอง

$$Y_{ijk} = \mu_i + R_{j(i)} + T_{k(i)} + E_{ijk}$$

โดย Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของทรีตเมนท์ที่ k ในซ้ำที่ j ของการทดลองที่ i ;

$i = 1, \ldots, p$

$j = 1, \ldots, r$

$k = 1, \ldots, t$

μ_i คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดลองที่ i

$R_{j(i)}$ คือ อิทธิพลทางทบของซ้ำที่ j ในการทดลองที่ i

$T_{k(i)}$ คือ อิทธิพลทางทบของทรีตเมนท์ที่ k ในการทดลองที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

E_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม (random error) ซึ่งค่าเฉลี่ยจากทุกการทดลองเท่ากับ 0 และไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเหล่านี้คงที่ คือ σ_ϵ^2

แบบหุ่นของชุดการทดลอง

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + R_{j(i)} + T_k + (PT)_{ik} + E_{ijk}$$

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดจากทุกการทดลอง

P_i คือ อิทธิพลทางทบของการทดลอง* ที่ i

T_k คือ อิทธิพลทางทบของทรีตเมนท์ที่ k

* การทดลอง อาจจะหมายถึง ฤดูกาล ปี สถานที่ ก็ได้

$(PT)_{ik}$ คือ อิทธิพลทางทบของปฏิกริยาสัมพันธ์ ระหว่างการทดลอง i กับทรีตเมนท์ k

เทอมอื่น ๆ มีความหมายเช่นเดียวกับแบบหุ่นที่ผ่านมา

จากแบบหุ่นทั้งสอง จะเห็นว่า แบบหลังขยายมาจากแบบแรกดังนี้

$$\mu_i = \mu + P_i$$

$$T_{k(i)} = T_k + (PT)_{ik}$$

<u>ขั้นตอนในการวิเคราะห์รวม</u>

1. ก่อนคำนวณการวิเคราะห์รวม ทดสอบความแปรปรวนของแต่ละการทดลองว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยวิธี

- F test ในกรณีที่มี 2 การทดลอง โดย

$$F = \frac{\text{Larger error MS}}{\text{Smaller error MS}}$$

เปิดตาราง F ที่ df ของ error ของการวิเคราะห์รวม , df ของ error ของการวิเคราะห์รวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Bartlett's test ของ Bartlett (1937)ในกรณีที่มีมากกว่า 2 การทดลองเมื่อความแปรปรวนของแต่ละการทดลองไม่ต่างกันให้ดำเนินการต่อข้อ 2

2.คำนวณตารางวิเคราะห์รวม ซึ่งมีลักษณะดังตารางที่ 2-5.1

ตารางที่ 2-5.1 การวิเคราะห์รวม p การทดลอง ที่วางแผนแบบ RBD ที่มี t ทรีตเมนต์ และ r ซ้ำ

SOV	df	MS
Place (or Season, or Year)	p-1	P MS
Replication within Place	p(r-1)	R MS
Treatment	t-1	T MS
Places x Treatments	(p-1)(t-1)	I MS
Pooled Error	p(r-1)(t-1)	E MS
Total	prt-1	

$$\text{Place SS} = \sum_{i=1}^{p} \frac{(Y_{i..})^2}{rt} - \text{C.F.}$$

$$\text{C.F.} = \frac{(Y...)^2}{prt}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{Rep. within Place SS} = \sum_{i=1}^{p} (\text{SS Rep. ของการทดลองที่ i})$$

$$= \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{r} \frac{(Y_{ij.})^2}{t} - \frac{(Y_{i..})^2}{rt}$$

$$\text{Treatment SS} = \sum_{k=1}^{t} \frac{(Y_{..k})^2}{pr} - \text{C.F.}$$

$$\text{Interaction SS} = \sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{t} \frac{(Y_{i.k})^2}{r} - \sum_{i=1}^{p} \frac{(Y_{i..})^2}{rt} - \sum_{k=1}^{t} \frac{(Y_{..k})^2}{pr} + \text{C.F.}$$

$$\text{Error SS} = \sum_{i=1}^{p} (\text{SSE ของการทดลองที่ i})$$

<u>การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์</u>

การตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดยวิธีทดสอบแบบ F นั้น มีตัวทดสอบ หรือตัวหารที่อาจเป็นไปได้ 2 ตัว คือ MS ของความคลาดเคลื่อนรวม (E) หรือ MS ของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสถานที่ และทรีตเมนท์ (I) จากค่า expected MS พบว่า MS ของทรีตเมนท์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ คือ

(1) ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2)

(2) ความแปรปรวนของปฏิกริยาสัมพันธ์ (σ^2_{PT})

(3) ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(σ^2_T หรือ $[rp/(t-1)]\ \Sigma(T_k-T)^2$ แล้วแต่กรณี)

ดังนั้นหากทดสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์โดย T/E จะทำให้ได้ค่า F แสดงความแตกต่างทางสถิติ (significance) มากกว่าปกติ หรือ ตามความเป็นจริง ซึ่งทรีตเมนท์ต่าง ๆ อาจให้ผลเท่ากัน หรือที่เรียกว่า ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1(type I error) เนื่องจากในค่า mean square ของทรีตเมนท์ส่วนหนึ่งประกอบด้วยอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสถานที่ และทรีตเมนท์ดังกล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งองค์ประกอบส่วนนี้ อาจมีอิทธิพลอย่างมากในการตรวจสอบแบบ F ซึ่งเป็นดังนี้

$$F = T/E = [\sigma^2 + r\sigma^2_{PT} + \frac{rp}{(t-1)}\Sigma(T_k-T)^2]/\sigma^2$$

ค่า F ที่ได้มีอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์ปะปนอยู่กับอิทธิพลของทรีตเมนท์ ถ้าอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์มีมาก ค่า F ที่แสดงความแตกต่างทางสถิตินั้นส่วนหนึ่งเป็นผลจากปฏิกริยาสัมพันธ์ กรณีนี้ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะสูง ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาพบว่าควรใช้ปฏิกริยาสัมพันธ์เป็นตัวทดสอบอิทธิพลทรีตเมนท์ ดังนี้

$$F = T/I = [\sigma^2 + r\sigma^2_{PT} + \frac{rp}{(t-1)}\Sigma(T_k-T)^2]/[\sigma^2 + r\sigma^2_{PT}]$$

ส่วนการทดสอบปฏิกริยาสัมพันธ์ทำโดยใช้ I/E

$$F = I/E = [\sigma^2 + R\sigma^2_{PT}]/\sigma^2$$

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าปัญหาในการวิเคราะห์ผลรวม มักพบเสมอโดยเฉพาะความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คล้ายคลึงกัน ซึ่งการวิเคราะห์ผลทางสถิติขั้นต้นจะได้ค่าประเมินนี้ คือ MS ของความคลาดเคลื่อนจากแต่ละการทดลอง ผู้ทดลองยังไม่ทราบแน่ชัดว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนเหล่านี้คล้ายกันหรือไม่ จะต้องทดสอบความคล้ายคลึงกัน (test of homogeneity) ตามวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้น ในทำนองเดียวกันความแปรปรวนของปฏิกริยาสัมพันธ์ ก็จะต้องทดสอบความคล้ายคลึงกัน ก่อนที่วิเคราะห์ผลทางสถิติขั้นต่อไป เหตุผลในการทดสอบคล้ายคลึงกันเหล่านี้ ก็เนื่องจากค่า MS ของทรีตเมนท์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบดังกล่าวมาแล้ว นอกจากนี้ เพื่อให้เข้ากับหลักการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อที่กล่าวว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต้องคล้ายคลึงกันซึ่งมีความสำคัญมากในการสรุปแปลความผลการทดลอง

หากผลการทดสอบพบว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน คล้ายคลึงกัน ปัญหาส่วนหนึ่งก็หมดไป แต่ถ้าหากไม่คล้ายคลึงกัน การทดสอบปฏิกริยาสัมพันธ์โดย I/E ก็อาจใช้ไม่ได้ และมีผลกระทบกระเทือนต่อการทดสอบอิทธิพลทรีตเมนท์โดย T/I ด้วย ดังนั้นกรณีที่ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คล้ายคลึงกัน ผู้ทดลองจำเป็นจะต้องพิจารณาปฏิกริยาสัมพันธ์ให้ดียิ่งขึ้น หากปฏิกริยาสัมพันธ์คล้ายคลึงกัน ก็ไม่มีข้อยุ่งยากมากนัก ในทางตรงข้ามถ้าปฏิกริยาสัมพันธ์มีความแปรปรวนไม่คล้ายคลึงกัน จะไม่สามารถใช้ MS ของปฏิกริยาสัมพันธ์ทดสอบอิทธิพลของสิ่งทดลอง ควรแก้ไขดังนี้

ก. การแปลงข้อมูล (transformation of data) ซึ่งจะใช้แก้ไขความไม่คล้ายคลึงกันไปได้บ้างในบางกรณี

ข. การแยกส่วน (partition) ค่า sum of square ของทรีตเมนท์ออกมาเป็นองค์ประกอบออร์ธอร์โกนอล ที่เหมาะสมตามลักษณะทรีตเมนท์ และความสนใจของผู้ทดลอง กล่าวคือหากเป็นลักษณะคุณภาพใช้ออร์ธอร์โกนอลคอมแพริสัน(orthogonal comparisons) หากเป็นลักษณะปริมาณ ใช้ออร์ธอร์โกนอลโพลิโนเมียล (orthogonal polynomials) จากนั้นค่า sum of square ของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างสถานที่กับทรีตเมนท์ก็แยกส่วนในทำนองเดียวกันกับทรีตเมนท์หรือให้สอดคล้องกันนั่นเอง ข้อเสียในการแยกส่วนคือ จะทำให้ d.f. ลดลงโดยเฉพาะตัวหาร ดังนั้นจะทำให้ความว่องไวในการทดสอบลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปหลักการวิเคราะห์ผลรวมของชุดการทดลอง

ในชุดการทดลองที่มีลักษณะการทดลองเหมือนกันนี้ การวิเคราะห์ผลรวมสามารถทำได้โดยมีข้อพิจารณาบางอย่างที่สำคัญ เฉพาะอย่างยิ่งก็คือ ตัวหาร หรือ ตัวทดสอบในการทดสอบแบบ F ซึ่งมีหลักเกณฑ์ประกอบการพิจารณากว้าง ๆ ดังนี้

ก. หากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการทดลองกับทรีตเมนท์ มีความสำคัญ หรือมีอิทธิพลมากการตรวจสอบอิทธิพลของทรีตเมนท์สามารถทำโดยใช้ Treatments MS / Interactions MS ซึ่งมีผลกระทบกระเทือนต่อการสรุปผลผิดพลาดน้อย ถึงแม้ว่า ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนไม่คล้ายคลึงกันก็ตาม แต่ทว่าความแปรปรวนของตัวปฏิกริยาสัมพันธ์จะต้องคล้ายคลึงกัน

ข. หากปฏิกริยาสัมพันธ์ไม่เป็นเอกภาพสามารถแก้ไขโดยแยก SS ของทั้งทรีตเมนท์และ ปฏิกริยาสัมพันธ์ออกมาเป็นองค์ประกอบออร์ธอร์โกนอลที่เหมาะสม หรือใช้การแปลงข้อมูล

ค. หากไม่เข้าหลักเกณฑ์ที่กล่าวมานี้ควรแยกการทดลองออกเป็นกลุ่ม ในแต่ละกลุ่มจัดให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนคล้ายคลึงกัน หรือบางกรณีไม่สามารถวิเคราะห์ผลรวมได้

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลรวมของ RBD แบบง่ายที่สุด

สมมติทำ 2 การทดลองได้ผลการวิเคราะห์เบื้องต้นดังตารางที่ 2-5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5.2 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ RBD ทำ 2 การทดลอง

Source of variation	d.f.	SS	
		1st Experiment	2nd Experiment
Replications	r-1	R_1	R_2
Treatments	t-1	Tr_1	Tr_2
Error	(r-1)(t-1)	E_1	E_2
Total	tr-1	To_1	To_2
Correction factor		$C.F._1$	$C.F._2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5.3 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ RBD

Source of variations	d.f.	SS
Experiments (Places)	p-1	$(C.F._1 + C.F._2) - C.F._{com.}$
Reps. within expts.	p(r-1)	$R_1 + R_2$
Treatments ($Tr._{com.}$)	t-1	$[T_1^2 + \ldots + T_t^2]/pr - C.F._{com.}$
Expts. x Treatments	(p-1)(t-1)	$(Tr_1+Tr_2) - Tr._{com.}$
Pooled Error	p(r-1)(t-1)	$E_1 + E_2$
Total	prt-1	$[(To_1+C.F._1) + (To_2 + C.F._2)] - C.F._{com.}$

โดยที่ r คือ จำนวนซ้ำในแต่ละการทดลอง

t คือ จำนวนทรีตเมนท์ในแต่ละการทดลอง

p คือ จำนวนการทดลอง

R_1 คือ ค่า SS ของซ้ำในการทดลองที่ 1

R_2 คือ ค่า SS ของซ้ำในการทดลองที่ 2

เทอมอื่น ๆ ในตารางที่ 4.2 มีความหมายทำนองเดียวกัน

$T_1,\ldots,T_t$ คือผลรวมข้อมูลจากทุกซ้ำและทุกการทดลองของแต่ละทรีตเมนท์

$$C.F._{com.} = \frac{[\text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}]^2}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}}$$

$To_1 + C.F._1$ คือ uncorrected total SS ของการทดลองที่ 1

$To_2 + C.F._2$ คือ uncorrected total SS ของการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์รวมที่วางแผนแบบ CRD

สมมติทำ 2 การทดลอง รูปแบบตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนเบื้องต้น และการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมแบบง่ายที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2-5.4

ตารางที่ 2-5.4 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ CRD ทำ 2 การทดลอง

Source of variation	d.f.	SS	
		1st Experiment	2nd Experiment
Treatments	t-1	Tr_1	Tr_2
Error	t(r-1)	E_1	E_2
Total	rt-1	To_1	To_2
Correction factor		$C.F._1$	$C.F._2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5.5 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ CRD

Source of variation	d.f.	SS
Experiments	p-1	$(C.F._1+C.F._2) - C.F._{com.}$
Treatments ($Tr._{com.}$)	t-1	$[T_1^2+...+T_t^2]/pr - C.F._{com.}$
Expts. x Treatments	(p-1)(t-1)	$(Tr_1 + Tr_2) - Tr_{com.}$
Pooled Error	pt(r-1)	$E_1 + E_2$
Total	prt-1	$[(To_1+C.F._1)+(To_2+C.F._2)]-C.F._{com.}$

ความหมายของสัญญลักษณ์ต่าง ๆ เช่นเดียวกับตารางที่ 2-4.3 ของ RBD

5.3 การวิเคราะห์ผลรวมของ LS

สมมติทำ 2 สแควร์ รูปแบบตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนเบื้องต้น และการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังแสดงในตารางที่ 2-5.6 และ ตารางที่ 2-5.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5.6 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ LS ทำ 2 สแควร์

Source of variation	d.f.	SS	
		1^{st} Experiment	2^{nd} Experiment
Rows	t-1	Ro_1	Ro_2
Columns	t-1	Co_1	Co_2
Treatments	t-1	Tr_1	Tr_2
Error	(t-1)(t-1)	E_1	E_2
Total	$t^2 - 1$	To_1	To_2
Correction factor		$C.F._1$	$C.F._2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-5.7 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของ LS

Source of variation	d.f.	SS
Experiments (Squares)	p-1	$(C.F._1+C.F._2) - C.F._{com.}$
Rows within expts.	p(t-1)	$Ro_1 + Ro_2$
Cols.. within expts.	p(t-1)	$Co_1 + Co_2$
Treatments ($Tr._{com.}$)	t-1	$[T_1^2+...+T_t^2]/pt - C.F._{com.}$
Expts. x Treatments	(p-1)(t-1)	$(Tr_1 + Tr_2) - Tr_{com.}$) Pooled
Error within expts.	p(t-1)(t-2)	$E_1 + E_2$) Error
Total	pt^2-1	$[(To_1+C.F._1)+(To_2+C.F._2)]-C.F._{com.}$

ความหมายของสัญญลักษณ์และวิธีการต่าง ๆ คล้ายคลึงกับ RBD และ CRD แต่นิยมรวมค่าความคลาดเคลื่อนรวมและปฏิกริยาสัมพนธ์ระหว่างการทดลองกับทรีตเมนท์ เข้าด้วยกัน และใช้เป็นตัวทดสอบอิทธิพลของทรีตเมนต์ ซึ่งในตารางใช้คำว่า "Pooled Error"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานแบ่งออกเป็นการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาวิธีวิเคราะห์ข้อมูล ภายใต้ขอบเขตของปัญหาโดยละเอียด โดยศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ จากหนังสือต่าง ๆ ทั้งทางด้านทฤษฎีในการวิเคราะห์ข้อมูล และด้านคอมพิวเตอร์

2. ศึกษาโปรแกรมสำเร็จรูปที่มีอยู่แล้ว ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูล ภายใต้ขอบเขตของปัญหาเดียวกัน ซึ่งโปรแกรมที่ศึกษาคือ โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC+ ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยสังเกตดูผลลัพธ์ที่ได้ และความยากง่ายในการใช้โปรแกรม เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการออกผลลัพธ์ (Output) และเพื่อเปรียบเทียบลักษณะการใช้งาน

3. ศึกษาข้อจำกัดในการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ เช่น ผลลัพธ์ที่ออกทางหน้าจอ สามารถออกได้กี่ตัวอักษร

4. ออกแบบการรับข้อมูล (Input Data) ผลลัพธ์ (Output) ที่ไม่ยุ่งยากในการใช้ (User Friendly) และเข้าใจง่าย

5. เขียน Algolithm หรือ Flowchart แสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลตามขอบเขตของปัญหา

6. จาก Algolithm หรือ Flowchart ที่ได้นำมาเขียนโปรแกรมภาษา C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทดสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ข้อมูลจริงมาจากหนังสืออ้างอิง

8. นำโปรแกรมที่เสร็จสิ้นแล้ว ไปทดสอบกับผู้ใช้เพื่อหาสิ่งที่ผู้ใช้ไม่เข้าใจ

9. ปรับปรุงให้โปรแกรมสามารถใช้ง่าย และเข้าใจง่าย โดยเฉพาะสำหรับคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำเพียง 640 KB

10. จัดทำคู่มือในการใช้งาน (User's Manual) เพื่อเป็นแนวทางในการใช้โปรแกรมนี้แก่ผู้ใช้โดยละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย และ วิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมภาษา C ที่เขียนแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

1.แผนการทดลองปัจจัยเดียวที่ซับซ้อน

1.1 แผนการทดลองแบบ CRD

แผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมีจำนวนซ้ำเท่ากัน

ตัวอย่างข้อมูลจริงต่อไปนี้ได้จาก Gomez 1984 หน้า 14 เป็นการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 7 ทรีตเมนท์ ทำ 4 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4-1.1.1 Grain Yield of Rice Resulting from Use of Different Foliar and Granular Insecticides for the Control of Brown Planthoppers and Stem Borers, from a CRD Experiment with 4 (r) Replications and 7 (t) Treatments

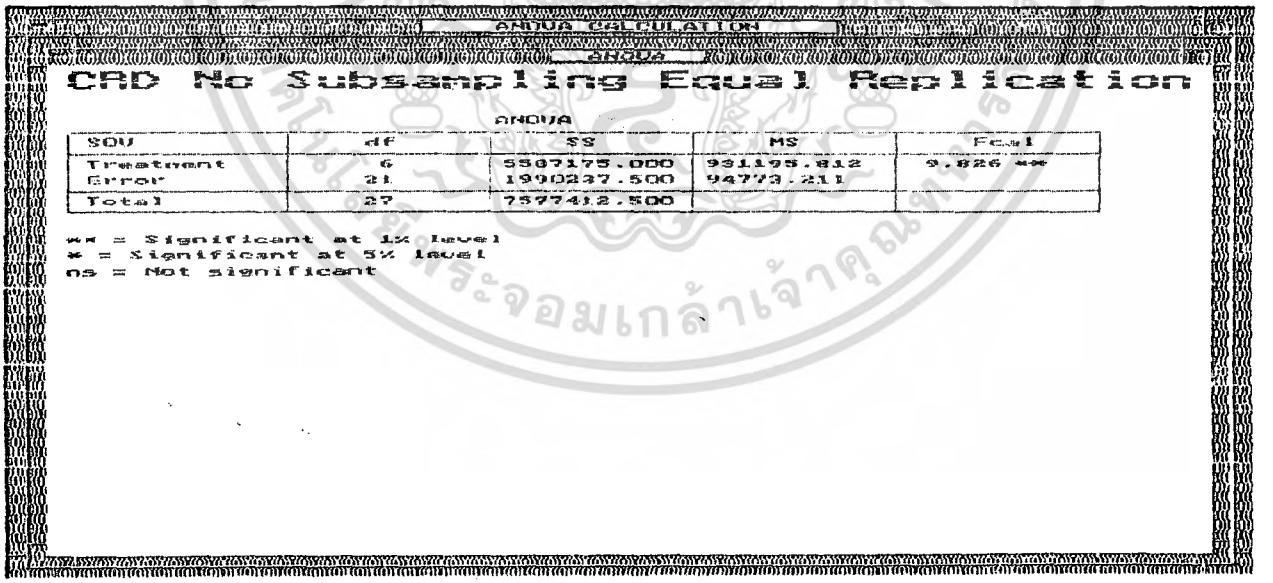
Treatment	Grain Yield, kg/ha			
Dol-Mix (1 kg)	2,537	2,069	2,104	1,797
Dol-Mix (2 kg)	3,366	2,591	2,211	2,544
DDT + ŷ-BHC	2,536	2,459	2,827	2,385
Azodrin	2,387	2,453	1,556	2,116
Dimecron-Boom	1,997	1,679	1,649	1,859
Dimecron-Knap	1,796	1,704	1,904	1,320
Control	1,401	1,516	1,270	1,077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4-1.1.2 ANOVA CRD with equal replication of Rice Yield Data in Table 4-1.1.1

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	6	5,587,174	931,196	9.83**
Error	21	1,990,238	94,773	
Total	27	7,577,412		

แผนภาพที่ 1.1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ CRD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น


ANOVA CALCULATION

ANOVA

CRD No Subsampling Equal Replication

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	6	5587175.000	931195.812	9.826 **
Error	21	1990237.500	94773.211	
Total	27	7577412.500		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน</u>

ตัวอย่างข้อมูลจริงจาก สุรพล,2526 เป็นการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนท์ คือ a,b,c และ d มีจำนวนซ้ำดังนี้ a = 3 ซ้ำ ,b = 4 ซ้ำ ,c = 4 ซ้ำ และ d = 4 ซ้ำ

ผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.1.3 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ และมีจำนวนซ้ำไม่เท่ากัน

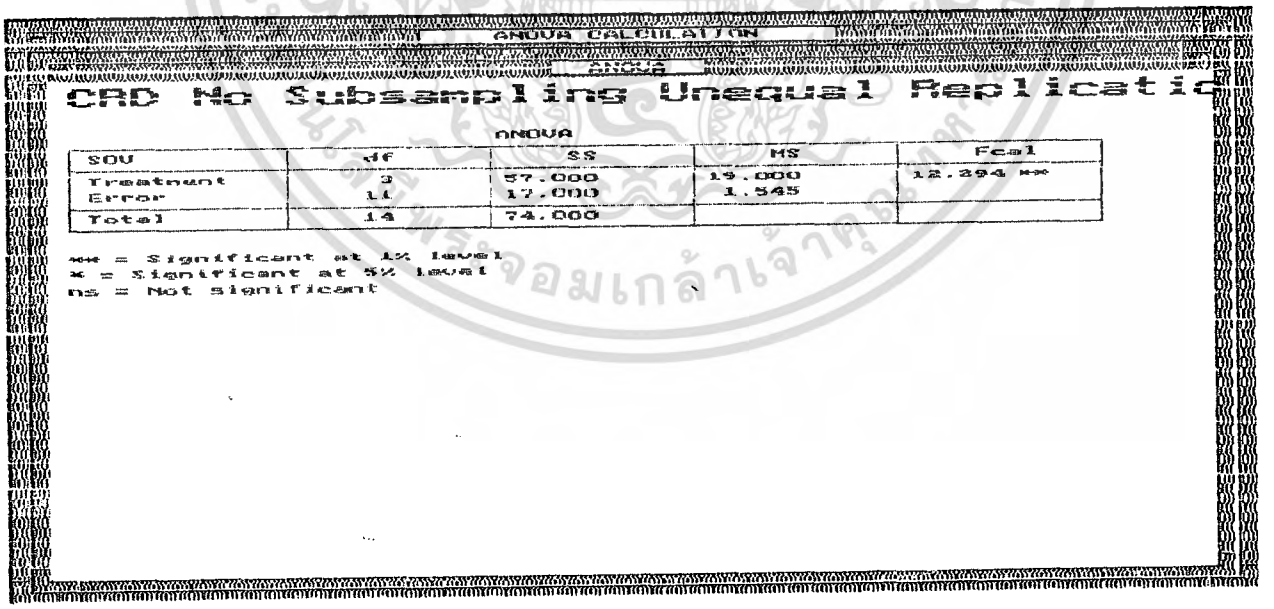
ทรีตเมนท์	ข้อมูล
a	2 , 3 , 4
b	5 , 6 , 6 , 7
c	6 , 6 , 8 , 10
d	3 , 2 , 3 , 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.1.4 ANOVA CRD with unequal replication of Data in Table 4-1.1.3

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	57	19	12.34**
Error	11	17	1.54	
Total	14	74		

แผนภาพที่ 1.1.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal replication เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อย</u> (CRD with sub-sampling)

ตัวอย่างข้อมูลจริง จากสุรพล,2526 เป็นการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนท์ คือ a,b และ c ทำ 4 ซ้ำ จากแต่ละซ้ำ เก็บข้อมูล 2 ตัว ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.1.5 ข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 4 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อย 2 ตัวอย่างย่อย

ทรีตเมนท์	ซ้ำ			
	1	2	3	4
a	1,3	2,1	1,4	1,1
b	3,2	3,1	3,4	2,2
c	3,4	3,2	5,3	2,4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

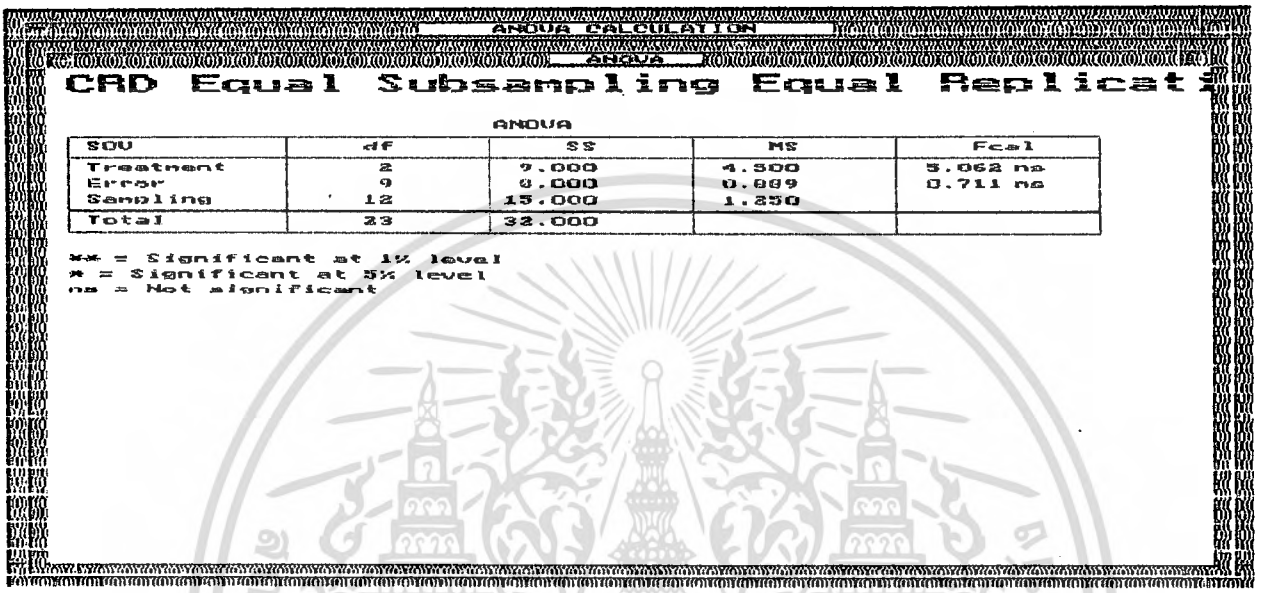
ตารางที่ 4-1.1.6 ANOVA CRD with sub-samples of Data in Table 4-1.1.5

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	9	4.50	5.06*
Experimental Error	9	8	0.89	
Sampling Error	12	15	1.25	
Total	23	32		

หมายเหตุ ค่า F ที่คำนวณในตารางนี้ใช้ Experimental Error เป็นตัวหาร ในกรณีตัวแบบเป็นแบบสุ่ม (random model) ไม่ใช้เป็นตัวแบบคงที่ (fixed model) เพราะการทดลองส่วนใหญ่นั้นจะเป็นตัวแบบแบบสุ่ม ซึ่งในความเป็นจริงนั้นตัวแบบคงที่นั้นไม่ค่อยพบนัก เช่น การทดลองเกี่ยวกับพันธุ์พืชนั้นมีพันธุ์พืชตั้งมากมายหลายพันธุ์ถ้าจะนำมาทดสอบทั้งหมด ก็จะสิ้นเปลืองงบประมาณมากจึงทำการสุ่มมาเพียงบางพันธุ์พืชเท่านั้น ถ้าจะนำพันธุ์พืชมาทดสอบคงทำไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 1.1.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

ANOVA

CRD Equal Subsampling Equal Replicat

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	2	9.000	4.500	5.062 ns
Error	9	8.000	0.889	0.711 ns
Sampling	12	15.000	1.250	
Total	23	32.000		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (CRD with unequal sub-samples)

ตัวอย่างข้อมูลจริง จากสุรพล,2526 เป็นการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย ทรีตเมนท์ 3 ทรีตเมนท์คือ a,b และ c ทำ 4 ซ้ำ ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.1.7 ข้อมูลแผนการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 4 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

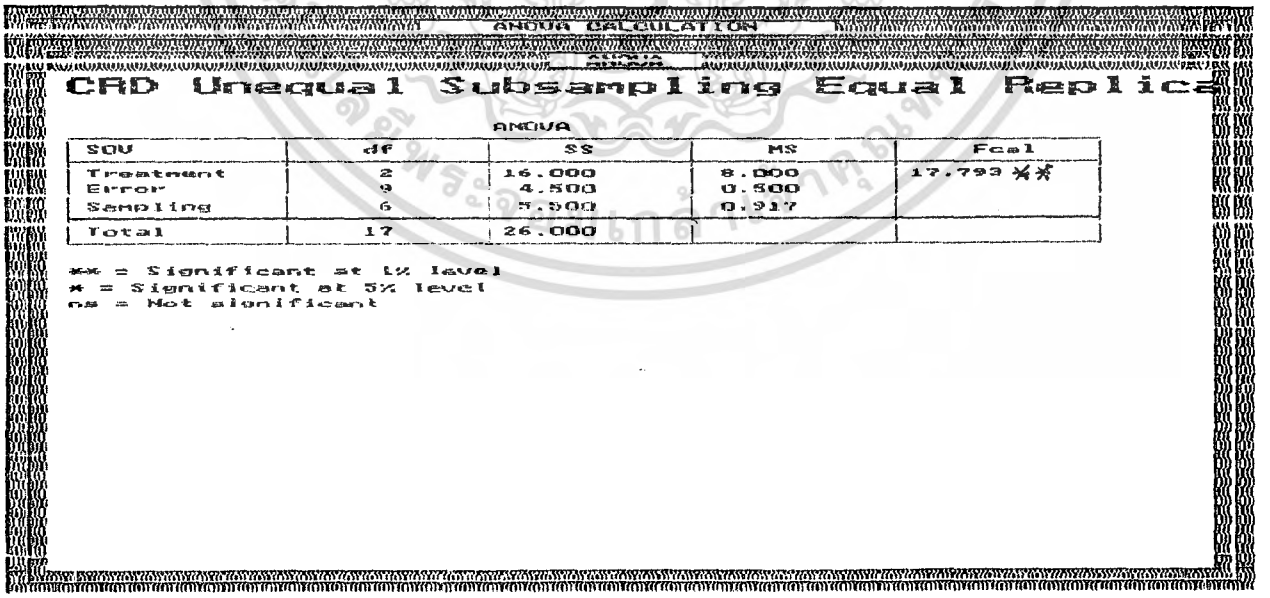
ทรีตเมนท์	ซ้ำ			
	1	2	3	4
a	1	2,2	3	2
b	2	1,2	3,2	1,3
c	3	5,4	4	5,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.1.8 ANOVA CRD with unequal sub-samples of Data in Table 4-1.1.7

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	16	8	17.78**
Experimental Error	9	4.5	0.5	
Sampling Error	6	5.50	0.92	
Total	17	26		

แผนภาพที่ 1.1.4 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ CRD เมื่อทั้งจำนวนซ้ำ และตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (CRD with unequal replicatioins and sub-samples)

ตัวอย่างข้อมูลจริง จากสุรพล,2526 เป็นการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนท์ คือ a,b และ c ทำซ้ำสูงสุด 4 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำเก็บข้อมูลได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.1.9 แสดงข้อมูลแผนการทดลอง CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ มีจำนวนซ้ำ และ ตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

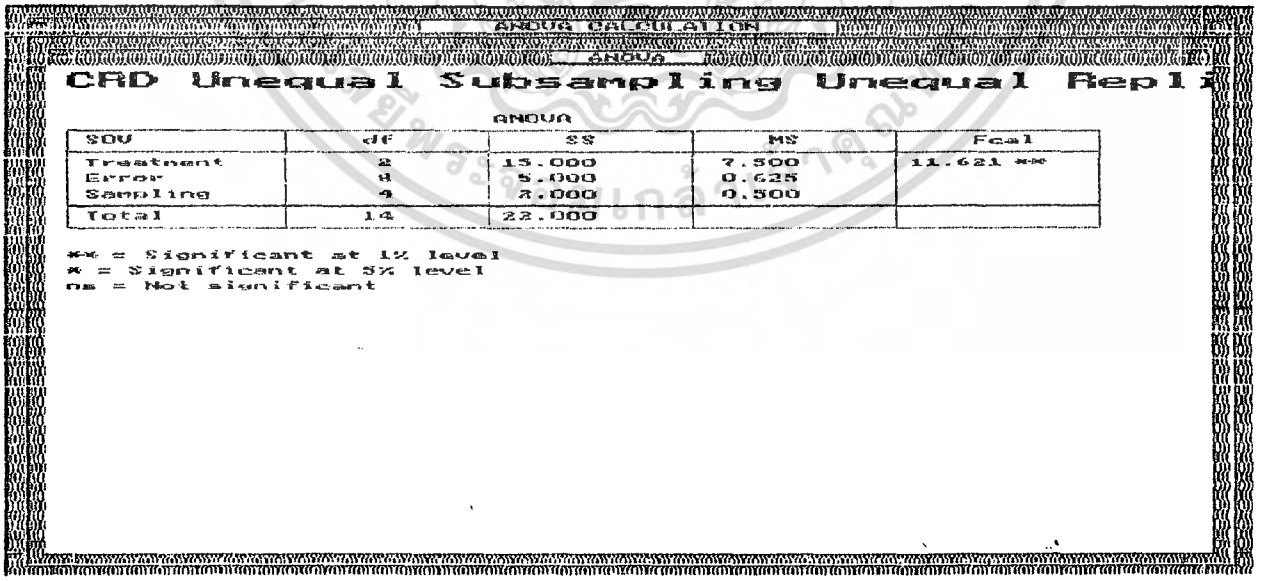
ทรีตเมนท์	ซ้ำ			
	1	2	3	4
a	1	2	2,1	-
b	2	3,4	3	3
c	3	5,4	3,4	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.1.10 ANOVA CRD with unequal replication and sub-samples of Data in Table 4-1.1.9

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	15	7.5	11.59**
Experimental Error	8	5	0.625	
Sampling Error	4	2	0.50	
Total	14	22		

แผนภาพที่ 1.1.5 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA CRD with unequal replication and sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 แผนการทดลองแบบ RBD

แผนการทดลองแบบ RBD เมื่อไม่มีตัวอย่างย่อย

ตัวอย่างข้อมูลจริงต่อไปนี้ได้จาก Gomez 1984 หน้า 26 เป็นการทดลองแบบ RBD 6 ทรีตเมนท์ และมี 4 บล็อค ผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.2.1 Grain Yield of Rice Variety IR8 with Six Different Rates of Seeding, from a RBD Experiment with Four Replication

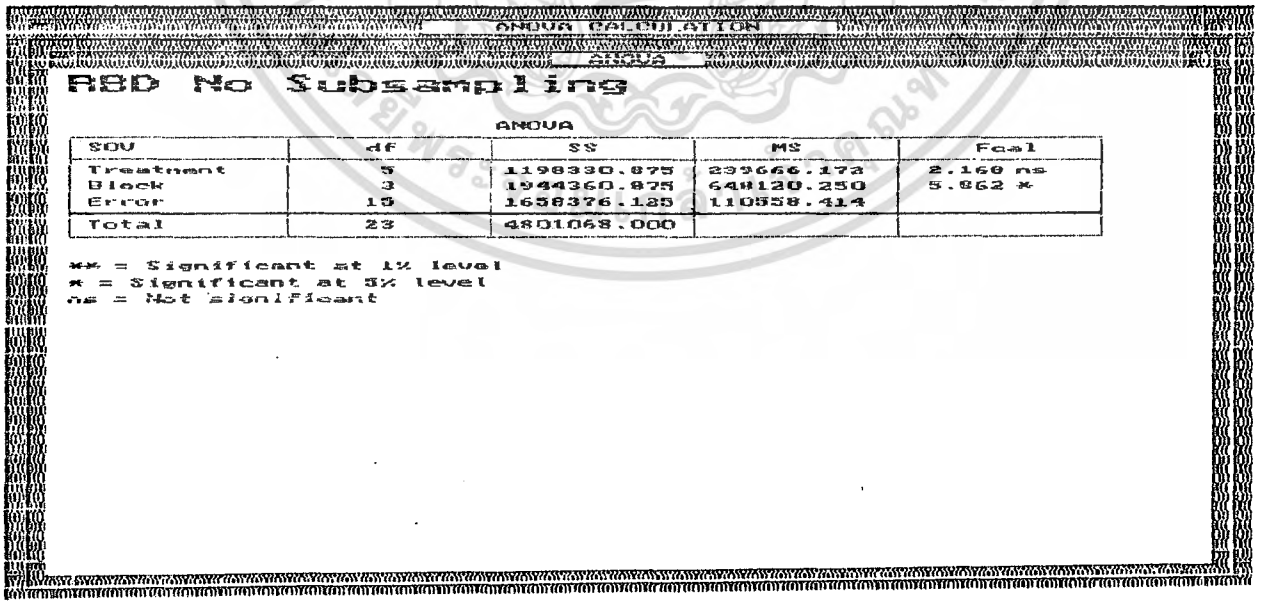
Treatment	Grain Yield, kg/ha			
kg seed/ha	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
25	5,113	5,398	5,307	4,678
50	5,346	5,952	4,719	4,264
75	5,272	5,713	5,483	4,749
100	5,164	4,831	4,986	4,410
125	4,804	4,848	4,432	4,748
150	5,254	4,542	4,919	4,098

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.2.2 ANOVA RBD without sub-samples of Data in Table 4-1.2.1

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	1,198,331	239,666	2.17^{ns}
Block	3	1,944,361	648,120	
Error	15	1,658,376	110,558	
Total	23	4,801,068		

แผนภาพที่ 1.2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD without sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมีตัวอย่างย่อย</u> (RBD with sub-samples)

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ RBD ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนท์ คือ a,b, c และ d ทำ 3 ซ้ำ จากแต่ละหน่วยการทดลองเก็บข้อมูล 2 ตัว ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.2.3 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อย

ทรีตเมนท์	ซ้ำ		
	1	2	3
a	1,3	2,1	3,2
b	3,2	3,1	3,3
c	3,4	3,2	5,4
d	4,4	3,5	5,3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

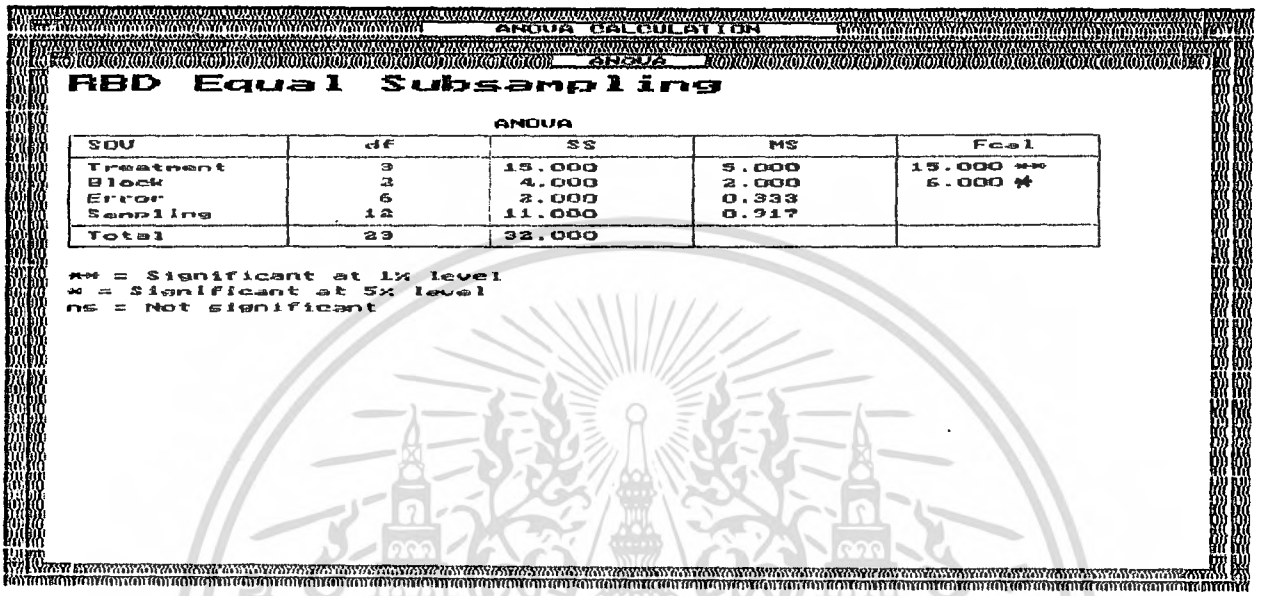
ตารางที่ 4-1.2.4 ANOVA RBD with sub-samples of Data in Table 4-1.2.3

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	15	5.00	15.15**
Block	2	4	2.00	6.06*
Experimental Error	6	2	0.33	
Sampling Error	12	11	0.91	
Total	32	26		

หมายเหตุ ค่า F ที่คำนวณในตารางนี้ใช้ Experimental Error เป็นตัวหาร ในกรณีตัวแบบเป็นแบบสุ่ม (random model) ไม่ใช้เป็นตัวแบบคงที่ (fixed model) ซึ่งใช้ Sampling Error เหตุผลดังที่กล่าวมาแล้วในแผนการทดลองแบบ CRD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 1.2.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

ANOVA

RBD Equal Subsampling

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	3	15.000	5.000	15.000 **
Block	2	4.000	2.000	6.000 *
Error	6	2.000	0.333	
Sampling	12	11.000	0.917	
Total	23	32.000		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (RBD with unequal sub-samples)

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ RBD มี 3 ทรีตเมนท์ 3 ซ้ำ และแต่ละซ้ำมีจำนวนตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน ผลการทดลองได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.2.5 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

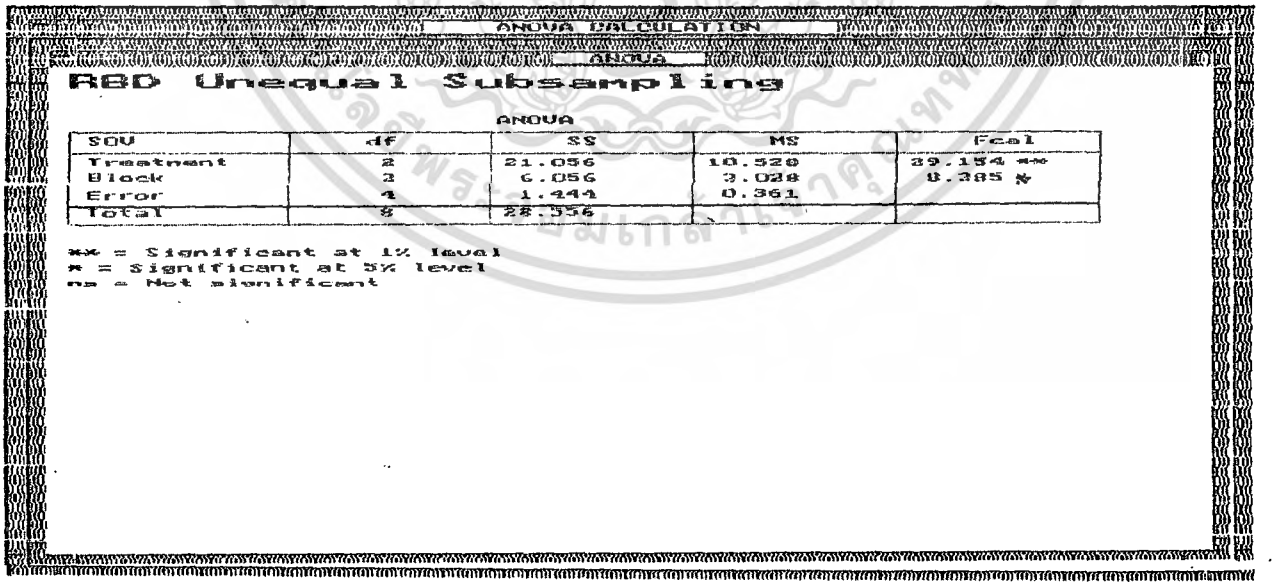
ทรีตเมนท์	ซ้ำ		
	1	2	3
a	3,5,4	2,4	3,4,5
b	4,5	5,3,4	7,5,6
c	7,7	7,6,5	10,8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.2.6 ANOVA RBD with unequal sub-samples of Data in Table 4-1.2.5

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	2	20.67	10.335	31.08**
Block	2	6.00	3.00	9.023*
Experimental Error	4	1.33	0.3325	
Total	8	28.00		

แผนภาพที่ 1.2.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with unequal sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 แผนการทดลองแบบ Latin Square

แผนการทดลอง LS เมื่อไม่มีตัวอย่างย่อย

ตัวอย่างข้อมูลจริงต่อไปนี้ได้จาก Gomez 1984 หน้า 33 การทดลองแบบ LS ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนท์ คือ A,B,C และ D ผลการทดลองแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.3.1 Grain Yield of Three Promising Maize Hybrids (A,B and D) and a Check Variety (C) from an Experiment with Latin Square Design

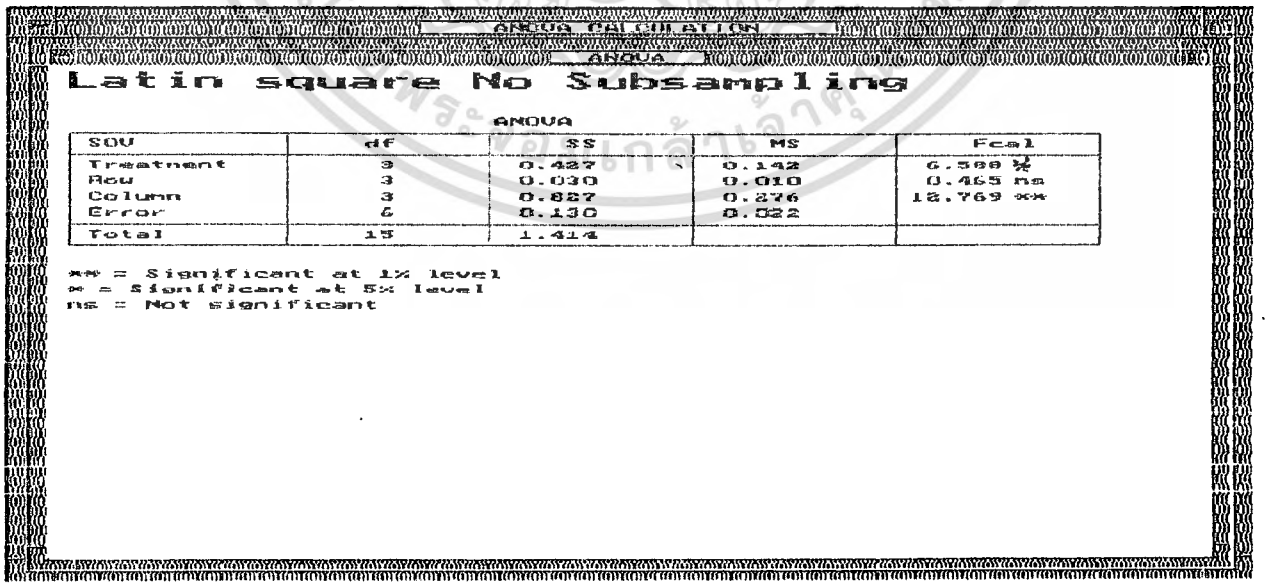
Row Number	Grain Yield, t/ha			
	Col.1	Col.2	Col.3	Col.4
1	1,640	1,210	1,425	1,345
Treatment	B	D	C	A
2	1.475	1.185	1.400	1.290
Treatment	C	A	D	B
3	1.670	0.710	1.665	1.180
Treatment	A	C	B	D
4	1.565	1.290	1.655	0.660
Treatment	D	B	A	C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.3.2 ANOVA LS without sub-samples of Data in Table 4-1.3.1

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	3	0.426842	0.142281	6.59*
Rows	3	0.030154	0.010051	
Columns	3	0.827342	0.275781	
Error	6	0.129585	0.021598	
Total	15	1.413923		

แผนภาพที่ 1.3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS without sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการทดลองแบบ LS เมื่อมีตัวอย่างย่อย (LS with sub-samples)

ตัวอย่างข้อมูลจริง จาก สุรพล,2526 เป็นการทดลองแบบ LS ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนท์ คือ a ,b ,c และ d ในแต่ละหน่วยทดลองเก็บข้อมูล 3 ตัว ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.3.3 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ LS เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ และมีตัวอย่างย่อย 3 ตัวอย่าง

แถว	คอลัมน์ 1	2	3	4
1	1,1,1	1,1,1	1,1,1	3,2,1
ทรีตเมนท์	d	b	a	c
2	1,1,1	2,2,2	4,1,1	1,1,1
ทรีตเมนท์	a	d	c	b
3	4,4,4	3,4,2	2,2,2	1,1,1
ทรีตเมนท์	c	a	b	d
4	1,2,3	3,3,3	1,1,1	1,1,1
ทรีตเมนท์	b	c	d	a

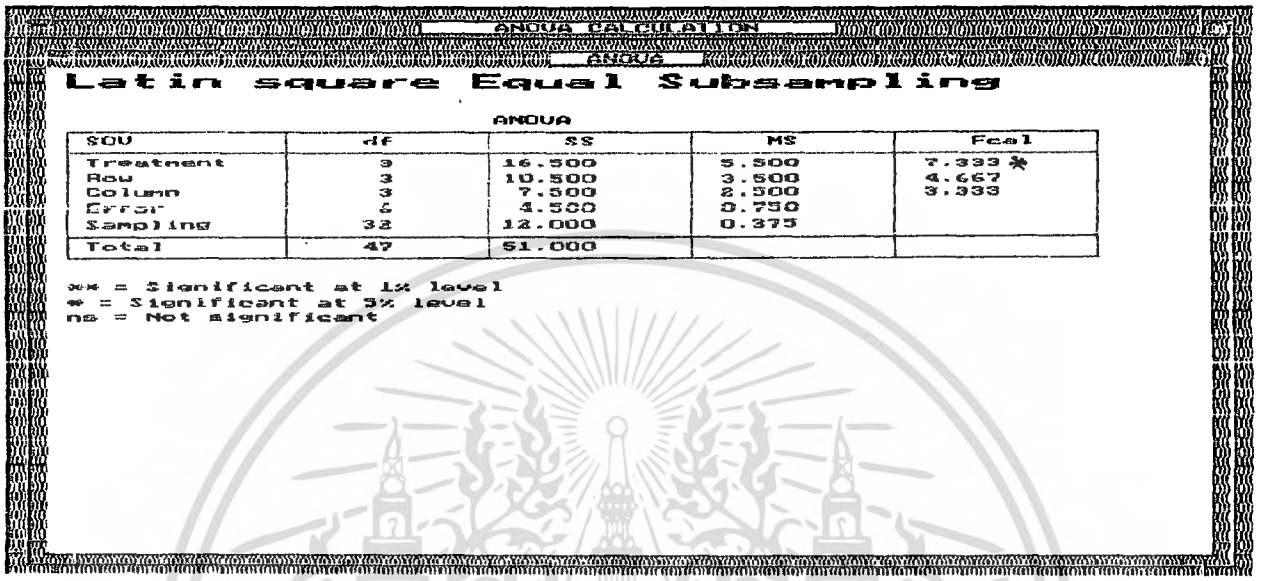
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.3.4 ANOVA LS with sub-samples of Data in Table 4-1.3.3

SOV	df	SS	MS	F
Treatments	3	16.50	5.50	7.33*
Rows	3	10.50	3.50	4.67
Columns	3	7.50	2.50	3.33
Experimental Error	6	4.50	0.75	
Sampling Error	32	12.00	0.375	
Total	47	51.00		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 1.3.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with sub-samples เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

ANOVA

Latin square Equal Subsampling

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	3	16.500	5.500	7.333 *
Row	3	10.500	3.500	4.667
Column	3	7.500	2.500	3.333
Error	6	4.500	0.750	
Sampling	32	12.000	0.375	
Total	47	51.000		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>แผนการทดลองแบบ LS เมื่อมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน</u> (LS with unequal sub-samples)

ตัวอย่างข้อมูลจริง จาก สุรพล,2526 การทดลองแบบ LS ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนท์ คือ a , b และ c ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-1.3.5 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ LS เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ และมีตัวอย่างย่อยไม่เท่ากัน

แถว	คอลัมน์ 1	คอลัมน์ 2	คอลัมน์ 3
1	2,3	4,5,5	6
ทรีตเมนท์	a	b	c
2	5,6	7,8	1,3
ทรีตเมนท์	b	c	a
3	9,10	1	4,5,6
ทรีตเมนท์	c	a	b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1.3.6 ANOVA LS with unequal sub-sampling of Data in Table 4-1.3.5

SOV	df	SS	MS	F
Treatments	2	51.229	25.615	21.86*
Rows	2	1.003	0.501	0.43ns
Columns	2	4.336	2.168	1.85ns
Sampling Error	2	2.344	1.172	
Total	8	58.912		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 1.3.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with unequal sub-sampling เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น

ANOVA CALCULATION

ANOVA

Latin square Equal Subsampling

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	2	51.220	25.614	21.897 *
Row	2	1.006	0.503	0.430 ns
Column	2	4.340	2.170	1.855 ns
Error	2	2.339	1.170	
Total	8	58.914		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.การวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีการแปลงข้อมูล (Data Transfromation)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมได้จาก Gomez 1984

2.1 Square-Root Transformation

ตัวอย่างเช่น การทดลอง RBD 14 ทรีตเมนท์ และมี 3 บล็อค ข้อมูลแสดงดังตารางต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.1.1 Percentage of White Heads of 14 Rice Varieties Tested in a RBD Design with Three Replications

Variety	White Head, %		
	Rep.1	Rep.2	Rep.3
IR5	1.89	1.42	3.13
IR20-1	8.93	4.88	7.44
C4-63G	8.08	4.29	2.41
C168-134	9.45	13.31	3.72
BPI-76	4.66	17.89	8.56
MRC 407-1	5.18	1.82	2.59
PARC 2-2	2.87	5.82	5.36
TN1	1.45	1.20	1.48
Rexoro	26.59	25.86	16.19
Luma-1	26.89	22.79	2.48
IR127-80-1	22.49	13.38	5.65
IR1108-3-5	4.08	3.12	3.41
IR1561-228-3-3	0.69	0.50	1.11
IR2061-464-2	0.50	4.14	4.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.1.2 Transformation of Data in Table 4-2.2.1 Using Square Root

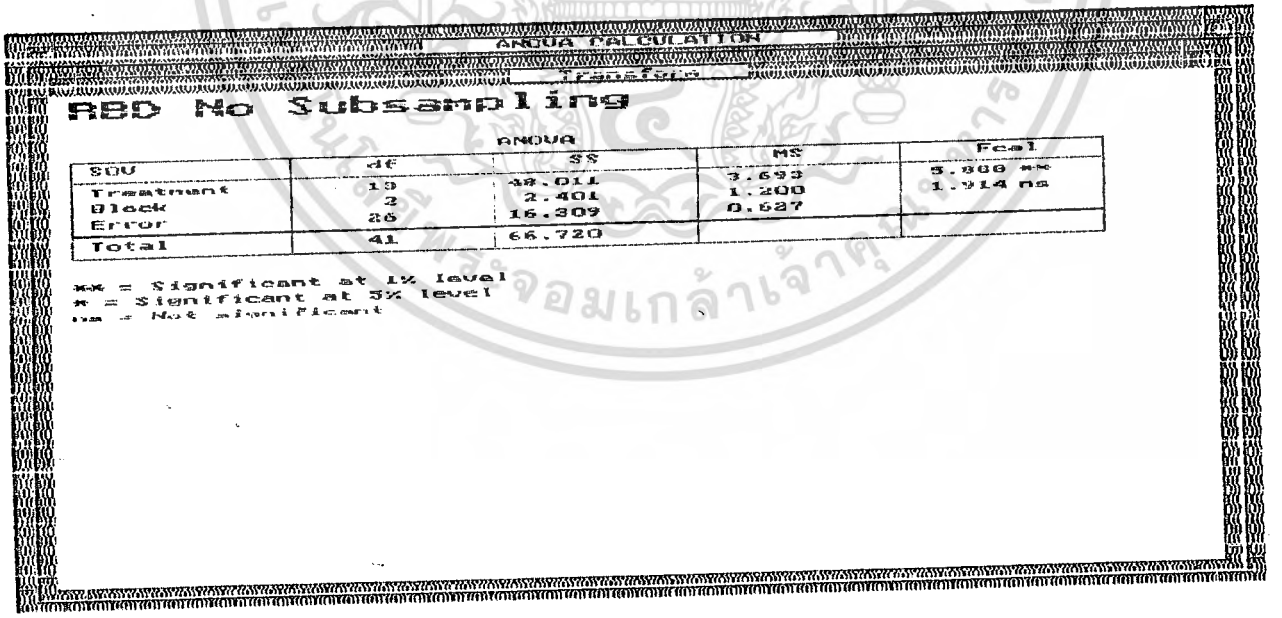
Variety	White Head, % Rep.1	Rep.2	Rep.3
IR5	1.37	1.19	1.77
IR20-1	2.99	2.21	2.73
C4-63G	2.84	2.07	1.55
C168-134	3.07	3.65	1.93
BPI-76	2.16	4.23	2.93
MRC 407-1	2.28	1.35	1.61
PARC 2-2	1.69	2.41	2.32
TN1	1.20	1.10	1.22
Rexoro	5.16	5.09	4.02
Luma-1	5.19	4.77	1.57
IR127-80-1	4.74	3.66	2.38
IR1108-3-5	2.02	1.77	1.85
IR1561-228-3-3	0.83	0.71	1.05
IR2061-464-2	0.71	2.03	2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.1.3 ANOVA of Data in Table 4-2.2.2

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	13	48.0366	3.6951	5.88**
Block	2	2.3971	1.1986	
Experimental Error	26	16.3275	0.6280	
Total	41	66.7612		

แผนภาพที่ 2.1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Square-root Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Logarithmic Transformation

ตัวอย่างเช่น การทดลอง RBD เมื่อมี 9 ทรีตเมนท์ และมี 4 บล็อค ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-2.2.1 Number of Living Larvae Recovered Following Different Insecticide Treatments

Treatment		Larvae, no.			
Number	Description[a]	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
1	Diazinon (4)	9	12	0	1
2	Diazinon (3)	4	8	5	1
3	Diazinon (2)	6	15	6	2
4	Diazinon (1)	9	6	4	5
5	Diazinon (2) + MLVC (2)	27	17	10	10
6	Diazinon (2) + MLVC + SLVC (2)	35	28	2	15
7	Diazinon (1) at 15% DH infestation	1	0	0	0
8	Diazinon (1) at 20% DH infestation	10	0	2	1
9	Control	4	10	15	5

[a] Number in parentheses refers to number of times the chemicals were applied

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.2.2 Data in Table 4-2.1.1 Transformed to Logarithmic Scale, log(X + 1)

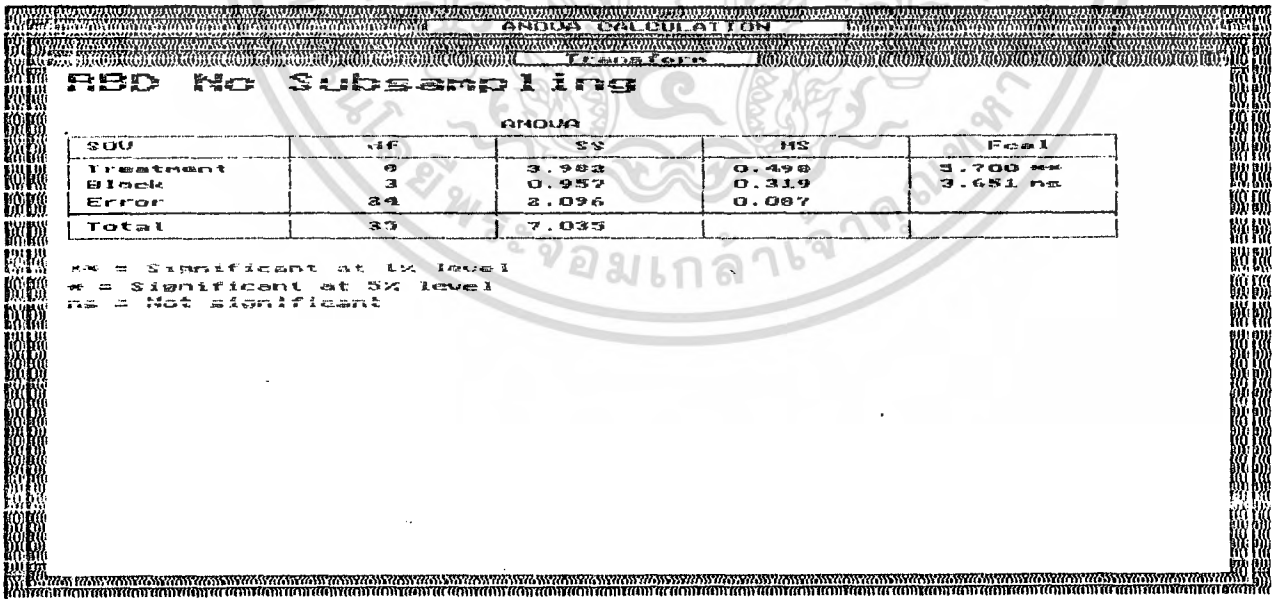
Treatment Number	Larvae Number in Log Scale			
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
1	1.0000	1.1139	0.0000	0.3010
2	0.6990	0.9542	0.7782	0.3010
3	0.8451	1.2041	0.8451	0.4771
4	1.0000	0.8451	0.6990	0.7782
5	1.4472	1.2553	1.0414	1.0414
6	1.5563	1.4624	0.4771	1.2041
7	0.3010	0.0000	0.0000	0.0000
8	1.0414	0.0000	0.4771	0.3010
9	0.6990	1.0414	1.2041	0.7782

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.2.3 ANOVA of Data in Table 4-2.1.2

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	8	3.98235	0.49779	5.70**
Block	3	0.95666	0.31889	
Experimental Error	24	2.09615	0.08734	
Total	35	7.03516		

แผนภาพที่ 2.2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Logarithmic Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Arc-Sine Transformation

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ CRD เมื่อมี 12 ทรีตเมนท์ และมี 3 ซ้ำ ข้อมูลแสดงดังตารางต่อไปนี้ (Statistical Procedure for Agricultural Reseach, Kwanchai A. Gomez, Arturo A. Gomez 307p.)

ตารางที่ 4-2.3.1 Percentage Survival of Zigzag Leafhoppers on 12 Rice Varieties Tested in a CRD Experiment with Three Replications

Variety	Survival %		
	Rep.1	Rep.2	Rep.3
ASD 7	44.00	25.33	48.00
Mudgo	21.33	49.33	80.00
Ptb 21	0.00	0.00	0.00
D 204-1	25.33	26.66	49.33
Su-Yai 20	24.00	26.66	54.66
Balamawee	0.00	0.00	20.00
DNJ 24	32.00	29.33	28.00
Ptb 27	0.00	0.00	0.00
Rathu Heenati	17.33	33.33	10.66
Taichung (N)1	93.33	100.00	100.00
DS 1	13.33	36.00	33.33
BJ 1	46.66	46.66	16.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.3.2 Transformation of Data in Table 4-2.3.1 with Arc-Sine Transformation

Variety	Survival %		
	Rep.1	Rep.2	Rep.3
ASD 7	41.55	30.22	43.85
Mudgo	27.51	44.62	63.43
Ptb 21	0.33	0.33	0.33
D 204-1	30.22	31.09	44.62
Su-Yai 20	29.33	31.09	47.67
Balamawee	0.33	0.33	26.57
DNJ 24	34.45	32.79	31.95
Ptb 27	0.33	0.33	0.33
Rathu Heenati	24.60	35.26	19.06
Taichung (N)1	75.03	89.67	89.67
DS 1	21.41	36.87	35.26
BJ 1	43.08	43.08	23.58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-2.3.3 ANOVA of Data in Table 4-2.3.2

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	11	16,838.6368	1,530.7852	16.50**
Error	24	2,225.9723	92.7488	
Total	35	19,064.6091		

แผนภาพที่ 2.3.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA with Arc-sine Transformation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น

ANOVA CALCULATION

Transform

CRD No Subsampling Equal Replication

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	11	17063.027	1551.184	16.586 **
Error	24	2244.551	93.523	
Total	35	19307.578		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.การวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อมีข้อมูลสูญหาย (Missing Data)

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมได้จาก Gomez 1984

3.1 กรณีข้อมูลสูญหาย 1 ตัว

แผนการทดลองแบบ RBD

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ RBD เมื่อมี 6 ทรีตเมนท์ และมี 4 บล็อค ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3.1.1 Data from a RBD Design, with One Missing Observation

Treatment	Grain Yield, kg/ha			
kg seed/ha	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
25	5,113	5,398	5,307	4,678
50	5,346	5,952	4,719	4,264
75	5,272	5,713	5,483	4,749
100	5,164	m*	4,986	4,410
125	4,804	4,848	4,432	4,748
150	5,254	4,542	4,919	4,098

* = missing data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3.1.2 Data in Table 4-3.1.1 with the Missing Data Replaced by the Value Estimated from the Missing Data Formula Technique

Treatment kg seed/ha	Grain Yield, kg/ha			
	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
25	5,113	5,398	5,307	4,678
50	5,346	5,952	4,719	4,264
75	5,272	5,713	5,483	4,749
100	5,164	5,265*	4,986	4,410
125	4,804	4,848	4,432	4,748
150	5,254	4,542	4,919	4,098

* = Estimate of the missing data from the missing data formula technique

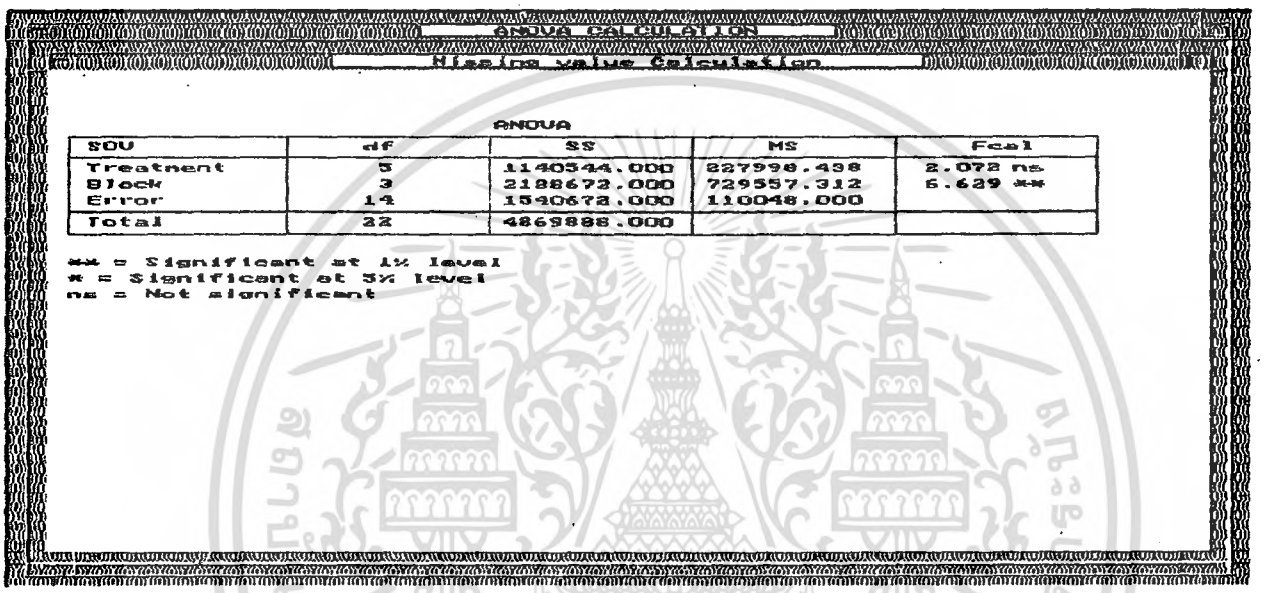
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3.1.3 ANOVA RBD of Data in Table 4-3.1.2 with One Missing Value Estimateed by the Missing Data Formula Technique

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	1,139,955	227,991	2.07^{ns}
Block	3	2,188,739	729,580	
Error	14	1,540,726	110,052	
Total	22	4,869,420		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 3.1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with One Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

Missing value calculation

ANOVA

SOU	df	SS	MS	Fcal
Treatment	5	1140344.000	227998.438	2.072 ns
Block	3	2188672.000	729557.312	6.629 **
Error	14	1540672.000	110048.000	
Total	22	4869888.000		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนการทดลองแบบ LS

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ LS เมื่อมี 4 ทรีตเมนท์ ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1.3.1 โดยให้ Yield value ที่ค่า 1.655 t/ha ในแถวที่ 4 และ คอลั่มภ์ที่ 3 เป็นค่าสูญหาย

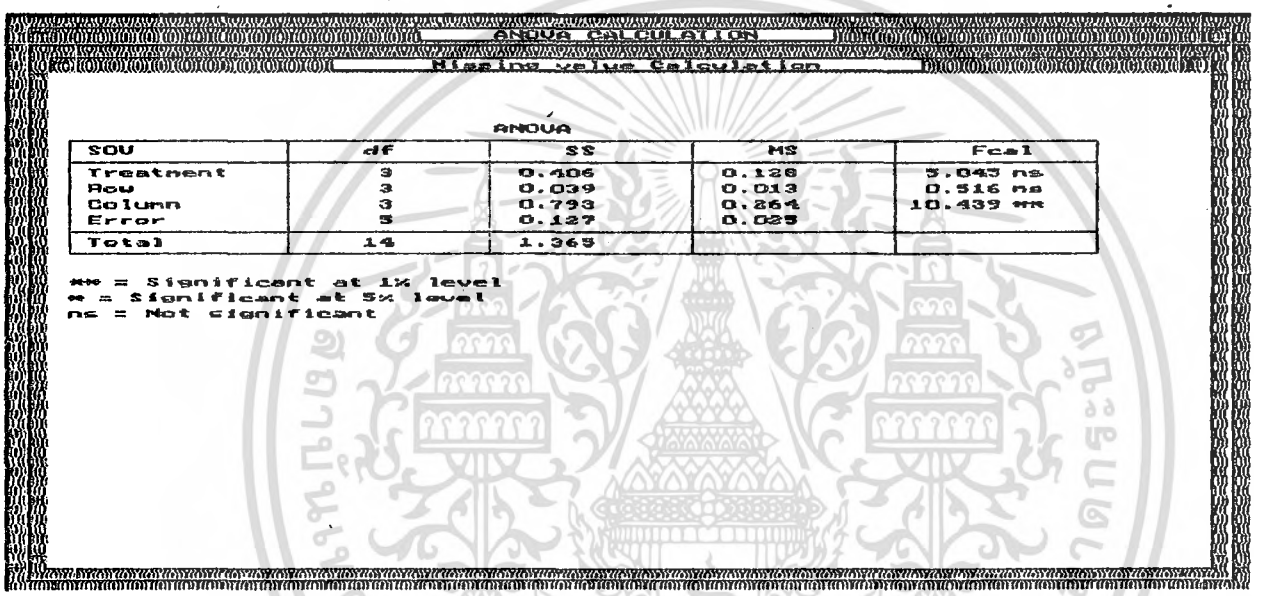
ตารางที่ 4-3.1.4 ANOVA LS of Data in Table 4-1.3.1, with One Value[a] Assumed Missing and Estimated by the Missing Data Formula Technique

SOV	df	SS	MS	F
Treatments	3	0.383438	0.127813	5.05[ns]
Rows	3	0.039142	0.013047	< 1
Columns	3	0.793429	0.264476	10.44[*]
Error	5	0.126658	0.025332	
Total	14	1.342667		

[a] = Yield value of 1.655 t/ha in the fourth row and the third column is assumed missing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 3.1.2 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA LS with One Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

Missing value Calculation

ANOVA

SOU	df	SS	MS	Fcal
Treatment	3	0.406	0.136	3.043 ns
Row	3	0.039	0.013	0.516 ns
Column	3	0.793	0.264	10.439 **
Error	5	0.127	0.025	
Total	14	1.365		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 กรณีข้อมูลสูญหายมากกว่า 1 ตัว

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมได้จาก Gomez 1984

แผนการทดลองแบบ RBD

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ RBD เมื่อมี 6 ทรีตเมนท์ ทำ 4 บล็อค โดยมี 2 ค่าที่สูญหายข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-3.2.1 Data from a RBD Design, with Two Missing Values ,One of Which is Assigned an Initial Value, as the First Step in Estimating Missing Data Through the Iterative Procedure

Treatment	Grain Yield, kg/ha			
kg seed/ha	Rep.1	Rep.2	Rep.3	Rep.4
25	(5,148)[a]	5,398	5,307	4,678
50	5,346	5,952	4,719	4,264
75	5,272	5,713	5,483	4,749
100	5,164	m[b]	4,986	4,410
125	4,804	4,848	4,432	4,748
150	5,254	4,542	4,919	4,098

m[b] = missing data

[a] The initial value assigned to one of the two missing data.

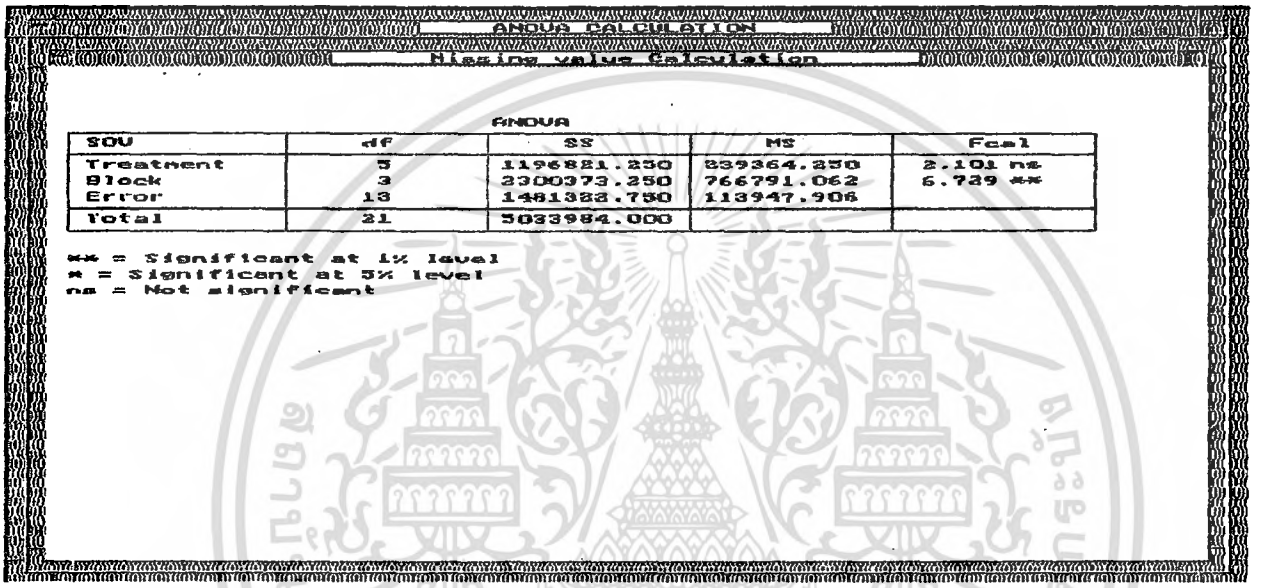
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-3.2.2 ANOVA of Data in Table 4-3.2.1 with Two Missing Data Estimated through the Iterative Procedure

SOV	df	SS	MS	F
Treatment	5	1,252,358	250,472	2.20^{ns}
Block	3	2,300,267	766,756	
Error	13	1,481,374	113,952	
Total	21	5,033,999		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 3.1.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA RBD with Two Missing Observation เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

Missing value Calculation

ANOVA

SOV	df	SS	MS	Fcal
Treatment	5	1196821.250	239364.250	2.101 ns
Block	3	2300373.250	766791.062	6.729 **
Error	13	1481388.750	113947.906	
Total	21	5033984.000		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Analysis of Covariance)

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง CRD

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมได้จาก สุรพล 2526

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนท์ (t) ทำ 7 ซ้ำ (r)ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4.1.1 แสดงข้อมูลการทดลองแบบ CRD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 7 ซ้ำ

ทรีตเมนท์ที่ 1		ทรีตเมนท์ที่ 2		ทรีตเมนท์ที่ 3	
X	Y	X	Y	X	Y
3	6	4	8	3	6
1	4	5	9	2	7
3	5	5	7	2	7
1	3	4	9	3	7
2	4	3	8	4	8
1	3	1	5	1	5
4	6	2	7	4	7

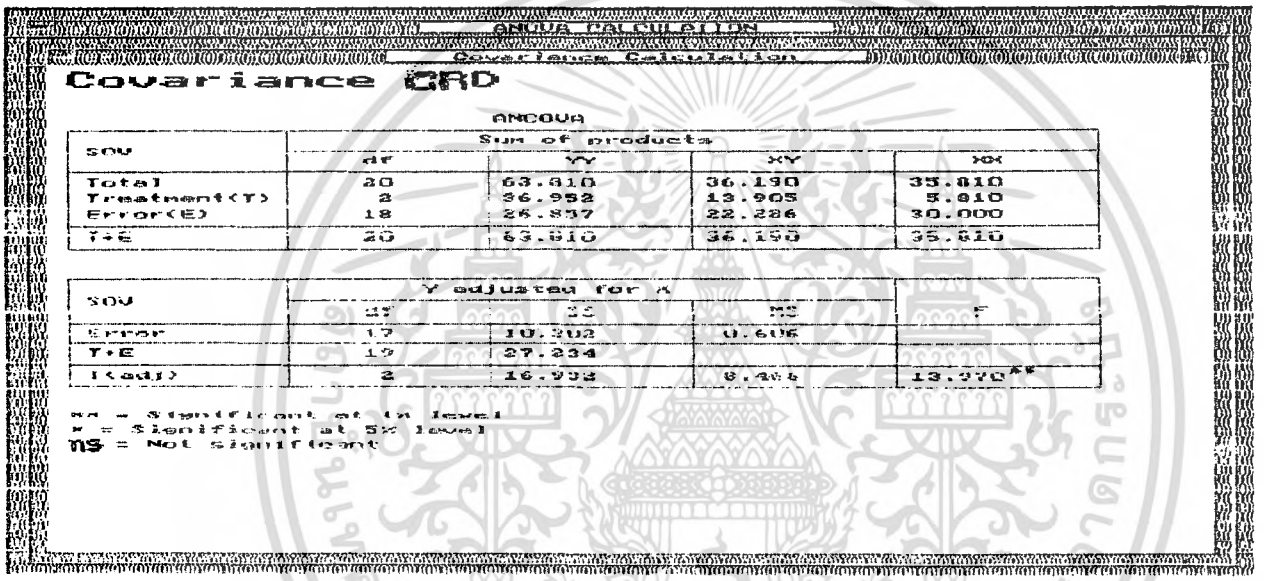
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-4.1.2 ANCOVA CRD of Data in Table 4-4.1.1

SOV	Sum of products			Y adjusted for X		
	df	Y^2	XY	X^2	df	SS	MS
Treatments	2	36.95	13.90	5.81	-	-	-
Error	18	26.86	22.29	30.00	17	10.30	0.61
Total	20	63.81	36.91	35.81	-	-	-
T + E	20	63.81	36.91	35.81	19	27.24	
Treatments (adjusted)					2	16.94	8.47**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 4.1.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANCOVA CRD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANCOVA CALCULATION

Covariance Calculation

Covariance CRD

ANCOVA

SOV	Sum of products			
	df	YY	XY	XX
Total	20	63.810	36.190	35.810
Treatment(T)	2	36.952	13.905	5.810
Error(E)	18	26.857	22.286	30.000
T+E	20	63.810	36.190	35.810

SOV	Y adjusted for X			F
	df	SS	MS	
Error	17	10.302	0.606	
T+E	19	27.234		
T(adj)	2	16.933	8.466	13.970**

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมของแผนการทดลอง RBD

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมได้จาก สุรพล 2526

ตัวอย่างเช่น การทดลองแบบ RBD ประกอบด้วย 3 ทรีตเมนท์ (t) คือ A, B และ C ทำ 3 ซ้ำ (r) ได้ผลการทดลองดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4-4.2.1 แสดงข้อมูลแผนการทดลองแบบ RBD เมื่อมี 3 ทรีตเมนท์ ทำ 3 ซ้ำ

ทรีตเมนท์	ซ้ำที่ 1		ซ้ำที่ 2		ซ้ำที่ 3	
	X	Y	X	Y	X	Y
A	10	3	11	3	15	3
B	15	5	8	6	25	7
C	20	7	14	6	20	8

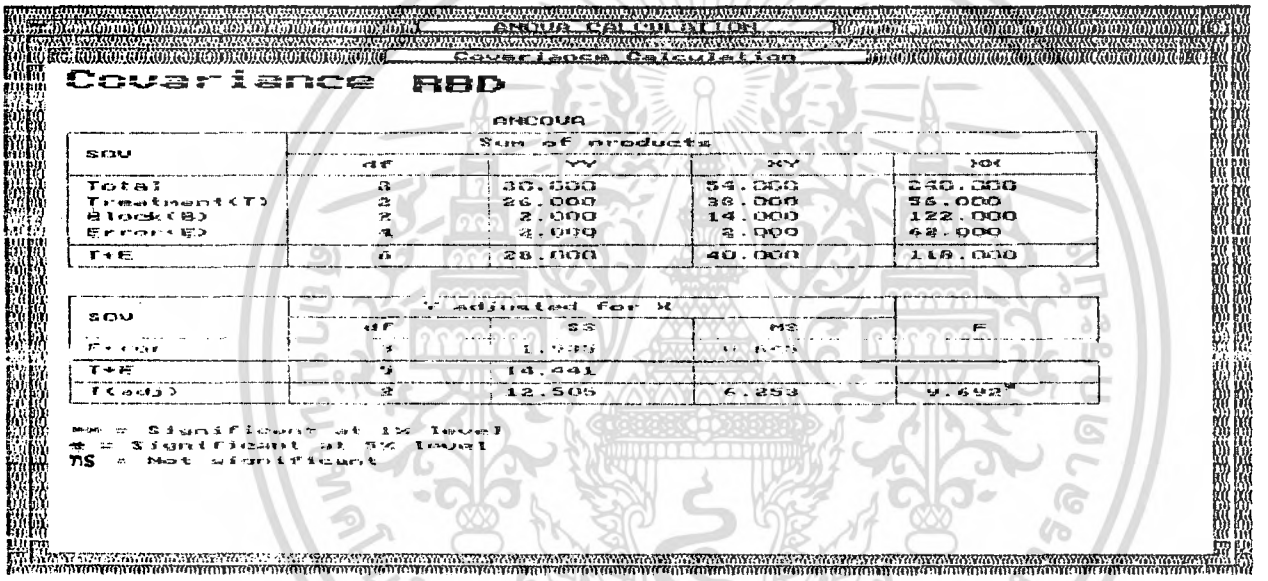
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-4.2.2 ANCOVA RBD of Data in Table 4-4.2.1

SOV	Sum of products df	Y^2	XY	X^2	Y adjusted for X df	SS	MS
Treatments	2	26	38	56	-	-	-
Block	2	2	14	122	-	-	-
Error	4	2	2	62	3	1.94	0.65
Total	8	30	54	240	-	-	-
T + E	6	28	40	118	5	14.44	
Treatments (adjusted)					2	12.50	6.25*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ 4.2.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANCOVA RBD เมื่อใช้โปรแกรมที่สร้างขึ้น



ANOVA CALCULATION

Covariance Calculation

Covariance RBD

ANCOVA

SOV	Sum of products			
	df	YY	XY	XX
Total	8	30.000	54.000	230.000
Treatment(T)	2	26.000	38.000	56.000
Block(B)	2	2.000	14.000	122.000
Error(E)	4	2.000	2.000	52.000
T+E	6	28.000	40.000	118.000

SOV	Y adjusted for X			
	df	SS	MS	F
Error	5	1.795	0.359	
T+E	7	14.441		
T(adj)	2	12.505	6.253	9.692**

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
NS = Not significant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผล

จากที่ได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลการวางแผนการทดลอง ตามขอบเขตที่ได้กำหนดมานี้จะเห็นได้ว่า สะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมาก ซึ่งผู้ใช้ไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Software มาก่อนเลย การนำตัวอย่างจริงมาทดสอบโปรแกรม จะทำให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจในการเลือกใช้โปรแกรมต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก โดยเพียงแต่เทียบเคียงกับข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ว่าตรงกับตัวอย่างอันไหนเท่านั้น

อนึ่งโครงงานพิเศษนี้ ได้พยายามสร้างขอบเขตในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดให้ครอบคลุมถึงเนื้อหา และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ยุ่งยากซับซ้อน ในงานทดลองปัจจัยเดียวมากเพียงพอที่นักวิจัยส่วนใหญ่จะนำไปใช้ได้โดยง่าย

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากว่างานวิจัยโครงงานพิเศษครั้งนี้เวลาจำกัด ขอบเขตของปัญหาซึ่งเอามาวิเคราะห์นั้นอาจจะมีข้อมูลบางอย่างที่อยู่นอกเหนือโครงงานพิเศษนี้ ซึ่งยังครอบคลุมไปไม่ถึง แต่คาดว่าจะมีน้อยมากในงานทดลองจริง ซึ่งสามารถแยกออกเป็นสิ่งที่ควรจะมีในโปรแกรมนี้ ดังนี้

1.การวิเคราะห์รวม (Combined Analysis of Variance) ไม่สามารถบรรจุอยู่ในโปรแกรมได้ เพราะโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้ใช้ตัวแปรในการคำนวณแบบ Array ซึ่งต้องใช้ memory มาก ถ้าต้องการเขียนโปรแกรมที่ครอบคลุมถึงการวิเคราะห์รวมควรใช้ตัวแปรแบบ Pointer เพื่อประหยัด memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ควรเพิ่มเงื่อนไขในการเลือกใช้แบบหุ่น (Model) ซึ่งโปรแกรมนี้ใช้แบบหุ่นสุ่ม (Random Model) เพียงแบบเดียวเท่านั้น ควรจะมีให้เลือกว่าเป็นแบบหุ่นคงที่ (Fixed Model) , แบบหุ่นสุ่ม (Random Model) หรือ แบบหุ่นผสม (Mixed Model)

3.ควรให้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ และ ข้อมูลออกทางเครื่องพิมพ์ (Printer) ได้ด้วย โดยกำหนดเป็น Function Key ขึ้นเมื่อกดคีย์นั้นแล้วก็จะทำการพิมพ์ข้อมูล และผลลัพธ์ตามที่วิเคราะห์ได้ ซึ่งโปรแกรมนี้ไม่สามารถออกทางเครื่องพิมพ์ได้ แต่ได้แนบโปรแกรม INSET และ Manual (ในภาคผนวก) มาให้แล้วซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถนำผลจากหน้าจอออกทางเครื่องพิมพ์ได้

อย่างไรก็ดี รายละเอียดของโครงงานพิเศษนี้ก็ยังใช้เป็นพื้นฐานให้ผู้สนใจได้พัฒนาโปรแกรมภาษา C เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ยุ่งยากซับซ้อนต่อไปได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คู่มือการใช้โปรแกรม ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

User's manual

ก่อนที่จะใช้โปรแกรมนี้ควรจะทดสอบข้อมูลว่าเป็นไปตามสมมติฐาน ในการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือไม่ก่อน แต่ถ้าในกรณีเมื่อมีข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนของทรีตเมนต์แตกต่างกัน สามารถใช้การ Transform ข้อมูล แก้ปัญหาได้ โดยเลือกการคำนวณจากเมนูหลัก ในหัวข้อ Transform

เมื่ออยู่ที่ระบบปฏิบัติการ และอยู่ที่ drive A: หน้าจอจะปรากฏเครื่องหมาย A:ให้พิมพ์ชื่อโปรแกรมตามหลังเครื่องหมาย A: ดังแผนภาพที่ ก-1

แผนภาพที่ ก-1 แสดงคำสั่งเริ่มต้นโปรแกรม ANOVA

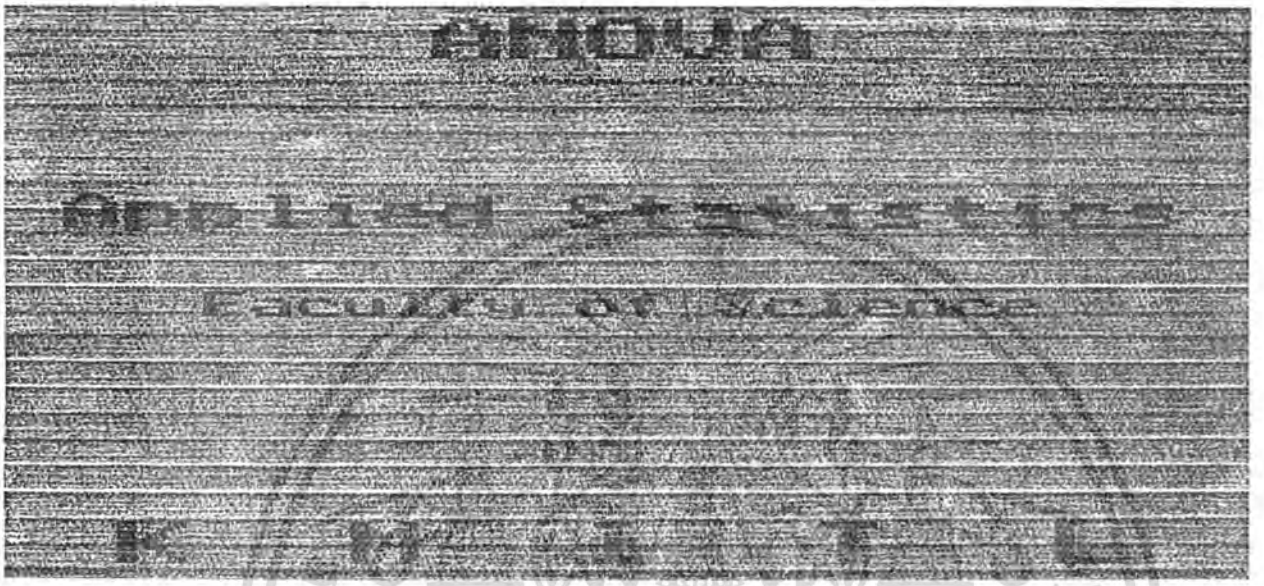
```
A:>anova
```

จะปรากฏหน้าจอแสดง Title ของโปรแกรมดังแผนภาพที่ ก-2 ให้กดปุ่มใด ๆ

<u>หมายเหตุ</u> สำหรับผู้ที่สนใจโปรแกรม และต้องการพัฒนาโปรแกรม ทางคณะผู้จัดทำได้ให้ Souce Code ของโปรแกรมไว้ที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-2 แสดง Title ของโปรแกรม ANOVA



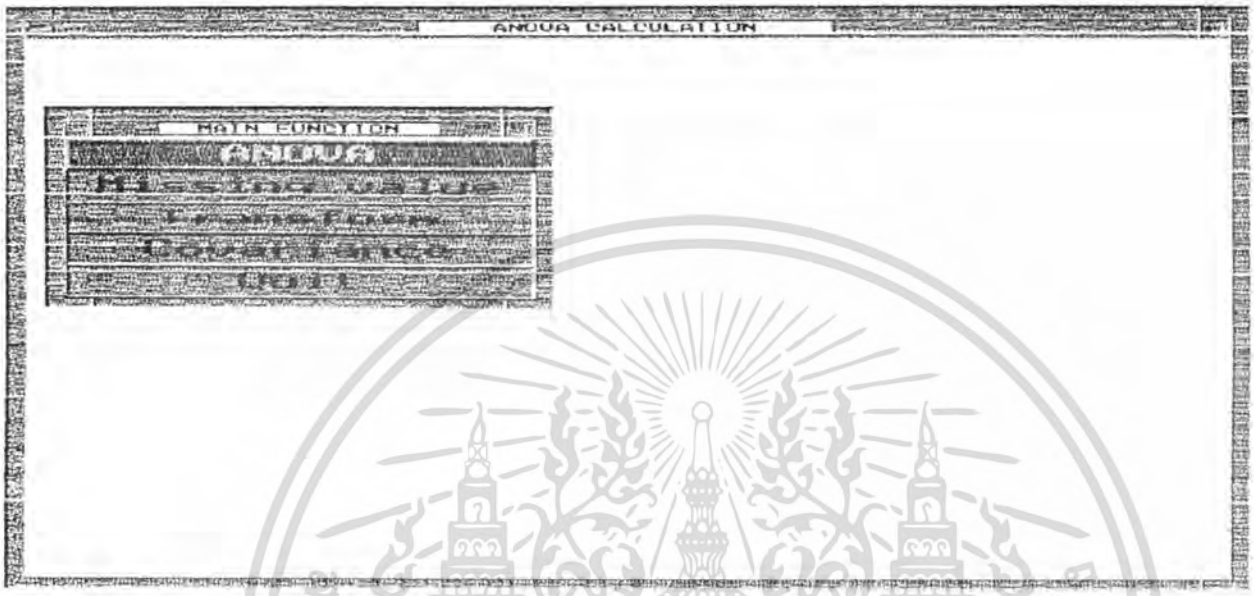
แล้วจะปรากฏเมนูหลักให้เลือก หน้าที่การทำงาน 5 หน้าที่ด้วยกันดังนี้คือ

1. การคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบพื้นฐาน (ANOVA)
2. การคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณีเมื่อมีข้อมูลสูญหาย (Missing)
3. การคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน (เมื่อมีการแปลงข้อมูล (Transform)
4. การคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม (Covariance)
5. ออกจากโปรแกรม กลับสู่ระบบปฏิบัติการ (Exit)

ลักษณะของเมนูหลักเป็นดังแผนภาพที่ ก-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-3 แสดงเมนูหลักของโปรแกรม ANOVA



สำหรับในที่นี้จะแสดงขั้นตอนการใช้โปรแกรม โดยจะแสดงการคำนวณการวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ใช้แผนแบบการทดลอง CRD แบบมีตัวอย่างย่อยเท่า และจำนวนซ้ำเท่า เป็นการสาธิต

เมื่อปรากฏหน้าจอดังแผนภาพที่ ก-3 แล้วให้เลื่อนแถบสว่าง มาที่ปุ่ม Anova แล้วกด Enter จะปรากฏหน้าจอให้เลือกแผนแบบการทดลอง ดังแผนภาพที่ ก-4

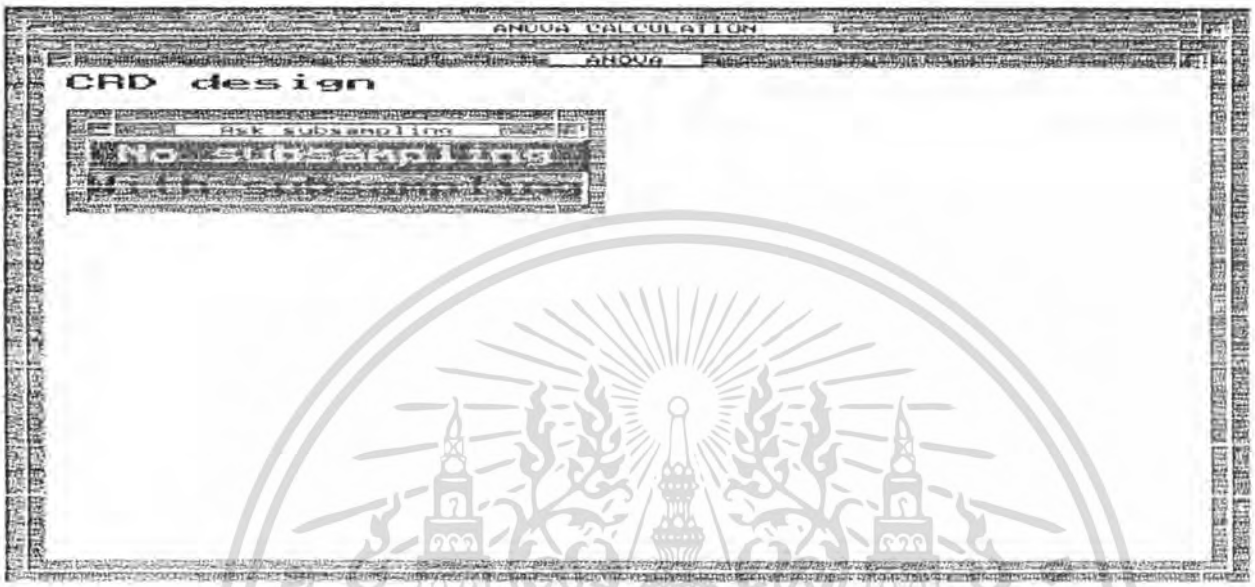
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-4 แสดงหน้าจอเลือกแผนแบบการทดลอง

ให้เลื่อนแถบสว่างมาที่ CRD แล้วกด Enter จะปรากฏเมนูให้เลือกว่า ต้องการใส่ค่าสังเกตที่มีตัวอย่างย่อยหรือไม่ ดังแสดงในแผนภาพที่ ก-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

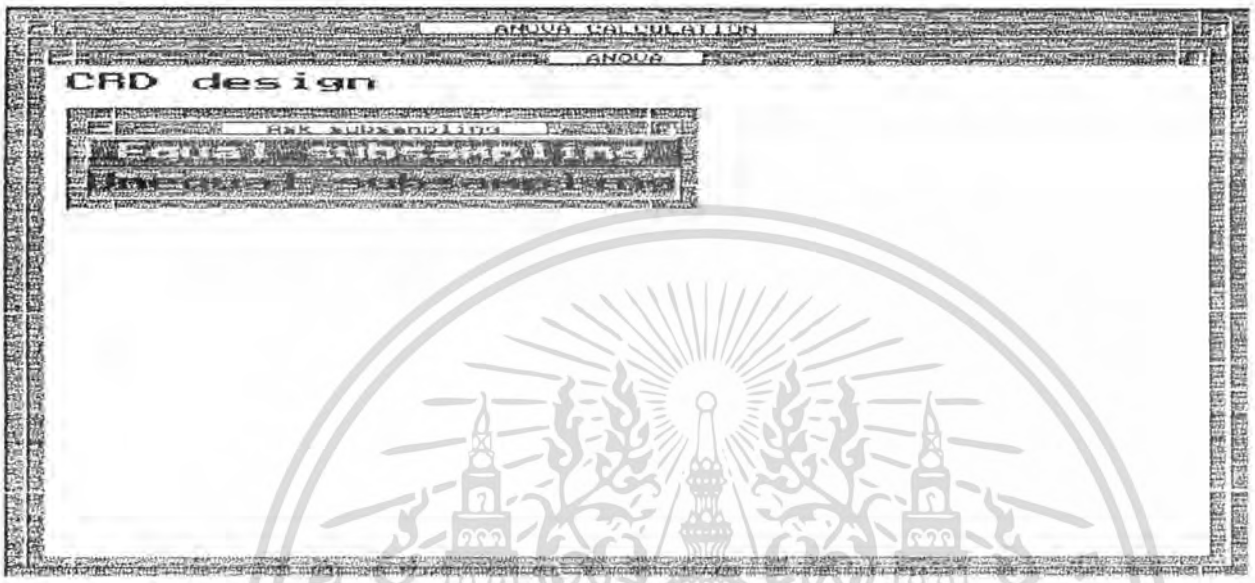
แผนภาพที่ ก-5 แสดงเมนูให้เลือกว่า ต้องการใส่ค่าสังเกตที่มีตัวอย่างย่อยหรือไม่



ให้เลื่อนแถบสว่างมาที่ Subsampling แล้วกด Enter จะปรากฏเมนูให้เลือกว่าลักษณะของค่าสังเกตนั้นมีจำนวนหน่วยตัวอย่างย่อยเท่ากันหรือไม่ ดังแสดงตามแผนภาพที่ ก-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

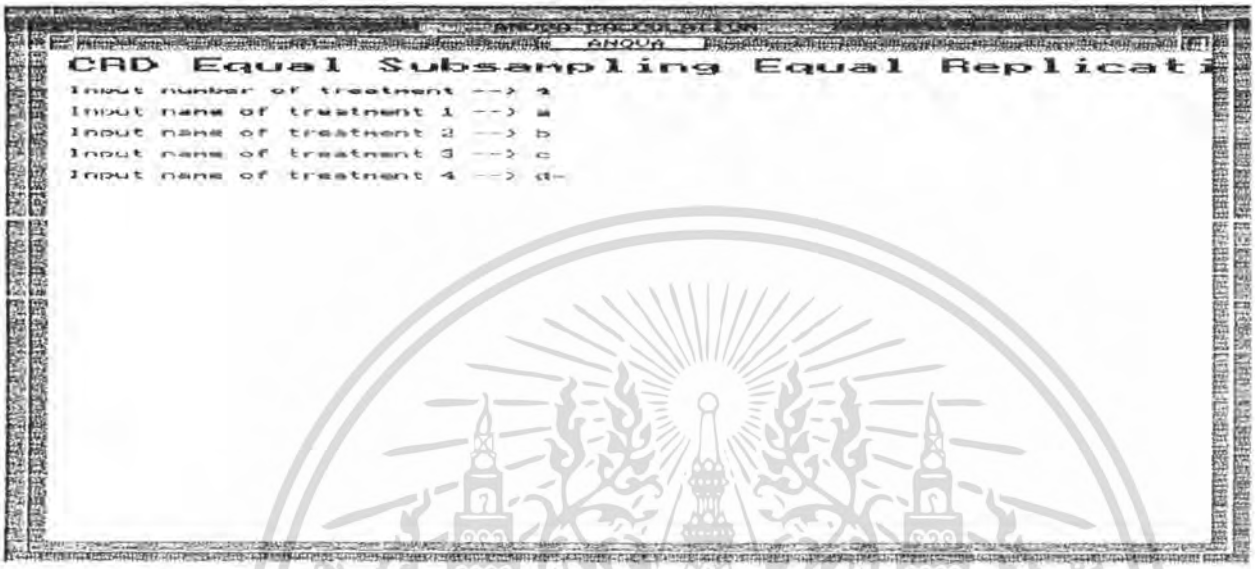
แผนภาพที่ ก-6 แสดงเมนูให้เลือกว่าลักษณะของค่าสังเกตนั้นมีจำนวนหน่วยตัวอย่างย่อยเท่ากันหรือไม่



จากนั้นให้เลื่อนแถบสว่างมาที่ Equal Subsampling แล้วกดปุ่ม Enter จะปรากฏข้อความให้ใส่จำนวนทรีตเมนต์ และหลังจากที่ใส่จำนวนทรีตเมนต์ และกดปุ่ม Enter แล้ว จะปรากฏข้อความให้ใส่ชื่อทรีตเมนต์นั้นจนครบทุกทรีตเมนต์ ดังแสดงตามแผนภาพที่ ก-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-7 แสดงข้อความให้ใส่ชื่อ ทรีตเมนต์นั้นจนครบทุกทรีตเมนต์



ต่อไปจะปรากฏข้อความให้ใส่จำนวนซ้ำ และจำนวนตัวอย่างย่อย ดังแสดงในแผนภาพที่ ก-8 และแผนภาพที่ ก-9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-8 ข้อความให้ใส่จำนวนซ้ำ

แผนภาพที่ ก-9 แสดงข้อความให้ใส่จำนวนตัวอย่างย่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปจะปรากฏข้อความให้ใส่ค่าสังเกต ตามลำดับเริ่มตั้งแต่ทรีตเมนต์แรก หน่วยตัวอย่างย่อยแรก จำนวนซ้ำแรก ไปจนครบดังแสดงดังแผนภาพที่ ก-10

แผนภาพที่ ก-10 แสดงข้อความให้ใส่ค่าสังเกต ตามลำดับเริ่มตั้งแต่ทรีตเมนต์แรก หน่วยตัวอย่างย่อยแรก จำนวนซ้ำแรก ไปจนครบ

เมื่อใส่ค่าสังเกตครบหมดแล้ว จะปรากฏเมนูถามว่าต้องการจะตรวจสอบข้อมูลค่าสังเกต ที่ใส่ไปแล้วหรือไม่ ดังแสดงในแผนภาพที่ ก-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-11 แสดงเมนูถามว่าต้องการจะตรวจสอบข้อมูลค่าสังเกต ที่ใส่ไปแล้ว หรือไม่

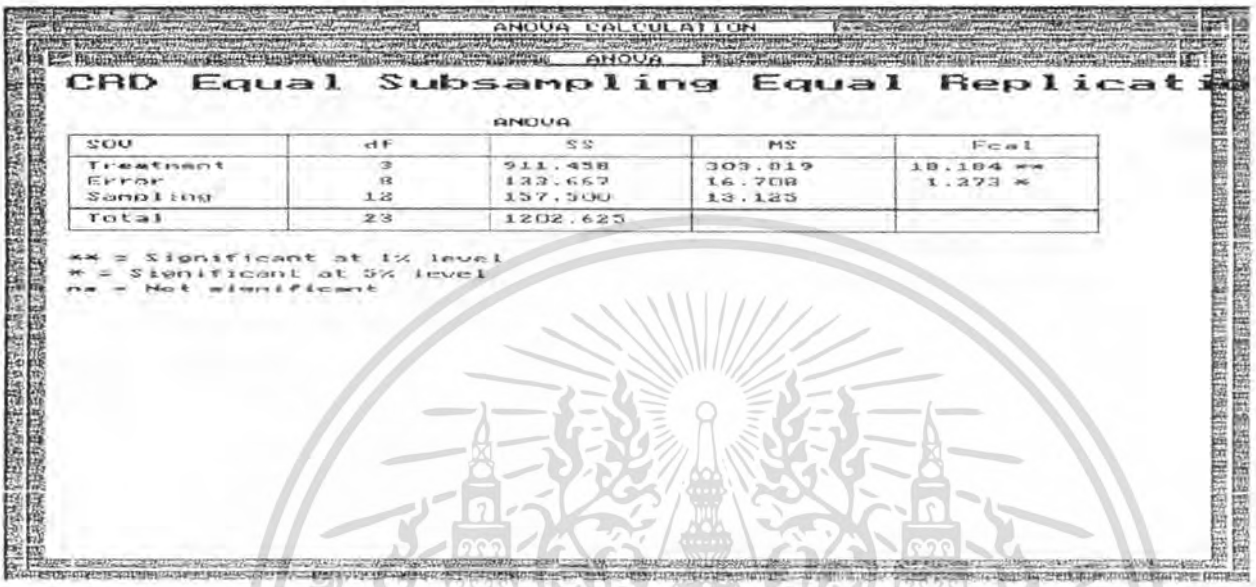
ถ้าต้องการตรวจสอบความถูกต้องของค่าสังเกต ให้เลื่อนแถบสว่างมาที่ Yes แล้วกดปุ่ม Enter จะแสดงค่าสังเกตให้ดูทีละตัว ในแต่ละจำนวนซ้ำ ของแต่ละทรีตเมนต์ โดยจะรอให้ตรวจสอบข้อมูล

ถ้าตรวจสอบข้อมูลเรียบร้อยแล้วปรากฏว่าค่าสังเกตตัวนั้นถูกต้องให้กดปุ่มใด ถ้าค่าสังเกตนั้น ๆ ผิด ให้กดปุ่ม F1 เพื่อทำการแก้ไขค่าสังเกตนั้นให้ถูกต้อง และถ้าไม่ต้องการตรวจสอบค่าสังเกตตัวถัดไปอีกให้กดปุ่ม Esc

เมื่อตรวจสอบข้อมูล หรือแก้ไขครบแล้วจะปรากฏเมนูตามแผนภาพที่ ก-11 อีก เพื่อเปิดโอกาสให้ตรวจค่าสังเกตได้ จนกว่าจะแน่ใจ เมื่อแน่ใจแล้ว ให้เลื่อนแถบสว่างไปที่ N แล้วกดปุ่ม Enter จะปรากฏหน้าจอแสดงผลลัพธ์เป็นดังแผนภาพที่ ก-12 และ ก-13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพที่ ก-12 แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม ANOVA



ANOVA CALCULATION

ANOVA

CRD Equal Subsampling Equal Replicati

ANOVA

SOV	dF	SS	MS	Fcal
Treatment	3	911.458	303.819	18.184 **
Error	8	133.667	16.708	1.273 *
Sampling	12	157.500	13.125	
Total	23	1202.625		

** = Significant at 1% level
* = Significant at 5% level
ns = Not significant

แผนภาพที่ ก-13 แสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม ANOVA

ANOVA CALCULATION

ANOVA

Treatment mean

Treatment	Mean
1	27.833
2	43.500
3	41.500
4	34.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

คู่มือการใช้โปรแกรม INSET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม INSET เป็นโปรแกรมที่สามารถนำจุดทุกจุดที่แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์นำไปแสดงออกทางเครื่องพิมพ์ (Printer) ได้ ซึ่งผลที่ได้จะเหมือนกับที่แสดงอยู่บนจอ

โปรแกรม INSET เป็นโปรแกรมที่ฝังตัวอยู่ใน memory จะถูกเรียกใช้ก็ต่อเมื่อกดคีย์ที่กำหนดในตอน SETUP โปรแกรม (เหมือนโปรแกรม Sidekick เมื่อจะเรียกใช้ต้องกดคีย์ Ctrl พร้อมกับ Alt)

การ Setup Hardware

ก่อนที่จะเรียกใช้โปรแกรม INSET ทุกครั้งต้อง Setup Hardware ของโปรแกรมให้เหมือนกับ Hardware ของเครื่องคอมพิวเตอร์ของท่านเสียก่อน ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

- ใส่แผ่นที่มีโปรแกรม SETUP.COM ใน Drive ปัจจุบัน
- พิมพ์ "SETUP" ซึ่งหน้าจอ จะปรากฏดังรูป

แผนภาพที่ ข-1 แสดงรูปของโปรแกรม SETUP

```
                    INSET
          Hardware Configuration Setup
              Current Selections

A  Screen.........: VGA              P  Keyboard Mode..: Active
B  Screen Mode....: Current          Q  Version........: Full
C  Printer........: EPSON            R  Max .PIX Size..: 118 (Kbytes)
D  Color/BW.......: B&W              S  Fast Files.....: No
E  4K Buffers.....: 7 + Gfx Board    T  .CMT Files.....: ASCII
F  Port...........: LPT1             U  Conversion Info
G  Width..........: 80               V  Tag Characters: []
H  Quality........: Letter
I  Pitch..........: 10.0 CPI
J  .PIX dir path..: D:\PONG
K  Temp dir path..: C:\INSET
L  Def PopUp Keys: Ctrl F7
M  O/R PopUp Keys: Ctrl F8
N  Def Macro......:
O  O/R Macro......:

Enter Letter to change : <F2> for All: <F10> to Save: <Esc> to Quit <F1>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการ Setup Hardware จะทำการเลือกโดยกดตัวอักษรที่อยู่ในแถบส่วาง ซึ่งมีตั้งแต่ A, B, C, ..., V หรือ กด F2 เพื่อ Setup ทั้งหมด ที่สำคัญมีดังนี้

- เลือก A เพื่อเลือกชนิดของจอที่ใช้ เลื่อนแถบส่วางไปยังชนิดของจอของท่าน โ ใช้ Arrow key (ลูกศร) แล้วกด Enter

- เลือก C เพื่อเลือกชนิดของ Printer เลื่อนแถบส่วางไปยังชนิดของ Printe ของท่าน โดยใช้ Arrow key (ลูกศร) แล้วกด Enter

- เลือก D เพื่อเลือกว่า Printer เป็นแบบมีสี หรือ ไม่มีสี

- เลือก F เพื่อเลือกว่า Printer ต่ออยู่กับช่องไหน (ส่วนใหญ่จะเป็น LTP1)

- เลือก G เพื่อเลือกความกว้างของกระดาษที่จะใช้ มี 2 ขนาดคือ 80 และ 136

- เลือก J เพื่อตั้งว่าเมื่อทำการเก็บรูปลงแฟ้มข้อมูล ให้ไปเก็บยัง Drive ไหน directory ไหน (Drive :\ Directory)

- เลือก L, M เพื่อตั้งคีย์ที่จะกดเพื่อเรียกใช้โปรแกรม INSET

เมื่อตั้งชนิดของ Hardware ได้ตรงกับ Hardware ของเครื่องคอมพิวเตอร์ของท่านแล้วให้กด F10 เพื่อเก็บเป็นข้อกำหนด และออกจากโปรแกรม SETUP ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เลย ให้กด ESC เพื่อออกจาก SETUP

การใช้โปรแกรม INSET

ขอย้ำอีกครั้งทุกครั้งที่เรียกใช้โปรแกรม INSET ควรรันโปรแกรม SETUP มาก่อนแล้ว การใช้โปรแกรม INSET มีขั้นตอนดังนี้

- ใส่แผ่นที่มีโปรแกรม INSET.EXE ใน Drive ปัจจุบัน

- พิมพ์ "INSET" เพื่อฝังโปรแกรม INSET ลงใน memory ของเครื่อง เมื่อต้องการเรียกโปรแกรม INSET ก็ให้กดคีย์ที่กำหนดในการ Setup Hardware โปรแกรมจะปรากฏ menu ดังนี้

<View> Save Modify Edit Print Output Help

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ต้องการพิมพ์ต้องแสดงอยู่บนหน้าจอก่อนที่จะกดคีย์เพื่อเรียกโปรแกรม INSET หรือมีรูปซึ่งเก็บอยู่ในแฟ้มข้อมูลอยู่แล้ว (*.PIX ซึ่งจะมีได้ก็ต่อเมื่อสั่ง <Save>) ให้กดคีย์ท่าหนดนั้นเพื่อเรียกโปรแกรม INSET ขึ้นมาแล้วเลือก menu โดยเลื่อนแถบสว่างโดย Arrow Key ไปยัง <View> แล้วกด Enter ใส่ชื่อไฟล์โดยมีรูปแบบดังนี้

Drive :\ Directory \ File name.PIX

ก็จะได้ภาพที่เก็บไว้มาแสดงบนจอ ขั้นตอนในการพิมพ์แสดงดังต่อไปนี้

- ตั้งความกว้างแและยาวของรูปที่ต้องการโดยเลือก <Modeify>, <Expand> และ <Inches> ตามลำดับ โปรแกรมก็จะถามความกว้างของรูปที่ต้องการพิมพ์ดังนี้

Enter Width : 7.2]] Inches

ใส่ความกว้างของรูปตามที่ต้องการแล้วกด Enter โปรแกรมจะถามต่อว่า

Enter Aspect Ratio : 50.0]

1->99 = Short, 100 = Normal, 101+ = Tall, Enter 0 to Set Hieght

ใส่ 0 แล้วกด Enterเพื่อจะกำหนดความสูงของรูปที่ต้องการโปรแกรมจะให้ใส่ความสูง

Enter Hieght : 4.5]] Inches

ใส่ความสูงของรูปที่ต้องการแล้วกด Enter

- กด ESC เพื่อออกจาก Modify
- เลือก <Print> จะปรากฏ menu ดังนี้

<Go> Margin Formfeed Down Up Top

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือก <Margin> ถ้าต้องการกำหนดขอบซ้าย

- เลือก <Formfeed> ถ้าต้องการเลื่อนกระดาษไปหนึ่งหน้า

- เลือก <Down> ถ้าต้องการเลื่อนกระดาษไปหนึ่งบรรทัด

- เลือก <Go> เมื่อ Printer พร้อม Printer ก็จะพิมพ์ภาพที่ต้องการออกมา และ ถ้าต้องการหยุดการพิมพ์กลางคันก็ให้กด Ctrl พร้อมกับ Pause หรือ Break หลาย ๆ ครั้งจนเกิดเสียง Beep menu ก็จะปรากฏบนจอ

- ถ้าต้องการออกจาก INSET ก็กด ESC เมื่ออยู่ที่ menu แรก ก็จะไม่ปรากฏ menu ของ INSET จนกว่าจะกดคีย์ที่กำหนดนั้นอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 1, แอ๊สเสทการพิมพ์.

2. สุรพล อุปดิสสกุล. 2526. สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 2, พิมพ์ครั้งที่ 1, แอ๊สเสทการพิมพ์.

3. Cochran G.W and G.M. Cox. 1975. Experimental Designs., 2nd ed., Joh Willey & Sons Inc., U.S.A.

4. Gomez K.A. and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Reseach., 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 680 pp

5. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1967. Statistical Methods., 6th ed., The Iowa State University Press Ames, Iowa, U.S.A.

6. Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1960. Principles and Procedures of Statistics., 1st ed., The McGraw-Hill Book Company, Inc., U.S.A.

7. Herbert Schildt. 1990 . Turbo C/C++ the Com;lete Reference, Osborne Mcgraw-Hill, U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้