

แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์การวางแผนแบบสปลิต-พลอท

ชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย

Application for Analyze Split-plot Randomized Complete Block
Design in case of Missing Values



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์การวางแผนแบบสปลิท-ฟลอตชนิดสุ่มในบล็อก
สมบูรณ์ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย

ชื่อนักศึกษา	นายณรงค์ฤทธิ์	บุรีรักษ์	รหัสนักศึกษา	56051296
	นางสาวปณณัฐทิพย์	โพธิ์ทอง	รหัสนักศึกษา	56051349
	นายวัชร	วงศ์วายุรักษ์	รหัสนักศึกษา	56051381
	นางสาวอิสริยา	ฉ่องสวนอ้อย	รหัสนักศึกษา	56051428

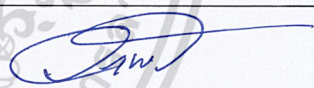
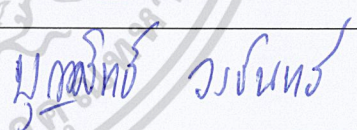
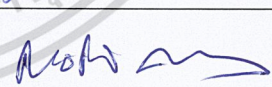
ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)

ภาควิชา สถิติ

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้ปัญหา
พิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์) ประจำปี
การศึกษา 2559

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ ประธานกรรมการ	
ดร.บุญญลสิทธิ์ วรจันทร์ กรรมการ	
รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	แอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์การวางแผนแบบสปลิท-พลอทชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย			
ชื่อนักศึกษา	นายณรงค์ฤทธิ์	บุรีรักษ์	รหัสนักศึกษา	56051296
	นางสาวปุณณัฐทิพย์	โพธิ์ทอง	รหัสนักศึกษา	56051349
	นายวัชรรา	วงศ์วายุรักษ์	รหัสนักศึกษา	56051381
	นางสาวอิสริยา	ฉ่องสวนอ้อย	รหัสนักศึกษา	56051428
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถิติประยุกต์)			
ภาควิชา	สถิติ			
ปีการศึกษา	2559			
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.สายชล สินสมบูรณ์ทอง			

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหาพิเศษฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแอปพลิเคชันสำหรับช่วยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนและค่าสูญหายไม่เกิน 2 ค่าในการวางแผนแบบสปลิท-พลอทชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณฉบับภาษาไทยบนโทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ทโฟน ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ การพัฒนาแอปพลิเคชันได้ใช้โปรแกรม Android Studio ในการเขียนชุดคำสั่งภาษาจาวา ที่ใช้คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ค่าสูญหาย ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน ตามลำดับ

แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นใช้ชื่อว่า Split-plot-app มีขนาดพื้นที่ความจุ 8.5 MB สามารถติดตั้งกับโทรศัพท์มือถือ ประเภทสมาร์ทโฟน ที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตั้งแต่รุ่น 4.2 ขึ้นไป จากการทดลองใช้งานกับข้อมูลตัวอย่าง พบว่าแอปพลิเคชันนี้ให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องและรวดเร็ว ผู้ทดลองใช้มีความสะดวกในการใช้งานและพอใจกับผลลัพธ์ที่ได้

คำสำคัญ: สปลิท-พลอท ข้อมูลสูญหาย แอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Application for Analyze Split-plot Randomized Complete Block Design in case of Missing Values			
Students	Mr.Narongrit	Bureeruk	Student ID	56051296
	Miss.Bhoonnatinee	Pothong	Student ID	56051349
	Mr.Watchara	Wongwayurax	Student ID	56051381
	Miss.Issariya	Chongsuan-oi	Student ID	56051428
Degree	Bachelor of Science (Applied Statistics)			
Department	Applied Statistics			
Academic Year	2016			
Advisor	Assoc.Prof.Saichon Sinsomboonthong			

ABSTRACT

The objective of this study is Purpose to create an application for calculating tolerances and missing values that is Split-plot design in complete blocks. This application was Thai version and written by using the Java editor software; Android Studio to design and compute the tolerances and missing values including number of Error in main plot and subplot, missing values, Standard errors and Coefficient of variation. The created application namely Split-plot-app which has the file size 8.5 MB was tested on android smartphones version 4.1.2 by referring standard statistics textbooks. The results showed that all calculated values were correct and users were satisfied with the computation speed and the easy to use design of the application.

Keyword: Split-plot, Missing Values, Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับความกรุณาจากบุคคลหลายฝ่ายที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือ ซึ่งคณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รศ.สายชล สีนสมบูรณ์ทอง ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งให้คำแนะนำ คำปรึกษา เอื้อเฟื้อเอกสารต่าง ๆ และหนังสืออ้างอิง ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและตรวจทานแก้ไขความถูกต้อง ตลอดจนติดตามผลงานทุกขั้นตอนของการดำเนินงานในการทำปัญหาพิเศษนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.บุญยสิทธิ์ วรรณทร์ และผศ.วราพร เหลือสินทรัพย์ คณะกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำข้อบกพร่อง ทำให้ปัญหาพิเศษนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้พร้อมทั้งให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณอัจฉรา แผ้วบาง และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาอุปกรณ์ในการทำปัญหาพิเศษนี้

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำปัญหาพิเศษที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้เสมอมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือในการทำงานมาโดยตลอดจนปัญหาพิเศษนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ณรงค์ฤทธิ์
บุญณัฐทิพย์
วัชรรา
อิสริยา

บุร็รรัช
โพธิ์ทอง
วงศ์วายุรัช
ฉ่องสวนอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.4.1 ความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลัก	4
1.4.2 ความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองรอง	4
1.4.3 สัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลัก	4
1.4.4 สัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองรอง	4
1.4.5 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	5
1.4.6 ข้อมูลสูญหาย	6
1.5 นิยามคำศัพท์	7
1.6 เครื่องมือที่ใช้	9
1.6.1 ซอฟต์แวร์	9
1.6.2 ฮาร์ดแวร์	9
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวางแผนการทดลองแบบสปลิต-พลอต	10
2.1.1 คำนำ	10
2.1.2 เหตุผลในการใช้การวางแผนแบบสปลิต-พลอต	11
2.1.3 ข้อดีและข้อเสียของการวางแผนแบบสปลิต-พลอต	12
2.1.4 วิธีการสุ่ม	13
2.1.5 ผังการทดลอง	16
2.1.6 รูปแบบข้อมูล	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใด ๆ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การหาผลบวกกำลังสอง	22
2.1.9 ค่าคาดหวังกำลังสองเฉลี่ย	24
2.1.10 สัมประสิทธิ์ความแปรผัน	25
2.1.11 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	26
2.1.12 ข้อมูลสุญหาย	38
2.1.12.1 ข้อมูลสุญหายเพียง 1 ค่า	38
2.1.12.2 ข้อมูลสุญหายหลายค่า	59
2.2 คุณสมบัติที่ดีของโปรแกรม	72
2.3 ประเภทของโทรศัพท์มือถือ	74
2.4 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	75
2.5 ภาษาจาวา	78
2.6 ข้อแตกต่างระหว่างแอปพลิเคชันกับโปรแกรม	78
2.7 ตัวอย่างแอปพลิเคชันทางสถิติที่ใช้ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์	80
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	84
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	
3.1 ศึกษาแอปพลิเคชันสถิติที่มีอยู่บนโทรศัพท์มือถือ	87
3.2 การออกแบบหน้าจอ	87
3.3 การศึกษาภาษาที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชัน	88
3.4 การศึกษาโปรแกรม Android Studio	88
3.5 การศึกษาโปรแกรมเจสัน (JSON)	97
3.6 ทดลองใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟน	98
3.6.1 ลงแอปพลิเคชันผ่านคอมพิวเตอร์	98
3.6.2 ลงแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟนโดยตรง	98
3.7 ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด	100
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 โค้ดและคำอธิบาย	102
4.1.1 โค้ด (Code)	102
4.1.2 คำอธิบาย (Description)	104
4.2 การคำนวณความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง	116
4.3 การคำนวณหาค่าสุญหาย 1 ค่า	123
4.4 การคำนวณหาค่าสุญหาย 2 ค่า	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา	140
5.2 ข้อเสนอแนะ	141
บรรณานุกรม	142



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculators	80
2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculator Pro	81
2.3 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculator	82
2.4 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน X Stats-Statistics Calculator	82
2.5 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Descriptive Statistics	83
3.1 หน้าจอโปรแกรม Android Studio	90
3.2 หน้าจอของโปรแกรมให้เลือกรายการในการสร้างแผนงาน	90
3.3 หน้าจอของโปรแกรม	91
3.4 หน้าจอโปรแกรมในการเลือกรางแผนงานกับสมาร์ตโฟน	92
3.5 หน้าจอของโปรแกรมเพื่อเลือกรูปแบบแอปพลิเคชัน	92
3.6 หน้าจอของโปรแกรมให้ระบุรายละเอียดของแอปพลิเคชัน	93
3.7 หน้าจอของโปรแกรมในการรันข้อมูลให้ android studio สร้างแผนงาน	94
3.8 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อโปรแกรมสร้างแผนงานเสร็จ	94
3.9 หน้าจอของโปรแกรมในการเขียนภาษาจาวาเพื่อสร้างแอปพลิเคชัน	95
3.10 หน้าจอของโปรแกรมที่แสดงแถบของการโหลดข้อมูล	95
3.11 หน้าจอของโปรแกรมให้เลือกแสดงผลบนสมาร์ตโฟนหรือโปรแกรม	96
3.12 หน้าจอของโปรแกรมในการแสดงผลบนโปรแกรม	96
3.13 ตัวอย่างการเขียนโค้ดลงบนเว็บไซต์ myjson	97
4.1 สัญลักษณ์แอปพลิเคชันบนหน้าจอโทรศัพท์	101
4.2 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน	102
4.3 หน้าจอ Code and Description	103
4.4 หน้าจอโค้ดจากแอปพลิเคชัน	103
4.5 หน้าจอ Code and Description	104
4.6 หน้าจอชื่อทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลักแปลงแรก	104
4.7 หน้าจอชื่อทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลักแปลงรอง	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
4.8 หน้าจอข้อมูลในบล็อก	105
4.9 หน้าจอเว็บไซต์การใส่ค่าของข้อมูลในทริทเมนต์	106
4.10 หน้าจอ Code and Description	107
4.11 หน้าจอโค้ดแปลงทดลองหลัก	108
4.12 หน้าจอการเพิ่มโค้ดแปลงทดลองหลัก	109
4.13 หน้าจอการเปลี่ยนชื่อโค้ดแปลงทดลองหลัก	109
4.14 หน้าหน้าจอการลบโค้ดแปลงทดลองหลัก	110
4.15 หน้าจอ Code and Description	110
4.16 หน้าจอโค้ดแปลงทดลองรอง	111
4.17 หน้าจอการเพิ่มโค้ดแปลงทดลองรอง	111
4.18 หน้าจอการเปลี่ยนชื่อโค้ดแปลงทดลองรอง	112
4.19 หน้าจอลบโค้ดแปลงทดลองรอง	112
4.20 หน้าจอ Code and Description	113
4.21 หน้าจอการใส่เครื่องหมายจุลภาค	114
4.22 หน้าจอการกด Enter	114
4.23 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลในบล็อก	114
4.24 หน้าจอการลดจำนวนบล็อก	115
4.25 หน้าจอการลบจำนวนบล็อก	115
4.26 หน้าจอการลบเครื่องหมายจุลภาค	115
4.27 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	117
4.28 หน้าจอ Code and Description	117
4.29 หน้าจอตัวอย่างโค้ด	118
4.30 หน้าจอเว็บไซต์ myjson	118
4.31 หน้าจอการใส่ข้อมูลจากโจทย์ตัวอย่าง 2.1	119
4.32 หน้าจอการกดปุ่ม Save	119
4.33 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL	120
4.34 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	120
4.35 หน้าจอก่อนวางลิ้งค์ URL	121
4.36 หน้าจอหลังวางลิ้งค์ URL	121

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
4.37 หน้าจอผลลัพธ์ตาราง ANOVA	122
4.38 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	124
4.39 หน้าจอ Code and Description	124
4.40 หน้าจอตัวอย่างโค้ด	125
4.41 หน้าจอเว็บไซต์ myjson	125
4.42 หน้าจอการใส่ข้อมูลจากโจทย์ตัวอย่าง 2.3	126
4.43 หน้าจอการกดปุ่ม Save	127
4.44 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL	127
4.45 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	128
4.46 หน้าจอก่อนวางลิ้งค์ URL	128
4.47 หน้าจอหลังวางลิ้งค์ URL	129
4.48 หน้าจอผลลัพธ์ข้อมูลสุญหาย	129
4.49 หน้าจอแอปพลิเคชันแสดงเป็นผลลัพธ์ตาราง ANOVA	130
4.50 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	132
4.51 หน้าจอ Code and Description	132
4.52 หน้าจอตัวอย่างโค้ด	133
4.53 หน้าจอเว็บไซต์ myjson	133
4.54 หน้าจอการใส่ค่าของข้อมูลสุญหายทั้ง 2 ค่าแทนด้วย -1 และ -2	134
4.55 หน้าจอการกดปุ่ม Save	135
4.56 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL	135
4.57 หน้าจอเมนูหลักบนแอปพลิเคชัน	136
4.58 หน้าจอก่อนวางลิ้งค์ URL	136
4.59 หน้าจอหลังวางลิ้งค์ URL	137
4.60 หน้าจอผลลัพธ์ข้อมูลสุญหาย	137
4.61 หน้าจอแอปพลิเคชันแสดงเป็นผลลัพธ์ตาราง ANOVA	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การวางแผนแบบสปลิต-พลอทประกอบด้วยปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับขึ้นไป เช่นเดียวกับการทดลองแบบแฟคทอเรียล แต่การวางแผนแบบสปลิต-พลอทแตกต่างจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลตรงที่ปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองหลัก (main plot) และอีกปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองรอง (sub plot) ที่ได้จากการแบ่งแปลงทดลองหลัก การวางแผนแบบสปลิต-พลอทจะสุ่มหรือกำหนดปัจจัยแรกขึ้นมาก่อน หลังจากนั้นจะสุ่มระดับของปัจจัยที่สองลงไปในแต่ละระดับของปัจจัยแรก (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558) การวิจัยเกี่ยวกับเกษตรกรรมส่วนใหญ่มักเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนแบบสปลิต-พลอท จำเป็นต้องใช้การคำนวณทางสถิติเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งส่วนใหญ่เราจะให้ความสำคัญกับแปลงทดลองรอง (sub plot) ในโปรแกรมอื่นๆ เช่น SPSS และ MINITAB จะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉพาะแปลงทดลองที่มีความสำคัญ นั่นคือ แปลงทดลองรอง (sub plot) เท่านั้น ในขณะที่โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติไม่สามารถหาความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและค่าสุทธหายได้ คณะผู้ทำปัญหาพิเศษจึงได้ทำการศึกษาและจัดทำโปรแกรมที่ช่วยคำนวณความคลาดเคลื่อนและค่าสุทธหายในการวางแผนแบบสปลิต-พลอทชนิดบล็อกสุ่มสมบูรณ์ เพื่อครอบคลุมเนื้อหาในการวางแผนการทดลองสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ทางสถิติ แต่จำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับการวางแผนการทดลองทางการเกษตรและทางด้านอื่นๆอาจจะสามารถใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นมานี้ได้

คณะผู้ทำปัญหาพิเศษได้ทำการเก็บรวบรวมเนื้อหาของการวางแผนการทดลองทางเกษตร เช่น นิยาม ความหมาย การออกแบบการทดลอง ตัวอย่างการคำนวณ รวมทั้งตัวอย่างงานวิจัยและนำไปใช้ประโยชน์ทางเกษตรของการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Block Design) การวางแผนการทดลองแบบสปลิต-พลอท (Split Plot Design) ค่าสถิติที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่นิยมใช้ในการทำงานวิจัยและในสถิติสาขาต่างๆ ซึ่งเมื่อรู้ความหมาย วิธีการคำนวณ ตัวอย่าง และงานวิจัยที่ใช้ค่าสถิติดังกล่าว (ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์, 2550) และยังคงคำนึงถึงการประมาณค่าสุทธหาย ซึ่งปัจจัยที่ส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้มากขึ้น เพื่อให้จำนวนความเป็นองศาอิสระของความคลาดเคลื่อนมากขึ้น ในการประมาณค่าสุญหายนั้น จำนวนข้อมูลสุญหายก็มีผลต่อการประมาณค่าสุญหาย ถ้าจำนวนข้อมูลสุญหายมีค่ามาก จะส่งผลกระทบต่อการยอมรับของงานวิจัย ส่วนความน่าเชื่อถือของงานวิจัยนั้นประเมินได้จากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน เพราะเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของงานทดลองที่จะตัดสินใจว่างานนั้นได้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด (วิสุทธิดา ศรีดวงโชติ, 2556)

สถิติเป็นระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นที่มาของความรู้หนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับการค้นคว้าหาความรู้ที่มีแบบแผน โดยประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้ คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำไปใช้ประโยชน์ การมีความรู้ที่ถูกต้องในทางด้านสถิตินี้จะเป็ประโยชน์อย่างยิ่งในการค้นหาคำตอบที่ต้องการทราบ ซึ่งคำตอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการได้คำตอบจากวิธีการอื่น ๆ โดยนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้ด้านสถิติประยุกต์ควบคู่ไปกับการวิจัยค้นคว้าในเรื่องนั้น โดยเฉพาะทางการเกษตร สถิติได้นำมาใช้ในการวางแผนการทดลองทางการเกษตร เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาทางการเกษตร แต่การทำความเข้าใจกับสิ่งเหล่านี้สามารถศึกษาจากตำราที่เป็นภาษาไทยได้ แต่ก็มีข้อจำกัดเนื่องจากผู้วิจัยทางเกษตรส่วนใหญ่มีความเชี่ยวชาญในศาสตร์ของตัวเอง แต่ในขณะที่ทำการศึกษางานวิจัยของผู้วิจัยทางเกษตรจะต้องใช้สถิติสำหรับการวางแผนการทดลองทางการเกษตรมาประกอบด้วย ซึ่งผู้วิจัยทางเกษตรมีข้อจำกัดที่จะทำความเข้าใจให้ชัดเจนเกี่ยวกับศาสตร์ทางสถิติและการประยุกต์ ดังนั้นหากมีโปรแกรมประยุกต์เพื่อการวิเคราะห์สถิติสำหรับการวางแผนการทดลองบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สามารถคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนและค่าสุญหายสำหรับการวางแผนการทดลองทางการเกษตร ตัวอย่างงานวิจัยหรือการนำสถิติสำหรับการวางแผนการทดลองทางการเกษตรไปใช้ให้ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อตอบปัญหาของงานวิจัยนั้น ๆ ได้ จึงนับว่าเป็นประโยชน์กับนักศึกษาค้นคว้าเป็นอย่างมาก และสะดวกในการค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถิติสำหรับการวางแผนการทดลองทางการเกษตรบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทุกที่ (สมรวย อภิชาติบุตรพงศ์ และชูเกียรติ ผุดพรมราช, 2554)

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้คณะผู้ทำปัญหาพิเศษมีความสนใจที่จะพัฒนาการวิเคราะห์สถิติสำหรับการวางแผนการทดลองโดยโปรแกรมช่วยคำนวณบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตขึ้น เพื่อก่อให้เกิดความสะดวกต่อการศึกษาและค้นหาการวิเคราะห์สถิติสำหรับการวางแผนการทดลอง และยังช่วยให้นักศึกษา นักวิจัยและผู้สนใจมีความสะดวกในการคำนวณค่าสถิติ การค้นหาข้อมูลมากขึ้นและมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าใจในการนำสถิติสำหรับการวางแผนการทดลองทางเกษตรไปใช้ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการทำวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการทดลองทางเกษตร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อสร้างโปรแกรมช่วยคำนวณในกรณีที่ข้อมูลเป็นการวางแผนแบบสปลิท-พลอตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เพื่อนำไปคำนวณหาความคลาดเคลื่อนและค่าสูญหายตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยหัวข้อหลักที่ศึกษาดังนี้

1. เพื่อหาความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง
2. เพื่อหาค่าสูญหาย 1 ค่า และ 2 ค่า
3. เพื่อหาสัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง
4. เพื่อหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมสามารถแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ให้ผู้ใช้สามารถนำมาใช้ทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าสังเกตของหน่วยทดลองว่าความแตกต่างระหว่างแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรองมีความผิดแปลกไปจากความแปรปรวนปกติหรือไม่
2. โปรแกรมสามารถแสดงค่าสูญหายในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ซึ่งจำเป็นต่องานวิจัยและทดลอง เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลไม่เกิดการบิดเบือน ทำให้การวัดค่ามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและมีความเหมาะสมมากขึ้น
3. โปรแกรมสามารถแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง เพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โปรแกรมสามารถแสดงค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำนายความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ค่าของแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการคำนวณค่าในการวางแผนแบบสปลิท-พลอตมีทั้งหมด 7 ค่าในขอบเขตดังต่อไปนี้

1.4.1 ความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลัก ($error_a$) คือ ความผันแปรในแปลงทดลองที่มีขนาดใหญ่ และพิจารณาผลการทดลองได้เพียงอย่างหยาบๆ

1.4.2 ความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองรอง ($error_b$) คือ ความผันแปรในแปลงทดลองที่มีขนาดเล็ก และพิจารณาผลการทดลองได้อย่างละเอียด ซึ่งนำไปเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย สำหรับเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple Comparison Test) เช่น LSD, Duncan, Scheffe และ Tukey

1.4.3 สัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลัก คือ ความเที่ยงตรงของปัจจัยในแปลงทดลองหลัก

$$C.V.(a) = \frac{\sqrt{MSE_a}}{\bar{y}_{...}} \times 100\%$$

เมื่อ MSE_a คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลัก

$\bar{y}_{...}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

1.4.4 สัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองรอง คือ ความเที่ยงตรงของปัจจัยในแปลงทดลองรอง

$$C.V.(b) = \frac{\sqrt{MSE_b}}{\bar{y}_{...}} \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ MSE_b คือ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองรอง

$\bar{y} \dots$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

1.4.5 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแปลงทดลองรอง 2 ค่า ในแต่ละแปลงทดลองหลักที่ค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวหรือทั้งสองค่ามีข้อมูลสูญหาย

$$= \sqrt{\frac{2MSE_b \left[1 + \frac{bk}{2a(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{n}}$$

เมื่อ b คือ จำนวนระดับของแปลงทดลองรอง

k คือ จำนวนข้อมูลสูญหาย

a คือ จำนวนระดับของแปลงทดลองหลัก

c คือ จำนวนบล็อกหรือซ้ำที่มีข้อมูลสูญหาย

d คือ จำนวนข้อมูลสูญหายในการจัดกลุ่มทรีทเมนต์ที่มีข้อมูลสูญหาย
ที่มีค่ามากที่สุด

n คือ จำนวนบล็อกหรือซ้ำ

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแปลงทดลองหลัก 2 ค่า ในแต่ละแปลงทดลองรองที่ค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวหรือทั้งสองค่ามีข้อมูลสูญหาย

$$= \sqrt{\frac{2MSE_a + 2MSE_b \left[(b-1) + \frac{b^2k}{2(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{bn}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.6 ข้อมูลสูญหาย

การจัดการกับข้อมูลสูญหายมีหลายวิธี ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้น ถ้าเลือกใช้วิธีจัดการกับข้อมูลสูญหายที่ไม่เหมาะสมย่อมส่งผลกระทบต่อผลการวิเคราะห์ที่ได้ ซึ่งโดยทั่วไปมักจำแนกข้อมูลสูญหายออกเป็น 3 ประเภท (Little, and Rubin, 1987) คือ

1. Missing completely at random (MCAR) เป็นลักษณะของข้อมูลสูญหายที่เกิดขึ้นอย่างสุ่มจากค่าสังเกตทั้งหมด นั่นคือข้อมูลที่สูญหายไม่ขึ้นอยู่กับค่าใดค่าหนึ่ง ข้อมูลที่สูญหายเป็นอิสระกัน

2. Missing at random (MAR) เป็นลักษณะของข้อมูลสูญหายซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่มจากค่าสังเกตทั้งหมด แต่เกิดขึ้นอย่างสุ่มภายในบางส่วนหรือบางกลุ่มของค่าสังเกต นั่นคือ ค่าของข้อมูลสูญหายขึ้นอยู่กับตัวแปรบางตัวอื่นๆ ในฐานข้อมูลซึ่งไม่ได้เป็นตัวแปรที่เกิดข้อมูลสูญหาย

3. Not missing at random (NMAR) เป็นลักษณะของข้อมูลสูญหายซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสุ่มโดยค่าของข้อมูลสูญหายขึ้นอยู่กับค่าของข้อมูลสมบูรณ์ในตัวแปรเดียวกัน รวมถึงตัวแปรอื่นๆ ด้วย หรือในบางกรณีค่าของข้อมูลสูญหายอาจไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรใดๆ ในฐานข้อมูลเลย แต่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่นที่ไม่ได้ถูกเก็บรวบรวมไว้ในการศึกษาครั้งนั้น

1.4.6.1 ข้อมูลสูญหายเพียง 1 ค่า

$$y = \frac{nM_0 + bT_0 - P_0}{(b-1)(n-1)}$$

เมื่อ	M_0	คือ	ผลรวมของแปลงทดลองหลักในบล็อกหรือซ้ำที่มีข้อมูลสูญหาย
	T_0	คือ	ผลรวมของการจัดกลุ่มทรีทเมนต์ที่มีข้อมูลสูญหาย
	P_0	คือ	ผลรวมของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักที่มีข้อมูลสูญหาย
	n	คือ	จำนวนบล็อกหรือจำนวนซ้ำ
	b	คือ	จำนวนระดับของปัจจัยแปลงทดลองรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.6.2 ข้อมูลสูญหาย 2 ค่า

1. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายไปทุกค่า ยกเว้นเอาไว้เพียง 1 ค่า โดยการใช้สูตร

$$y = \frac{t_i + b}{2}$$

เมื่อ t_i คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของการจัดกลุ่มทริทเมนต์ที่มีข้อมูลสูญหาย

b คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของบล็อกที่มีข้อมูลสูญหาย

2. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เว้นเอาไว้เพียง 1 ค่า โดยใช้สูตร

$$y = \frac{nB_0 + tT_0 - G_0}{(n-1)(t-1)}$$

เมื่อ B_0 คือ ผลรวมของบล็อกที่มีค่าสังเกตสูญหาย

G_0 คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

t คือ จำนวนทริทเมนต์

1.5 นิยามคำศัพท์

1. สมาร์ทโฟน (Smart Phone)

สมาร์ทโฟน คือโทรศัพท์เคลื่อนที่ประเภทหนึ่งที่มีความสามารถในการใช้งานมากกว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วไป นอกจากการใช้งานโทรออกและรับสายแล้วยังมีแอปพลิเคชันให้เลือกใช้มากมาย รองรับการใช้งาน เช่น 3G, 4G, Wi-Fi, Internet, YouTube และ Facebook เป็นต้น ผู้ใช้สามารถปรับแต่งการใช้งานให้ตรงกับความต้องการ ผู้ผลิตสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ ๆ นิยมผลิตสมาร์ทโฟนแบบหน้าจอรระบบสัมผัส ใส่กล้องถ่ายรูปที่มีความละเอียดสูง มีรูปแบบทันสมัย และมีแอปพลิเคชันมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แอนดรอยด์ (Android)

แอนดรอยด์ คือระบบปฏิบัติการสำหรับอุปกรณ์พกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น โดยระบบปฏิบัติการมีหน้าที่หลักๆ คือ การจัดสรรทรัพยากรในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้บริการซอฟต์แวร์ประยุกต์ ในเรื่องการรับส่งและจัดเก็บข้อมูลฮาร์ดแวร์ เช่น การส่งข้อมูลภาพไปแสดงผลที่จอภาพ การส่งข้อมูลไปเก็บหรืออ่านจากฮาร์ดดิสก์ การรับส่งข้อมูลในระบบเครือข่าย การส่งสัญญาณเสียงไปออกลำโพง หรือจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำตามที่ซอฟต์แวร์ประยุกต์ร้องขอ รวมทั้งทำหน้าที่จัดสรรเวลาการใช้หน่วยประมวลผลกลาง ในกรณีที่มีอนุญาตให้ซอฟต์แวร์ประยุกต์หลายๆ ตัวทำงานพร้อมกัน และสำหรับแอนดรอยด์ได้ใช้ลินุกซ์ เคอร์เนล (Linux Kernel) เป็นพื้นฐานของระบบและใช้ภาษาจาวา (Java) ในการพัฒนา

3. จาวา หรือ ภาษาโปรแกรมจาวา (Java or Java programming language)

จาวา คือโปรแกรมภาษาที่ถูกพัฒนามาเพื่อรองรับการออกแบบซอฟต์แวร์ที่มีการเชื่อมโยงอินเทอร์เน็ต อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่สนับสนุนแนวความคิดของการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุหรือที่รู้จักกันดี เรียกว่า OOP (Object-Oriented Programming) โดยมีความสามารถเฉพาะตัวแตกต่างจากโปรแกรมภาษาชั้นสูงอื่นๆ เช่น C หรือ C++ ในเรื่องของการทำงานข้ามระบบปฏิบัติการ

4. แอปพลิเคชัน (Application)

แอปพลิเคชัน คือชุดโปรแกรมต่างๆ ที่รันบนมือถือประเภทสมาร์ทโฟน ที่มีดาวนโหลดและติดตั้งไปยังอุปกรณ์ตามรุ่นต่างๆ ที่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันทำให้เหมาะสมกับอุปกรณ์นั้นๆ อธิบายง่ายๆ คือโปรแกรมที่ทำงานบนมือถืออาจเป็นโปรแกรม เกม รูปแบบคำสั่ง หรือสิ่งอำนวยความสะดวกบนสมาร์ทโฟนต่างๆ เช่น การดูสภาพอากาศ และแอปพลิเคชันแต่งภาพ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 เครื่องมือที่ใช้

1.6.1 ซอฟต์แวร์

1. Java คือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนามาเพื่อใช้ในการออกแบบและสร้างซอฟต์แวร์
2. Android Studio คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับเขียนหรือแก้ไขชุดคำสั่งของภาษา Java เพื่อสร้างแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และสามารถเพิ่มโปรแกรมเสริมในการช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์ได้ ยกตัวอย่างเช่น แอนดรอยด์ SDK (เครื่องมือที่ช่วยในการเขียนโปรแกรมในระบบแอนดรอยด์)

1.6.2 ฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบปฏิบัติการ Window เพื่อใช้ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน
2. โทรศัพท์มือถือสมาร์ทโฟนที่มีระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อนำมาทดลองแอปพลิเคชันที่เขียนเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวางแผนการทดลองแบบสปลิต-พลอท (Split-plot Design)

2.1.1 คำนำ (Introduction)

การวางแผนแบบสปลิต-พลอทประกอบด้วยปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป และแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับขึ้นไป เช่นเดียวกับการทดลองแบบแฟกทอเรียล แต่การวางแผนแบบสปลิต-พลอทแตกต่างจากการทดลองแบบ แฟกทอเรียลตรงที่ปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองหลัก (Whole plot หรือ Main plot) หรือหน่วยทดลองหลัก (Main units) และอีกปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองรอง (Subplot) หรือหน่วยทดลองรอง (Sub units) ที่ได้จากการแบ่งแปลงทดลองหลักนั้น (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

การทดลองแบบแฟกทอเรียลจะทำการสุ่มหรือกำหนดปัจจัยขึ้นมาพร้อมๆ กัน แต่การวางแผนแบบ สปลิต-พลอทจะทำการสุ่มหรือกำหนดปัจจัยแรกขึ้นมาก่อน หลังจากนั้นจะสุ่มระดับของปัจจัยที่สองลงไปในแต่ละระดับของปัจจัยแรก

ตัวอย่างเช่น ปัจจัย A มี 2 ระดับ คือ a_1 กับ a_2 ปัจจัย B มี 2 ระดับ คือ b_1 กับ b_2 และมีแปลงทดลองหลัก 2 แปลง คือ w_1 กับ w_2



w_1

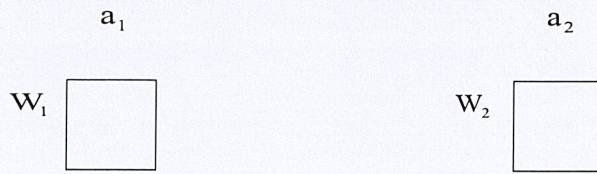


w_2

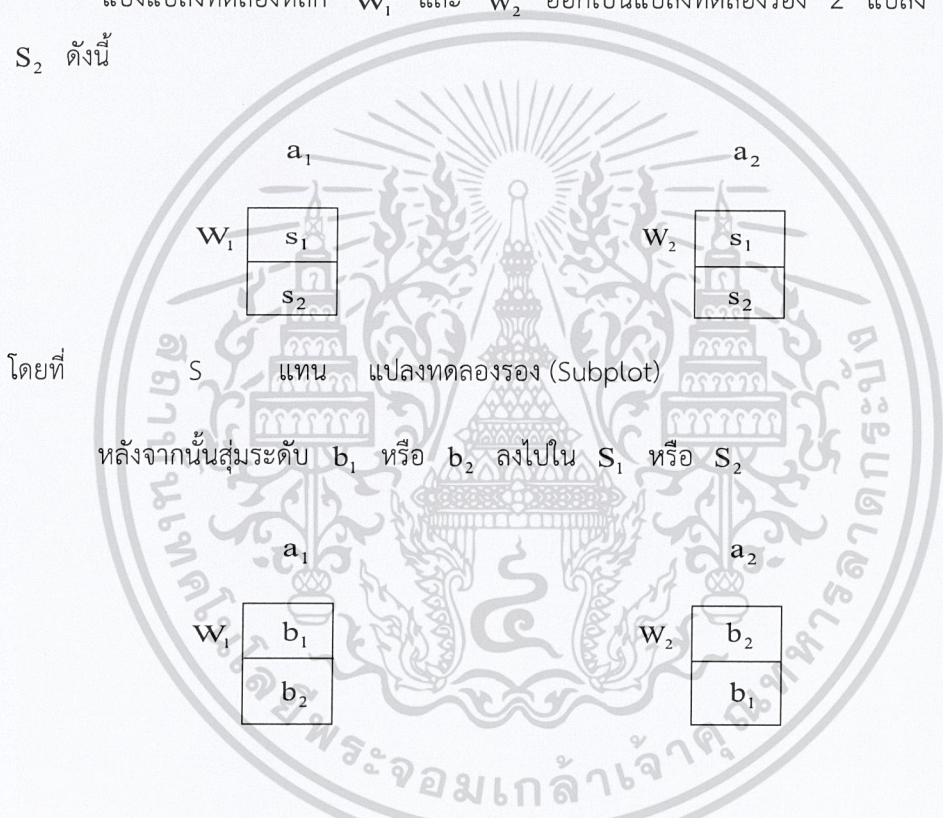
โดยที่	A	แทน	ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก (Main plot treatment)
	B	แทน	ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง (Subplot treatment)
	W	แทน	แปลงทดลองหลัก (Main plot)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุ่มระดับ a_1 หรือ a_2 ลงไปใน w_1 หรือ w_2 ดังนี้



แบ่งแปลงทดลองหลัก w_1 และ w_2 ออกเป็นแปลงทดลองรอง 2 แปลง คือ S_1 กับ S_2 ดังนี้



การวางแผนในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า การวางแผนแบบสปลิต-พลอท (Split-plot design)

2.1.2 เหตุผลในการใช้การวางแผนแบบสปลิต-พลอท

1. กรณีที่ปัจจัยหนึ่งจำเป็นต้องใช้แปลงทดลอง (plot) ที่มีขนาดใหญ่กว่าอีกปัจจัยหนึ่ง เช่น ในการปลูกพืชชนิดหนึ่ง ถ้าปัจจัยหนึ่งคือการใส่ปุ๋ย ซึ่งจะต้องใช้พื้นที่ทดลองขนาดใหญ่ ส่วนอีกปัจจัยหนึ่งคือพันธุ์พืช ซึ่งไม่ต้องการพื้นที่ทดลองมากนัก เราควรจัดให้การใส่ปุ๋ยเป็นแปลงทดลองหลักและพันธุ์พืชเป็นแปลงทดลองรอง (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรณีที่ต้องการขยายขอบเขตการสรุปผลของการทดลอง เช่น ในการทดลองยาป้องกันโรคพิษ ถ้าต้องการขยายขอบเขตของการทดลอง อาจใช้พืชหลายๆ พันธุ์เพื่อดูความแตกต่างในการต้านทานโรค ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ควรจัดให้พันธุ์พืชเป็นแปลงทดลองหลัก และยาป้องกันโรคพิษเป็นแปลงทดลองรอง

3. กรณีที่ผู้ทดลองทราบจากการทดลองครั้งก่อนๆ ว่าความแตกต่างระหว่างระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งมากกว่าความแตกต่างระหว่างระดับต่างๆ ของอีกปัจจัยหนึ่งเราควรจัดให้ระดับต่างๆ ของปัจจัยที่มีความแตกต่างกันมากไว้ในแปลงทดลองหลัก

4. กรณีที่ต้องการเพิ่มความเที่ยงตรงให้กับการเปรียบเทียบระหว่างระดับของปัจจัยหนึ่งมากกว่าปัจจัยอื่น ๆ

ปัจจัยที่ควรใส่ไว้แปลงทดลองรอง ควรมีลักษณะดังนี้

1. แปลงทดลองมีขนาดเล็กกว่า
2. ความแปรผันระหว่างแปลงทดลองมีน้อยกว่า
3. มีความสำคัญมากกว่า
4. ทราบล่วงหน้าว่ามีความแตกต่างระหว่างระดับน้อยกว่า
5. มีความเที่ยงตรงมากกว่า

2.1.3 ข้อดีและข้อเสียของการวางแผนแบบสปลิท-พลอต

ข้อดี (สายชล สันสมบูรณ์ทอง, 2558)

1. สะดวกและเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน ช่วยให้สามารถใช้แปลงทดลองหลักให้เป็นประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ โดยการจัดปัจจัยต่างๆ ลงในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรองให้ถูกต้อง เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของปุ๋ยหรือระดับน้ำกับพันธุ์ข้าว ผู้ทดลองควรจัดให้อัตราส่วนของปุ๋ยหรือระดับน้ำเป็นแปลงทดลองหลัก ส่วนพันธุ์ข้าวเป็นแปลงทดลองรอง เพื่อความสะดวกและความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัจจัยในแปลงทดลองรองสามารถศึกษาได้ละเอียดกว่าแปลงทดลองหลักและมีความแม่นยำมากกว่าการวางแผนแบบการทดลองชนิดอื่นๆ เช่น ผู้ทดลองต้องการศึกษาข้าว 5 พันธุ์ ว่ามีการตอบสนองต่อระดับน้ำ 3 ระดับ อย่างไร โดยผู้ทดลองต้องการวัดความสามารถของข้าวแต่ละพันธุ์มากกว่าระดับน้ำ จึงควรจัดให้ระดับน้ำทั้ง 3 ระดับ เป็นแปลงทดลองหลัก ส่วนข้าวทั้ง 5 พันธุ์ เป็นแปลงทดลองรอง

3. สามารถวัดผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยได้ดีพอสมควร

ข้อเสีย

1. ปัจจัยในแปลงทดลองหลักสามารถศึกษาได้เพียงหยาบๆ ทำให้มีความแม่นยำน้อยกว่าการทดลองแบบแฟกทอเรียล

2. ในกรณีที่มีหลายๆ ปัจจัย การวิเคราะห์ผลทางสถิติค่อนข้างยุ่งยาก

3. ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย การคำนวณยุ่งยากกว่าการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

2.1.4 วิธีการสุ่ม (Randomization)

วิธีการสุ่มทริทเมนต์ให้แก่แปลงทดลองสำหรับการวางแผนแบบสปลิต-พลอต มีขั้นตอนดังนี้ (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558)

1. สุ่มทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักให้แก่แปลงทดลองหลัก
2. สุ่มทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองให้แก่แปลงทดลองรอง โดยทำการสุ่มในแต่ละแปลงทดลองหลัก
3. การสุ่มขั้นตอนต่อไปขึ้นอยู่กับว่าการวางแผนเพิ่มเติมเป็นแบบไหน ถ้าทริทเมนต์มีความสม่ำเสมอกันก็ควรใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์ ถ้ามีความแตกต่างระหว่างซ้ำของแปลงทดลองหลักก็ควรใช้การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ แต่ถ้ามีความแตกต่างทั้ง 2 ทิศทาง ในแปลงทดลองหลักก็ควรใช้การวางแผนแบบจัตุรัสลาติน

ถ้าให้ a แทน จำนวนทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

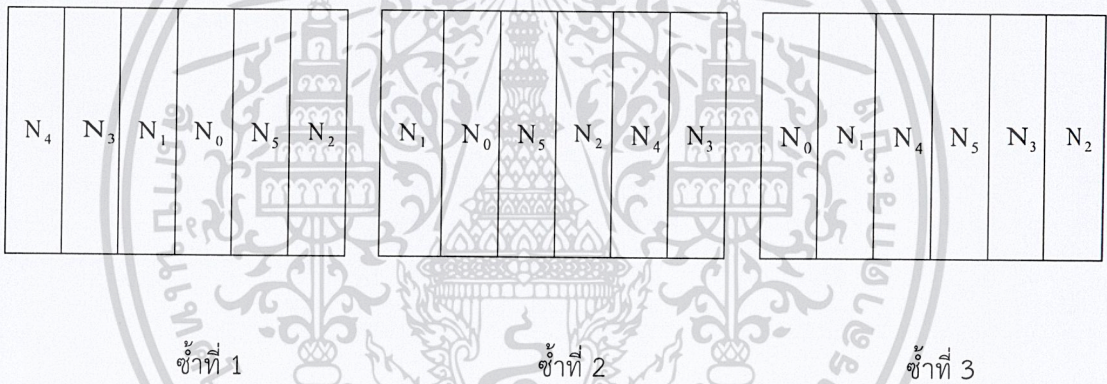
b แทน จำนวนทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง

n แทน จำนวนซ้ำ

ในการทดลอง 2 ปัจจัย โดยให้ปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก และพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์ เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง และมี 3 ซ้ำ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 แบ่งพื้นที่ทดลองออกเป็น $n = 3$ บล็อก โดยในแต่ละบล็อกแบ่งออกเป็น $a = 6$ แปลงทดลองหลัก ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ขั้นที่ 2 ดำเนินตามวิธีการสุ่มแบบการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี $a = 6$ ทรีทเมนต์ และ 3 ซ้ำ โดยสุ่มปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา ให้แก่แปลงทดลองหลัก 6 แปลง ในแต่ละ 3 ซ้ำ ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สุ่มปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา ($N_0, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$) ให้แก่แปลงทดลองหลัก 6 แปลง ในแต่ละ 3 ซ้ำ

จะเห็นได้ว่าการวางแผนแบบสพลิต-พลอทเป็นการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete block design) เนื่องจากในแต่ละแปลงของแปลงทดลองหลักมีทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักเพียงทรีทเมนต์เดียวเท่านั้น คือมีไม่ครบทุกระดับของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก

ขั้นที่ 3 แบ่งแปลงทดลองหลักทั้งหมด $an = (6)(3) = 18$ แปลง โดยแต่ละแปลงทดลองหลัก แบ่งออกเป็น 4 แปลงทดลองรอง และดำเนินการตามวิธีการสุ่มแบบการวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี $b = 4$ ทรีทเมนต์ และ $na = 18$ ซ้ำ โดยสุ่มพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์ ให้แก่แปลงทดลองรอง 4 แปลง ที่อยู่ในแปลงทดลองหลักทั้งหมด 18 แปลง ผลที่ได้ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_4	N_3	N_1	N_0	N_5	N_2
-------	-------	-------	-------	-------	-------

V_4	V_3	V_3	V_1	V_2	V_1
V_2	V_4	V_2	V_3	V_3	V_4
V_1	V_1	V_4	V_2	V_4	V_2
V_3	V_2	V_1	V_4	V_1	V_3

ซ้ำที่ 1

N_1	N_0	N_5	N_2	N_4	N_3
-------	-------	-------	-------	-------	-------

V_1	V_4	V_3	V_1	V_1	V_3
V_3	V_1	V_4	V_2	V_4	V_2
V_2	V_2	V_1	V_4	V_2	V_4
V_4	V_3	V_2	V_3	V_3	V_1

ซ้ำที่ 2

N_0 N_1 N_4 N_5 N_3 N_2

V_4	V_3	V_3	V_1	V_2	V_1
V_2	V_4	V_2	V_3	V_3	V_4
V_1	V_1	V_4	V_2	V_4	V_2
V_3	V_2	V_1	V_4	V_1	V_3

ซ้ำที่ 3

รูปที่ 2.2 ผังการทดลองของการวางแผนแบบสปลิท-พลอตที่มีปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา (N_0 , N_1 , N_2 , N_3 , N_4 และ N_5) เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก และพันธุ์ข้าว 4 พันธุ์ (V_1 , V_2 , V_3 และ V_4) เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง และมี 3 ซ้ำ

ผังการทดลองของการวางแผนแบบสปลิท-พลอตในรูปที่ 2.2 มีคุณลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. ขนาดของแปลงทดลองหลักเป็น b เท่าของขนาดของแปลงทดลองรอง ในตัวอย่างนี้พันธุ์ข้าวมี 4 พันธุ์ ($b = 4$) ขนาดของแปลงทดลองหลักจึงเป็น 4 เท่าของขนาดของแปลงทดลองรอง
2. ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักแต่ละทรีทเมนต์ได้รับการทดสอบ n ครั้ง ในขณะที่ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองแต่ละทรีทเมนต์ได้รับการทดสอบ an ครั้ง ดังนั้นจำนวนครั้งของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองที่ได้รับการทดสอบจะมากกว่าทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักเสมอ และเป็นเหตุผลเบื้องต้นที่ว่าทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองจะมีความเที่ยงตรงสูงกว่าทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก ในตัวอย่างนี้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 6 อัตรา ได้รับการทดสอบเพียง 3 ครั้ง ในขณะที่พันธุ์ข้าวทั้ง 4 พันธุ์ ได้รับการทดสอบถึง 18 ครั้ง

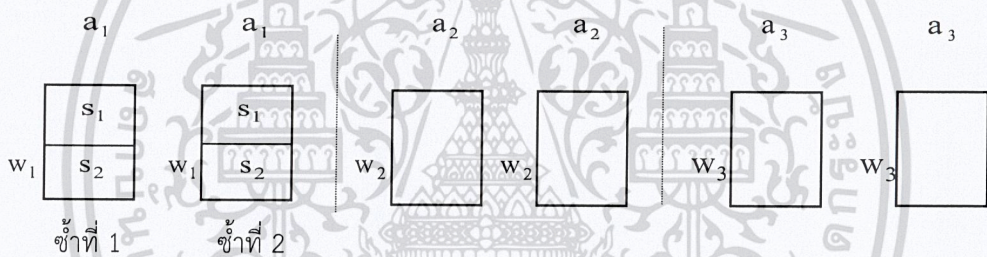
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ผังการทดลอง

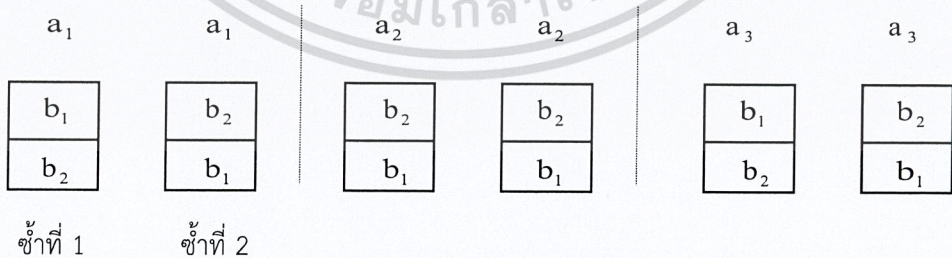
ถ้าปัจจัย A มี 3 ระดับ คือ a_1 , a_2 และ a_3 กระทบกับแปลงทดลองหลัก และมี 2 ซ้ำ ส่วนปัจจัย B มี 2 ระดับ คือ b_1 และ b_2 กระทบกับแปลงทดลองรองที่อยู่ภายในแต่ละแปลงทดลองหลัก ผังการทดลองเป็นดังนี้ (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558)

ก. วางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์กับแปลงทดลองหลัก

ให้ A เป็นปัจจัยสำหรับแปลงทดลองหลัก มี 3 ระดับ คือ a_1 , a_2 และ a_3 และมี 2 ซ้ำ จึงต้องใช้แปลงทดลองหลัก $3 \times 2 = 6$ แปลงทดลองหลัก โดยแบ่ง 6 แปลงทดลองหลัก ออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 2 แปลง คือ w_1, w_2 และ w_3 แล้วสุ่มระดับของปัจจัย A ให้แก่แปลงทดลองหลัก ในแต่ละกลุ่ม



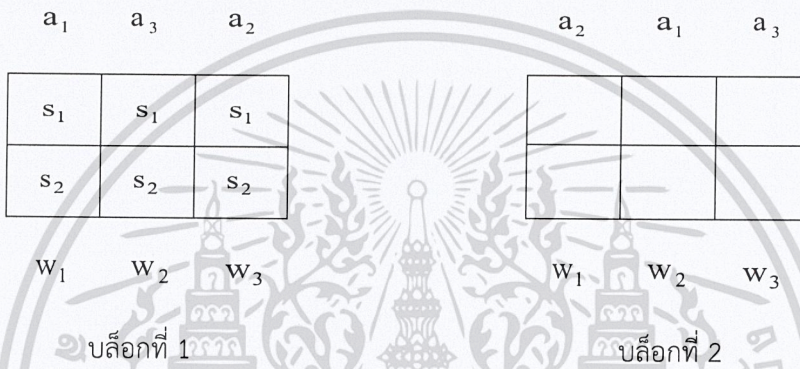
ขั้นตอนต่อไป ให้ B เป็นปัจจัยสำหรับแปลงทดลองรอง มี 2 ระดับ คือ b_1 และ b_2 จึงต้องแบ่งแต่ละแปลงทดลองหลักออกเป็น 2 แปลงทดลองรอง คือ s_1 และ s_2 แล้วสุ่มระดับของปัจจัย B ให้แก่แปลงทดลองรองที่อยู่ภายในแต่ละแปลงทดลองหลัก



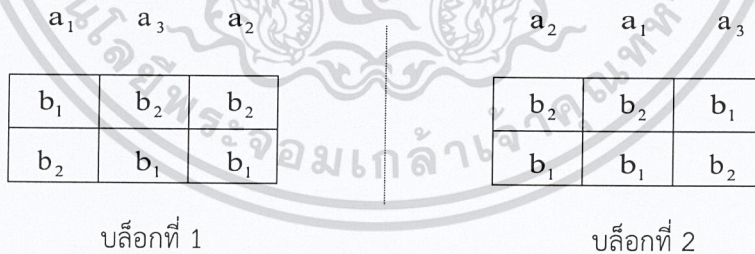
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. วางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์กับแปลงทดลองหลัก

ถ้าในการทดลองมีความแตกต่างระหว่างบล็อกสูง จะต้องจัดเข้าเป็นรูปบล็อก โดยแบ่งแปลงทดลองหลัก 6 แปลงทดลองหลัก ออกเป็น 2 บล็อกๆ ละ 3 แปลงทดลองหลัก คือ w_1, w_2 และ w_3 แล้วสุ่มระดับปัจจัย A คือ a_1, a_2 และ a_3 ให้แก่แปลงทดลองหลักในแต่ละบล็อก โดยให้แต่ละบล็อกมีระดับของปัจจัย A ครบทุกระดับ



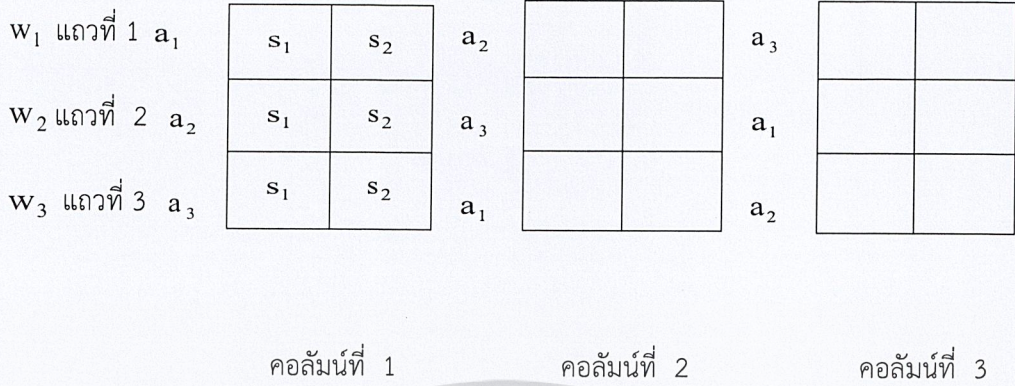
ขั้นตอนต่อไป ให้ B เป็นปัจจัยสำหรับแปลงทดลองรอง มี 2 ระดับ คือ b_1 และ b_2 จึงต้องแบ่งแต่ละแปลงทดลองหลักออกเป็น 2 แปลงทดลองรอง คือ s_1 และ s_2 แล้วสุ่มระดับของปัจจัย B ให้แก่แปลงทดลองรองที่อยู่ภายในแต่ละแปลงทดลองหลัก



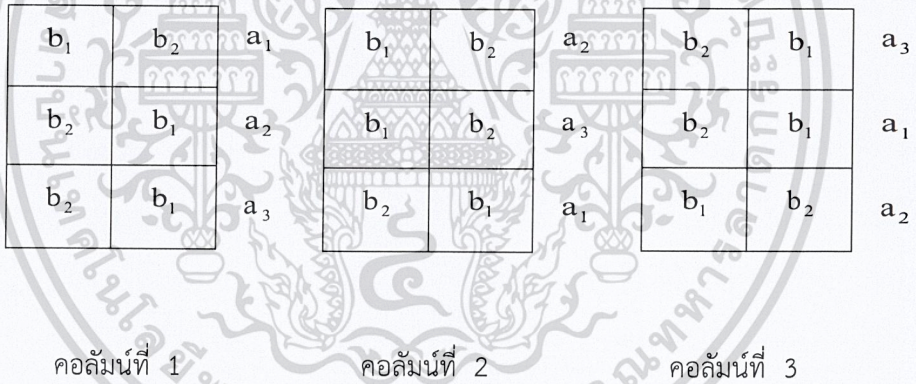
ค. วางแผนแบบจัดสุ่มลาตินกับแปลงทดลองหลัก

จำนวนแถวจะต้องเท่ากับจำนวนคอลัมน์ ในที่นี้ปัจจัย A มี 3 ระดับ คือ a_1, a_2 และ a_3 จึงต้องใช้แปลงทดลองหลัก $3 \times 3 = 9$ แปลงทดลองหลัก โดยแบ่ง 9 แปลงทดลองหลัก ออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 3 แปลงทดลองหลัก คือ w_1, w_2 และ w_3 หลังจากนั้นจึงทำการสุ่มระดับของปัจจัย A ให้แก่แปลงทดลองหลัก โดยที่แต่ละแถวและคอลัมน์จะต้องมีปัจจัย A ครบทุกระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ขั้นตอนต่อไป ให้ B เป็นปัจจัยสำหรับแปลงทดลองรอง มี 2 ระดับ คือ b_1 และ b_2 จึงต้องแบ่งแต่ละแปลงทดลองหลักออกเป็น 2 แปลงทดลองรอง คือ s_1 และ s_2 แล้วสุ่มระดับของปัจจัย B ให้แก่แปลงทดลองรองที่อยู่ภายในแต่ละแปลงทดลองหลัก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 รูปแบบข้อมูล (Layout)

ตารางที่ 2.1 คำสังเกตของการวางแผนแบบสปลิท-พลอตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์

(สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

ปัจจัย A	ปัจจัย B	บล็อก					รวม
		1	2	.	.	n	
1	1	y_{111}	y_{112}	.	.	y_{11n}	$y_{11\bullet}$
	2	y_{121}	y_{122}	.	.	y_{12n}	$y_{12\bullet}$

	b	y_{1b1}	y_{1b2}	.	.	y_{1bn}	$y_{1b\bullet}$
2	1	y_{211}	y_{212}	.	.	y_{21n}	$y_{21\bullet}$
	2	y_{221}	y_{222}	.	.	y_{22n}	$y_{22\bullet}$

	b	y_{2b1}	y_{2b2}	.	.	y_{2bn}	$y_{2b\bullet}$
.
.
.
a	1	y_{a11}	y_{a12}	.	.	y_{a1n}	$y_{a1\bullet}$
	2	y_{a21}	y_{a22}	.	.	y_{a2n}	$y_{a2\bullet}$

	b	y_{ab1}	y_{ab2}	.	.	y_{abn}	$y_{ab\bullet}$
รวม							$y_{\bullet\bullet\bullet}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.7 ตัวแบบ (Model)

ตัวแบบของการวางแผนแบบสปลิต-พล็อตโดยที่ปัจจัย A มี a ระดับ กระทำกับแปลงทดลองหลักเป็นจำนวน n ซ้ำ และปัจจัย B มี b ระดับ กระทำกับแปลงทดลองรองที่อยู่ภายในแต่ละแปลงทดลองหลัก (สายชล สินสมบุญรทอง, 2558)

1. ใช้การวางแผนแบบสุ่มสมบูรณ์กับแปลงทดลองหลัก

$$y_{ijk} = \underbrace{\mu + \alpha_i + \delta_{ij}}_{\text{แปลงทดลองหลัก}} + \underbrace{\beta_k + (\alpha\beta)_{ik}}_{\text{แปลงทดลองรอง}} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\begin{aligned} & i = 1, \dots, a \\ & ; \\ & j = 1, \dots, n \\ & k = 1, \dots, b \end{aligned}$$

- เมื่อ
- μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมดหรือค่าเฉลี่ยรวม
 - α_i คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก (Main plot treatment effect) ระดับที่ i (ปัจจัย A)
 - δ_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของแปลงทดลองหลัก (Main plot error)
 - β_k คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง (Subplot treatment effect) ระดับที่ k (ปัจจัย B)
 - $(\alpha\beta)_{ik}$ คือ อิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A ระดับที่ i และปัจจัย B ระดับที่ k
 - ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของแปลงทดลองรอง (Subplot error)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ใช้การวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์กับแปลงทดลองหลัก

$$y_{ijk} = \underbrace{\mu + \rho_i + \alpha_j + \delta_{ij}}_{\text{แปลงทดลองหลัก}} + \underbrace{\beta_k + (\alpha\beta)_{jk}}_{\text{แปลงทดลองรอง}} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\begin{aligned} & i = 1, \dots, n \\ & ; \\ & j = 1, \dots, a \\ & k = 1, \dots, b \end{aligned}$$

เมื่อ ρ_i คือ อิทธิพลของบล็อกที่ i

3. ใช้การวางแผนแบบจัตุรัสลาตินกับแปลงทดลองหลัก

$$y_{ijkl} = \underbrace{\mu + R_i + C_j + \alpha_k + \delta_{ijk}}_{\text{แปลงทดลองหลัก}} + \underbrace{\beta_l + (\alpha\beta)_{kl}}_{\text{แปลงทดลองรอง}} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$\begin{aligned} & i = 1, \dots, a \\ & ; \\ & j = 1, \dots, a \\ & k = 1, \dots, a \\ & l = 1, \dots, b \end{aligned}$$

เมื่อ R_i คือ อิทธิพลของแถวที่ i

C_j คือ อิทธิพลของคอลัมน์ที่ j

δ_{ij} ในข้อ 1 และ 2 และ δ_{ijk} ในข้อ 3 เป็นความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลัก โดยที่

$$\delta_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_s^2)$$

$$\delta_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_s^2)$$

ε_{ijk} ในข้อ 1 และ 2 และ ε_{ijkl} ในข้อ 3 เป็นความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองรอง โดยที่

$$\varepsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$$

$$\varepsilon_{ijkl} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8 การหาผลบวกกำลังสอง (Sum of square)

ถ้าการวางแผนเป็นแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ สามารถคำนวณค่าผลบวกกำลังสองได้ดังนี้ (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558)

ให้	y_{ijk}	แทน	ค่าสังเกตของข้อมูลในบล็อกที่ i เมื่อได้รับอิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ j และของปัจจัย B ระดับที่ k
	$y_{i..}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในบล็อกที่ i
	$y_{.j.}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ j
	$y_{..k}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย B ระดับที่ k
	$y_{ij.}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในบล็อกที่ i ที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ j
	$y_{i.k}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดในบล็อกที่ i ที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย B ระดับที่ k
	$y_{.jk}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมดที่ได้รับอิทธิพลของปัจจัย A ระดับที่ j และของปัจจัย B ระดับที่ k
	$y_{...}$	แทน	ผลรวมของค่าสังเกตทั้งหมด

ดังนั้น

$$C.F. = \frac{y_{...}^2}{abn}$$

$$SST = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - C.F.$$

$$SS_{Block} = \sum_{i=1}^n \frac{y_{i..}^2}{ab} - C.F.$$

$$SSA = \sum_{j=1}^a \frac{y_{.j.}^2}{bn} - C.F.$$

$$SSE_a = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \frac{y_{ij.}^2}{b} - C.F. - SS_{Block} - SSA$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SSB = \sum_{k=1}^b \frac{y_{..k}^2}{an} - C.F.$$

$$SSAB = \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{y_{.jk}^2}{n} - C.F. - SSA - SSB$$

และ $SSE_b = SST - SSBlock - SSA - SSE_a - SSB - SSAB$

ตารางที่ 2.2 การแยกส่วนของแหล่งความแปรผันและองศาความเป็นอิสระสำหรับการวางแผนแบบ สปลิท-พล็อตในการวางแผนแบบต่าง ๆ

CRD n replications		RCBD n replications = blocks		LSD n = a replications	
SOV	df	SOV	df	SOV	df
A	a - 1	Blocks	n - 1	Rows	n - 1 = a - 1
Error _a	a(n - 1)	A	a - 1	Columns	c - 1 = a - 1
Main plot total	an - 1	Error _a	(a - 1)(n - 1)	A	a - 1
B	b - 1	Main plot total	an - 1	Error _a	(a - 1)(a - 2)
AB	(a - 1)(b - 1)	B	b - 1	Main plot total	a ² - 1 = an - 1
Error _b	a(b - 1)(n - 1)	AB	(a - 1)(b - 1)	B	b - 1
Subplot total	an(b - 1)	Error _b	a(b - 1)(n - 1)	AB	(a - 1)(b - 1)
Total	abn - 1	Subplot total	an(b - 1)	Error _b	a(a - 1)(b - 1)
		Total	abn - 1	Subplot total	a ² (b - 1) = an(b - 1)
				Total	a ² b - 1 = abn - 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 ค่าคาดหวังกำลังสองเฉลี่ย (Expected Mean Square)

ค่าคาดหวังกำลังสองเฉลี่ยสำหรับการวางแผนแบบสปลิต-พลอท เมื่อวางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558)

Source of variation	df	E(MS)	
		Model I Fixed Model	Model II Random Model
Block	$n-1$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + ab\sigma_p^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + ab\sigma_p^2$
A	$a-1$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + \frac{bn \sum_{j=1}^a \alpha_j^2}{a-1}$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + n\sigma_{\alpha\beta}^2 + bn\sigma_\alpha^2$
Error _a	$(a-1)(n-1)$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2$
B	$b-1$	$\sigma^2 + \frac{an \sum_{k=1}^b \beta_k^2}{b-1}$	$\sigma^2 + n\sigma_{\alpha\beta}^2 + an\sigma_\beta^2$
AB	$(a-1)(b-1)$	$\sigma^2 + \frac{n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b (\alpha\beta)_{jk}^2}{(a-1)(b-1)}$	$\sigma^2 + n\sigma_{\alpha\beta}^2$
Error _b	$a(b-1)(n-1)$	σ^2	σ^2
Total	$abn-1$		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source of variation	df	E(MS)	
		Model III Mixed Model	
		A Random, B Fixed	A Fixed, B Random
Block	$n - 1$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + ab\sigma_p^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + ab\sigma_p^2$
A	$a - 1$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + bn\sigma_\alpha^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2 + \frac{an\sigma_{\alpha\beta}^2}{a-1} + \frac{bn\sum_{j=1}^a \alpha_j^2}{a-1}$
Error _a	$(a-1)(n-1)$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2$	$\sigma^2 + b\sigma_\delta^2$
B	$b - 1$	$\sigma^2 + \frac{bn\sigma_{\alpha\beta}^2}{b-1} + \frac{an\sum_{k=1}^b \beta_k^2}{b-1}$	$\sigma^2 + n\sigma_{\alpha\beta}^2 + an\sigma_\beta^2$
AB	$(a-1)(b-1)$	$\sigma^2 + \frac{bn\sigma_{\alpha\beta}^2}{b-1}$	$\sigma^2 + \frac{an\sigma_{\alpha\beta}^2}{a-1}$
Error _b	$a(b-1)(n-1)$	σ^2	σ^2
Total	$abn - 1$		

2.1.10 สัมประสิทธิ์ความแปรผัน (Coefficient of variation)

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองหลัก (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

$$C.V.(a) = \frac{\sqrt{MSE_a}}{\bar{y}_{...}} \times 100\%$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองรอง

$$C.V.(b) = \frac{\sqrt{MSE_b}}{\bar{y}_{...}} \times 100\%$$

ค่า C.V.(a) บ่งบอกถึงความเที่ยงตรงของปัจจัยสำหรับแปลงทดลองหลัก ค่า C.V.(b) บ่งบอกถึงความเที่ยงตรงของปัจจัยสำหรับแปลงทดลองรองและปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสำหรับแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองหลักและแปลงทดลองรอง โดยทั่วไป C.V.(b) มีค่าน้อยกว่า C.V.(a) เนื่องจากในขั้นต้นปัจจัยที่จัดลงในแปลงทดลองหลักคาดว่าจะมีความเที่ยงตรงน้อยกว่าในแปลงทดลองรอง

2.1.11 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard error)

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า (S_d) สำหรับการวางแผนแบบ สปลิท-พล็อตมีค่าแตกต่างกันตามค่าเฉลี่ยที่ทำการเปรียบเทียบดังนี้ (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง, 2558)

ความแตกต่างระหว่าง	ตัวอย่าง	องศาความเป็นอิสระ	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยของ A 2 ค่า	$a_1 - a_2$	df ของ Error _a	$\sqrt{\frac{2MSE_a}{bn}}$
ค่าเฉลี่ยของ B 2 ค่า	$b_1 - b_2$	df ของ Error _b	$\sqrt{\frac{2MSE_b}{an}}$
ค่าเฉลี่ยของ B 2 ค่า ที่ A ระดับเดียวกัน	$a_1b_1 - a_1b_2$	df ของ Error _b	$\sqrt{\frac{2MSE_b}{n}}$
ค่าเฉลี่ยของ A 2 ค่าที่ B ระดับเดียวกัน	$a_1b_1 - a_2b_1$	ใช้ approximate t	$\sqrt{\frac{2[MSE_a + (b-1)MSE_b]}{bn}}$
หรือที่ B ต่างระดับกัน	$a_1b_1 - a_2b_2$	ใช้ approximate t	$\sqrt{\frac{2[MSE_a + (b-1)MSE_b]}{bn}}$

ถ้าต้องการหาค่า t สามารถเปิดจากตารางโดยใช้ค่า df ของ Error_a หรือ df ของ Error_b ที่กำหนด ยกเว้นในกรณีสุดท้ายที่ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานต้องใช้ทั้ง MSE_a และ MSE_b จึงต้องประมาณค่า t ใหม่ โดยการ approximate t หรือ t' ดังนี้

$$t' = \frac{MSE_a t_a + (b-1)MSE_b t_b}{MSE_a + (b-1)MSE_b}$$

เมื่อ t_a คือ ค่าที่เปิดจากตาราง t แบบสองหาง โดยใช้ df ของ Error_a

t_b คือ ค่าที่เปิดจากตาราง t แบบสองหาง โดยใช้ df ของ Error_b

ค่า t' จะมีค่าอยู่ระหว่าง t_a และ t_b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2.1 ในการทดลองทางการเกษตรโดยใช้อัลฟ่า 3 พันธุ์ โดยมีวันที่เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายใน 4 วัน ต่างๆ กัน การทดลองนี้มี 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ พันธุ์ของอัลฟ่ามี 3 พันธุ์ เป็นทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก (main plot treatment) และปัจจัยที่สองคือ วันที่เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายมี 4 วัน เป็นทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง (subplot treatment) วางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 6 บล็อก โดยในแต่ละบล็อกแบ่งออกเป็น 3 แปลงทดลองหลัก (main plot) และในแต่ละแปลงทดลองหลักแบ่งออกเป็น 4 แปลงทดลองรอง (subplot) การจัดแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรองให้แก่ ทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักและทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองเป็นไปอย่างสุ่ม ผังการทดลองเป็นดังนี้

Cossack	Ranger	Ladak	Ladak	Cossack	Ranger
A	C	D	B	A	C
B	D	B	D	D	A
C	A	A	A	C	D
D	B	C	C	B	B
บล็อกที่ 1			บล็อกที่ 2		
Ranger	Cossack	Ladak	Cossack	Ladak	Ranger
B	A	C	B	D	B
D	D	B	A	A	C
C	C	D	C	B	D
A	B	A	D	C	A
บล็อกที่ 3			บล็อกที่ 4		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ladak	Ranger	Cossack	Ranger	Ladak	Cossack
C	A	D	D	B	A
B	B	A	C	D	D
D	D	B	A	A	C
A	C	C	B	C	B
บล็อกที่ 5			บล็อกที่ 6		

ผลผลิต (ตันต่อเอเคอร์) ที่ได้จากอัลฟัลฟา 3 พันธุ์ ในปีต่อมาหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายในปีที่แล้ว 4 วัน ต่างๆ กัน เป็นดังตารางต่อไปนี้

พันธุ์	วันที่เก็บเกี่ยว	บล็อก					
		1	2	3	4	5	6
Ladak	A	2.17	1.88	1.62	2.34	1.58	1.66
	B	1.58	1.26	1.22	1.59	1.25	0.94
	C	2.29	1.60	1.67	1.91	1.39	1.12
	D	2.23	2.01	1.82	2.10	1.66	1.10
			8.27	6.75	6.33	7.94	5.88
Cossack	A	2.33	2.01	1.70	1.78	1.42	1.35
	B	1.38	1.30	1.85	1.09	1.13	1.06
	C	1.86	1.70	1.81	1.54	1.67	0.88
	D	2.27	1.81	2.01	1.40	1.31	1.06
			7.84	6.82	7.37	5.81	5.53
Ranger	A	1.75	1.95	2.13	1.78	1.31	1.30
	B	1.52	1.47	1.80	1.37	1.01	1.31
	C	1.55	1.61	1.82	1.56	1.23	1.13
	D	1.56	1.72	1.99	1.55	1.51	1.33
			6.38	6.75	7.74	6.26	5.06
รวม		22.49	20.32	21.44	20.01	16.47	14.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. จงทดสอบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวันที่เก็บเกี่ยวหรือไม่ ผลผลิตของอัลฟัลฟาที่เก็บเกี่ยวในพันธุ์ต่างๆ และในวันต่างๆ มีความแตกต่างกันหรือไม่

ข. จงหาสัมประสิทธิ์ความแปรผัน

ค. จงหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 พันธุ์ ระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 วันที่เก็บเกี่ยว ระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 วันที่เก็บเกี่ยวในพันธุ์เดียวกัน และระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 พันธุ์ในวันที่เก็บเกี่ยวเดียวกัน

วิธีทำ ก.

พันธุ์	วันที่เก็บเกี่ยว				รวม
	A	B	C	D	
Ladak	11.25	7.84	9.98	10.92	39.99
Cossack	10.59	7.81	9.46	9.86	37.72
Ranger	10.22	8.48	8.90	9.66	37.26
รวม	32.06	24.13	28.34	30.44	114.97

สมมติว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

คำนวณค่า C. F.

$$\begin{aligned}
 \text{C.F.} &= \frac{y_{\dots}^2}{abn} \\
 &= \frac{(114.97)^2}{(3)(4)(6)} \\
 &= 183.58
 \end{aligned}$$

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$\begin{aligned}
 \text{SST} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - \text{C.F.} \\
 &= (2.17)^2 + (1.88)^2 + \dots + (1.33)^2 - 183.58 \\
 &= 9.13
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{SSBlock} &= \sum_{i=1}^n \frac{y_{i\bullet}^2}{ab} - \text{C.F.} \\
 &= \frac{(22.49)^2 + (20.32)^2 + \dots + (14.24)^2}{(3)(4)} - 183.58 \\
 &= 4.15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SS}(A = \text{Variety}) &= \sum_{j=1}^a \frac{y_{\bullet j}^2}{bn} - \text{C.F.} \\
 &= \frac{(39.99)^2 + (37.72)^2 + (37.26)^2}{(4)(6)} - 183.58 \\
 &= 0.18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SSE}_a &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \frac{y_{ij}^2}{b} - \text{C.F.} - \text{SSBlock} - \text{SSA} \\
 &= \frac{(8.27)^2 + (6.75)^2 + \dots + (5.07)^2}{4} - 183.58 - 4.15 - 0.18 \\
 &= 1.36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SS}(B = \text{Date}) &= \sum_{k=1}^b \frac{y_{\bullet k}^2}{an} - \text{C.F.} \\
 &= \frac{(32.06)^2 + (24.13)^2 + \dots + (30.44)^2}{(3)(6)} - 183.58 \\
 &= 1.97
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SSAB} &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{y_{jk}^2}{n} - \text{C.F.} - \text{SSA} - \text{SSB} \\
 &= \frac{(11.25)^2 + (7.84)^2 + \dots + (9.66)^2}{6} - 183.58 - 0.18 - 1.97 \\
 &= 0.21
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 SSE_b &= SST - SS_{Block} - SSA - SSE_a - SSB - SSAB \\
 &= 9.13 - 4.15 - 0.18 - 1.36 - 1.97 - 0.21 \\
 &= 1.26
 \end{aligned}$$

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$MS_{Block} = \frac{SS_{Block}}{n-1}$$

$$= \frac{4.15}{5}$$

$$= 0.83$$

$$MSA = \frac{SSA}{a-1}$$

$$= \frac{0.18}{2}$$

$$= 0.09$$

$$MSE_a = \frac{SSE_a}{(a-1)(n-1)}$$

$$= \frac{1.36}{(2)(5)}$$

$$= 0.14$$

$$MSB = \frac{SSB}{b-1}$$

$$= \frac{1.97}{3}$$

$$= 0.66$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{MSAB} &= \frac{\text{SSAB}}{(a-1)(b-1)} \\ &= \frac{0.21}{(2)(3)} \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSE}_b &= \frac{\text{SSE}_b}{a(b-1)(n-1)} \\ &= \frac{1.26}{3(3)(5)} \\ &= 0.03 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของบล็อก

$$H_0 : \rho_i = 0$$

$$H_1 : \rho_i \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{MSBlock}}{\text{MSE}_a} \\ &= \frac{0.83}{0.14} \\ &= 5.93 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และวันที่เก็บเกี่ยว

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSAB}{MSE_b} \\
 &= \frac{0.04}{0.03} \\
 &= 1.33
 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก)

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSA}{MSE_a} \\
 &= \frac{0.09}{0.14} \\
 &= 0.64
 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของวันที่เก็บเกี่ยว (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง)

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSB}{MSE_b} \\
 &= \frac{0.66}{0.03} \\
 &= 22.00
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังนี้

Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Blocks	5	4.15	0.83	5.93**
Variety (A)	2	0.18	0.09	0.64
Error _a	10	1.36	0.14	
Subplot :				
Dates of cutting (B)	3	1.97	0.66	22.00**
Date x Variety (AB)	6	0.21	0.04	1.33
Error _b	45	1.26	0.03	
Total	71	9.13		

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$$F_{0.05;5,10} = 3.33$$

$$F_{0.01;5,10} = 5.64$$

$$F_{0.05;2,10} = 4.10$$

$$F_{0.05;3,45} = 2.83$$

$$F_{0.01;3,45} = 4.30$$

$$F_{0.05;6,45} = 2.33$$

โดยทั่วไป MSE_b จะมีค่าน้อยกว่า MSE_a เนื่องจากค่าสังเกตของแปลงทดลองรองที่มาจากแปลงทดลองหลักเดียวกันจะมีความสม่ำเสมอมากกว่าแปลงทดลองรองที่มาจากต่างแปลงทดลองหลักกัน และจำนวนซ้ำที่ทรีทเมนต์ในแปลงทดลองรองปรากฏในการทดลองจะมากกว่าจำนวนซ้ำที่ทรีทเมนต์ในแปลงทดลองหลักปรากฏในการทดลอง จึงทำให้ค่า df ของ Error_b มากกว่าค่า df ของ Error_a ดังนั้นในการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่กระทำกับแปลงทดลองรองจะมีความแม่นยำสูงกว่าในการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่กระทำกับแปลงทดลองหลัก

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน จะพบว่าอิทธิพลของบล็อกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แสดงว่าการจัดเป็นบล็อกของการวางแผนแบบสปลิต-พลอตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ถูกต้อง สามารถลดความแปรผันของหน่วยทดลองได้ 1 ทิศทาง ก่อนที่จะสุ่มทรีทเมนต์ให้แก่แปลงทดลอง และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย คือ ปฏิสัมพันธ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัย AB จะพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ของพันธุ์ (A) และวันที่เก็บเกี่ยว (B) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย เป็นอิสระกันหรือไม่ขึ้นอยู่กับกัน จึงทำการทดสอบอิทธิพลของพันธุ์และวันที่เก็บเกี่ยว ซึ่งจะพบว่าอัลฟัลฟาพันธุ์ต่างๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนอัลฟัลฟาที่เก็บเกี่ยวในวันต่างๆ กันให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวันที่เก็บเกี่ยว โดยเฉลี่ยในอัลฟัลฟาทุกพันธุ์ต่อไป ดังนี้

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของวันที่เก็บเกี่ยว 2 วัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2MSE_b}{an}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(0.03)}{(3)(6)}} \\
 &= 0.06 \\
 LSD_{\alpha} &= t_{\frac{\alpha}{2}; df \text{ of error } b} \sqrt{\frac{2MSE_b}{an}} \\
 LSD_{0.05} &= t_{0.025; 45} \times 0.06 \\
 &= 2.016 \times 0.06 \\
 &= 0.12
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์	วันที่เก็บเกี่ยว			
	A	B	C	D
Ladak	1.875	1.307	1.663	1.820
Cossack	1.715	1.302	1.577	1.643
Ranger	1.703	1.413	1.483	1.610
ค่าเฉลี่ย	1.764	1.341	1.574	1.691

จากการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของวันที่เก็บเกี่ยวโดยเฉลี่ยในอัลฟ่าทุกพันธุ์ จะพบว่า อัลฟ่าในวันที่เก็บเกี่ยว A กับ D และ C กับ D ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข. สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองหลัก

$$\begin{aligned}
 C.V.(a) &= \frac{\sqrt{MSE_a}}{\frac{y_{...}}{abn}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0.14}}{\frac{114.97}{(3)(4)(6)}} \times 100\% \\
 &= 23.43\%
 \end{aligned}$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองรอง

$$\begin{aligned}
 C.V.(b) &= \frac{\sqrt{MSE_b}}{\frac{y_{...}}{abn}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0.03}}{\frac{114.97}{(3)(4)(6)}} \times 100\% \\
 &= 10.85\%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 พันธุ์

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2MSE_a}{bn}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(0.14)}{(4)(6)}} \\
 &= 0.11 \quad \text{ต้นต่อเอเคอร์} \quad ; \quad df = 10
 \end{aligned}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 วันที่เก็บเกี่ยว

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2MSE_b}{an}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(0.03)}{(3)(6)}} \\
 &= 0.06 \quad \text{ต้นต่อเอเคอร์} \quad ; \quad df = 45
 \end{aligned}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 วันที่เก็บเกี่ยวในพันธุ์เดียวกัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2MSE_b}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(0.03)}{6}} \\
 &= 0.10 \quad \text{ต้นต่อเอเคอร์} \quad ; \quad df = 45
 \end{aligned}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ 2 พันธุ์ ในวันที่เก็บเกี่ยวเดียวกัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2[(b-1)MSE_b + MSE_a]}{bn}} \\
 &= \sqrt{\frac{2[(4-1)0.03 + 0.14]}{(4)(6)}} \\
 &= 0.14 \quad \text{ต้นต่อเอเคอร์} \quad ; \quad \text{ไม่มี } df \text{ ที่แท้จริง}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.12 ข้อมูลสูญหาย (Missing Value)

2.1.12.1 เมื่อมีข้อมูลสูญหายเพียง 1 ค่า (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

คำนวณหาค่าข้อมูลสูญหายโดยใช้สูตร

$$y = \frac{nM_0 + bT_0 - P_0}{(b-1)(n-1)}$$

- เมื่อ
- M_0 คือ ผลรวมของแปลงทดลองหลักในบล็อกหรือซ้ำที่มีข้อมูลสูญหาย
 - T_0 คือ ผลรวมของการจัดกลุ่มทรีทเมนต์ (treatment combination) ที่มีข้อมูลสูญหาย
 - P_0 คือ ผลรวมของทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักที่มีข้อมูลสูญหาย
 - n คือ จำนวนบล็อกหรือจำนวนซ้ำ
 - b คือ จำนวนระดับของปัจจัยแปลงทดลองรอง

ตัวอย่างที่ 2.2 จากตัวอย่างที่ 2.1 ถ้าค่าข้อมูลของพันธุ์ Ladak ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว A ในบล็อกที่ 1 สูญหายไป จงประมาณค่าข้อมูลที่สูญหาย

วิธีทำ

$$M_0 = 1.58 + 2.29 + 2.23 = 6.10$$

$$T_0 = 1.88 + 1.62 + 2.34 + 1.58 + 1.66 = 9.08$$

$$P_0 = 1.88 + 1.62 + \dots + 1.10 = 37.82$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } y &= \frac{nM_0 + bT_0 - P_0}{(b-1)(n-1)} \\
 &= \frac{6(6.10) + 4(9.08) - 37.82}{(6-1)(4-1)} \\
 &= 2.34 \quad \text{ต้นต่อเอเคอร์}
 \end{aligned}$$

สูตรสำหรับประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า ในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานสำหรับการวางแผนแบบสปีท-พลอทในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย

ความแตกต่างระหว่าง	ตัวอย่าง	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
ค่าเฉลี่ยของ A 2 ค่า	$a_i - a_j$	$\sqrt{\frac{2 \left[\text{MSE}_a + \frac{\text{MSE}_b}{2(b-1)(n-1)} \right]}{bn}}$
ค่าเฉลี่ยของ B 2 ค่า	$b_i - b_j$	$\sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{b}{2a(b-1)(n-1)} \right]}{an}}$
ค่าเฉลี่ยของ B 2 ค่า ที่ A ระดับเดียวกัน	$a_i b_j - a_i b_k$	$\sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{b}{2a(b-1)(n-1)} \right]}{n}}$
ค่าเฉลี่ยของ A 2 ค่า 1. ที่ B ระดับเดียวกัน 2. ที่ B ต่างระดับกัน	$a_i b_j - a_k b_j$ $a_i b_j - a_k b_i$	$\sqrt{\frac{2\text{MSE}_a + 2\text{MSE}_b \left[b-1 + \frac{b^2}{2(b-1)(n-1)} \right]}{bn}}$

ตัวอย่างที่ 2.3 ข้อมูลการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา คือ 0, 60, 90, 120, 150 และ 180 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ในข้าวพันธุ์ต่างๆ 4 พันธุ์ คือ V_1 (IR8), V_2 (IR5), V_3 (C4-63) และ V_4 (Peta) และมีทั้งหมด 3 ซ้ำ ได้ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์) เป็นดังตาราง

ผังการทดลองแบบสปีทพลอทที่มีปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา (N_0, N_1, N_2, N_3, N_4 และ N_5) เป็นทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก มีข้าว 4 พันธุ์ (V_1, V_2, V_3 , และ V_4) เป็นทริทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง และมี 3 ซ้ำ เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_4	N_3	N_1	N_0	N_5	N_2
V_2	V_1	V_1	V_2	V_4	V_3
V_1	V_4	V_2	V_3	V_3	V_2
V_3	V_2	V_4	V_1	V_2	V_1
V_4	V_3	V_3	V_4	V_1	V_4

ซ้ำที่ 1

N_1	N_0	N_5	N_2	N_4	N_3
V_1	V_4	V_3	V_1	V_1	V_3
V_3	V_1	V_4	V_2	V_4	V_2
V_2	V_2	V_1	V_4	V_2	V_4
V_4	V_3	V_2	V_3	V_3	V_1

ซ้ำที่ 2

N_0	N_1	N_4	N_5	N_3	N_2
V_4	V_3	V_3	V_1	V_2	V_1
V_2	V_4	V_2	V_3	V_3	V_4
V_1	V_1	V_4	V_2	V_4	V_2
V_3	V_2	V_1	V_4	V_1	V_3

ซ้ำที่ 3

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ		
		1	2	3
0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_0	V_1	4,430	4,478	3,850
	V_2	3,944	5,314	3,660
	V_3	3,464	2,944	3,142
	V_4	4,126	4,482	4,836
60 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_1	V_1	5,418	5,166	6,432
	V_2	6,502	5,858	5,586
	V_3	4,768	6,004	5,556
	V_4	5,192	4,604	4,652
90 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_2	V_1	6,076	6,420	6,704
	V_2	6,008	6,127	6,642
	V_3	6,244	5,724	6,014
	V_4	4,546	5,744	4,146

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ		
		1	2	3
120 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_3	V_1	6,462	7,056	6,680
	V_2	7,139	6,982	6,564
	V_3	5,792	5,880	6,370
	V_4	2,774	5,036	3,638
150 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_4	V_1	7,290	7,848	7,552
	V_2	7,682	6,594	6,576
	V_3	7,080	6,662	6,320
	V_4	1,414	1,960	2,766
180 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_5	V_1	8,452	8,832	8,818
	V_2	6,228	7,387	6,006
	V_3	5,594	7,122	5,480
	V_4	2,248	1,380	2,014

- ก. จากข้อมูลที่ได้นี้ จงวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบด้วยว่าซ้ำทั้ง 4 พันธุ์ ให้ผลผลิตแตกต่างกันหรือไม่ ในปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละอัตรา
- ข. จงหาสัมประสิทธิ์ความแปรผัน
- ค. ถ้าข้อมูล N_2V_1 ในซ้ำที่ 2 สูญหายไป ในที่นี้คือ 6,420 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ จงหาข้อมูลที่สูญหายและวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย
- ง. จงหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในกรณีที่มีข้อมูลสูญหายไปให้ครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ ก.

ปุ๋ยไนโตรเจน	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
N ₀	15,964	17,218	15,488	48,670
N ₁	21,880	21,632	22,226	65,738
N ₂	22,874	24,015	23,506	70,395
N ₃	22,167	24,954	23,252	70,373
N ₄	23,466	23,064	23,214	69,744
N ₅	22,522	24,721	22,318	69,561
รวม	128,873	135,604	130,004	394,481

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว				รวม
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	
N ₀	12,758	12,918	9,550	13,444	48,670
N ₁	17,016	17,946	16,328	14,448	65,738
N ₂	19,200	18,777	17,982	14,436	70,395
N ₃	20,198	20,685	18,042	11,448	70,373
N ₄	22,690	20,852	20,062	6,140	69,744
N ₅	26,102	19,621	18,196	5,642	69,561
รวม	117,964	110,799	100,160	65,558	394,481

สมมติว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

คำนวณค่า C.F.

$$\begin{aligned}
 \text{C.F.} &= \frac{y_{\dots}^2}{abn} \\
 &= \frac{(394,481)^2}{(6)(4)(3)} \\
 &= 2,161,323,047
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$\begin{aligned} SST &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - C.F. \\ &= (4,430)^2 + (3,944)^2 + \dots + (2,014)^2 - 2,161,323,047 \\ &= 204,747,916 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{Block} &= \sum_{i=1}^r \frac{y_{i..}^2}{ab} - C.F. \\ &= \frac{(128,873)^2 + (135,604)^2 + (130,004)^2}{(6)(4)} - 2,161,323,047 \\ &= 1,082,577 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS(A = \text{Nitrogen}) &= \sum_{j=1}^a \frac{X_{.j\cdot}^2}{bn} - C.F. \\ &= \frac{(48,670)^2 + (65,738)^2 + \dots + (69,561)^2}{(4)(3)} - 2,161,323,047 \\ &= 30,429,200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SSE_a &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \frac{y_{ij\cdot}^2}{b} - C.F. - SS_{Block} - SSA \\ &= \frac{(15,964)^2 + (21,880)^2 + \dots + (22,318)^2}{4} - 2,161,323,047 - 1,082,577 - 30,429,200 \\ &= 1,419,678 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS(B = \text{Variety}) &= \sum_{k=1}^b \frac{y_{\cdot\cdot k}^2}{an} - C.F. \\ &= \frac{(117,964)^2 + (110,799)^2 + (100,160)^2 + (65,558)^2}{(6)(3)} - 2,161,323,047 \\ &= 89,888,101 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 SSAB &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{y_{jk}^2}{n} - C.F. - SSA - SSB \\
 &= \frac{(12,758)^2 + (17,016)^2 + \dots + (5,642)^2}{3} - 2,161,323,047 - 30,429,200 - 89,888,101 \\
 &= 69,343,487
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSE_b &= SST - SSBlock - SSA - SSE_a - SSB - SSAB \\
 &= 204,747,916 - 1,082,577 - 30,429,200 - 1,419,678 - 89,888,101 - 69,343,487 \\
 &= 12,584,873
 \end{aligned}$$

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$\begin{aligned}
 MSBlock &= \frac{SSBlock}{n-1} \\
 &= \frac{1,082,577}{2} \\
 &= 541,289 \\
 MSA &= \frac{SSA}{a-1} \\
 &= \frac{30,429,200}{5} \\
 &= 6,085,840
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSE_a &= \frac{SSE_a}{(a-1)(n-1)} \\
 &= \frac{1,419,678}{(5)(2)} \\
 &= 141,968
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 MSB &= \frac{SSB}{b-1} \\
 &= \frac{89,888,101}{3} \\
 &= 29,962,700
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSAB &= \frac{SSAB}{(a-1)(b-1)} \\
 &= \frac{69,343,487}{(5)(3)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,622,899 \\
 MSE_b &= \frac{SSE_b}{a(b-1)(n-1)} \\
 &= \frac{12,584,873}{(6)(3)(2)} \\
 &= 349,580
 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของบล็อก

$$H_0 : \rho_i = 0$$

$$H_1 : \rho_i \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSBlock}{MSE_a} \\
 &= \frac{541,289}{141,968} \\
 &= 3.81
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ข้าว

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{MSAB}{MSE_b}$$

$$= \frac{4,622,899}{349,580}$$

$$= 13.22$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก)

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{MSA}{MSE_a}$$

$$= \frac{6,085,840}{141,968}$$

$$= 42.87$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าว (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง)

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSB}{MSE_b} \\
 &= \frac{29,962,700}{349,580} \\
 &= 85.71
 \end{aligned}$$

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังนี้

Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Block	2	1,082,577	541,289	3.81
Nitrogen (A)	5	30,429,200	6,085,840	42.87**
Error _a	10	1,419,678	141,968	
Subplot :				
Variety (B)	3	89,888,101	29,962,700	85.71**
Nitrogen x Variety (AB)	15	69,343,487	4,622,899	13.22**
Error _b	36	12,584,873	349,580	
Total	71	204,747,916		

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$$F_{0.05;2,10} = 4.10$$

$$F_{0.05;5,10} = 3.33$$

$$F_{0.05;3,36} = 2.86$$

$$F_{0.05;15,36} = 1.96$$

$$F_{0.01;5,10} = 5.64$$

$$F_{0.01;3,36} = 4.38$$

$$F_{0.01;15,36} = 2.58$$

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน จะพบว่าอิทธิพลของบล็อกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการจัดเป็นบล็อกของการวางแผนแบบสพลิต-พลอทชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ถูกต้อง ไม่สามารถลดความแปรผันของหน่วยทดลองได้ 1 ทิศทาง ก่อนที่จะสุ่มทรีทเมนต์ให้แก่หน่วยทดลอง จึงควรวางแผนแบบ สปลิต-พลอตทชนิดสุ่มสมบูรณ์แทนจะดีกว่า และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย คือ ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย AB จะพบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจน (A) และพันธุ์ข้าว (B) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ หรือปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ไม่เป็นอิสระกัน แสดงว่าอิทธิพลของพันธุ์ข้าวแปรผันตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้นจึงไม่สามารถเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปุ๋ยไนโตรเจนโดยเฉลี่ยในพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ หรือเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวโดยเฉลี่ยในปุ๋ยไนโตรเจนทุกอัตรา

สิ่งที่กระทำได้คือการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวในปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเดียวกัน และเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวพันธุ์เดียวกัน

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้าว 2 พันธุ์ ในปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเดียวกัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2MSE_b}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(349,580)}{3}} \\
 &= 482.8 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์} \quad ; \quad df = 36 \\
 LSD_{\alpha} &= t_{\frac{\alpha}{2}; df \text{ of error}} \sqrt{\frac{2MSE_b}{n}} \\
 LSD_{0.05} &= t_{0.025; 36} \times 482.8 \\
 &= 2.029 \times 482.8 \\
 &= 980
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว			
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
N ₀	4,253	4,306	3,183	4,481
N ₁	5,672	5,982	5,443	4,816
N ₂	6,400	6,259	5,994	4,812
N ₃	6,733	6,895	6,014	3,816
N ₄	7,563	6,951	6,687	2,047
N ₅	8,740	6,540	6,065	1,881

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของข้าวทั้ง 4 พันธุ์ ในปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละอัตรา จะพบว่าข้าวพันธุ์ V₁ กับ V₂, V₁ กับ V₄ และ V₂ กับ V₄ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปุ๋ยไนโตรเจน 0 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ข้าวพันธุ์ V₁, V₂ กับ V₃, V₁ กับ V₄ และ V₃ กับ V₄ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ข้าวพันธุ์ V₁, V₂ กับ V₃ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปุ๋ยไนโตรเจน 90, 120 และ 150 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ และข้าวพันธุ์ V₂ กับ V₃ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในปุ๋ยไนโตรเจน 180 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์

ข. สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองหลัก

$$\begin{aligned}
 C.V.(a) &= \frac{\sqrt{MSE_a}}{\frac{y_{...}}{abn}} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{141,968}}{\frac{394,481}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\
 &= 6.88 \%
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองรอง

$$\begin{aligned} C.V.(b) &= \frac{\sqrt{MSE_b}}{\frac{y_{\dots}}{abn}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{349,580}}{\frac{394,481}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\ &= 10.79\% \end{aligned}$$

โดยทั่วไปแล้ว C.V.(b) มีค่าน้อยกว่า C.V.(a) แต่ในตัวอย่างนี้ C.V.(b) มีค่ามากกว่า C.V.(a)

ค. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายได้ดังนี้

$$\begin{aligned} M_0 &= 6,127 + 5,724 + 5,744 \\ &= 17,595 \\ T_0 &= 6,076 + 6,704 \\ &= 12,780 \\ P_0 &= 6,076 + 6,704 + 6,008 + 6,127 + \dots + 4,146 \\ &= 63,975 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } y &= \frac{nM_0 + bT_0 - P_0}{(n-1)(b-1)} \\ &= \frac{3(17,595) + 4(12,780) - 63,975}{(2)(3)} \\ &= 6,655 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์} \end{aligned}$$

นำค่าที่ประมาณได้คือ $y = 6,655$ ไปแทนข้อมูลในตารางและหาผลรวมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยไนโตรเจน	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
N_0	15,964	17,218	15,488	48,670
N_1	21,880	21,632	22,226	65,738
N_2	22,874	24,250	23,506	70,630
N_3	22,167	24,954	23,252	70,373
N_4	23,466	23,064	23,214	69,744
N_5	22,522	24,721	22,318	69,561
รวม	128,873	135,839	130,004	394,716

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว				รวม
	V_1	V_2	V_3	V_4	
N_0	12,758	12,918	9,550	13,444	48,670
N_1	17,016	17,946	16,328	14,448	65,738
N_2	19,435	18,777	17,982	14,436	70,630
N_3	20,198	20,685	18,042	11,448	70,373
N_4	22,690	20,852	20,062	6,140	69,744
N_5	26,102	19,621	18,196	5,642	69,561
รวม	118,199	110,799	100,160	65,558	394,716

สมมติว่าข้อมูลเป็นไปตามข้อสมมติเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

คำนวณค่า C.F.

$$\begin{aligned}
 \text{C.F.} &= \frac{y_{\dots}^2}{abn} \\
 &= \frac{(394,716)^2}{(6)(4)(3)} \\
 &= 2,163,898,898
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$\begin{aligned} \text{SST} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - \text{C.F.} \\ &= (4,430)^2 + (3,944)^2 + \dots + (2,014)^2 - 2,163,898,898 \\ &= 205,244,690 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSBlock} &= \sum_{i=1}^n \frac{y_{i..}^2}{ab} - \text{C.F.} \\ &= \frac{(128,873)^2 + (135,839)^2 + (130,004)^2}{(6)(4)} - 2,163,898,898 \\ &= 1,164,605 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SS(A = Nitrogen)} &= \sum_{j=1}^a \frac{y_{.j.}^2}{bn} - \text{C.F.} \\ &= \frac{(48,670)^2 + (65,738)^2 + \dots + (69,561)^2}{(4)(3)} - 2,163,898,898 \\ &= 30,615,088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SSE}_a &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \frac{y_{ij.}^2}{b} - \text{C.F.} - \text{SSBlock} - \text{SSA} \\ &= \frac{(15,964)^2 + \dots + (22,318)^2}{4} - 2,163,898,898 - 1,164,605 - 30,615,088 \\ &= 1,411,480 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SS(B = Variety)} &= \sum_{k=1}^b \frac{y_{..k}^2}{an} - \text{C.F.} \\ &= \frac{(118,199)^2 + (110,799)^2 + \dots + (65,558)^2}{(6)(3)} - 2,163,898,898 \\ &= 90,395,489 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 SSAB &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{X_{jk}^2}{n} - C.F. - SSA - SSB \\
 &= \frac{(12,758)^2 + \dots + (5,642)^2}{3} - 2,163,898,898 - 30,615,088 - 90,395,489 \\
 &= 69,100,768
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSE_b &= SST - SSBlock - SSA - SSE_a - SSB - SSAB \\
 &= 205,244,690 - 1,164,605 - 30,615,088 - 1,411,480 - 90,395,489 - 69,100,768 \\
 &= 12,557,260
 \end{aligned}$$

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$\begin{aligned}
 MSBlock &= \frac{SSBlock}{n-1} \\
 &= \frac{1,164,605}{2} \\
 &= 582,303 \\
 MSA &= \frac{SSA}{a-1} \\
 &= \frac{30,615,088}{5} \\
 &= 6,123,018
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 MSE_a &= \frac{SSE_a}{(a-1)(n-1)} \\
 &= \frac{1,411,480}{(5)(2)} \\
 &= 141,148
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{MSB} &= \frac{\text{SSB}}{b-1} \\ &= \frac{90,395,489}{3} \\ &= 30,131,830 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSAB} &= \frac{\text{SSAB}}{(a-1)(b-1)} \\ &= \frac{69,100,768}{(5)(3)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 4,606,768 \\ \text{MSE}_b &= \frac{\text{SSE}_b}{a(b-1)(n-1)-1} \\ &= \frac{12,557,260}{(6)(3)(2)-1} \\ &= 358,779 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของบล็อก

$$H_0 : \rho_i = 0$$

$$H_1 : \rho_i \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} F &= \frac{\text{MSBlock}}{\text{MSE}_a} \\ &= \frac{582,303}{141,148} \\ &= 4.13 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ข้าว

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{MSAB}{MSE_b}$$

$$= \frac{4,606,718}{358,779}$$

$$= 12.84$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก)

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$F = \frac{MSA}{MSE_a}$$

$$= \frac{6,123,018}{141,148}$$

$$= 43.38$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าว (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง)

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{MSB}{MSE_b} \\
 &= \frac{30,131,830}{358,779} \\
 &= 83.98
 \end{aligned}$$

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังนี้

Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Block	2	1,164,605	582,303	4.13*
Nitrogen (A)	5	30,615,088	6,123,018	43.38**
Error _a	10	1,411,480	141,148	
Subplot :				
Variety (B)	3	90,395,489	30,131,830	83.98**
Nitrogen x Variety (AB)	15	69,100,768	4,606,718	12.84**
Error _b	36-1 = 35	12,557,260	358,779	
Total	71-1 = 70	205,244,690		

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
 ** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$$F_{0.05;2,10} = 4.10$$

$$F_{0.05;5,10} = 3.33 \quad F_{0.01;5,10} = 5.64$$

$$F_{0.05;3,35} = 2.87 \quad F_{0.01;3,35} = 4.40$$

$$F_{0.05;15,35} = 1.96 \quad F_{0.01;15,35} = 2.60$$

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเห็นได้ว่า อิทธิพลของบล็อกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ผลสรุปตรงข้ามกับในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้สูญหาย ส่วนการทดสอบอิทธิพลต่างๆ จะให้ผลสรุปในทำนองเดียวกับในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้สูญหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองหลัก

$$\begin{aligned} C.V.(a) &= \frac{\sqrt{MSE_a}}{\frac{y_{\dots}}{abn}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{141,148}}{\frac{394,716}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\ &= 6.52\% \end{aligned}$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองรอง

$$\begin{aligned} C.V.(b) &= \frac{\sqrt{MSE_b}}{\frac{y_{\dots}}{abn}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{358,779}}{\frac{394,716}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\ &= 10.93\% \end{aligned}$$

ง. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{2 \left[MSE_a + \frac{MSE_b}{2(b-1)(n-1)} \right]}{bn}} \\ &= \sqrt{\frac{2 \left[141,148 + \frac{358,779}{2(4-1)(3-1)} \right]}{(4)(3)}} \\ &= 168.84 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{b}{2a(b-1)(n-1)} \right]}{an}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(358,779) \left[1 + \frac{4}{2(6)(4-1)(3-1)} \right]}{(6)(3)}} \\
 &= 205.13 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์}
 \end{aligned}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ ที่ระดับของปุ๋ยไนโตรเจนเดียวกัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{b}{2a(b-1)(n-1)} \right]}{n}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(358,779) \left[1 + \frac{4}{2(6)(4-1)(3-1)} \right]}{3}} \\
 &= 502.47 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์}
 \end{aligned}$$

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา ในพันธุ์ข้าวเดียวกันหรือพันธุ์ข้าวแตกต่างกัน

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_a + 2\text{MSE}_b \left[b-1 + \frac{b^2}{2(b-1)(n-1)} \right]}{bn}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(141,148) + 2(358,779) \left[4-1 + \frac{(4)^2}{2(4-1)(3-1)} \right]}{(4)(3)}} \\
 &= 531.64 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.12.2 เมื่อมีข้อมูลสูญหายหลายค่า (สายชล สินสมบูรณ์ทอง, 2558)

ประมาณค่าข้อมูลสูญหาย โดยทำตามขั้นตอนดังนี้

1. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายไปทุกค่า ยกเว้นเอาไว้เพียง 1 ค่า โดยการใช้สูตร

$$y = \frac{t_i + b}{2}$$

เมื่อ t_i คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของการจัดกลุ่มทริทเมนต์ที่มีข้อมูลสูญหาย

b คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของบล็อกที่มีข้อมูลสูญหาย

2. ประมาณค่าข้อมูลสูญหายที่เว้นเอาไว้เพียง 1 ค่า โดยใช้สูตร

$$y = \frac{nB_0 + tT_0 - G_0}{(n-1)(t-1)}$$

3. ประมาณค่าที่ประมาณไว้ครั้งแรกในข้อ 1 โดยใช้สูตร 2.3 ทีละค่าจนครบ แล้วเริ่มประมาณค่าข้อมูลสูญหายไปทั้งหมดอีกรอบโดยใช้สูตร 2.3 ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนค่าที่ประมาณได้ทุกค่ามีค่าแตกต่างกันน้อยมาก และใช้ค่าสุดท้ายเป็นค่าประมาณของข้อมูลสูญหาย ซึ่งโดยปกติแล้วการประมาณค่าเพียง 3 รอบ ก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับรอบที่ 2 ถ้าค่าที่ได้ยังไม่ใกล้เคียงกับรอบที่ 2 ก็ให้ประมาณค่าเป็นรอบที่ 4 และ 5 ตามลำดับ ค่าที่ประมาณได้นี้ให้นำไปแทนข้อมูลสูญหาย แล้วทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามปกติ โดยจำนวนองศาความเป็นอิสระของ SST และ SSE จะต้องถูกหักออกเท่ากับจำนวนข้อมูลสูญหาย

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแปลงทดลองรอง 2 ค่า ในแต่ละแปลงทดลองหลักที่ค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวหรือทั้งสองค่ามีข้อมูลสูญหาย

$$= \sqrt{\frac{2MSE_b \left[1 + \frac{bk}{2a(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{n}}$$

เมื่อ b คือ จำนวนระดับของแปลงทดลองรอง

k คือ จำนวนข้อมูลสูญหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- a คือ จำนวนระดับของแปลงทดลองหลัก
- c คือ จำนวนบล็อกหรือซ้ำที่มีข้อมูลสุญหาย
- d คือ จำนวนข้อมูลสุญหายในการจัดกลุ่มทรีทเมนต์ที่มีข้อมูลสุญหายที่มีค่ามากที่สุด
- n คือ จำนวนบล็อกหรือซ้ำ

ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของแปลงทดลองหลัก 2 ค่า ในแต่ละแปลงทดลองรองเดียวกันหรือต่างกันที่มีค่าเฉลี่ยเพียงค่าเดียวหรือทั้งสองค่ามีข้อมูลสุญหาย

$$= \sqrt{2\text{MSE}_a + 2\text{MSE}_b \left[\frac{(b-1) + \frac{b^2k}{2(n-d)(b-k+c-1)}}{bn} \right]}$$

ตัวอย่างที่ 2.4 จากตัวอย่างที่ 2.3

- ก. ถ้ามีข้อมูลสุญหาย 2 ค่า คือ N_2V_1 ของซ้ำที่ 2 และ N_2V_4 ของซ้ำที่ 1 จงประมาณค่าข้อมูลสุญหาย พร้อมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวน
- ข. จงหาสัมประสิทธิ์ความแปรผัน
- ค. จงหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 และ N_2V_4
- ง. จงหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 กับ ค่าเฉลี่ยของ ทรีทเมนต์อื่นๆ ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนเดียวกัน ยกเว้นค่าเฉลี่ยของ N_2V_4
- จ. จงหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 กับ ค่าเฉลี่ยของ ทรีทเมนต์อื่นๆ ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ ก.

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ			รวม
		1	2	3	
0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_0	V_1	4,430	4,478	3,850	12,758
	V_2	3,944	5,314	3,660	12,918
	V_3	3,464	2,944	3,142	9,550
	V_4	4,126	4,482	4,836	13,444
60 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_1	V_1	5,418	5,166	6,432	17,016
	V_2	6,502	5,858	5,586	17,946
	V_3	4,768	6,004	5,556	16,328
	V_4	5,192	4,604	4,652	14,448
90 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_2	V_1	6,076	y_2	6,704	12,780
	V_2	6,008	6,127	6,642	18,777
	V_3	6,244	5,724	6,014	17,982
	V_4	y_1	5,744	4,146	9,890
120 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_3	V_1	6,462	7,056	6,680	20,198
	V_2	7,139	6,982	6,564	20,685
	V_3	5,792	5,880	6,370	18,042
	V_4	2,774	5,036	3,638	11,448
150 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_4	V_1	7,290	7,848	7,552	22,690
	V_2	7,682	6,594	6,576	20,852
	V_3	7,080	6,662	6,320	20,062
	V_4	1,414	1,960	2,766	6,140
180 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_5	V_1	8,452	8,832	8,818	26,102
	V_2	6,228	7,387	6,006	19,621
	V_3	5,594	7,122	5,480	18,196
	V_4	2,248	1,380	2,014	5,642
รวม		124,327	129,184	130,004	383,515

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณค่า y_1 รอบที่ 1 โดยใช้สูตร 2.2

$$y_1 = \frac{t_i + b}{2}$$

เมื่อ $t = \frac{5,744 + 4,146}{2}$

$$= 4,945$$

และ $b = \frac{4,430 + 3,944 + \dots + 2,248}{23}$

$$= 5,405.52$$

ดังนั้น $y_1 = \frac{4,945 + 5,405.52}{2}$

$$= 5,175.26$$

ประมาณค่า y_2 รอบที่ 1 โดยใช้สูตร 2.3

$$y_2 = \frac{nB_0 + tT_0 - G_0}{(n-1)(t-1)}$$

$$= \frac{3(129,184) + 24(12,780) - (383,515 + 5,175.26)}{(2)(23)}$$

$$= 6,643.08$$

ประมาณค่า y_1 รอบที่ 2 โดยใช้สูตร 2.3

$$y_1 = \frac{3(124,327) + 24(9,890) - (383,515 + 6,643.08)}{(2)(23)}$$

$$= 4,786.59$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณค่า y_2 รอบที่ 2 โดยใช้สูตร 2.3

$$\begin{aligned} y_2 &= \frac{3(129,184) + 24(12,780) - (383,515 + 4,786.59)}{(2)(23)} \\ &= 6,651.53 \end{aligned}$$

ประมาณค่า y_1 รอบที่ 3 โดยใช้สูตร 2.3

$$\begin{aligned} y_1 &= \frac{3(124,327) + 24(9,890) - (383,515 + 6,651.53)}{(2)(23)} \\ &= 4,786.40 \end{aligned}$$

ประมาณค่า y_2 รอบที่ 3 โดยใช้สูตร 2.3

$$\begin{aligned} y_2 &= \frac{3(129,184) + 24(12,780) - (383,515 + 4,786.40)}{(2)(23)} \\ &= 6,651.53 \end{aligned}$$

นำค่าที่ประมาณได้คือ $y_1 = 4,786.40$ และ $y_2 = 6,651.53$ ไปแทนข้อมูลในตารางดังนี้

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ			รวม
		1	2	3	
0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_0	V_1	4,430	4,478	3,850	12,758
	V_2	3,944	5,314	3,660	12,918
	V_3	3,464	2,944	3,142	9,550
	V_4	4,126	4,482	4,836	13,444
60 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_1	V_1	5,418	5,166	6,432	17,016
	V_2	6,502	5,858	5,586	17,946
	V_3	4,768	6,004	5,556	16,328
	V_4	5,192	4,604	4,652	14,448

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

90 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_2	V_1	6,076	6,651.53	6,704	19,431.53
	V_2	6,008	6,127	6,642	18,777
	V_3	6,244	5,724	6,014	17,982
	V_4	4,786.40	5,744	4,146	14,676.40
120 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_3	V_1	6,462	7,056	6,680	20,198
	V_2	7,139	6,982	6,564	20,685
	V_3	5,792	5,880	6,370	18,042
	V_4	2,774	5,036	3,638	11,448
150 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_4	V_1	7,290	7,848	7,552	22,690
	V_2	7,682	6,594	6,576	20,852
	V_3	7,080	6,662	6,320	20,062
	V_4	1,414	1,960	2,766	6,140
180 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_5	V_1	8,452	8,832	8,818	26,102
	V_2	6,228	7,387	6,006	19,621
	V_3	5,594	7,122	5,480	18,196
	V_4	2,248	1,380	2,014	5,642
รวม		129,113.40	135,835.53	130,004	394,952.93

ปุ๋ยไนโตรเจน	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
N_0	15,964	17,218	15,488	48,670
N_1	21,880	21,632	22,226	65,738
N_2	23,114.40	24,246.53	23,506	70,866.93
N_3	22,167	24,954	23,252	70,373
N_4	23,466	23,064	23,214	69,744
N_5	22,522	24,721	22,318	69,561
รวม	129,113.40	135,835.53	130,004	394,952.93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว				รวม
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	
N ₀	12,758	12,918	9,550	13,444	48,670
N ₁	17,016	17,946	16,328	14,448	65,738
N ₂	19,431.53	18,777	17,982	14,676.40	70,866.93
N ₃	20,198	20,685	18,042	11,448	70,373
N ₄	22,690	20,852	20,062	6,140	69,744
N ₅	26,102	19,621	18,196	5,642	69,561
รวม	118,195.53	110,799	100,160	65,798.40	394,952.93

คำนวณค่า C.F.

$$\begin{aligned}
 \text{C.F.} &= \frac{y_{\dots}^2}{abn} \\
 &= \frac{(394,952.93)^2}{(6)(4)(3)} \\
 &= 2,166,497,457
 \end{aligned}$$

คำนวณค่าผลบวกกำลังสอง

$$\begin{aligned}
 \text{SST} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b y_{ijk}^2 - \text{C.F.} \\
 &= (4,430)^2 + (3,944)^2 + \dots + (2,014)^2 - 2,166,497,457 \\
 &= 204,843,466.30
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SSBlock} &= \sum_{i=1}^n \frac{y_{i\cdot\cdot}^2}{ab} - \text{C.F.} \\
 &= \frac{(129,113.40)^2 + (135,835.53)^2 + (130,004)^2}{(6)(4)} - 2,166,497,457 \\
 &= 1,110,929.80
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 SS(A = \text{Variety}) &= \sum_{j=1}^a \frac{y_{.j}^2}{bn} - C.F. \\
 &= \frac{(48,670)^2 + (65,738)^2 + \dots + (69,561)^2}{(4)(3)} - 2,166,497,457 \\
 &= 30,810,267.70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSE_a &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^a \frac{y_{ij}^2}{b} - C.F. - SSBlock - SSA \\
 &= \frac{(15,964)^2 + (17,218)^2 + \dots + (22,318)^2}{4} - 2,166,497,457 - 1,110,929.80 - 30,810,267.70 \\
 &= 1,393,248
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS(B = \text{Date}) &= \sum_{k=1}^b \frac{y_{.k}^2}{an} - C.F. \\
 &= \frac{(118,195.53)^2 + (110,799)^2 + (100,160)^2 + (65,798.40)^2}{(6)(3)} - 2,166,497,457 \\
 &= 89,505,696
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSAB &= \sum_{j=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{y_{jk}^2}{n} - C.F. - SSA - SSB \\
 &= \frac{(12,758)^2 + (12,918)^2 + \dots + (5,642)^2}{3} - 2,166,497,457 - 30,810,267.70 - 89,505,696 \\
 &= 69,484,739.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSE_b &= SST - SSBlock - SSA - SSE_a - SSB - SSAB \\
 &= 204,843,466.30 - 1,110,929.80 - 30,810,267.70 - 1,393,248 \\
 &\quad - 89,505,696 - 69,484,739.90 \\
 &= 12,538,584.90
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณค่ากำลังสองเฉลี่ย

$$\begin{aligned} \text{MSBlock} &= \frac{\text{SSBlock}}{n-1} \\ &= \frac{1,110,929.80}{2} \\ &= 555,464.90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSA} &= \frac{\text{SSA}}{a-1} \\ &= \frac{30,810,267.70}{5} \\ &= 6,162,053.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSE}_a &= \frac{\text{SSE}_a}{(a-1)(n-1)} \\ &= \frac{1,393,248}{(5)(2)} \\ &= 139,324.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSB} &= \frac{\text{SSB}}{b-1} \\ &= \frac{89,505,696}{3} \\ &= 29,835,232 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSAB} &= \frac{\text{SSAB}}{(a-1)(b-1)} \\ &= \frac{69,484,739.90}{(5)(3)} \\ &= 4,632,315.99 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 \text{MSE}_b &= \frac{\text{SSE}_b}{a(b-1)(n-1)-2} \\
 &= \frac{12,538,584.90}{(6)(3)(2)-2} \\
 &= 368,781.91
 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของบล็อก

$$H_0 : \rho_i = 0$$

$$H_1 : \rho_i \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\text{MSBlock}}{\text{MSE}_a} \\
 &= \frac{555,464.90}{139,324.80} \\
 &= 3.99
 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจนและพันธุ์ข้าว

$$H_0 : (\alpha\beta)_{jk} = 0$$

$$H_1 : (\alpha\beta)_{jk} \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\text{MSAB}}{\text{MSE}_b} \\
 &= \frac{4,632,315.99}{368,781.91} \\
 &= 12.56
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก)

$$H_0 : \alpha_j = 0$$

$$H_1 : \alpha_j \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} F &= \frac{MSA}{MSE_a} \\ &= \frac{6,162,053.54}{139,324.80} \\ &= 44.23 \end{aligned}$$

สมมติฐานที่ใช้ทดสอบอิทธิพลของพันธุ์ข้าว (ทรีทเมนต์สำหรับแปลงรอง)

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0$$

ตัวสถิติทดสอบ

$$\begin{aligned} F &= \frac{MSB}{MSE_b} \\ &= \frac{29,835,232}{368,781.91} \\ &= 80.90 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นดังนี้

Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Block	2	1,110,929.80	555,464.90	3.99
Nitrogen (A)	5	30,810,267.70	6,162,053.54	44.23**
Error _a	10	1,393,248.00	139,324.80	
Subplot :				
Variety (B)	3	89,505,696.00	29,835,232.00	80.90**
Nitrogen x Variety (AB)	15	69,484,739.90	4,632,315.99	12.56**
Error _b	36 - 2 = 34	12,538,584.90	368,781.91	
Total	71 - 2 = 69	204,843,466.30		

** หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01

$$F_{0.05;2,10} = 4.10$$

$$F_{0.05;5,10} = 3.33$$

$$F_{0.05;3,34} = 2.89$$

$$F_{0.05;15,34} = 1.97$$

$$F_{0.01;5,10} = 5.64$$

$$F_{0.01;3,34} = 4.43$$

$$F_{0.01;15,34} = 2.63$$

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน จะพบว่าอิทธิพลของบล็อกไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าการจัดเป็นบล็อกของการวางแผนแบบสปลิต-พลอตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ไม่ถูกต้อง ควรใช้การวางแผนแบบสปลิต-พลอตชนิดสุ่มสมบูรณ์ และเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย ทั้ง 2 ปัจจัย คือ ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย AB จะพบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจน (A) และพันธุ์ข้าว (B) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 หรือปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัย ไม่เป็นอิสระกัน จึงเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของพันธุ์ข้าวในปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเดียวกัน และเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวพันธุ์เดียวกันต่อไป จะเห็นได้ว่าให้ผลสรุปเช่นเดียวกับในกรณีที่มีข้อมูลสูญหาย 1 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองหลัก

$$\begin{aligned} \text{C.V.}(a) &= \frac{\sqrt{\text{MSE}_a}}{\frac{y_{\dots}}{abn}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{139,324.80}}{\frac{394,952.93}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\ &= 6.80\% \end{aligned}$$

สัมประสิทธิ์ความแปรผันของแปลงทดลองรอง

$$\begin{aligned} \text{C.V.}(b) &= \frac{\sqrt{\text{MSE}_b}}{\frac{y_{\dots}}{abn}} \times 100\% \\ &= \frac{\sqrt{368,781.91}}{\frac{394,952.93}{(6)(4)(3)}} \times 100\% \\ &= 11.07\% \end{aligned}$$

ค. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 และ N_2V_4

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{bk}{2a(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{2(368,781.91) \left[1 + \frac{(4)(2)}{(2)(6)(3-1)(4-2+2-1)} \right]}{3}} \\ &= 522.66 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์} \end{aligned}$$

ง. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 กับค่าเฉลี่ยของ ทรีทเมนต์อื่นๆ ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนเดียวกัน ยกเว้นค่าเฉลี่ยของ N_2V_4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_b \left[1 + \frac{bk}{2a(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{n}} \\
&= \sqrt{\frac{2(368,781.91) \left[1 + \frac{(4)(1)}{(2)(6)(3-1)(4-1+1-1)} \right]}{3}} \\
&= 509.42 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์}
\end{aligned}$$

จ. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ N_2V_1 กับค่าเฉลี่ยของ ทริทเมนต้อื่นๆ ที่ระดับปุ๋ยไนโตรเจนต่างกัน เช่น N_1V_2

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{\frac{2\text{MSE}_a + 2\text{MSE}_b \left[(b-1) + \frac{b^2k}{2(n-d)(b-k+c-1)} \right]}{n}} \\
&= \sqrt{\frac{2(139,324.80) + 2(368,781.91) \left[(4-1) + \frac{(4)^2(1)}{(2)(3-1)(4-1+1-1)} \right]}{3}} \\
&= 538.11 \quad \text{กิโลกรัมต่อเฮกแตร์}
\end{aligned}$$

2.2 คุณสมบัติที่ดีของโปรแกรม

ความหมายของคำว่าโปรแกรม คือ รายการหรือชุดคำสั่งที่เขียนขึ้นมาเพื่อสั่งให้ระบบทำงานตามที่ต้องการ เราจะให้ระบบทำอะไรก็เขียนเป็นคำสั่ง ซึ่งต้องสั่งเป็นขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนต้องทำอย่างละเอียดและครบถ้วน ซึ่งจะเกิดเป็นงานชิ้นหนึ่งขึ้นมา มีชื่อเรียกว่า โปรแกรม ดังนั้นนักพัฒนาโปรแกรมต้องมีความสามารถในการเขียนคำสั่งเพื่อประยุกต์ให้ระบบทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งลักษณะของโปรแกรมที่ดีนั้นควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มีความเที่ยง (Reliability) ต้องมีความคงเส้นคงวาของการทดสอบ ข้อมูลชุดเดียวกันทดสอบกี่ครั้งต้องได้ผลเท่าเดิม
2. มีความตรง (Validity) ผลลัพธ์ที่ได้ตรงตามหลักมาตรฐานและข้อกำหนดของโปรแกรม โดยมีข้อผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้
3. ทนทาน (Robust) ถ้ามีข้อผิดพลาดเล็กน้อยเกิดขึ้น โปรแกรมยังสามารถทำงานต่อไปได้ โดยมีรายงานแจ้งข้อผิดพลาดให้ทราบ
4. ใช้ได้หลายระบบ (Portable) โปรแกรมใช้ภาษาที่ได้รับการยอมรับเป็นมาตรฐาน เช่น ANSI ซึ่งไม่ผูกพันกับระบบเครื่อง แม้เครื่องจะเปลี่ยนแปลงโปรแกรมอาจแก้ไขเพียงเล็กน้อยเท่านั้น
5. ใช้ง่าย (User Friendly) ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจในโปรแกรมเองได้ เรียนรู้ง่าย มีระบบให้ความช่วยเหลือ (Help)
6. มีประสิทธิภาพ (Efficiency) รูปแบบการเขียนโปรแกรมให้ทำงานควรใช้เวลาและหน่วยความจำไม่มากนัก
7. ปรับปรุงง่าย (Easy Change) ดึงข้อมูลนำเข้าหรือผลลัพธ์ปรับเปลี่ยนได้ง่าย
8. มีปฏิกริยาย้อนกลับ (Feedback) เมื่อกดแป้นพิมพ์ควรมีข้อความปรากฏในตำแหน่งที่ชัดเจน มิฉะนั้นผู้ใช้จะกดแป้นพิมพ์ซ้ำๆ
9. มีรูปแบบที่แน่นอน (Consistency) เช่น ข้อผิดพลาดหรือข้อความเตือนควรอยู่บรรทัดต่างเสมอ
10. ใช้ความจำของมนุษย์น้อยที่สุด เช่น ทำงานด้วยเมนู เป็นต้น กล่าวโดยรวมคุณภาพของโปรแกรม คือเรียบง่าย ใช้สะดวก สั้นกระชับรัด เทียงตรงตามวัตถุประสงค์และมีคุณภาพที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ประเภทของโทรศัพท์มือถือ

ในปัจจุบันสมาร์ตโฟนเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ทั้งในแง่ของการใช้งานที่หลากหลาย สามารถตอบโจทย์ผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของโทรศัพท์ กล้องถ่ายรูป อินเทอร์เน็ต โซเชียลเน็ตเวิร์ค และอื่นๆ อีกมากมายถูกรวมเข้ามาไว้บนอุปกรณ์ชิ้นเดียว ซึ่งสามารถพกพาได้ง่าย

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และเพื่อป้องกันความสับสน จึงได้แบ่งประเภทของอุปกรณ์บนมือถือตามความสามารถในการใช้งานเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ มือถือ พีเจอร์โฟน และสมาร์ตโฟน

1. มือถือ (Mobile Phone)

มือถือคืออุปกรณ์พกพาที่ผู้ใช้สามารถโทรออกและรับสายได้ เป็นอุปกรณ์ไร้สายที่สามารถใช้งานในบริเวณกว้าง โดยเชื่อมต่อสัญญาณกับเครือข่ายของผู้ให้บริการ ที่เรียกมือถือนั้นมาจากขนาดของตัวเครื่องที่เล็ก สามารถถือและสนทนาด้วยมือข้างเดียว จึงนิยมเรียกว่ามือถือ มือถือในบ้านเรา จะใช้ซิมการ์ดเพื่อระบุและยืนยันหมายเลขของผู้ใช้งาน ข้อดีของมือถือคือมีราคาถูก ข้อเสียคือ ไม่สามารถใช้งานอย่างอื่นได้นอกจากโทรออก-รับสายเท่านั้น

2. พีเจอร์โฟน (Feature Phone)

พีเจอร์โฟน คือมือถือประเภทหนึ่งมีความสามารถมากกว่ามือถือธรรมดา นอกเหนือจากการโทรเข้า-โทรออก แล้วยังสามารถส่งข้อความ SMS/MMS ใช้งานเป็นกล้องถ่ายรูป หรือเล่นวิทยุ ฟังเพลง ดูหนัง รวมถึงมีแอปพลิเคชันที่ทางผู้ผลิตมือถือใส่มาให้เรา เรียกมือถือแบบนี้ว่าพีเจอร์โฟน ผู้ผลิตพีเจอร์โฟนในปัจจุบันนิยมใส่องค์ประกอบพื้นฐาน เช่น นาฬิกาปลุก ปฏิทิน เครื่องคิดเลข ไฟฉาย สมุดบันทึก เตือนความจำ บางรุ่นก็ใส่พีเจอร์ที่น่าสนใจ เช่น กล้องถ่ายรูป เครื่องเล่นเพลง เครื่องเล่นวิดีโอ ระบบหน้าจอสัมผัส GPS นำทาง Wi-Fi 3G และ Facebook จุดสังเกตของพีเจอร์โฟน คือมีแอปพลิเคชันให้เลือกค่อนข้างจำกัด และเน้นจำหน่ายในตลาดระดับล่าง ข้อดีของพีเจอร์โฟน คือมีราคาค่อนข้างถูก ใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก ข้อเสียคือมีแอปพลิเคชันให้ใช้งานค่อนข้างน้อย

3. สมาร์ตโฟน (Smart Phone)

สมาร์ตโฟนคือมือถือที่การใช้งานนอกเหนือจากการโทรเข้า-โทรออก แล้วยังมีแอปพลิเคชันให้เลือกใช้เยอะ รองรับการใช้งาน 3G, Wi-Fi, Bluetooth, internet, Youtube, Facebook, Twitter,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอื่นๆ ผู้ใช้สามารถปรับแต่งลูกเล่นการใช้งานให้ตรงกับความต้องการได้มากกว่าพีเจเออร์โฟน ผู้ผลิต
 สมาร์ทโฟนรุ่นใหม่ๆ นิยมผลิตสมาร์ทโฟนแบบหน้าจอรระบบสัมผัส มีกล้องถ่ายรูปที่มีความละเอียดสูง
 ออกแบบที่ทันสมัย และมีแอปพลิเคชันหลากหลาย

แนวโน้มของสมาร์ทโฟนยังคงเป็นสินค้าขายดีในตลาด โดยในอนาคตผู้ผลิตจะเน้นไปที่ความเร็ว
 ในการประมวลผล การออกแบบหน้าจอมีขนาดใหญ่ มีความละเอียดสูงและคมชัด การปรับปรุงคุณภาพ
 ของกล้องถ่ายรูป การแก้ปัญหาแบตเตอรี่หมดเร็ว และแอปพลิเคชันหรือรูปแบบใหม่ที่เพิ่มมากขึ้น ข้อดี
 ของสมาร์ทโฟนคือมีรูปแบบการใช้งานหลากหลายมากกว่าพีเจเออร์โฟน รองรับการใช้งานครบถ้วนมากกว่า
 สามารถปรับแต่งได้ แต่ข้อเสียที่เห็นได้ชัดคือแบตเตอรี่หมดเร็วเนื่องจากการทำงานของแอปพลิเคชัน
 ภายในเครื่องที่ค่อนข้างใช้พลังงานมาก

2.4 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอนดรอยด์ (Android) เป็นระบบปฏิบัติการที่มีพื้นฐานอยู่บนลินุกซ์ ในอดีตถูกออกแบบมา
 สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้จอสัมผัส เช่น สมาร์ทโฟน และแท็บเล็ตคอมพิวเตอร์ ปัจจุบันได้แพร่หลายไปยัง
 อุปกรณ์หลายชนิดเพราะเป็นมาตรฐานเปิด เช่น Nikon S800C กล้องดิจิทัลระบบแอนดรอยด์ หม้อหุง
 ข้าว Panasonic ระบบแอนดรอยด์ และ Smart TV ระบบแอนดรอยด์ รวมถึงกล้องเสียบต่อ TV ทำให้
 สามารถใช้ระบบแอนดรอยด์ได้ด้วย Android Wear นาฬิกาข้อมือระบบแอนดรอยด์ เป็นต้น ถูกคิดค้น
 และพัฒนาโดยบริษัท แอนดรอยด์ (Android, Inc.) ซึ่งต่อมาก่อเกิดได้ทำการซื้อต่อบริษัทในปี พ.ศ. 2548
 แอนดรอยด์ถูกเปิดตัวเมื่อ ปี พ.ศ. 2550 พร้อมกับกลุ่มของบริษัทผลิตฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และการ
 สื่อสารคมนาคม ที่ร่วมมือกันสร้างมาตรฐานเปิดสำหรับอุปกรณ์พกพา โดยสมาร์ทโฟนที่ใช้
 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เครื่องแรกของโลกคือ เอชทีซี ดรีม วางจำหน่ายเมื่อปี พ.ศ. 2551

แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเสรี (Open source) และถูกเปิดได้
 เผยแพร่ภายใต้ลิขสิทธิ์อาปาเช่ ซึ่งระบบปฏิบัติการที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างเสรีจะอนุญาตให้ผู้ผลิต
 ปรับแต่งและวางจำหน่ายได้ รวมไปถึงนักพัฒนาและผู้ให้บริการเครือข่ายด้วย อีกทั้งแอนดรอยด์ยังเป็น
 ระบบปฏิบัติการที่รวมนักพัฒนาที่เขียนโปรแกรมประยุกต์มากมาย ภายใต้ภาษาจาวา ในเดือนตุลาคม
 พ.ศ. 2555 มีโปรแกรมมากกว่า 700,000 โปรแกรมสำหรับแอนดรอยด์ และยอดดาวน์โหลดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุเกิล เพลย์ มากถึง 2.5 หมื่นล้านครั้ง จากการสำรวจในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม ในปี พ.ศ. 2556 พบว่าแอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่นักพัฒนาเลือกที่จะพัฒนาโปรแกรมมากที่สุดถึง 71%

ปัจจัยเหล่านี้ทำให้แอนดรอยด์เป็นระบบปฏิบัติการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นำหน้าซิมเบียน ในไตรมาสที่ 4 ของปี พ.ศ. 2553 และยังเป็นทางเลือกของผู้ผลิตที่จะใช้ซอฟต์แวร์ที่มีราคาต่ำตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ดี สำหรับอุปกรณ์ในสมัยใหม่ แม้ว่าแอนดรอยด์จะดูเหมือนได้รับการพัฒนาเพื่อใช้กับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต แต่ยังสามารถใช้ได้กับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวิดีโอเกม กล้องดิจิทัล และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ แอนดรอยด์เป็นระบบเปิด ทำให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาคุณสมบัติใหม่ๆ ได้ตลอดเวลา

ส่วนแบ่งทางการตลาดของสมาร์ทโฟนแอนดรอยด์ นำโดยซัมซุงมากถึง 64% ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2556 มีอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์มากถึง 11,868 รุ่น จาก 8 เวอร์ชันของระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ความสำเร็จของระบบปฏิบัติการทำให้เกิดคดีด้านการละเมิดสิทธิบัตรที่เรียกกันว่า สงครามสมาร์ทโฟน (smartphone wars) ระหว่างบริษัทผู้ผลิต ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 โปรแกรม 4.8 หมื่นล้านโปรแกรมได้รับการติดตั้งบนอุปกรณ์จากกุเกิลเพลย์ และในวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2556 มีอุปกรณ์ที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 1 พันล้านเครื่องได้ถูกเปิดใช้งาน

1. รูปแบบของระบบ

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (user interface) ของแอนดรอยด์มีพื้นฐานอยู่บนการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับผู้ใช้งานอย่างโดยตรง (Direct manipulation) ซึ่งจะใช้การสัมผัสที่สอดคล้องกับการกระทำในโลกความจริง เช่น การปิด การแตะ และการกวาดนิ้ว รวมไปถึงการใช้นิ้วหมุนบนหน้าจอ การตอบสนองการสัมผัสนี้ได้รับการออกแบบมาอย่างดีและมักจะใช้การสั่นของอุปกรณ์ตอบโต้ว่าผู้ใช้ได้สัมผัสแล้ว ฮาร์ดแวร์เพิ่มเติมภายใน เช่น เซ็นเซอร์ดิจิทัล ไจโรสโคป และ เซ็นเซอร์วัดแสง จะได้รับการนำมาใช้เพิ่มเติมในการตอบสนองต่างๆ กับผู้ใช้ เช่น การหมุนหน้าจอจากแนวตั้งเป็นแนวนอน หรือการเล่นเกมที่ต้องใช้การหมุนอุปกรณ์ เป็นต้น

อุปกรณ์แอนดรอยด์จะเชื่อมต่อเข้าหน้าหลัก ซึ่งเป็นหน้าจอหลักในการนำทางไปทุกๆ ที่ในอุปกรณ์ เหมือนกับหน้าจอบนเครื่องคอมพิวเตอร์ หน้าจอหลักของแอนดรอยด์จะสามารถวางไอคอนของแอปพลิเคชัน และชุดเครื่องมือ โดยไอคอนของแอปพลิเคชันนั้นสามารถแตะเพื่อกดเข้าแอปพลิเคชันได้โดยตรง สภาพอากาศและพยากรณ์อากาศที่ปรับปรุงแก้ไขอยู่ตลอดเวลา กล้องขาเข้าของอีเมล รวมไปถึงหน้าจอข่าวด้วย หน้าจอหลักสามารถสร้างได้หลายหน้าจอ โดยผู้ใช้สามารถปิดเพื่อเลื่อนไป-มาระหว่างหน้าได้ แม้ว่าหน้าจอหลักของแอนดรอยด์ที่จะสามารถให้ผู้ใช้สามารถปรับแต่งได้ตามต้องการ เพื่อที่จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้ใช้รู้สึกดีตามรสนิยมของตนเอง แอปพลิเคชันอื่นๆ มีให้ดาวน์โหลดบนกูเกิลเพลย์และแอปพลิเคชันหลายตัวสามารถที่จะเปลี่ยนรูปแบบ ของหน้าจอหลักได้ แม้กระทั่งการเปลี่ยนหน้าจอเลียนแบบระบบปฏิบัติการอื่นๆ เช่น วินโดวส์โฟนผู้ผลิตต่างๆ และผู้ให้บริการเครือข่ายบางรายจะปรับแต่งให้รูปแบบของหน้าจอหลักเปลี่ยนไปจากเดิมเพื่อให้แตกต่างจากคู่แข่งของพวกเขา

ด้านบนของหน้าจอจะเป็นแถบสถานะ ซึ่งจะแสดงถึงข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์และการเชื่อมต่อต่างๆ แถบสถานะสามารถดึงลงมาเพื่อที่จะแสดงการแจ้งเตือนบนหน้าจอเมื่อแอปพลิเคชันแจ้งเตือนข้อมูลหรือมีการปรับปรุงแก้ไข เช่น การได้รับข้อความใหม่ ในรุ่นก่อนๆ ของแอนดรอยด์ สามารถแตะที่การแจ้งเตือนเพื่อเปิดแอปพลิเคชันได้โดยตรง แต่รุ่นล่าสุดได้เพิ่มคุณสมบัติการทำงานที่มากขึ้น เช่นความสามารถในการโทรกลับจากการแจ้งเตือนสายที่ไม่ได้รับโดยไม่ต้องเปิดแอปพลิเคชันโทรศัพท์ การแจ้งเตือนจะหายไปเมื่อผู้ใช้อ่านหรือทำการลบการแจ้งเตือน

2. แอปพลิเคชัน (โปรแกรมประยุกต์)

แอนดรอยด์มีแอปพลิเคชันที่เติบโตขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งผู้ใช้สามารถซื้อและดาวน์โหลดได้จากกูเกิลเพลย์ และสามารถที่จะดาวน์โหลดไฟล์ APK ได้จากเว็บไซต์ต่างๆ แอปพลิเคชันจากเพลย์สโตร์อนุญาตให้ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดและปรับปรุงแก้ไขได้จากกูเกิล และนักพัฒนาที่พัฒนาแอปพลิเคชันนั้นๆ รวมไปถึงความสามารถในการติดตั้งกับอุปกรณ์ที่สามารถเข้ากันได้กับแอปพลิเคชัน ซึ่งนักพัฒนาอาจจำกัดด้วยเหตุผลทางด้านอุปกรณ์ ประเทศ หรือเหตุผลทางธุรกิจ เมื่อซื้อแอปพลิเคชันแล้วสามารถขอคืนเงินได้ภายใน 15 นาที หลังจากการดาวน์โหลด และบางผู้ให้บริการจะเก็บเงินด้วยใบเสร็จจากการซื้อแอปพลิเคชันบนกูเกิลเพลย์ ซึ่งจะคิดเงินเพิ่มเติมจากค่าใช้จ่ายบริการรายเดือนปกติ ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2555 แอปพลิเคชันสำหรับแอนดรอยด์มีมากถึง 675,000 แอปพลิเคชัน และมียอดดาวน์โหลดแอปพลิเคชันจากเพลย์สโตร์ทั้งหมด 2.5 พันล้านครั้ง

แอปพลิเคชันจะเขียนโดยใช้ภาษาจาวา และใช้เครื่องมือที่นำมาพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน (Android software development kit) หรือ SDK โดยจะประกอบด้วยชุดเครื่องมือต่างๆ ในการพัฒนาแอปพลิเคชัน รวมไปถึงด้วย แหล่งรวมซอฟต์แวร์ต่างๆ ตัวจำลองฮาร์ดแวร์ โค้ดจำลอง และวิธีใช้ต่างๆ

ส่วนในประเทศจีนนั้น จะมีการจำกัดการใช้อินเทอร์เน็ตต่างๆ ของทางรัฐ โดยอุปกรณ์แอนดรอยด์ที่วางขายในประเทศจีนนั้นจะถูกจำกัดบริการบางอย่างและมีเพียงแค่บริการที่ได้รับอนุมัติจากรัฐบาลแล้วเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ภาษาจาวา

ภาษาจาวา (Java programming language) เป็นภาษาโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object Oriented Programming) พัฒนาโดย เจมส์ กอสลิง และวิศวกรคนอื่นๆ ภาษาจาวาถูกพัฒนาขึ้นในปีพ.ศ. 2534 (ค.ศ. 1991) โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการกรีน (the Green Project) และสำเร็จออกสู่สาธารณะในปี พ.ศ. 2538 (ค.ศ. 1995) ซึ่งภาษานี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้แทนภาษาซีพลัสพลัส (C++) โดยรูปแบบที่เพิ่มเติมขึ้นคล้ายกับภาษาอ็อบเจกต์ทีฟซี (Objective-C) แต่เดิมภาษานี้เรียกว่า ภาษาโอ๊ก (Oak) ซึ่งตั้งชื่อตามต้นโอ๊กใกล้ที่ทำงานของ เจมส์ กอสลิง แต่ว่ามีปัญหาทางลิขสิทธิ์ จึงเปลี่ยนไปใช้ชื่อ "จาวา" ซึ่งเป็นชื่อกาแฟแทน

แม้ว่าจะมีชื่อคล้ายกัน แต่ภาษาจาวาไม่มีความเกี่ยวข้องใดๆ กับภาษาจาวาสคริปต์ (Java Script) ปัจจุบันมาตรฐานของภาษาจาวาดูแลโดย Java Community Process ซึ่งเป็นกระบวนการอย่างเป็นทางการที่อนุญาตให้ผู้ที่มีใจเข้าร่วมกำหนดความสามารถในภาษาจาวาได้

จาวาแพลตฟอร์มและภาษาจาวา เนื่องจากชื่อที่เหมือนกัน และการเรียกขานที่มักจะพูดถึงพร้อมกันบ่อยๆ ทำให้คนทั่วไปจะสับสนว่าภาษาจาวาและจาวาแพลตฟอร์มเป็นสิ่งเดียวกัน

ในความเป็นจริงนั้นทั้งสองสิ่งนี้จะทำงานเสริมกัน แต่ก็ยังเป็นสิ่งที่แยกออกจากกัน โดยภาษาจาวานั้น คือภาษาสำหรับใช้เขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ดังที่ได้อธิบายไปข้างต้น ส่วนจาวาแพลตฟอร์มนั้นคือ สภาพแวดล้อมสำหรับการใช้งานโปรแกรมจาวา โดยมีองค์ประกอบหลักคือ จาวาเวอร์ชวลแมชชีน (Java virtual machine) และ ไลบรารีมาตรฐานจาวา (Java standard library)

โปรแกรมที่ทำงานบนที่รองรับโปรแกรมไม่จำเป็นต้องสร้างด้วยภาษาจาวา เช่น อาจจะใช้ภาษาไพทอน (Python) หรือภาษาอื่นๆ ก็ได้

ส่วนภาษาจาวานั้นสามารถนำไปใช้พัฒนาโปรแกรมสำหรับแพลตฟอร์มอื่นได้เช่นเดียวกัน เช่น คอมไพเลอร์ gcj สามารถประมวลผลโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาจาวา ให้ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้จาวาเวอร์ชวลแมชชีน

2.6 ข้อแตกต่างระหว่างแอปพลิเคชันกับโปรแกรม

แม้จุดประสงค์ของแอปพลิเคชันกับโปรแกรมนั้นจะถูกสร้างมาเพื่อตอบสนองการใช้งานในรูปแบบต่างๆ บนแต่ละอุปกรณ์ แต่แอปพลิเคชันและโปรแกรมก็มีความแตกต่างกันในหลายๆ ด้านดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ส่วนของการติดตั้ง

ในอดีตเรามักจะคุ้นเคยกับการดาวน์โหลดโปรแกรม โดยอาจจะดาวน์โหลดผ่านอินเทอร์เน็ตหรือติดตั้งผ่านแผ่นซีดี แต่การติดตั้งแอปพลิเคชันนั้นสามารถทำได้ง่ายกว่านั้น ถ้าเราเป็นผู้ใช้งานมือถือ iPhone หรือ iPad สามารถดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันต่างๆ ได้อย่างง่ายผ่านทาง Appstore ส่วนผู้ใช้งานมือถือหรือสมาร์ทโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สามารถดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันต่างๆ ผ่านทาง Google Play Store ซึ่งจะเห็นได้ว่าการดาวน์โหลดและติดตั้งแอปพลิเคชันนั้นสามารถทำได้ง่ายกว่า และหากไม่ชอบใจแอปพลิเคชันนั้นก็สามารถถอนการติดตั้งได้ง่ายๆ ด้วยตัวเอง

2. ส่วนของการใช้งาน

เนื่องจากอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในมือถือหรือสมาร์ตโฟนนั้นมีความสามารถน้อยกว่าอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์หรือโน้ตบุ๊ก เนื่องจากต้องถูกจำกัดด้วยขนาดหรือการประหยัดพลังงาน หากใช้โปรแกรมที่มีความซับซ้อนหรือใช้ทรัพยากรเครื่องสูงอย่างคอมพิวเตอร์ปกติแล้ว อาจจะทำให้มือถือหรือสมาร์ตโฟนนั้นทำงานได้ช้าหรือไม่สามารถทำงานได้เลย หากทำงานได้ก็จะช้ามากหรือใช้แบตเตอรี่มากเกินไปทำให้แอปพลิเคชันถูกเขียนขึ้นมามีความไม่ซับซ้อนมาก ใช้งานง่าย และตอบสนองความต้องการพื้นฐานของผู้ใช้งานเฉพาะด้าน และแอปพลิเคชันจะถูกสร้างมาเฉพาะกับระบบปฏิบัติการบนมือถือหรือสมาร์ตโฟนนั้นๆ เช่น Android หรือ iOS ดังนั้น จึงไม่สามารถเอาโปรแกรมที่ใช้บนคอมพิวเตอร์มาใช้งานบนแอปพลิเคชันได้ ในทำนองตรงกันข้ามแอปพลิเคชันก็ไม่สามารถใช้งานบนคอมพิวเตอร์ได้ (เว้นแต่โปรแกรมบางตัวที่สามารถจำลองระบบปฏิบัติการบนมือถือได้)

3. ส่วนของค่าใช้จ่าย

ไม่ว่าจะเป็นทั้งแอปพลิเคชันและโปรแกรม ก็จะเหมือนกันในส่วนของค่าใช้จ่าย คือ มีทั้งแบบฟรีและแบบเสียเงิน แต่ที่แตกต่างกันในส่วนนี้ก็คือ ราคาของแอปพลิเคชันนั้นส่วนมากจะมีราคาถูกกว่าโปรแกรมหลายเท่า เนื่องจากแอปพลิเคชันถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการใช้งานที่ไม่ซับซ้อนเกินไป การพัฒนาของผู้ผลิตนั้นสามารถทำได้ง่ายกว่า ทำให้ราคานั้นถูกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

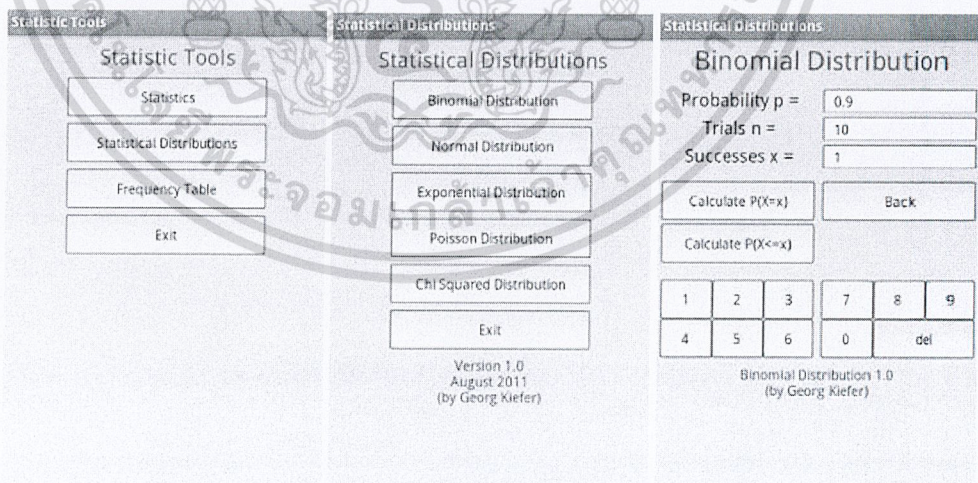
4. ส่วนของการปรับปรุงแก้ไขแอปพลิเคชันเป็นเวอร์ชันใหม่

แอปพลิเคชันส่วนใหญ่แล้วเมื่อมีการปรับปรุงแก้ไขเวอร์ชัน จะมีความถี่มากกว่าการปรับปรุงแก้ไขโปรแกรม โดยส่วนมากการปรับปรุงแก้ไขของแอปพลิเคชันนั้นมักจะทำเพื่อปรับปรุงข้อผิดพลาดหรือเพิ่มเติมหรือแก้ไขจากเวอร์ชันก่อนหน้านี้ แต่โปรแกรมส่วนใหญ่มักจะเป็นการปรับปรุงแก้ไขที่น้อยกว่า แต่เวอร์ชันใหม่จะมีความแตกต่างจากเดิมมาก บางโปรแกรมอาจจะข้ามไปอีกรุ่น เช่น โปรแกรมจัดการเอกสาร Microsoft Office ที่เปลี่ยนจาก Windows 97 พัฒนาเป็น XP พัฒนาต่อเป็น 2003 และพัฒนาเป็น 2010 ที่สำคัญมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นด้วย

2.7 ตัวอย่างแอปพลิเคชันทางสถิติที่ใช้ในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

แอปพลิเคชันสำเร็จรูปทางสถิติบนโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในปัจจุบันมีอยู่หลายแอปพลิเคชันให้เลือกใช้งาน และในแต่ละแอปพลิเคชันก็มีรูปแบบ ใช้งาน และลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละแอปพลิเคชัน ยกตัวอย่างเช่น

1. แอปพลิเคชัน Statistics Calculators จัดทำโดย GK APPS

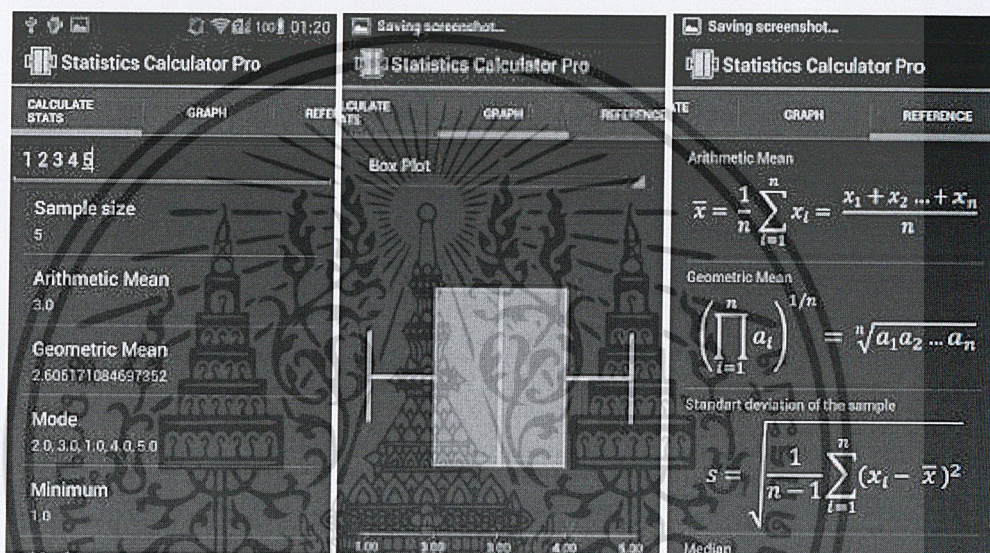


รูปที่ 2.1 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculators

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาแอปพลิเคชันเบื้องต้นได้ทราบว่า แอปพลิเคชันที่ได้ทำการศึกษานี้สามารถใส่ค่าข้อมูลต่างๆ ได้ง่ายและสะดวก มีการนำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูลได้ดี สังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน แต่ผลลัพธ์ (ค่าสถิติ) ที่คำนวณได้มีน้อย ทำให้ผู้ใช้อาจจะไม่ได้รับผลลัพธ์ตามที่ต้องการและยังไม่มีกราฟแสดงในขณะใส่ค่าข้อมูลผิดพลาด

2. แอปพลิเคชัน Statistics Calculator Pro จัดทำโดย CHRISTIAN GOLLNER

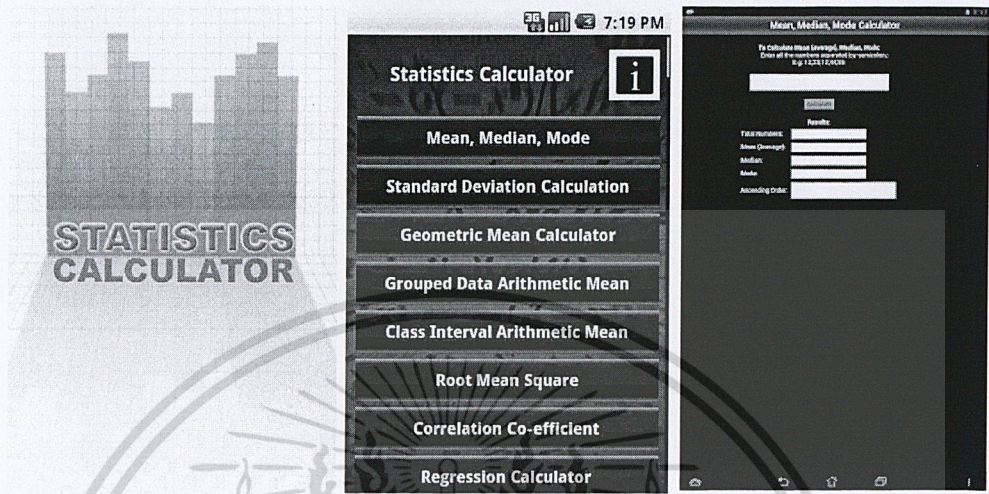


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculator Pro

จากการศึกษาแอปพลิเคชันเบื้องต้นได้ทราบว่าแอปพลิเคชันที่ได้ทำการศึกษานี้สามารถคำนวณค่าสถิติได้หลายค่า นำเสนอผลลัพธ์ของข้อมูลได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังมีการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟทั้ง Histogram, Box plot, Bar chart, Line chart และยังมีกราฟนำเสนอสูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าสถิติในแอปพลิเคชัน ทำให้ผู้ใช้งานมีทางเลือกในการใช้งานผลลัพธ์ของข้อมูลมากขึ้น แต่วิธีการใส่ค่าในชุดข้อมูลนั้นสังเกตได้ยากและไม่ชัดเจน เนื่องจากใช้ช่องว่างในการแบ่งค่าข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

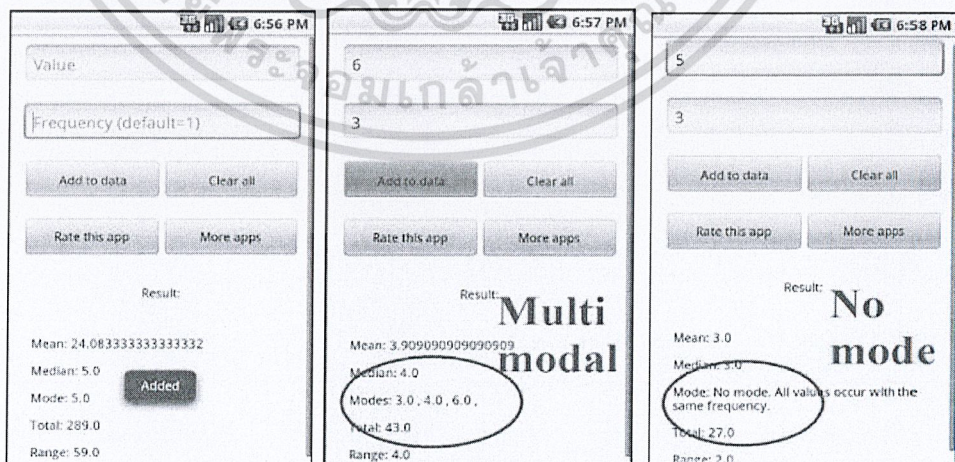
3. แอปพลิเคชัน Statistics calculator จัดทำโดย DIGEEBIRD



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Statistics Calculator

จากการศึกษาแอปพลิเคชันเบื้องต้นได้ทราบว่า แอปพลิเคชันที่ได้ทำการศึกษานี้มีคำสั่งให้เลือกใช้งานได้หลากหลายคำสั่ง เพื่อตอบสนองการใช้งานและสามารถใส่ค่าข้อมูลได้ง่าย สะดวกต่อการใช้งาน และอีกทั้งยังมีการแจ้งเตือนเมื่อเราใส่ค่าผิดพลาด ทำให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขได้ทันที แต่เนื่องจากมีคำสั่งในการใช้งานหลากหลายคำสั่งมากเกินไปอาจทำให้ผู้ใช้งานสับสนและเข้าใจผิด อีกทั้งยังมีการโฆษณาซึ่งเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้ใช้งานอีกด้วย

4. แอปพลิเคชัน X Stats-Statistics Calculator จัดทำโดย SAIKAM

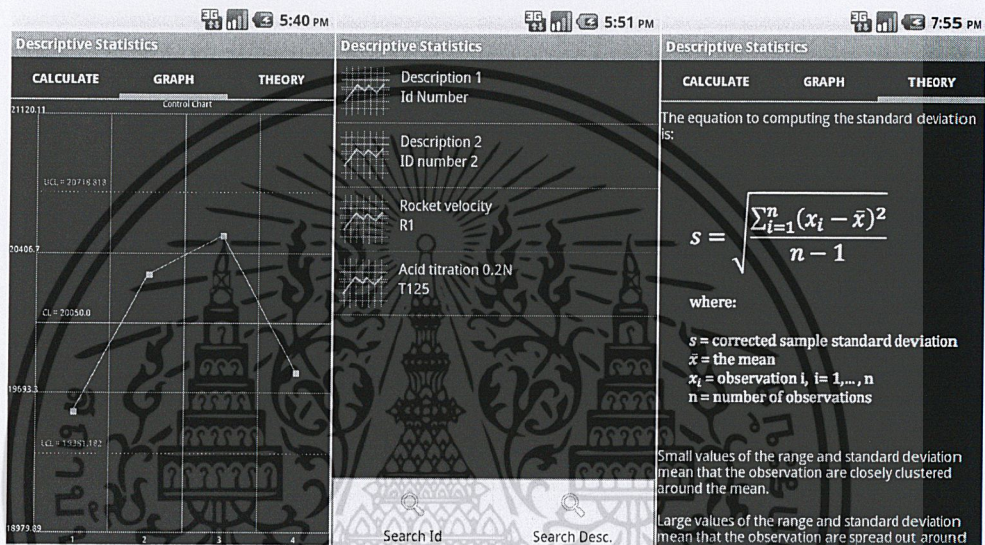


รูปที่ 2.4 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน X Stats-Statistics Calculator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาแอปพลิเคชันเบื้องต้นได้ทราบว่า แอปพลิเคชันที่ได้ทำการศึกษานี้มีการนำเสนอผลลัพธ์ได้ดี ชัดเจน สามารถสังเกตได้ง่าย แต่แอปพลิเคชันนี้ต้องใส่ข้อมูลที่ละเอียด และทำการแก้ไขข้อมูลได้ยาก ทำให้ไม่สะดวกแก่การใช้งานและต้องคอยระมัดระวังตลอดเวลา อีกทั้งแอปพลิเคชันนี้ยังมีรูปแบบในการใช้งานน้อยเกินไป อาจไม่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เท่าที่ควร

5. แอปพลิเคชัน Descriptive Statistics จัดทำโดย FERNANDO HARO



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแอปพลิเคชัน Descriptive Statistics

จากการศึกษาแอปพลิเคชันเบื้องต้นได้ทราบว่า แอปพลิเคชันที่ได้ทำการศึกษานี้มีการนำเสนอข้อมูลได้ดี สังเกตง่าย และยังมีกรนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟ และสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งทำให้ผู้ใช้เกิดความเข้าใจมากขึ้น แต่ในการใส่ค่าในชุดข้อมูลนั้นใช้งานยาก อาจทำให้ผู้ใช้งานสับสนและผิดพลาดได้ และในการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟนั้นมีการนำเสนอเพียงกราฟเส้นรูปแบบเดียว ทำให้ไม่มีรูปแบบการใช้ผลลัพธ์เท่าที่ควร

นอกจากนี้ยังมีอีกหลายแอปพลิเคชันที่มีการพัฒนาบนโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ซึ่งแอปพลิเคชันสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะพัฒนาโดยนักวิจัยจากต่างประเทศ และบางแอปพลิเคชันยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะสร้างแอปพลิเคชันสำหรับคำนวณสถิติเกี่ยวกับการวางแผนแบบสปลิต-พลอท บนโทรศัพท์มือถือในระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น และสะดวกมากขึ้น โดยจะออกแบบแอปพลิเคชันให้มีการใส่ค่าข้อมูลและแก้ไขข้อมูลได้ง่าย มีการนำเสนอผลลัพธ์อย่างชัดเจน อีกทั้งภาษาในแอปพลิเคชันนี้ยังเป็นภาษาไทยอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซิติมาโวว์ บุญมา และ สุชาติดา บวรกิติวงศ์ได้ทำการเปรียบเทียบอัตราความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อน 4 วิธี ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ที่ $\alpha = 0.05$ ภายใต้การแจกแจงปกติของประชากร และประชากรทั้ง k กลุ่ม ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวน ซึ่งพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดตัวอย่างเท่ากันและไม่เท่ากัน ตั้งแต่ 3 ถึง 8 กลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า การควบคุมความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน เมื่อ $k = 3$ ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธี Tamhane's T2, Dunnett's T3, Games-Howell และ Dunnett's C สามารถควบคุมได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น $k = 4$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก เมื่อ $k = 5$ วิธี Dunnett's C เพียงวิธีเดียวเท่านั้นที่สามารถควบคุมได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และตั้งแต่ $k = 6$ ถึง $k = 8$ ทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี สำหรับกรณีที่มีกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน เมื่อ $k = 3$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมได้ทุกกรณี เมื่อ k เพิ่มขึ้น $k = 4$ ทั้ง 4 วิธี สามารถควบคุมได้เฉพาะกรณีกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก และตั้งแต่ $k = 5$ ถึง $k = 8$ ทั้ง 4 วิธี ไม่สามารถควบคุมได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดทุกกรณี ทั้งนี้ทุกวิธีการทดสอบที่นำมาคำนวณหาอำนาจการทดสอบจะมีอำนาจการทดสอบเพิ่มขึ้นตามขนาดกลุ่มตัวอย่าง และพบว่า กรณีกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเท่ากันและไม่เท่ากัน เมื่อ $k = 3$ วิธี Games-Howell มีอำนาจการทดสอบสูงสุดทุกกรณี (2550)

พนัสพันธ์ บุญอุไร วรวิรุฬห์ พิชิตพันธ์พงศ์ และสรสิทธิ์ เลหากุลพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับคำนวณค่าสถิติเบื้องต้นและค่าการแจกแจงทางสถิติ ฉบับภาษาไทยบนโทรศัพท์มือถือ ประเภทสมาร์ตโฟนที่ใช้ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ การพัฒนาแอปพลิเคชันได้ใช้โปรแกรม Eclipse ในการเขียนชุดคำสั่งของภาษา Java ที่ใช้คำนวณค่าสถิติเบื้องต้นต่างๆ จำนวน 10 ค่า คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด ค่ามากที่สุด ค่าน้อยสุด ค่าพิสัย ผลรวมของข้อมูล มัชยฐาน ฐานนิยม ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของตัวอย่าง (\bar{X}) ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง (S^2) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (SD) และการคำนวณค่าการแจกแจงทางสถิติจะประกอบด้วยวิธีการหาความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงแบบปกติมาตรฐานตามค่า Z ที่ต้องการ และการหาค่าของ t , Chi-square และ F การแจกแจงแบบที่ การแจกแจงแบบโคสแควร์ และการแจกแจงแบบเอฟ ตามลำดับ เมื่อระบุความน่าจะเป็นสะสมมาให้ แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นใช้ชื่อว่า STAT-DIST มีขนาดพื้นที่ความจุ 8.5 MB สามารถติดตั้งกับโทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ตโฟนที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ตั้งแต่รุ่น 4.1.2 ขึ้นไป จากการทดลองใช้งานกับข้อมูลตัวอย่างและการแจกแจงมาตรฐาน พบว่าแอปพลิเคชันนี้ให้ผลการคำนวณที่ถูกต้องและรวดเร็ว ผู้ทดลองใช้มีความสะดวกในการใช้งานและพอใจกับผลลัพธ์ที่ได้ (2556)

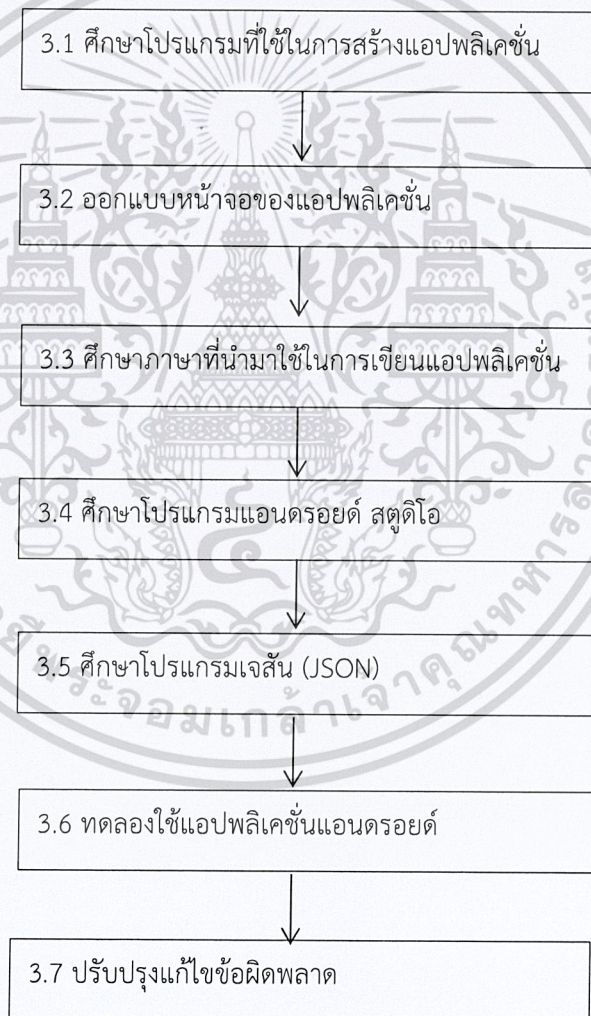


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานสร้างแอปพลิเคชันโปรแกรมคำนวณความคลาดเคลื่อนและค่าสูญหายในการวางแผนแบบสปลิท-ฟลอตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูร์ณ ได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนต่างๆ คือ



ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ศึกษาแอปพลิเคชันสถิติที่มีอยู่บนโทรศัพท์มือถือ

จากการศึกษาตัวอย่างแอปพลิเคชันทางสถิติบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จำนวน 5 แอปพลิเคชันคือ

1. แอปพลิเคชัน Statistics Calculator จัดทำโดย GK APPS
2. แอปพลิเคชัน Statistics Calculator Free จัดทำโดย CHRISTIAN GOLLNER
3. แอปพลิเคชัน Statistic Calculator จัดทำโดย DIIGEEBIRD
4. แอปพลิเคชัน X Stats-Statistic Calculator จัดทำโดย SAIKAM
5. แอปพลิเคชัน Descriptive Statistic จัดทำโดย FERNANDO HARO

พบว่าโปรแกรมที่ได้นำมาทำการศึกษาในแต่ละแอปพลิเคชันมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป (รายละเอียดอยู่ในบทที่ 2) ซึ่งทำให้ทราบความต้องการของผู้ที่ใช้งานได้ชัดเจนและเข้าใจผู้ใช้งานมากขึ้น ว่าผู้ใช้งานต้องการแอปพลิเคชันแบบไหน ต้องการฟังก์ชันการใช้งานอะไรบ้าง เพราะฉะนั้น เราจึงจะ ออกแบบ แอปพลิเคชันเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานให้ได้มากที่สุด โดยนำเอาข้อดีของแต่ละแอปพลิเคชันมาศึกษาและดูว่าข้อดีข้อไหนที่สามารถนำมาใช้ในแอปพลิเคชันของเราได้บ้าง ส่วนข้อเสียของแต่ละแอปพลิเคชันนั้นจะปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น เพื่อให้แอปพลิเคชันมีคุณภาพและตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด

3.2 การออกแบบหน้าจอ

จากที่ได้ศึกษาแอปพลิเคชันสถิติบนสมาร์ตโฟนต่างๆ จึงได้แนวคิดที่ออกแบบหน้าจอดังต่อไปนี้

แอปพลิเคชันที่พัฒนาควรใช้งานได้ง่าย สามารถศึกษาได้ด้วยตนเอง แล้วเข้าใจว่าแอปพลิเคชันนั้นสามารถทำอะไรได้บ้าง มีคำสั่งให้เลือกใช้อย่างชัดเจน สามารถใส่ค่าข้อมูลและแก้ไขได้ง่าย มีการแสดงผลอย่างชัดเจน พร้อมทั้งมีรูปภาพและสูตรการหาค่าที่ใช้ในการคำนวณในแอปพลิเคชัน ประกอบอยู่ด้วย ซึ่งทำให้ผู้ใช้งานสะดวกและเข้าใจมากขึ้น เพราะฉะนั้นจึงมีการออกแบบหน้าจอดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มจากการสร้างเมนูหลัก โดยแบ่งหัวข้อใหญ่ๆ เป็น 2 หัวข้อ คือ เนื้อหาเกี่ยวกับการวางแผนการตลาดแบบสปลิท-พลอทและการคำนวณค่าสถิติ

โดยส่วนที่หนึ่ง หน้าจอการแสดงผลเนื้อหาทางสถิติเป็นเรื่องเกี่ยวกับการวางแผนการตลาดแบบสปลิท-พลอท ซึ่งจะแบ่งเป็นการคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและรอง การหาค่าข้อมูลสูญหาย ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจเนื้อหาของสถิติที่จะคำนวณได้

ส่วนที่สอง หน้าจอการคำนวณค่าสถิติ จากข้อมูลที่ใส่เข้าไปจะสามารถหาผลลัพธ์ได้ดังนี้ คือ ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและรอง ค่าสถิติเอฟ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน และค่าข้อมูลสูญหาย ซึ่งแต่ละผลลัพธ์นั้นเป็นค่าสถิติพื้นฐานที่คนส่วนใหญ่นิยมใช้

นอกจากนี้ยังมีส่วนเสริมสำหรับผู้ที่ต้องการทราบสูตรที่ใช้ในการคำนวณต่างๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณในแอปพลิเคชันและนำไปใช้ในการอ้างอิงของผู้ใช้งานอีกด้วย

3.3 การศึกษาภาษาที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชัน

ทำการศึกษาภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม เพื่อให้ได้โปรแกรมที่มีความสมบูรณ์และเป็นมาตรฐาน ตัวอย่างเช่น ภาษา Java โดยทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดคำสั่งต่างๆ เช่น การเรียกค่าจากคลาส (แม่แบบที่ใช้สร้างเว็บ) อื่นๆ ภาษา XML (Extensible Markup Language) ที่ใช้ในการแสดงผลข้อมูล เช่น ให้แสดงผลตัวเล็ก ตัวหนา ตัวเอียง ชิดเส้นใต้ และเป็นภาษาที่สามารถใช้รับส่งข้อมูลหนึ่งมายังอีกข้อมูลหนึ่งได้ โดยอาจจะพัฒนาด้วย ASP, PHP หรือ JavaScript ก็ได้

3.4 การศึกษาโปรแกรม Android Studio

สำหรับ Android Studio เป็นส่วนเสริมของระบบการพัฒนาล่าสุดจาก Google ไว้พัฒนาโปรแกรม แอนดรอยด์โดยเฉพาะ ซึ่งวัตถุประสงค์ของ Android Studio คือต้องการพัฒนาเครื่องมือ IDE เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบโดยใช้รูปภาพสื่อความหมายระหว่างผู้ใช้งานกับตัวโปรแกรม หรือสัญลักษณ์มาใช้ในการช่วยให้สามารถแสดงผลของแอปพลิเคชัน ในมุมมองที่แตกต่างกันบน Smart Phone แต่ละรุ่น สามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการประมวลผล

แอปพลิเคชันบนโปรแกรมจำลองการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งยังปรับปรุงแก้ไขในเรื่องความเร็วของโปรแกรมจำลองการทำงานนี้ยังเจอปัญหาบางอย่างในปัจจุบัน

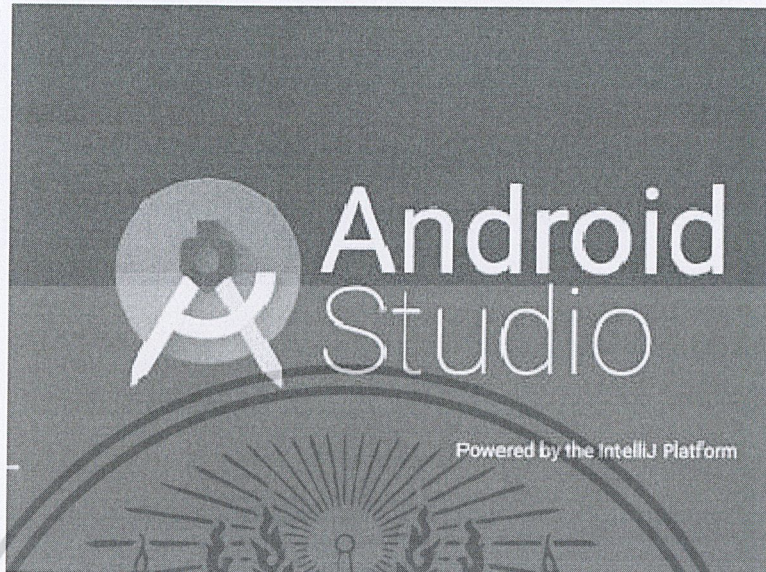
การเขียนแอปพลิเคชันบน Android Studio จะมีขั้นตอนอยู่ 2 ขั้นตอนคือ ติดตั้ง Java SDK และดาวน์โหลด Android Studio มาติดตั้งก็จะสามารถใช้งานได้ทันที โดยที่เราไม่ต้องทำการติดตั้ง Android ADT Plugin แต่อย่างใด ซึ่งช่วยลดขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือต่าง ๆ ได้

ในปัจจุบันโปรแกรม Android Studio ยังอยู่ในช่วงไม่สมบูรณ์กำลังพัฒนาระบบ แต่เราสามารถดาวน์โหลดเพื่อใช้งานบนที่รองรับโปรแกรมต่างๆ ได้เกือบทุกระบบปฏิบัติการ เช่น Windows, Mac และ Linux และจากที่ได้ทำการดาวน์โหลดมาติดตั้งและทดสอบความสามารถของ Android Studio ซึ่งในครั้งแรก ๆ อาจจะ สับสนเมนูต่างๆ อยู่บ้าง แต่โดยพื้นฐานแล้วจะคล้ายๆ กับการเขียนแอนดรอยด์บนโปรแกรม Eclipse พวกโครงสร้างไฟล์หรือรูปแบบของโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ก็คล้ายๆ กัน แต่จะแปลกใหม่ตรงที่มีการแสดงผลในส่วนของผู้ใช้หรืออุปกรณ์ที่มีความสามารถมากขึ้น

หลังจากติดตั้งโปรแกรมเสร็จแล้ว จะมีการเริ่มวิธีการดำเนินงานเบื้องต้นดังนี้

1. เปิดโปรแกรม Android Studio ขึ้นมา โดยเลือกไฟล์ที่ได้ทำการติดตั้งโปรแกรม Android Studio ไว้ และคลิกสัญลักษณ์โปรแกรมเพื่อเปิดโปรแกรม โดยโปรแกรมจะมีลักษณะดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 หน้าจอโปรแกรมของ Android studio

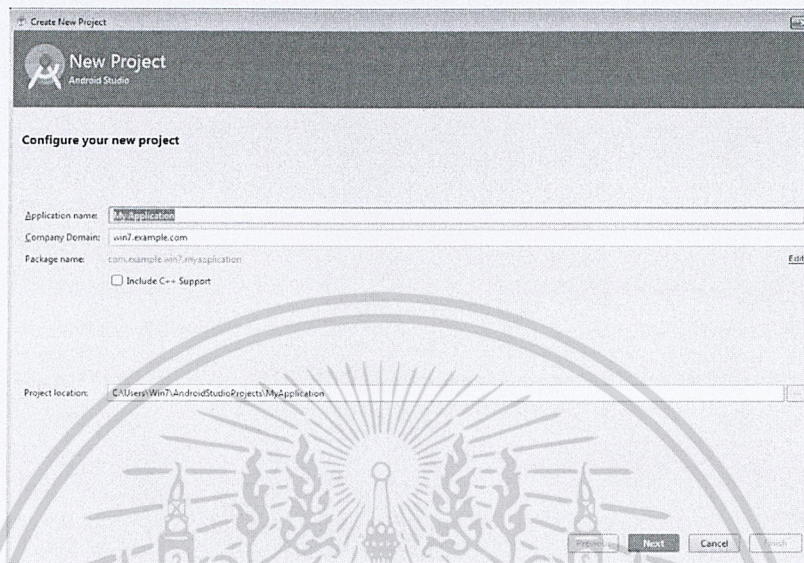
2. เมื่อเปิด Android Studio



รูปที่ 3.2 หน้าจอของโปรแกรมให้เลือกรายการในการสร้างแผนงาน

เมื่อเปิด Android Studio ขึ้นมาแล้วให้เลือก Start a new Android Studio project เพื่อสร้างแผนงานใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

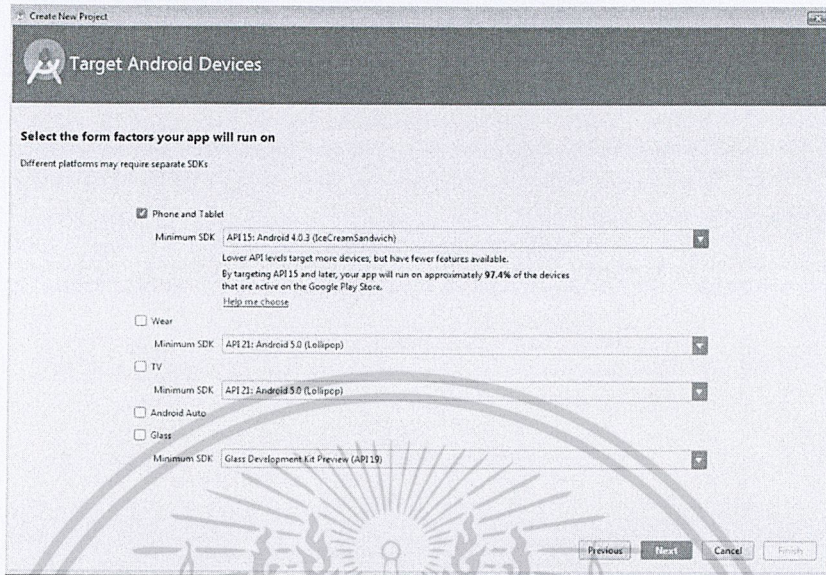


รูปที่ 3.3 หน้าจอของโปรแกรม

หน้าจอ Create New Project จะแสดงขึ้นมา โดยจะต้องกำหนดค่าให้กับแผนงานที่จะสร้างดังนี้
 Application name เป็น ชื่อแอปพลิเคชัน เป็นเหมือนชื่อแผนงาน
 Company Domain เป็น เป็นชื่อของบริษัท แอปพลิเคชันที่มีชื่อบริษัทเหมือนกันจะสามารถถ่าย
 โอนข้อมูลกันได้สะดวกกว่า
 Project location เป็น โฟลเดอร์ที่ใช้ในการเก็บไฟล์แผนงาน

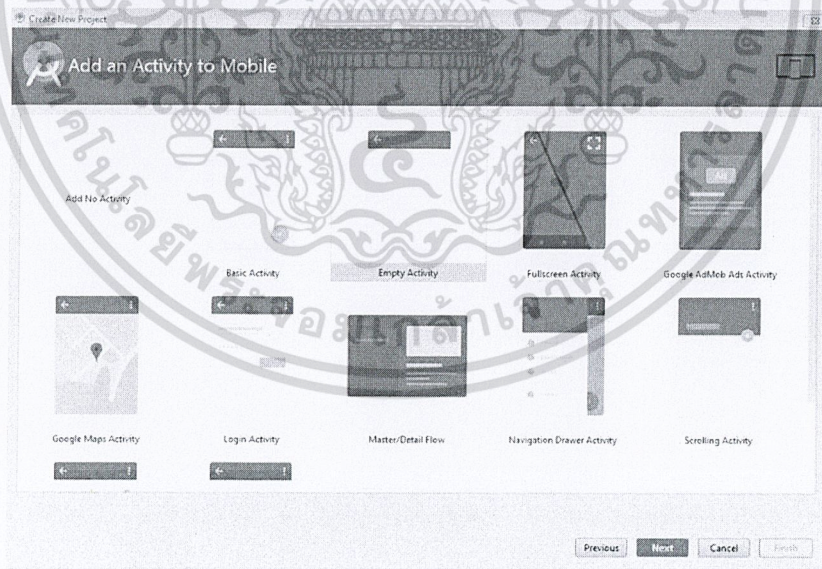
3. การกำหนดว่าจะสร้างแผนงานสำหรับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนโดยเลือกเป็น Phone and Tablet แล้วจะมีการกำหนดรุ่น (version) ขั้นต่ำที่รองรับ (อุปกรณ์แอนดรอยด์ที่รุ่นต่ำกว่าจะไม่สามารถติดตั้งได้ แต่รุ่นที่สูงกว่าจะสามารถติดตั้งใช้งานได้) โดยแนะนำให้เลือกรุ่นขั้นต่ำเป็น API 15 : Android 4.0.3 เนื่องจากรุ่นที่ต่ำกว่านั้นมีค่อนข้างน้อยมาก และจะเห็นคำแนะนำจาก Android Studio ว่ารุ่นตั้งแต่ 4.0.3 ขึ้นไปในตลาดนั้นมีมากถึง 87.9% ของผู้ใช้ทั้งหมด (หมายความว่า มี 12.1% ที่ใช้รุ่นต่ำกว่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 หน้าจอโปรแกรมในการเลือกวางแผนงานกับสมาร์ทโฟน

4. Android Studio จะให้เลือกหน้าจอกิจกรรม (Activity) เริ่มแรก ที่จะใช้รันแอปพลิเคชัน ดังนั้นเลือกหน้าจอกิจกรรมที่ว่าง เพื่อออกแบบหน้าจอตามความต้องการ (Blank Activity)



รูปที่ 3.5 หน้าจอของโปรแกรมเพื่อเลือกรูปแบบหน้าจอของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

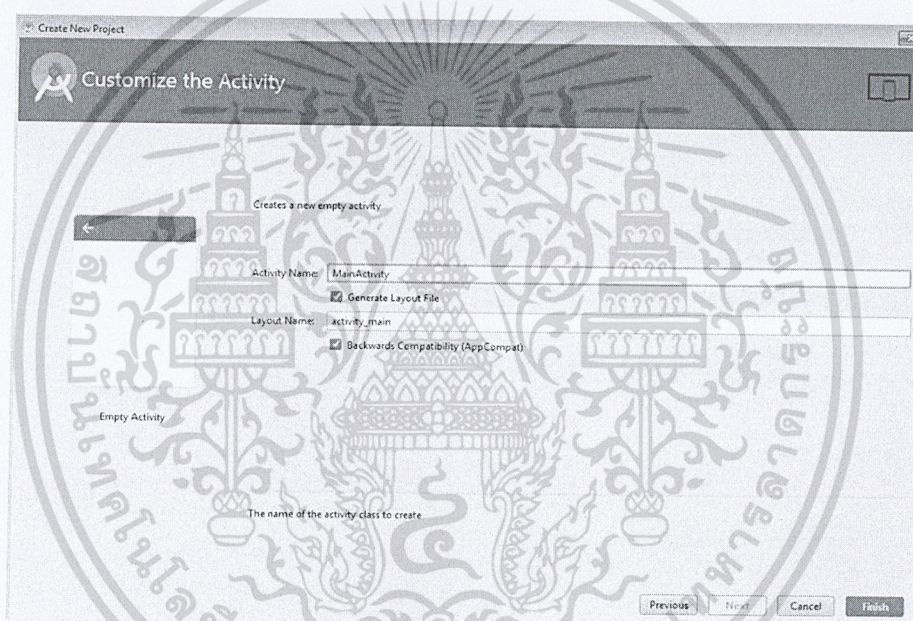
5. เลือกเสร็จแล้วจะพบหน้าจอให้กรอกรายละเอียดของ Activity ที่เลือกมา

Activity Name เป็น ชื่อ Activity จะกลายเป็นชื่อคลาสด้วย ดังนั้นต้องตั้งชื่อตามรูปแบบตัวแปร

Layout Name เป็น ชื่อแฟ้มข้อมูลที่จะเก็บลักษณะของหน้าจอกิจกรรมไว้

Title เป็น ชื่อที่จะปรากฏข้างบนแถบเครื่องมือ

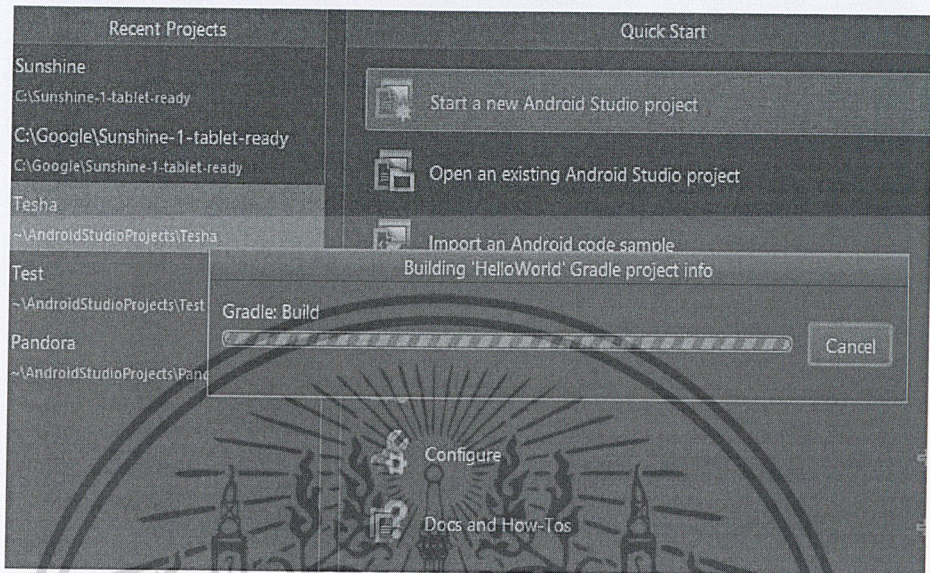
Menu Resource เป็น ชื่อไฟล์ที่จะเก็บรายละเอียดของเมนูเอาไว้



รูปที่ 3.6 หน้าจอของโปรแกรมให้ระบุรายละเอียดของหน้าต่างแอปพลิเคชัน

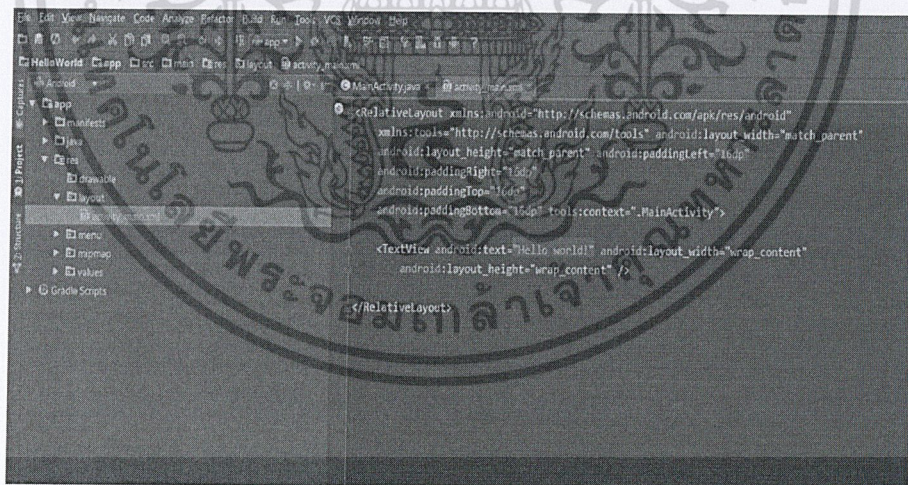
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. คลิกเลือก Finish จากนั้นให้ android studio สร้างแผนงาน



รูปที่ 3.7 หน้าจอของโปรแกรมในการรันข้อมูลให้ android studio สร้างแผนงาน

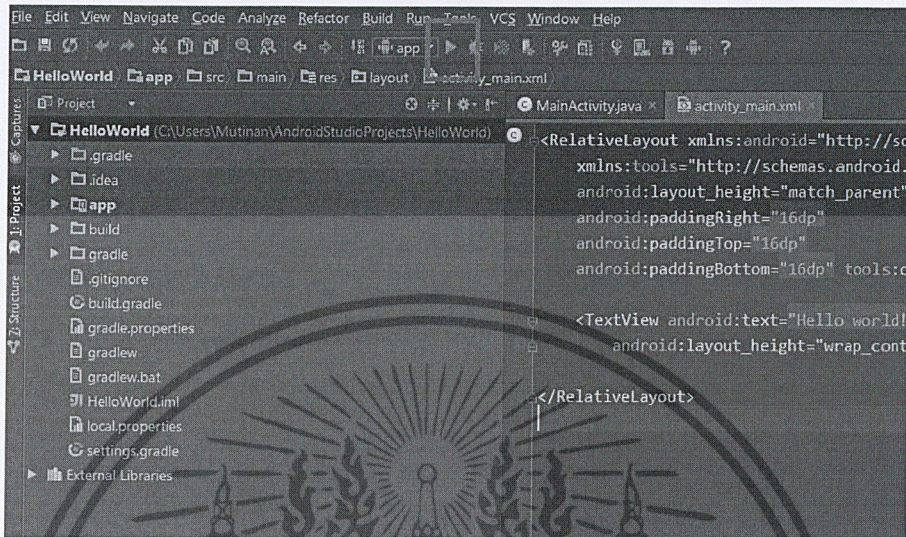
เมื่อระบบสร้างให้เสร็จ ก็จะพบหน้าจอต่อไปนี้



รูปที่ 3.8 หน้าจอของโปรแกรมเมื่อโปรแกรมสร้างแผนงานเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เขียนโค้ดจาวา แล้วประมวลผล



รูปที่ 3.9 หน้าจอของโปรแกรมในการเขียนภาษาจาวาเพื่อสร้างแอปพลิเคชัน

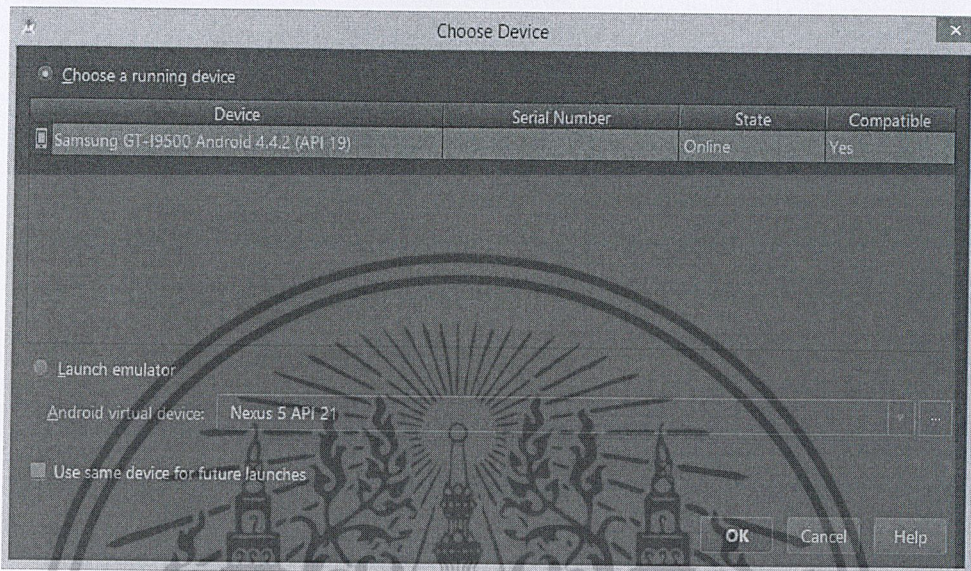
หลังจากนั้นให้โปรแกรมรวบรวมแผนงาน โดยการประมวลผลสิ่งที่ต้องทำก่อนหลังที่ถูกเพิ่มขึ้นมา ใน Android Studio ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลนาน



รูปที่ 3.10 หน้าจอโปรแกรมแสดงแถบของการโหลดข้อมูล

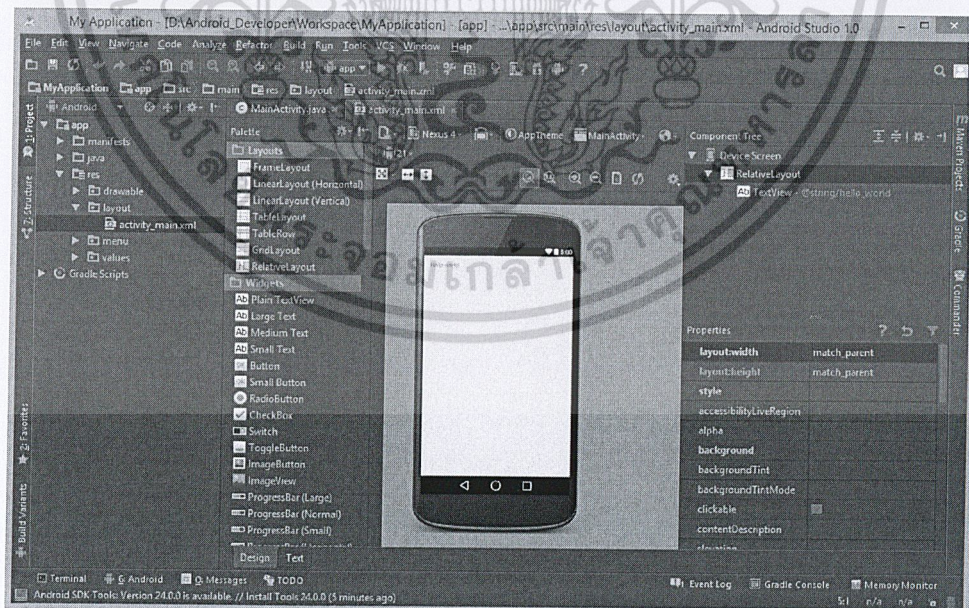
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ถ้าประมวลผลผ่านจะมีหน้าจอขึ้นมาถามว่า ต้องการใช้ Smart Phone ในการทดสอบแอปพลิเคชัน ถ้าไม่มีก็ยังสามารถใช้โปรแกรมทดสอบแอปพลิเคชันต่อได้เช่นกัน



รูปที่ 3.11 หน้าจอของโปรแกรมให้เลือกแสดงผลบนสมาร์ตโฟนหรือกับโปรแกรม

9. จะได้หน้าจอแอปพลิเคชันหลังจากนั้นให้ออกแบบหน้าจอแอปพลิเคชันตามที่ได้ออกแบบไว้



รูปที่ 3.12 หน้าจอของโปรแกรมในการแสดงผลบนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การศึกษาโปรแกรมเจสัน (JSON)

JSON (JavaScript Object Notation) คือรูปแบบของข้อมูลที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลที่มีขนาดเล็ก ซึ่งคนสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และสามารถถูกสร้างและอ่านโดยเครื่องได้ง่ายถูกกำหนดภายใต้ภาษา JavaScript (JavaScript Programming Language, Standard ECMA-262 3rd Edition – December 1999) JSON เป็นรูปแบบข้อมูลตัวอักษรที่มีความเป็นอิสระอย่างสมบูรณ์ แต่จะมีหลักการเขียนที่คุ้นเคยกับนักเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นภาษา C, C++, C#, Java, Javascript, Perl, Python และอื่นๆ คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ JSON เป็นภาษาแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สมบูรณ์แบบ

โดย JSON ถูกสร้างขึ้นจากชุดข้อมูลของ literal object notation ใน javascript JSON จะใช้ [] แทน array และใช้ {} แทน hash แต่ละสมาชิกคั่นด้วย comma (,) และแต่ละชื่อสมาชิกคั่นด้วย colon (:) โค้ดตัวอย่างของ JSON เป็นดังนี้

```
{
  "firstName": "John",
  "lastName": "Smith",
  "address": {
    "streetAddress": "21 2nd Street",
    "city": "New York",
    "state": "NY",
    "postalCode": 10021
  },
  "phoneNumbers": [
    "212 555-1234",
    "646 555-4567"
  ]
}
```

รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการเขียนโค้ดลงบนเว็บไซต์ myjson

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบัน JSON นิยมใช้ในเว็บแอปพลิเคชัน โดยเฉพาะ AJAX โดย JSON เป็นทางเลือกในการส่งข้อมูล นอกเหนือไปจาก XML ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ สาเหตุที่ JSON เริ่มได้รับความนิยมเป็นเพราะกระชับและเข้าใจง่ายกว่า XML

3.6 การทดลองใช้แอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

หลังจากเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว เราจะนำไฟล์แอปพลิเคชันที่ทำเสร็จแล้วในนามสกุลไฟล์ที่เป็น .apk มาทดลองในสมาร์ตโฟน โดยให้เปิดแผนงานที่เขียนในโปรแกรม Android Studio ทิ้งไว้ จากนั้นให้ไปที่ไฟล์ที่ติดตั้งแผนงานไว้ชื่อแอปพลิเคชัน/bin จะเห็นชื่อแอปพลิเคชันที่มีนามสกุล .apk จากนั้นการนำมาติดตั้งบนโทรศัพท์มือถือ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ และมีขั้นตอนดังนี้

3.6.1 การติดตั้งแอปพลิเคชันผ่านคอมพิวเตอร์

1. นำสมาร์ตโฟนมาต่อกับคอมพิวเตอร์
2. ติดตั้งแอปพลิเคชันไว้ในโฟลเดอร์ที่ต้องการ
3. ในสมาร์ตโฟนให้ไปที่ My Files/โฟลเดอร์ที่ลงแอปพลิเคชัน .apk ไว้
4. เลือกแอปพลิเคชันที่จะติดตั้ง
5. เลือก Install
6. เสร็จสิ้นกระบวนการติดตั้งแอปพลิเคชัน

3.6.2 การติดตั้งแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนโดยตรง

1. ดาวน์โหลดแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟน
2. ในสมาร์ตโฟนให้ไปที่ My File/Download
3. เลือกแอปพลิเคชันที่จะติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เลือก Install

5. เสร็จสิ้นกระบวนการติดตั้งแอปพลิเคชัน

ถ้าไม่สามารถติดตั้งค่าได้จะต้องตั้งค่า Unknow sources ก่อนโดยมีวิธีการดังนี้

1. ไปที่ Settings/Applications
2. ตรวจสอบหัวข้อ Unknow sources
3. เสร็จสิ้นกระบวนการตั้งค่า

ข้อมูลของแอปพลิเคชัน

ชื่อแอปพลิเคชัน : Split-plot-app

รุ่น 1.0.0 พัฒนาเมื่อ พฤษภาคม 2560

ขนาดไฟล์ : 8.5 MB

พื้นที่ใช้ในการติดตั้งบนโทรศัพท์ : 8.5 MB

โทรศัพท์ที่รองรับ : Samsung เวอร์ชัน 4.2 ขึ้นไป

จากนั้นทำการทดลองแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟน เพื่อหาข้อผิดพลาดต่างๆ โดยจะนำข้อผิดพลาดไปแก้ไขต่อไป โดยแอปพลิเคชันที่สร้างเสร็จแล้ว ทางคณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษได้ทดลองใช้งานและผลที่คาดหวังคือ คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้ดีและคำนวณได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ปรับปรุงแก้ไขข้อผิดพลาด

หลังจากการทดลองใช้แอปพลิเคชันและสอบถามจากผู้ทดลองใช้แอปพลิเคชันแล้ว หากมีข้อเสนอแนะจากผู้ทดลองใช้งานหรือมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เราก็นำข้อเสนอแนะและส่วนที่เกิดความผิดพลาดนั้นไปปรับปรุงแก้ไข ข้อผิดพลาดดังกล่าวให้ดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

โปรแกรมประยุกต์หรือแอปพลิเคชันที่ได้ให้ชื่อว่า Split-plot-app สามารถติดตั้งและทำงานได้บนโทรศัพท์สมาร์ทโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ตั้งแต่รุ่น 4.2 ขึ้นไป ผลจากการทดลองคำนวณค่าต่างๆโดยใช้แอปพลิเคชันนี้ ให้ผลลัพธ์ของการคำนวณ ที่สะดวกและรวดเร็วง่ายต่อการใช้งานในทุกสถานที่ และมีความถูกต้อง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง โดยในหน้าของแอปพลิเคชันจะมีหน้าตา ดังนี้



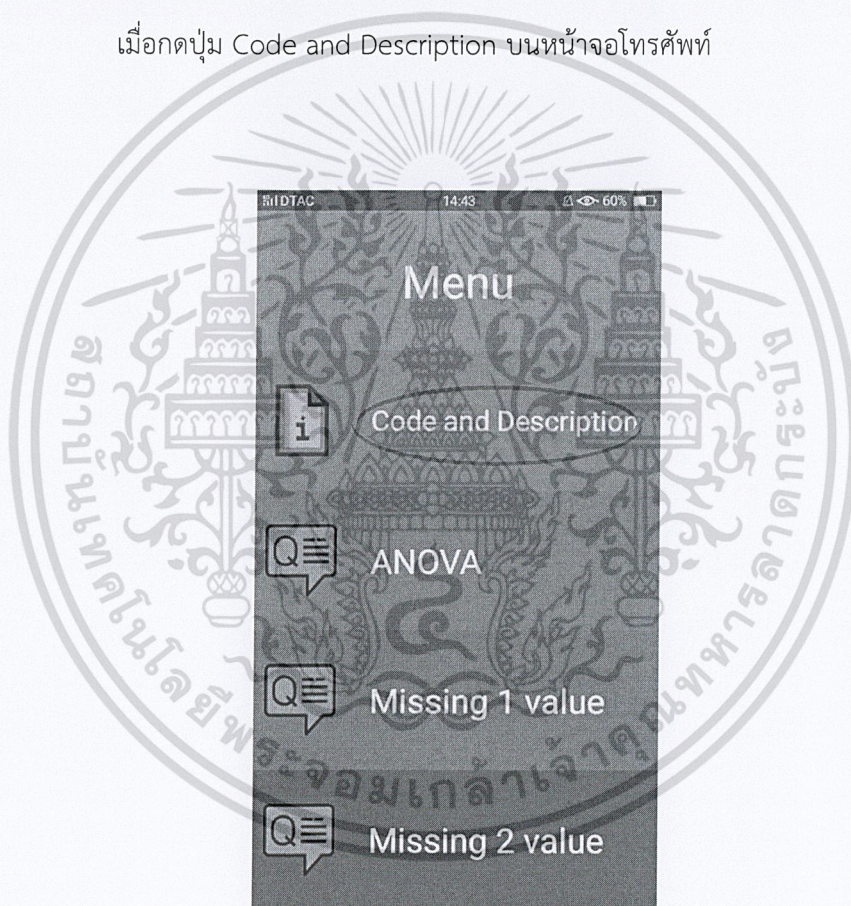
รูปที่ 4.1 สัญลักษณ์แอปพลิเคชันบนหน้าจอโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้าจอของแอปพลิเคชันประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

- 4.1 โค้ดและคำอธิบาย (Code and Description)
- 4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)
- 4.3 การคำนวณค่าข้อมูลสูญหาย 1 ค่า (Missing 1 Value)
- 4.4 การคำนวณค่าข้อมูลสูญหาย 2 ค่า (Missing 2 Value)
- 4.1.1 โค้ด (Code)

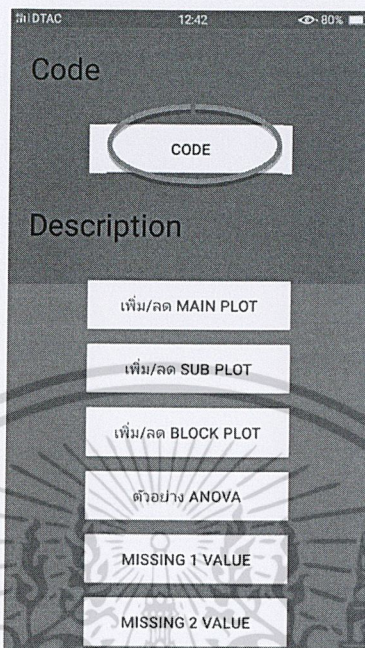
เมื่อกดปุ่ม Code and Description บนหน้าจอโทรศัพท์



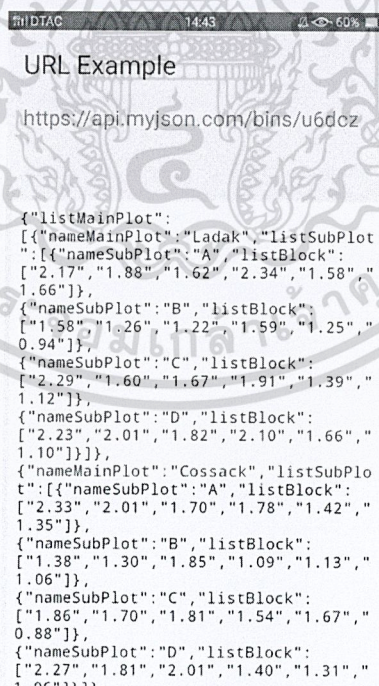
รูปที่ 4.2 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กดปุ่ม Code



รูปที่ 4.3 หน้าจอ Code and Description

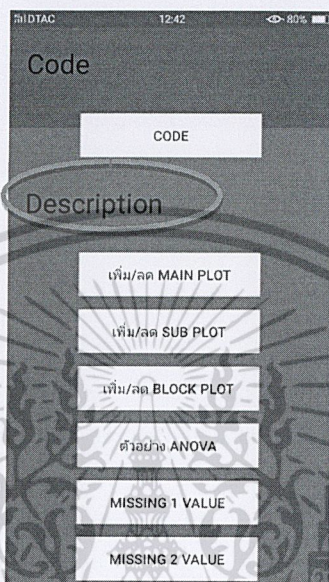


รูปที่ 4.4 หน้าจอโค้ดจากแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 เมื่อกดปุ่ม Code and Description บนหน้าจอโทรศัพท์จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.4 หลังจากนั้นกดปุ่ม Code จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.5 หลังจากนั้นทำการคัดลอกโค้ดไปวางบนหน้าเว็บไซต์ myjson เพื่อทำการใส่ค่าของข้อมูลให้ได้ลิงค์ไปใช้คำนวณในแอปพลิเคชัน

4.1.2 คำอธิบาย (Description)



รูปที่ 4.5 หน้าจอ Code and Description

จากรูปที่ 4.2 กดเลือก Code and Description บนหน้าจอโทรศัพท์จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.5 และทำการเลือก Description โดยมีเนื้อหาคำอธิบาย ดังนี้ การอธิบายความหมายโค้ด

1. nameMainPlot คือ ชื่อของทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A",
8           "listBlock": [
9             "2.17",
10            "1.88",
11            "1.62",
12            "2.34",
13            "1.58",
14            "1.65"
15          ]
16        }
17      ]
18    },
19    {
20      "nameSubPlot": "B",
21      "listBlock": [
22        "1.58",
23      ]
24    }
25  ]
26 }

```

Save

รูปที่ 4.6 หน้าจอชื่อทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากช่องสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4.6 เป็นการประกาศชื่อของทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก โดยใช้ชื่อว่า Ladak

2. nameSubplot คือ ชื่อของทริทเมนต์ในแปลงรอง

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A",
8           "listBlock": [
9             "2.17",
10            "1.88",
11            "1.62",
12            "2.34",
13            "1.58",
14            "1.66"
15          ]
16        },
17        {
18          "nameSubPlot": "B",
19          "listBlock": [
20            "1.58"
21          ]
22        }
23      ]
24    }
25  ]
26 }

```

รูปที่ 4.7 หน้าจอชื่อทริทเมนต์ในแปลงทดลองรอง

จากช่องสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4.7 เป็นการประกาศชื่อของทริทเมนต์ในแปลงทดลองรอง โดยใช้ชื่อว่า A

3. listBlock คือ บล็อกที่ทำการศึกษา

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A",
8           "listBlock": [
9             "2.17",
10            "1.88",
11            "1.62",
12            "2.34",
13            "1.58",
14            "1.66"
15          ]
16        },
17        {
18          "nameSubPlot": "B",
19          "listBlock": [
20            "1.58"
21          ]
22        }
23      ]
24    }
25  ]
26 }

```

รูปที่ 4.8 หน้าจอข้อมูลในบล็อก

จากช่องสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าค่าในบล็อกของพันธุ์ Ladak ในวันที่เก็บเกี่ยวเอกสารนี้ A ทั้ง 6 บล็อก คือ 2.17, 1.88, 1.62, 2.34, 1.58, 1.66 เท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4     {
5       "nameMainPlot": "Ladak",
6       "listSubPlot": [
7         {
8           "nameSubPlot": "A",
9           "listBlock": [
10            "2.17",
11            "1.68",
12            "1.62",
13            "2.34",
14            "1.58",
15            "1.66"
16          ]
17        }
18      ]
19    }
20
21    {
22      "nameSubPlot": "B",
23      "listBlock": [
24        "1.26",
25        "1.22",
26        "1.59",
27        "1.25",
28        "0.94"
29      ]
30    }
31  ]
32
33  {
34    "nameSubPlot": "C",
35    "listBlock": [
36      "2.23",
37      "1.60",
38      "1.67",
39      "1.91",
40      "1.39",
41      "1.12"
42    ]
43  }
44
45  }
46
47  {
48    "nameSubPlot": "D",
49    "listBlock": [
50      "2.23",
51      "2.01",
52      "1.82",
53      "2.10",
54      "1.66",
55      "1.10"
56    ]
57  }
58
59  ]
60
61  }
62
63  {
64    "nameMainPlot": "Cossack",
65    "listSubPlot": [
66      {
67        "nameSubPlot": "A",
68        "listBlock": [
69          "2.33",
70          "2.01"
71        ]
72      }
73    ]
74  }

```

Save

Save

Save

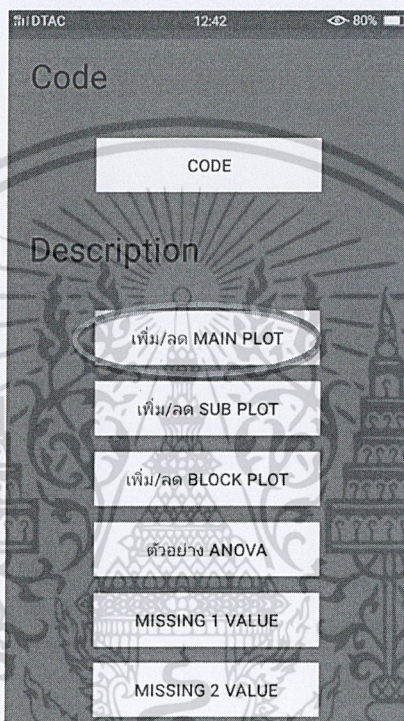
รูปที่ 4.9 หน้าจอเว็บไซต์การใส่ค่าของข้อมูลในทริทเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากช่องสี่เหลี่ยมในรูปที่ 4.10 คือ 1 ทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก เช่น Ladak ซึ่งมี 4 ทริทเมนต์ในแปลงทดลองรองคือ A, B, C และ D และมีบล็อกที่ต้องการศึกษา 6 บล็อก ต่อ 1 ทริทเมนต์ในแปลงทดลองรอง

วิธีการปรับปรุงแก้ไขโค้ดให้ตรงกับโจทย์ที่ต้องการหาผลลัพธ์

4.1.2.1 การเพิ่มและลดจำนวนทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก



รูปที่ 4.10 หน้าจอ Code and Description

จากรูปที่ 4.2 กดเลือก Code and Description จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.10 จากนั้นทำการกดปุ่มเลือก เพิ่ม/ลด Main Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.) การเพิ่มจำนวนทรีทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4
5   {
6     "nameMainPlot": "Ladak",
7     "listSubPlot": [
8       {
9         "nameSubPlot": "A",
10        "listBlock": [
11          "2.17",
12          "1.88",
13          "1.62",
14          "2.34",
15          "1.58",
16          "1.66"
17        ]
18      }
19    ]
20  }
21  {
22    "nameSubPlot": "B",
23    "listBlock": [
24      "1.58",
25      "1.26",
26      "1.22",
27      "1.59",
28      "1.25",
29      "0.94"
30    ]
31  }
32  {
33    "nameSubPlot": "C",
34    "listBlock": [
35      "2.29",
36      "1.60",
37      "1.67",
38      "1.91",
39      "1.39",
40      "1.12"
41    ]
42  }
43  }
44  ]
45 }
46
47 {
48   "nameSubPlot": "D",
49   "listBlock": [
50     "2.23",
51     "2.01",
52     "1.82",
53     "2.10",
54     "1.66",
55     "1.10"
56   ]
57 }
58 ]
59 }
60
61
62 {
63   "nameMainPlot": "Cossack",
64   "listSubPlot": [

```

รูปที่ 4.11 หน้าจอโค้ดแปลงทดลองหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ซึ่งการคัดลอกได้ 1 แปลงทดลองหลักในช่องสี่เหลี่ยมทั้งหมด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

55   }
56   }
57   ]
58   ]
59   }
60   }
61   {
62     "nameMainPlot": "Ladak",
63     "listSubPlot": [
64       {
65         "nameSubPlot": "A",
66         "listBlock": [
67           "2.17",
68           "1.88",
69           "1.62",
70           "2.34",
71           "1.58",
72           "1.66"
73         ]
74       }
75     ]
76   }
77   {

```

Save

รูปที่ 4.12 หน้าจอการเพิ่มโค้ดแปลงทดลองหลัก

```

52     "2.10",
53     "1.66",
54     "1.10"
55   ]
56   }
57   ]
58   ]
59   }
60   }
61   {
62     "nameMainPlot": "Colack",
63     "listSubPlot": [
64       {
65         "nameSubPlot": "A",
66         "listBlock": [
67           "2.17",
68           "1.88",
69           "1.62",
70           "2.34",
71           "1.58",
72           "1.66"
73         ]
74       }

```

Save

รูปที่ 4.13 หน้าจอการเปลี่ยนชื่อโค้ดแปลงทดลองหลัก

หลังจากนำโค้ดที่คัดลอกในรูปที่ 4.11 มาวางบนหน้าเว็บไซต์ myjson ต่อจากบรรทัดที่คัดลอกโค้ด จะได้รูปที่ 4.12 จากนั้นทำการเปลี่ยนชื่อ nameMain plot เพื่อไม่ให้ซ้ำกันและในที่นี้เปลี่ยนชื่อจาก Ladak เป็น Colack จะได้ดังรูปที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การลดจำนวนทริทเมนต์ในแปลงทดลองหลัก

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4
5
6   {
7     "nameMainPlot": "Cossack",
8     "listSubPlot": [
9       {
10        "nameSubPlot": "A",
11        "listBlock": [
12          "2.33",
13          "2.01",
14          "1.70",
15          "1.78",
16          "1.42",
17          "1.35"
18        ]
19      }
20    ]
21  },
22  {
23    "nameSubPlot": "B",
24    "listBlock": [

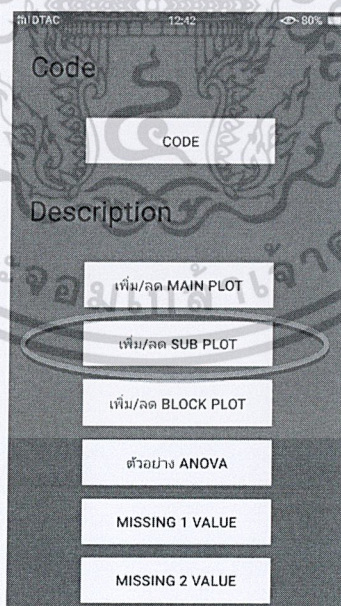
```

Save

รูปที่ 4.14 หน้าจอการลบโค้ดแปลงทดลองหลัก

จากรูปที่ 4.11 ถ้าต้องการลดแปลงทดลองหลัก 1 แปลง ให้ทำการลบโค้ดในช่องสี่เหลี่ยมทั้งหมดจะได้โค้ดดังรูปที่ 4.14 ซึ่งเหลือเพียง 2 แปลงทดลองหลักจากเดิมที่มี 3 แปลงทดลองหลัก

4.1.2.2 การเพิ่มและลดจำนวนทริทเมนต์ในแปลงทดลองรอง



รูปที่ 4.15 หน้าจอ Code and Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 กดเลือก Code and Description จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.15 จากนั้นทำการ กดปุ่มเลือก เพิ่ม/ลบ SubPlot

1.) การเพิ่มจำนวนทรีทเมนต์ในแปลงทดลองรอง

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4
5   {
6     "nameMainPlot": "Cossack",
7     "listSubPlot": [
8
9     {
10      "nameSubPlot": "A",
11      "listBlock": [
12        "2.33",
13        "2.01",
14        "1.70",
15        "1.78",
16        "1.42",
17        "1.35"
18      ]
19    }
20  ],
21 }
22 {
23   "nameSubPlot": "B",
24   "listBlock": [

```

Save

รูปที่ 4.16 หน้าจอโค้ดแปลงทดลองรอง
จากรูปที่ 4.16 ทำการคัดลอกโค้ด 1 แปลงทดลองรองในช่องสี่เหลี่ยมทั้งหมด

```

5 {
6   "nameMainPlot": "Cossack",
7   "listSubPlot": [
8
9   {
10    "nameSubPlot": "A",
11    "listBlock": [
12      "2.33",
13      "2.01",
14      "1.70",
15      "1.78",
16      "1.42",
17      "1.35"
18    ]
19  }
20 }
21 {
22   "nameSubPlot": "A",
23   "listBlock": [
24     "2.33",
25     "2.01",
26     "1.70",
27     "1.78",

```

Save

รูปที่ 4.17 หน้าจอการเพิ่มโค้ดแปลงทดลองรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

5 {
6   "nameMainPlot": "Cossack",
7   "listSubPlot": [
8     {
9       "nameSubPlot": "A",
10      "listBlock": [
11        "2.33",
12        "2.01",
13        "1.70",
14        "1.78",
15        "1.42",
16        "1.35"
17      ]
18    }
19  ],
20  {
21    "nameSubPlot": "E",
22    "listBlock": [
23      "2.33",
24      "2.01",
25      "1.70",
26      "1.78",
27      "1.42",

```

Save

รูปที่ 4.18 หน้าจอการเปลี่ยนชื่อแปลงทดลองรอง

หลังจากหน้าโค้ดที่คัดลอกจากรูปที่ 4.16 มาวางบนหน้าเว็บไซต์ myjson ต่อจากบรรทัดที่คัดลอกโค้ดจะได้รูปที่ 4.17 จากนั้นทำการเปลี่ยนชื่อ nameSubplot เพื่อให้ไม่ซ้ำกัน และในที่นี้เปลี่ยนชื่อจาก A เป็น E จะได้ดังรูปที่ 4.18

2.) การลดจำนวนทรีทเมนต์ในแปลงทดลองรอง

```

5 {
6   "nameMainPlot": "Cossack",
7   "listSubPlot": [
8     {
9       "nameSubPlot": "B",
10      "listBlock": [
11        "1.38",
12        "1.30",
13        "1.85",
14        "1.09",
15        "1.13",
16        "1.06"
17      ]
18    }
19  ],
20  {
21    "nameSubPlot": "C",
22    "listBlock": [
23      "1.86",
24      "1.70",

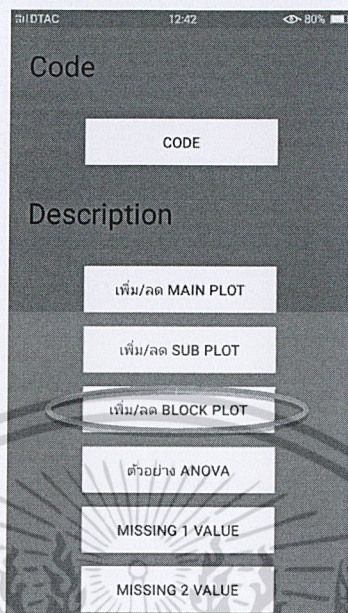
```

Save

รูปที่ 4.19 หน้าจอการลบโค้ดแปลงทดลองรอง

จากรูปที่ 4.16 ถ้าต้องการลดแปลงทดลองรอง 1 แปลง ให้ทำการลบโค้ดในช่องสี่เหลี่ยมทั้งหมดจะได้โค้ดดังรูปที่ 4.19 ซึ่งเหลือเพียง 3 แปลงทดลองรองจากเดิมที่มี 4 แปลงทดลองรอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

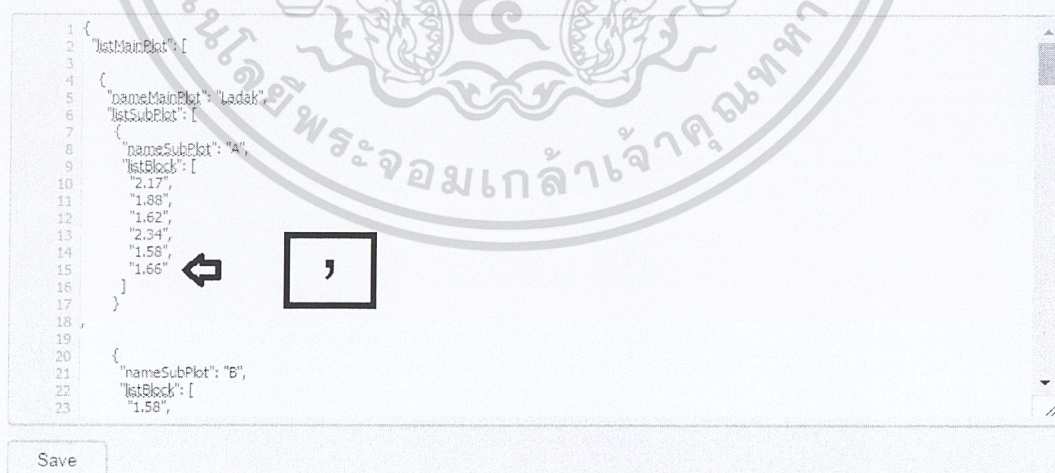
4.1.2.3 การเพิ่มและลดจำนวนบล็อก



รูปที่ 4.20 หน้าจอ Code and Description

จากรูปที่ 4.2 กดเลือก Code and Description จะได้หน้าจอตั้งรูปที่ 4.20 จากนั้นทำการกดปุ่มเลือก เพิ่ม/ลด SubPlot

1.) การเพิ่มจำนวนบล็อก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4   {
5     "nameMainPlot": "Ladak",
6     "listSubPlot": [
7       {
8         "nameSubPlot": "A",
9         "listBlock": [
10          "2.17",
11          "1.88",
12          "1.62",
13          "2.34",
14          "1.58",
15          "1.66",
16        ]
17      }
18    ]
19  }
20
21  {
22    "nameSubPlot": "B",
23    "listBlock": [
24      "1.58",
25    ]
26  }
27 ]
28 }

```

Save

รูปที่ 4.21 หน้าจอการใส่เครื่องหมายจุลภาค

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4   {
5     "nameMainPlot": "Ladak",
6     "listSubPlot": [
7       {
8         "nameSubPlot": "A",
9         "listBlock": [
10          "2.17",
11          "1.88",
12          "1.62",
13          "2.34",
14          "1.58",
15          "1.66",
16        ]
17      }
18    ]
19  }
20
21  {
22    "nameSubPlot": "B",
23    "listBlock": [
24      "1.58",
25    ]
26  }
27 ]
28 }

```

Save

รูปที่ 4.22 หน้าจอการกด Enter

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4   {
5     "nameMainPlot": "Ladak",
6     "listSubPlot": [
7       {
8         "nameSubPlot": "A",
9         "listBlock": [
10          "2.17",
11          "1.88",
12          "1.62",
13          "2.34",
14          "1.58",
15          "1.66",
16          "1.22"
17        ]
18      }
19    ]
20  }
21
22  {
23    "nameSubPlot": "B",
24    "listBlock": [
25      "1.58",
26    ]
27  }
28 ]
29 }

```

Save

รูปที่ 4.23 หน้าจอการเพิ่มข้อมูลในบล็อก

จากรูปที่ 4.21 ให้ทำการใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) ต่อจากบล็อกสุดท้ายในแปลงทดลองร่อง เพื่อเป็นการเพิ่มจำนวนบล็อก จากนั้นกด Enter ดังรูปที่ 4.22 เพื่อใส่ค่าข้อมูล ซึ่งในที่นี้ต้องการเพิ่ม 1.22 ให้พิมพ์ "1.22" หรืออัญประกาศทั้งด้านหน้าและหลังหมายเลข ดังรูปที่ 4.23 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.) การลดจำนวนบล็อก

```

2  "listMainPlot": [
3
4  {
5    "nameMainPlot": "Ladak",
6    "listSubPlot": [
7      {
8        "nameSubPlot": "A",
9        "listBlock": [
10         "2.17",
11         "1.88",
12         "1.62",
13         "2.34",
14         "1.58",
15         "1.66" ←
16       ]
17     }
18   ]
19 }
20 {
21   "nameSubPlot": "B",
22   "listBlock": [
23     "1.58",
24     "1.26",

```

Save

รูปที่ 4.24 หน้าจอการลดจำนวนบล็อก

```

2  "listMainPlot": [
3
4  {
5    "nameMainPlot": "Ladak",
6    "listSubPlot": [
7      {
8        "nameSubPlot": "A",
9        "listBlock": [
10         "2.17",
11         "1.88",
12         "1.62",
13         "2.34",
14         "1.58" ←
15       ]
16     }
17   ]
18 }
19 {
20   "nameSubPlot": "B",
21   "listBlock": [
22     "1.58",
23     "1.26",

```

Save

รูปที่ 4.25 หน้าจอการลบจำนวนบล็อก

```

2  "listMainPlot": [
3
4  {
5    "nameMainPlot": "Ladak",
6    "listSubPlot": [
7      {
8        "nameSubPlot": "A",
9        "listBlock": [
10         "2.17",
11         "1.88",
12         "1.62",
13         "2.34",
14         "1.58"
15       ]
16     }
17   ]
18 }
19 {
20   "nameSubPlot": "B",
21   "listBlock": [
22     "1.58",
23     "1.26",

```

Save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.26 หน้าจอการลบเครื่องหมายจุดภาค
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.24 ถ้าต้องการลดจำนวนบล็อกลง 1 บล็อก ให้ทำการลบข้อมูลในบรรทัดที่มี ลูกศรชี้ จากนั้นลบเครื่องหมายจุดภาคในบรรทัดที่มีลูกศรชี้ตั้งรูปที่ 4.25 ทำให้การลบบล็อกเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งจะได้บล็อกที่ต้องการศึกษาลดลงจากเดิม 6 บล็อกเหลือ 5 บล็อก ดังรูปที่ 4.26

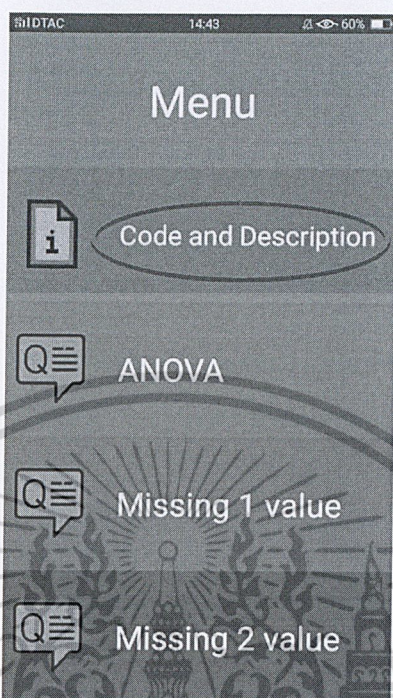
4.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ข้อมูลที่นำมาคำนวณคือข้อมูลจากตัวอย่าง 2.1 ในบทที่ 2 ดังนี้ ในการทดลองทางการเกษตร โดยใช้อัลฟาลฟา 3 พันธุ์ โดยมีวันที่เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย ใน 4 วัน ต่างๆ กัน การทดลองนี้มี 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ พันธุ์ของอัลฟาลฟามี 3 พันธุ์ เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลัก (main plot treatment) และปัจจัยที่สองคือ วันที่เก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายมี 4 วัน เป็นทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรอง (subplot treatment) วางแผนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ที่มี 6 บล็อก โดยในแต่ละบล็อกแบ่งออกเป็น 3 แปลงทดลองหลัก (main plot) และในแต่ละแปลงทดลองหลักแบ่งออกเป็น 4 แปลงทดลองรอง (subplot) การจัดแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรองให้แกทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองหลักและทรีทเมนต์สำหรับแปลงทดลองรองเป็นไปอย่างสุ่ม ผังการทดลองเป็นดังนี้

พันธุ์	วันที่เก็บเกี่ยว	บล็อก					
		1	2	3	4	5	6
Ladak	A	2.17	1.88	1.62	2.34	1.58	1.66
	B	1.58	1.26	1.22	1.59	1.25	0.94
	C	2.29	1.60	1.67	1.91	1.39	1.12
	D	2.23	2.01	1.82	2.10	1.66	1.10
			8.27	6.75	6.33	7.94	5.88
Cossack	A	2.33	2.01	1.70	1.78	1.42	1.35
	B	1.38	1.30	1.85	1.09	1.13	1.06
	C	1.86	1.70	1.81	1.54	1.67	0.88
	D	2.27	1.81	2.01	1.40	1.31	1.06
			7.84	6.82	7.37	5.81	5.53
Ranger	A	1.75	1.95	2.13	1.78	1.31	1.30
	B	1.52	1.47	1.80	1.37	1.01	1.31
	C	1.55	1.61	1.82	1.56	1.23	1.13
	D	1.56	1.72	1.99	1.55	1.51	1.33
			6.38	6.75	7.74	6.26	5.06

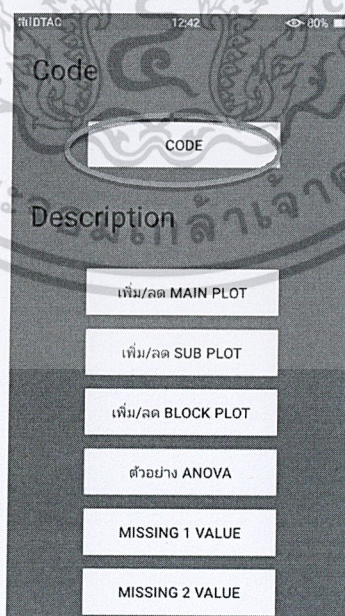
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เข้าแอปพลิเคชันกดปุ่ม Code and Description



รูปที่ 4.27 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

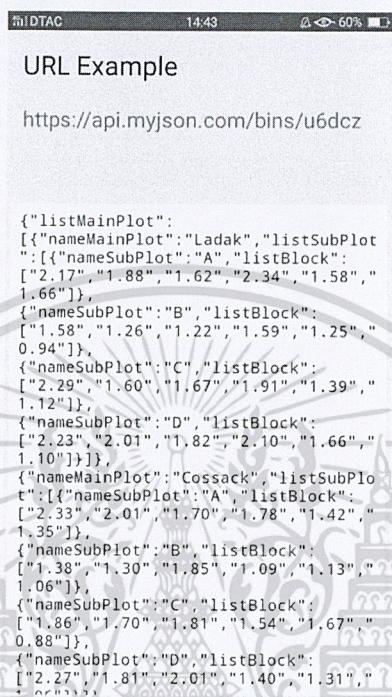
2. คัดลอกโค้ดจากแอปพลิเคชัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.28 หน้าจอ Code and Description
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.27 เมื่อกดปุ่ม Code and Description จะได้หน้าจอดังรูปที่ 4.28 จากนั้นกดปุ่ม Code เพื่อทำการคัดลอกตัวอย่างโค้ด

3. ทำการคัดลอกโค้ด จากนั้นกดลิ้งค์ myjson



```

URL Example

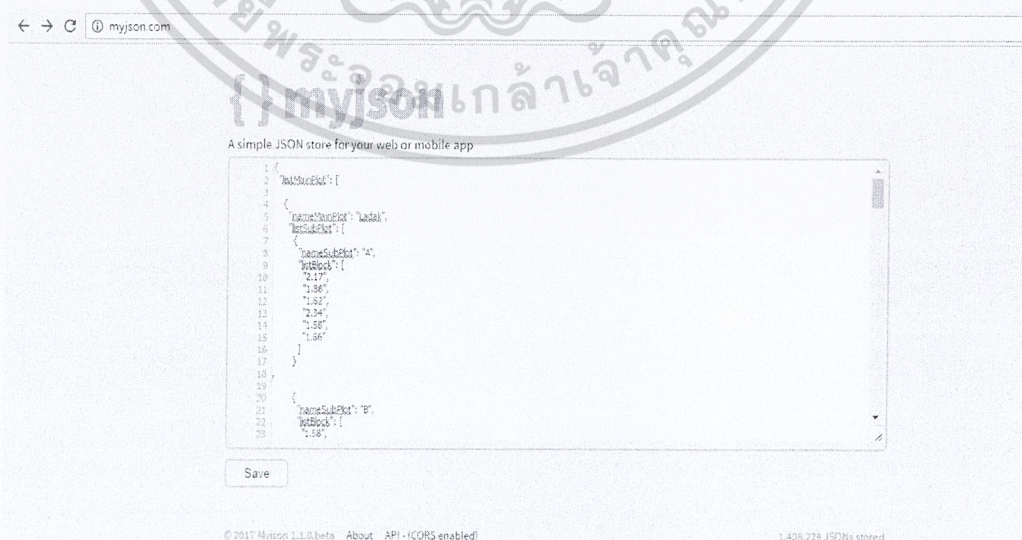
https://api.myjson.com/bins/u6dcz

{"listMainPlot":
[{"nameMainPlot": "Ladak", "listSubPlot":
[{"nameSubPlot": "A", "listBlock":
["2.17", "1.88", "1.62", "2.34", "1.58", "1.66"]},
{"nameSubPlot": "B", "listBlock":
["1.58", "1.26", "1.22", "1.59", "1.25", "0.94"]},
{"nameSubPlot": "C", "listBlock":
["2.29", "1.60", "1.67", "1.91", "1.39", "1.12"]},
{"nameSubPlot": "D", "listBlock":
["2.23", "2.01", "1.82", "2.10", "1.66", "1.10"]}],
{"nameMainPlot": "Cossack", "listSubPlot":
[{"nameSubPlot": "A", "listBlock":
["2.33", "2.01", "1.70", "1.78", "1.42", "1.35"]},
{"nameSubPlot": "B", "listBlock":
["1.38", "1.30", "1.85", "1.09", "1.13", "1.06"]},
{"nameSubPlot": "C", "listBlock":
["1.86", "1.70", "1.81", "1.54", "1.67", "0.88"]},
{"nameSubPlot": "D", "listBlock":
["2.27", "1.81", "2.01", "1.40", "1.31", "1.02"]}]}]}

```

รูปที่ 4.29 หน้าจอตัวอย่างโค้ด

4. นำโค้ดที่คัดลอกวางในหน้าเว็บไซต์ของ myjson



← → myjson.com

myjson เก็บค่าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

A simple JSON store for your web or mobile app

```

1  {
2  "listMainPlot": [
3  {
4  "nameMainPlot": "Ladak",
5  "listSubPlot": [
6  {
7  "nameSubPlot": "A",
8  "listBlock": [
9  "2.17",
10 "1.88",
11 "1.62",
12 "2.34",
13 "1.58",
14 "1.66"
15 ]
16 },
17 {
18 "nameSubPlot": "B",
19 "listBlock": [
20 "1.58",
21 "1.26",
22 "1.22",
23 "1.59",
24 "1.25",
25 "0.94"
26 ]
27 },
28 {
29 "nameSubPlot": "C",
30 "listBlock": [
31 "2.29",
32 "1.60",
33 "1.67",
34 "1.91",
35 "1.39",
36 "1.12"
37 ]
38 },
39 {
40 "nameSubPlot": "D",
41 "listBlock": [
42 "2.23",
43 "2.01",
44 "1.82",
45 "2.10",
46 "1.66",
47 "1.10"
48 ]
49 }
50 ]
51 },
52 {
53 "nameMainPlot": "Cossack",
54 "listSubPlot": [
55 {
56 "nameSubPlot": "A",
57 "listBlock": [
58 "2.33",
59 "2.01",
60 "1.70",
61 "1.78",
62 "1.42",
63 "1.35"
64 ]
65 },
66 {
67 "nameSubPlot": "B",
68 "listBlock": [
69 "1.38",
70 "1.30",
71 "1.85",
72 "1.09",
73 "1.13",
74 "1.06"
75 ]
76 },
77 {
78 "nameSubPlot": "C",
79 "listBlock": [
80 "1.86",
81 "1.70",
82 "1.81",
83 "1.54",
84 "1.67",
85 "0.88"
86 ]
87 },
88 {
89 "nameSubPlot": "D",
90 "listBlock": [
91 "2.27",
92 "1.81",
93 "2.01",
94 "1.40",
95 "1.31",
96 "1.02"
97 ]
98 }
99 ]
100 }

```

Save

© 2017 Myjson 1.1.0.beta About API (CORS enabled) 1,498,229 JSONs stored

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในเชิงการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการใส่ค่าข้อมูล

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak", // The First level of main plot
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A", // The First level of subplot
8           "listBlock": [
9             // Data in subplot A
10            "2.17",
11            "1.88",
12            "1.62",
13            "2.34",
14            "1.58",
15            "1.66"
16          ]
17        }
18      ],
19      {
20        "nameSubPlot": "B", // The Second level of subplot
21        "listBlock": [
22          // Data in subplot B
23          "1.23",
24          "1.13"
25        ]
26      }
27    ]
28  }
29 }

```

Save

```

156 "1.23",
157 "1.13"
158 ]
159 }
160 ,
161 {
162   "nameSubPlot": "D", // The Fourth level of subplot
163   "listBlock": [
164     // Data in subplot D
165     "1.56",
166     "1.72",
167     "1.59",
168     "1.55",
169     "1.51",
170     "1.33"
171   ]
172 }
173 ]
174 }
175 }
176 ]
177 }
178 }

```

Save

รูปที่ 4.31 หน้าจอการใส่ข้อมูลจากโจทย์ตัวอย่าง 2.1

หลังจากทำการคัดลอกโค้ดแล้วนำไปวางที่เว็บไซต์ myjson ให้ทำการใส่ค่าข้อมูล โดยใส่ข้อมูลแต่ละบล็อกของแปลงทดลอง A ในแปลงทดลองหลัก Ladak จนครบทุกค่า ดังรูปที่ 4.31

6. กดปุ่ม Save

```

156 "1.23",
157 "1.13"
158 ]
159 }
160 ,
161 {
162   "nameSubPlot": "D", // The Fourth level of subplot
163   "listBlock": [
164     // Data in subplot D
165     "1.56",
166     "1.72",
167     "1.59",
168     "1.55",
169     "1.51",
170     "1.33"
171   ]
172 }
173 ]
174 }
175 }
176 ]
177 }
178 }

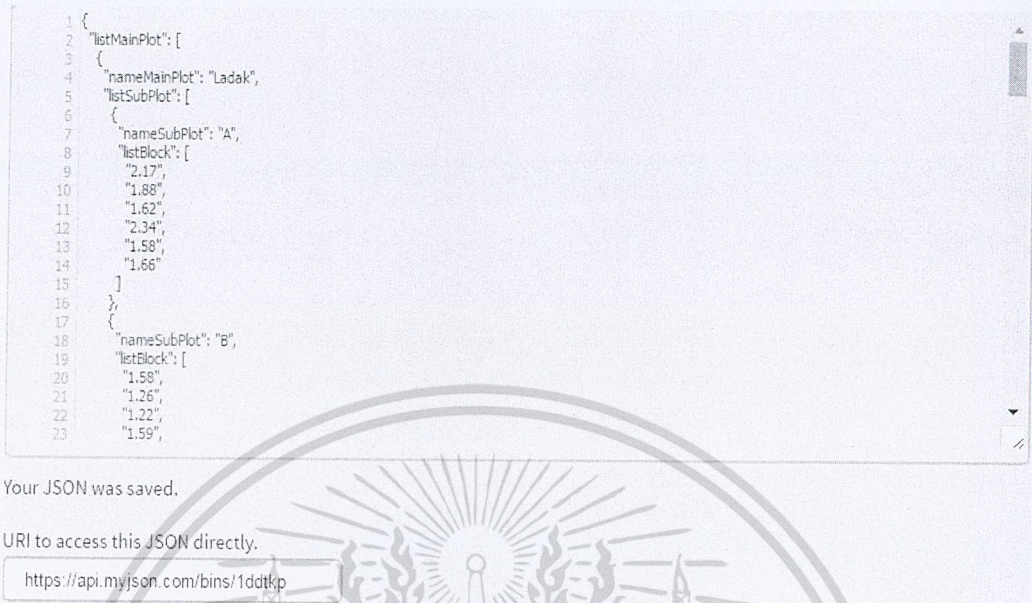
```

Save

รูปที่ 4.32 หน้าจอการกดปุ่ม save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. คัดลอก URL เพื่อไปใส่ในแอปพลิเคชัน



รูปที่ 4.33 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL

หลังจากกดปุ่ม Save ในรูปที่ 4.32 จะปรากฏลิ้งค์ URL ดังรูปที่ 4.33 เพื่อนำไปคำนวณในขั้นตอนต่อไป

8. ทำการย้อนกลับมาหน้าจอเมนูหลักในแอปพลิเคชัน จากนั้นกดปุ่มเลือก ANOVA




รูปที่ 4.34 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นำลิ้งค์ URL ที่คัดลอกในขั้นตอนที่ 7 มาใส่ในช่อง URL For Input



รูปที่ 4.36 หน้าจอหลังวางลิ้งค์ URL

10. กดปุ่ม  เพื่อให้แอปพลิเคชันคำนวณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ผลลัพธ์เป็นตาราง ANOVA ดังนี้

ANOVA table				
Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Blocks	5.0	4.1499	0.83	6.094
A	2.0	0.1781	0.0891	0.6542
Error(a)	10.0	1.3622	0.1362	
Subplot :				
B	3.0	1.9625	0.6542	23.3643
AB	6.0	0.2105	0.0351	1.2536
Error (b)	45.0	1.2586	0.028	
Total	71.0	9.1218		
C. V. (a , b) :				
C.V. (a)			23.1119 %	
C.V. (b)			10.4792 %	
Standard Error				
	SEa	SEb	SEbk	SEab
	0.1065	0.0558	0.0966	0.1355

รูปที่ 4.37 หน้าจอผลลัพธ์ตาราง ANOVA

โดยแอปพลิเคชันจะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ซึ่งจะแสดงเป็นค่าในตาราง ANOVA รวมทั้งแสดงค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ตามลำดับ

	ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข	ผลลัพธ์จากแอปพลิเคชัน
MSE _a	0.1362	0.1362
MSE _b	0.0282	0.0280
C.V. (a)	23.1136%	23.1119%
C.V. (b)	10.5165%	10.4792%
SEa	0.1065	0.1065
SEb	0.0559	0.0558
SEbk	0.0970	0.0966
SEab	0.1128	0.1356

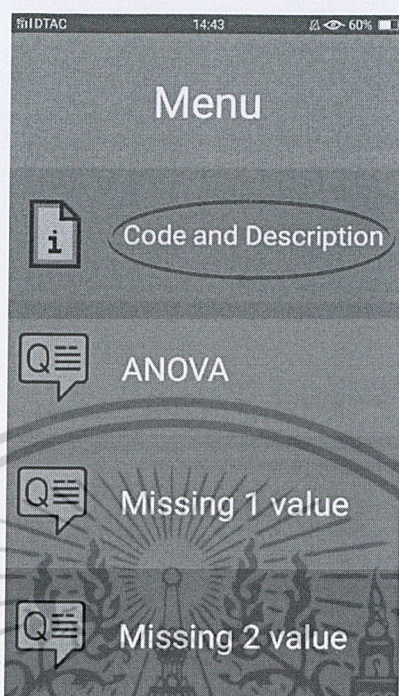
4.3 การคำนวณหาข้อมูลสูญหาย 1 ค่า เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยข้อมูลที่นำมาคำนวณคือข้อมูลจากตัวอย่าง 2.3 ในบทที่ 2 ดังนี้ ข้อมูลการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 6 อัตรา คือ 0, 60, 90, 120, 150 และ 180 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ ในข้าวพันธุ์ต่างๆ 4 พันธุ์ คือ V_1 (IR8), V_2 (IR5), V_3 (C4-63) และ V_4 (Peta) และมีทั้งหมด 3 ซ้ำ ได้ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์) เป็นดังตาราง

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ		
		1	2	3
0 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_0	V_1	4,430	4,478	3,850
	V_2	3,944	5,314	3,660
	V_3	3,464	2,944	3,142
	V_4	4,126	4,482	4,836
60 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_1	V_1	5,418	5,166	6,432
	V_2	6,502	5,858	5,586
	V_3	4,768	6,004	5,556
	V_4	5,192	4,604	4,652
90 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_2	V_1	6,076	Y_1	6,704
	V_2	6,008	6,127	6,642
	V_3	6,244	5,724	6,014
	V_4	4,546	5,744	4,146
กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_3	V_1	6,462	7,056	6,680
	V_2	7,139	6,982	6,564
	V_3	5,792	5,880	6,370
	V_4	2,774	5,036	3,638
150 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_4	V_1	7,290	7,848	7,552
	V_2	7,682	6,594	6,576
	V_3	7,080	6,662	6,320
	V_4	1,414	1,960	2,766
180 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ N_5	V_1	8,452	8,832	8,818
	V_2	6,228	7,387	6,006
	V_3	5,594	7,122	5,480
	V_4	2,248	1,380	2,014

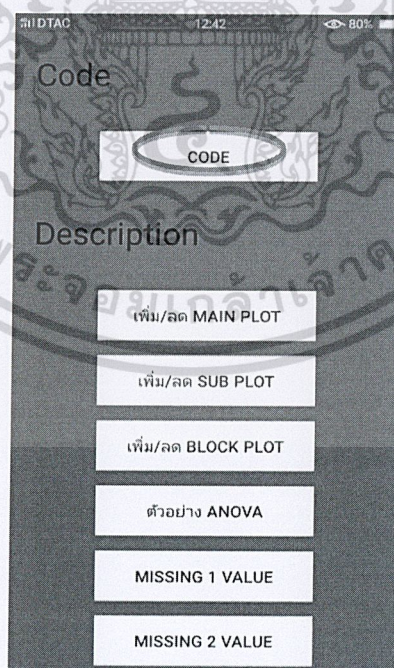
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เข้าแอปพลิเคชัน จากนั้นกดปุ่ม Code and Description



รูปที่ 4.38 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

2. คัดลอกตัวอย่างโค้ดจากแอปพลิเคชัน

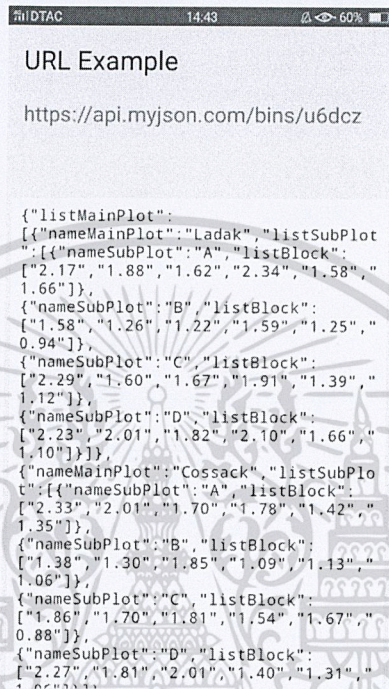


รูปที่ 4.39 หน้าจอ Code and Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.38 เมื่อกดปุ่ม Code and Description จะได้หน้าจอดังรูปที่ 4.39 จากนั้นกดปุ่ม Code เพื่อทำการคัดลอกตัวอย่างโค้ด

3. ทำการคัดลอกโค้ด จากนั้นก๊อกลิงค์ myjson



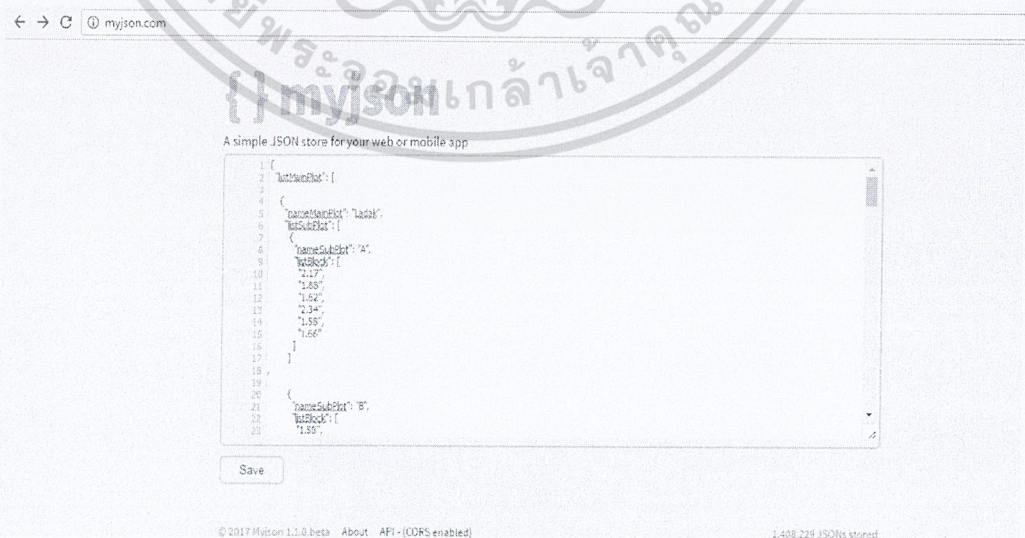
URL Example

https://api.myjson.com/bins/u6dcz

```
{
  "listMainPlot": [
    {
      "nameMainPlot": "Ladak",
      "listSubPlot": [
        {
          "nameSubPlot": "A",
          "listBlock": [
            "2.17", "1.88", "1.62", "2.34", "1.58", "1.66"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "B",
          "listBlock": [
            "1.58", "1.26", "1.22", "1.59", "1.25", "0.94"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "C",
          "listBlock": [
            "2.29", "1.60", "1.67", "1.91", "1.39", "1.12"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "D",
          "listBlock": [
            "2.23", "2.01", "1.82", "2.10", "1.66", "1.10"
          ]
        }
      ]
    },
    {
      "nameMainPlot": "Cossack",
      "listSubPlot": [
        {
          "nameSubPlot": "A",
          "listBlock": [
            "2.33", "2.01", "1.70", "1.78", "1.42", "1.35"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "B",
          "listBlock": [
            "1.38", "1.30", "1.85", "1.09", "1.13", "1.06"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "C",
          "listBlock": [
            "1.86", "1.70", "1.81", "1.54", "1.67", "0.88"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "D",
          "listBlock": [
            "2.27", "1.81", "2.01", "1.40", "1.31", "1.06"
          ]
        }
      ]
    }
  ]
}
```

รูปที่ 4.40 หน้าจอตัวอย่างโค้ด

4. นำโค้ดที่คัดลอกวางในหน้าเว็บไซต์ของ myjson



← → myjson.com

myjson เก็บค่าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

A simple JSON store for your web or mobile app

```
1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A",
8           "listBlock": [
9             "2.17",
10            "1.88",
11            "1.62",
12            "2.34",
13            "1.58",
14            "1.66"
15          ]
16        },
17        {
18          "nameSubPlot": "B",
19          "listBlock": [
20            "1.58",
21            "1.26",
22            "1.22",
23            "1.59",
24            "1.25",
25            "0.94"
26          ]
27        }
28      ]
29    },
30    {
31      "nameMainPlot": "Cossack",
32      "listSubPlot": [
33        {
34          "nameSubPlot": "A",
35          "listBlock": [
36            "2.33",
37            "2.01",
38            "1.70",
39            "1.78",
40            "1.42",
41            "1.35"
42          ]
43        },
44        {
45          "nameSubPlot": "B",
46          "listBlock": [
47            "1.38",
48            "1.30",
49            "1.85",
50            "1.09",
51            "1.13",
52            "1.06"
53          ]
54        },
55        {
56          "nameSubPlot": "C",
57          "listBlock": [
58            "1.86",
59            "1.70",
60            "1.81",
61            "1.54",
62            "1.67",
63            "0.88"
64          ]
65        },
66        {
67          "nameSubPlot": "D",
68          "listBlock": [
69            "2.27",
70            "1.81",
71            "2.01",
72            "1.40",
73            "1.31",
74            "1.06"
75          ]
76        }
77      ]
78    }
79  ]
80 }
```

Save

© 2017 Myjson 1.1.0 beta About API (COORS enabled) 1,488,229 JSONs stored

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในท้องถิ่นเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.41 หน้าเว็บไซต์ myjson

5. ขั้นตอนการใส่ค่าของข้อมูล

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4     {
5       "nameMainPlot": "N0",      // The First level of main plot
6       "listSubPlot": [
7
8         {
9           "nameSubPlot": "X1",   // The First level of subplot
10          "listBlock": [
11            "4430",              // Data in subplot X1
12            "4478",
13            "3850"
14          ]
15        }
16
17        {
18          "nameSubPlot": "X2",   // The Second level of subplot
19          "listBlock": [
20            "3944",              // Data in subplot X2
21            "5314",
22            "3660"
23          ]
24        }
25      ]
26    }
27  ]
28 }
29
30 {
31   "nameMainPlot": "N2",      // The Third level of main plot
32   "listSubPlot": [
33
34     {
35       "nameSubPlot": "X1",   // The First level of subplot
36       "listBlock": [
37         "6076",              // Data in subplot V1
38         "-1",                // missing 1 value
39         "6704"
40       ]
41     }
42
43     {
44       "nameSubPlot": "X2",   // The Second level of subplot
45       "listBlock": [
46         "6008",              // Data in subplot V2
47         "6127",
48         "6642"
49       ]
50     }
51   ]
52 }
53
54 Save

```

รูปที่ 4.42 หน้าจอการใส่ค่าของข้อมูลจากโจทย์ 2.3

หลังจากทำการคัดลอกโค้ดแล้วนำไปวางที่เว็บไซต์ myjon ให้ทำการใส่ค่าของข้อมูล ทำการเพิ่มและลดจำนวนทริทเมนต์หลัก ทริทเมนต์รอง และบล็อกให้ตรงกับข้อมูล โดยสามารถทำการศึกษาได้จาก Code and Description ในหน้าจอเมนูหลักของแอปพลิเคชัน หลังจากนั้นทำการใส่ค่าของข้อมูล โดยเริ่มใส่ข้อมูลแต่ละบล็อกของแปลงทดลองรอง V_1 ในแปลงทดลองหลัก N_0 จนครบทุกค่า โดยค่าของข้อมูลที่สูญหายนั้นให้ทำการแทนค่าด้วย -1 ดังรูปที่ 4.42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กดปุ่ม Save

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "M0", // The First level of main plot
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "S1", // The First level of subplot
8           "listBlock": [
9             "4430", // Data in subplot S1
10            "4478",
11            "3850"
12          ]
13        },
14        {
15          "nameSubPlot": "S2", // The Second level of subplot
16          "listBlock": [
17            "3944", // Data in subplot S2
18            "5314",
19            "3660"
20          ]
21        }
22      ]
23    }
  ]
}

```

Save

รูปที่ 4.43 หน้าจอการกดปุ่ม Save

7. คัดลอก URL เพื่อไปใส่ในแอปพลิเคชัน

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "M0",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "S1",
8           "listBlock": [
9             "4430",
10            "4478",
11            "3850"
12          ]
13        },
14        {
15          "nameSubPlot": "S2",
16          "listBlock": [
17            "3944",
18            "5314",
19            "3660"
20          ]
21        }
22      ]
23    },
24    {
25      "nameSubPlot": "S3",
26      "listBlock": [
27        "3944",
28        "5314",
29        "3660"
30      ]
31    }
32  ]
33 }

```

Your JSON was saved.

URI to access this JSON directly.

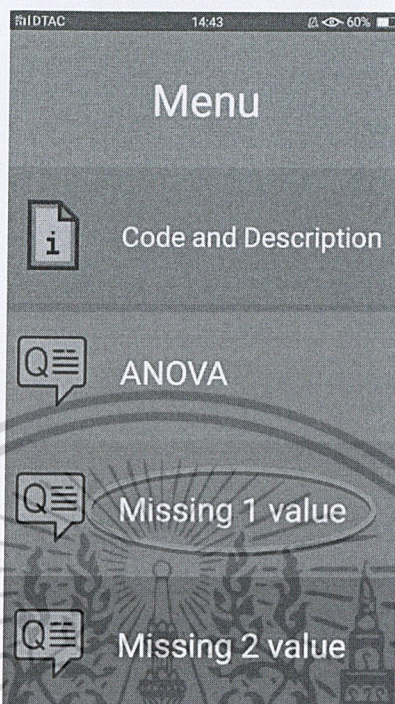
<https://api.myjson.com/bins/16lha1>

รูปที่ 4.44 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL

หลังจากกดปุ่ม Save ในรูปที่ 4.43 จะปรากฏลิ้งค์ URL ดังรูปที่ 4.44 เพื่อนำไปคำนวณในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการย้อนกลับมาหน้าจอเมนูหลักในแอปพลิเคชัน จากนั้นกดปุ่มเลือก ANOVA



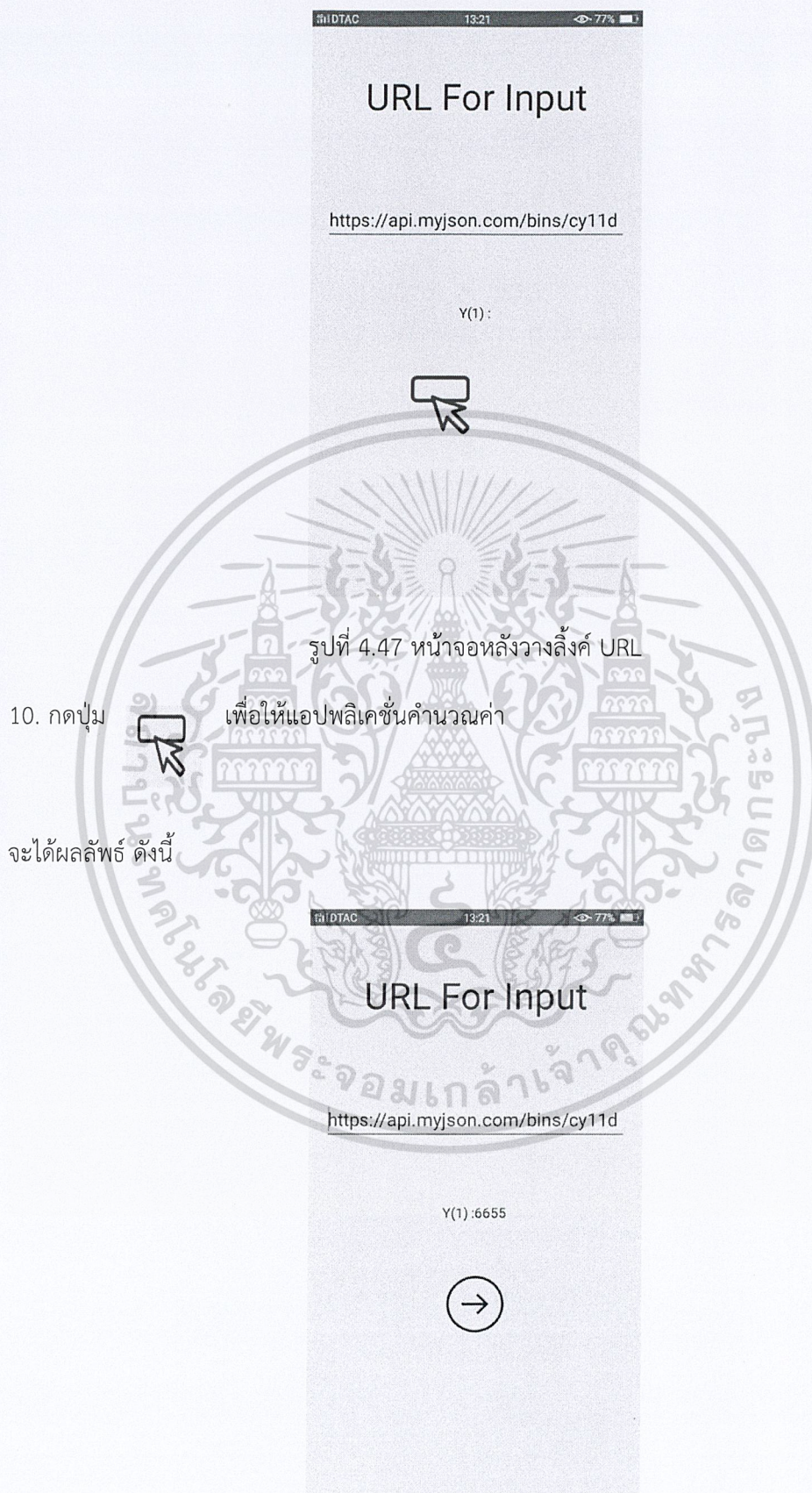
รูปที่ 4.45 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

9. นำลิ้งค์ URL ที่คัดลอกในขั้นตอนที่ 7 มาใส่ในช่อง URL For Input



รูปที่ 4.46 หน้าจอก่อนวางลิ้งค์ URL


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.48 หน้าจอผลลัพธ์ข้อมูลสุญหาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแอปพลิเคชันจะแสดงค่าสูญหาย 1 ค่า นั่นคือ $y = 6655$

11. เมื่อได้ค่าสูญหาย 1 ค่าแล้วให้กดปุ่ม  เพื่อคำนวณค่าจากตาราง ANOVA จะได้ผลลัพธ์เป็นตาราง ANOVA ดังต่อไปนี้

ANOVA table				
Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Blocks	2.0	1,164,604.75	582,302.375	4.1255
A	5.0	30,615,087.8333	6,123,017.5667	43.3801
Error(a)	10.0	1,411,479.9167	141,147.9917	
Subplot :				
B	3.0	90,395.489	30,131,829.6667	83.9844
AB	15.0	69,100,767.8334	4,606,717.8556	12.84
Error (b)	35.0	12,557,260.6666	358,778.8762	
Total	70.0	205,244.690		
C. V. (a , b) :				
C.V. (a)	6.8531 %		Y (1) :	6,655
C.V. (b)	10.926 %			
Standard Error				
SEa	SEb	SEbk	SEab	
168.8422	205.1317	502.4679	531.6416	

รูปที่ 4.49 หน้าจอแอปพลิเคชันแสดงผลเป็นตาราง ANOVA

	ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข	ผลลัพธ์จากแอปพลิเคชัน
Y_1	6,655	6,655
MSEa	141,147.9870	141,147.9917
MSEb	358,778.8614	358,778.8762
C.V. (a)	6.8531%	6.8513%
C.V. (b)	10.9260%	10.9260%
SEa	168.8423	168.8422
SEb	205.1317	205.1317
SEbk	502.4680	502.4672
SEab	531.6414	531.6414

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

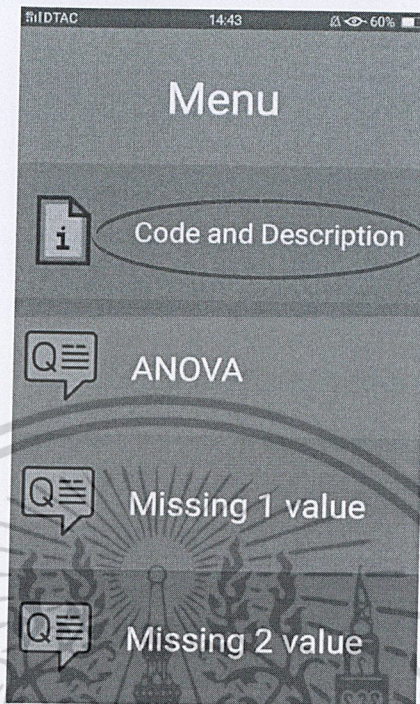
4.4 การคำนวณหาข้อมูลสูญหาย 2 ค่า

ข้อมูลที่น่านำมาคำนวณคือข้อมูลจากตัวอย่าง 2.4 ในบทที่ 2 ดังนี้

ปุ๋ยไนโตรเจน	พันธุ์ข้าว	ซ้ำ			รวม
		1	2	3	
0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_0	V_1	4,430	4,478	3,850	12,758
	V_2	3,944	5,314	3,660	12,918
	V_3	3,464	2,944	3,142	9,550
	V_4	4,126	4,482	4,836	13,444
60 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_1	V_1	5,418	5,166	6,432	17,016
	V_2	6,502	5,858	5,586	17,946
	V_3	4,768	6,004	5,556	16,328
	V_4	5,192	4,604	4,652	14,448
90 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_2	V_1	6,076	Y_2	6,704	12,780
	V_2	6,008	6,127	6,642	18,777
	V_3	6,244	5,724	6,014	17,982
	V_4	Y_1	5,744	4,146	9,890
120 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_3	V_1	6,462	7,056	6,680	20,198
	V_2	7,139	6,982	6,564	20,685
	V_3	5,792	5,880	6,370	18,042
	V_4	2,774	5,036	3,638	11,448
150 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_4	V_1	7,290	7,848	7,552	22,690
	V_2	7,682	6,594	6,576	20,852
	V_3	7,080	6,662	6,320	20,062
	V_4	1,414	1,960	2,766	6,140
180 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ N_5	V_1	8,452	8,832	8,818	26,102
	V_2	6,228	7,387	6,006	19,621
	V_3	5,594	7,122	5,480	18,196
	V_4	2,248	1,380	2,014	5,642
รวม		124,327	129,184	130,004	383,515

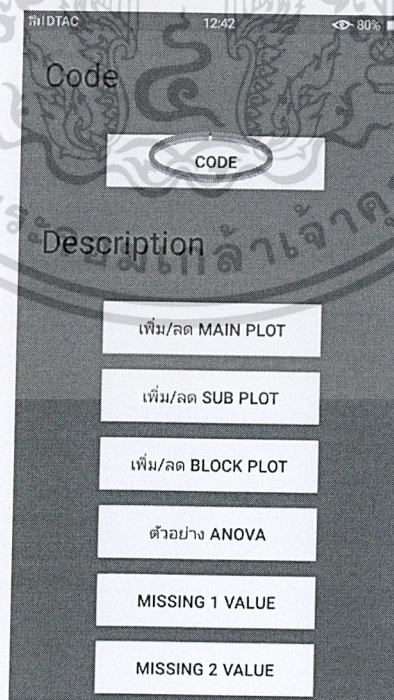
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เข้าแอปพลิเคชัน จากนั้นกดปุ่ม Code and Description



รูปที่ 4.50 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

2. คัดลอกตัวอย่างโค้ดจากแอปพลิเคชัน

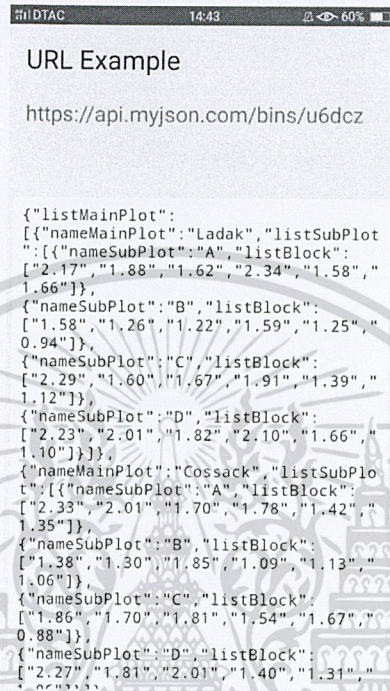


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.51 หน้าจอ Code and Description

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.50 เมื่อกดปุ่ม Code and Description จะได้หน้าจอดังรูปที่ 4.51 จากนั้นกดปุ่ม Code เพื่อทำการคัดลอกตัวอย่างโค้ด

3. ทำการคัดลอกโค้ด จากนั้นกดลิงค์ myjson



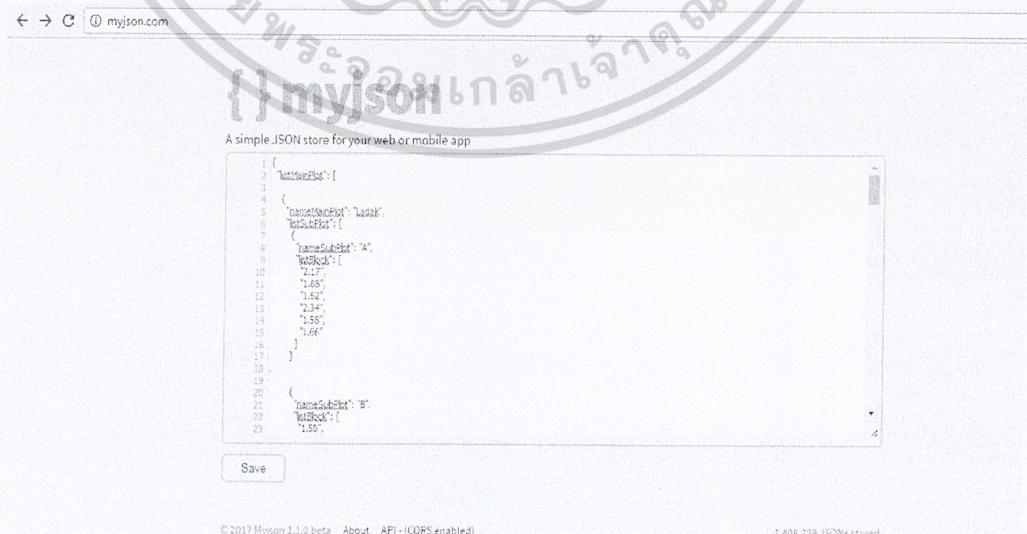
URL Example

<https://api.myjson.com/bins/u6dcz>

```
{
  "listMainPlot": [
    {
      "nameMainPlot": "Ladak",
      "listSubPlot": [
        {
          "nameSubPlot": "A",
          "listBlock": [
            "2.17", "1.88", "1.62", "2.34", "1.58", "1.66"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "B",
          "listBlock": [
            "1.58", "1.26", "1.22", "1.59", "1.25", "0.94"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "C",
          "listBlock": [
            "2.29", "1.60", "1.67", "1.91", "1.39", "1.12"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "D",
          "listBlock": [
            "2.23", "2.01", "1.82", "2.10", "1.66", "1.10"
          ]
        }
      ]
    },
    {
      "nameMainPlot": "Cossack",
      "listSubPlot": [
        {
          "nameSubPlot": "A",
          "listBlock": [
            "2.33", "2.01", "1.70", "1.78", "1.42", "1.35"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "B",
          "listBlock": [
            "1.38", "1.30", "1.85", "1.09", "1.13", "1.06"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "C",
          "listBlock": [
            "1.86", "1.70", "1.81", "1.54", "1.67", "0.88"
          ]
        },
        {
          "nameSubPlot": "D",
          "listBlock": [
            "2.27", "1.81", "2.01", "1.40", "1.31", "1.26"
          ]
        }
      ]
    }
  ]
}
```

รูปที่ 4.52 หน้าจอตัวอย่างโค้ด

4. นำโค้ดที่คัดลอกวางในหน้าเว็บไซต์ของ myjson



myjson.com

{} myjson

A simple JSON store for your web or mobile app

```
1 {
2   "listMainPlot": [
3     {
4       "nameMainPlot": "Ladak",
5       "listSubPlot": [
6         {
7           "nameSubPlot": "A",
8           "listBlock": [
9             "2.17",
10            "1.88",
11            "1.62",
12            "2.34",
13            "1.58",
14            "1.66"
15          ]
16        },
17        {
18          "nameSubPlot": "B",
19          "listBlock": [
20            "1.58",
21            "1.26",
22            "1.22",
23            "1.59",
24            "1.25",
25            "0.94"

```

Save

© 2017 Myjson 1.1.0 beta About API - (LOPS enabled) 1,408,229 JSONs stored

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานในแอปพลิเคชันเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ขั้นตอนการใส่ค่าของข้อมูล

```

111     "5642"
112   }
113 }
114 ,
115 {
116   {
117     "nameSubPlot": "x3",
118     "listBlock": [
119       "6244",
120       "5724",
121       "6014"
122     ]
123   }
124 ,
125 {
126   {
127     "nameSubPlot": "x4",
128     "listBlock": [
129       -1, ← ค่าสูญหายค่าแรก ใส่ -1 ในการแทนค่าสูญหาย
130       "5744",
131       "4146"
132     ]
133   }

```

```

92 {
93 }
94 "nameMainPlot": "N2",
95 "listSubPlot": [
96   {
97     "nameSubPlot": "x1",
98     "listBlock": [
99       "6078", ← ค่าสูญหายค่าที่ 2 ใส่ -2 ในการแทนค่าสูญหาย
100      -2,
101      "6704"
102     ]
103   }
104 ,
105 {
106   {
107     "nameSubPlot": "x2",
108     "listBlock": [
109       "6008",
110       "6127",
111       "6643"
112     ]
113   }
114 ,

```

รูปที่ 4.54 หน้าจอการใส่ค่าของข้อมูลสูญหายทั้ง 2 ค่าแทนด้วย -1 และ -2

หลังจากทำการคัดลอกโค้ดแล้วนำไปวางที่เว็บไซต์ myjon ให้ทำการใส่ค่าของข้อมูล ทำการเพิ่มและลดจำนวนทริทเมนต์หลัก ทริทเมนต์รอง และบล็อกให้ตรงกับข้อมูล โดยสามารถทำการศึกษาได้จาก Code and Description ในหน้าจอเมนูหลักของแอปพลิเคชัน หลังจากนั้นทำการใส่ค่าของข้อมูล หลังจากนั้นทำการใส่ค่าของข้อมูลจนครบทุกค่า โดยที่ข้อมูลสูญหายค่าแรกนั้นให้ทำการแทนค่าดังกล่าวด้วย -1 และค่าของข้อมูลสูญหายค่าที่ 2 ให้ทำการแทนค่าด้วย -2 จนครบดังรูปที่ 4.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กดปุ่ม Save

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4   {
5     "nameMainPlot": "N0", // The First level of main plot
6     "listSubPlot": [
7       {
8         "nameSubPlot": "V1", // The First level of subplot
9         "listBlock": [
10          "4430", // Data in subplot V1
11          "4478",
12          "3850"
13        ]
14      }
15    ]
16  },
17  {
18    "nameSubPlot": "V2", // The Second level of subplot
19    "listBlock": [
20      "3944", // Data in subplot V2
21      "5314",
22      "3660"
23    ]
24  }
25 ]

```

Save

รูปที่ 4.55 หน้าจอการกดปุ่ม Save

7. คัดลอก URL เพื่อไปในแอปพลิเคชัน

```

1 {
2   "listMainPlot": [
3
4   {
5     "nameMainPlot": "N0",
6     "listSubPlot": [
7       {
8         "nameSubPlot": "V1",
9         "listBlock": [
10          "4430",
11          "4478",
12          "3850"
13        ]
14      }
15      {
16        "nameSubPlot": "V2",
17        "listBlock": [
18          "3944",
19          "5314",
20          "3660"
21        ]
22      }
23    ]
24  },
25  {
26    "nameSubPlot": "V3",

```

Your JSON was saved.

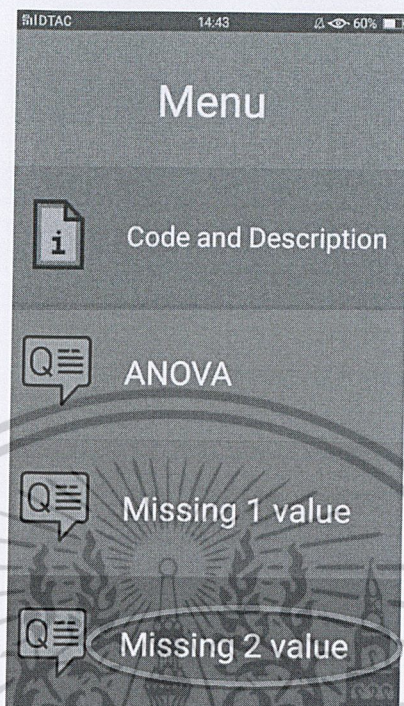
URI to access this JSON directly.

<https://api.myjson.com/bins/16lha1>

รูปที่ 4.56 หน้าจอคัดลอกลิ้งค์ URL

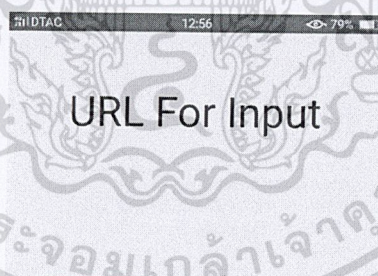
หลังจากกดปุ่ม Save ในรูปที่ 4.55 จะปรากฏลิ้งค์ URL ดังรูปที่ 4.56 เพื่อนำไปคำนวณในเอกสารนี้ขั้นตอนต่อไปสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำการย้อนกลับมาหน้าจอเมนูหลักในแอปพลิเคชัน จากนั้นกดปุ่มเลือก missing 2 value



รูปที่ 4.57 หน้าจอเมนูหลักแอปพลิเคชัน

9. นำลิ้งค์ URL ที่คัดลอกในขั้นตอนที่ 7 มาใส่ในช่อง URL For Input




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.58 หน้าจอกรอกวางลิ้งค์ URL

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4.60 หน้าจอผลลัพธ์ข้อมูลสุญหาย
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแอปพลิเคชันจะแสดงค่า $y_1 = 4786.4014$ และ $y_2 = 6651.5348$

11. เมื่อได้ค่าสูญหาย 1 ค่าแล้วให้กดปุ่ม  เพื่อคำนวณหาค่าจากตาราง ANOVA
จะได้ผลลัพธ์เป็นตาราง ANOVA ดังต่อไปนี้

ANOVA table				
Source of variation	df	SS	MS	F
Main plot :				
Blocks	2.0	1,110,931.1103	555,465.5552	3.9868
A	5.0	30,810,272.8256	6,162,054.5651	44.228
Error(a)	10.0	1,393,247.8107	139,324.7811	
Subplot :				
B	3.0	89,505,701.0062	29,835,233.6687	80.9021
AB	15.0	69,484,737.4492	4,632,315.8299	12.5611
Error (b)	34.0	12,538,585.0367	368,781.9128	
Total	69.0	204,843,475.2387		
C. V. (a , b) :				
C.V. (a)	6.8046 %		Y (1) :	4,786.4014
C.V. (b)	11.0706 %		Y (2) :	6,651.5348
Standard Error				
	SEa	SEb	SEbk	SEab
	321.2531	522.6584	509.4244	1,076.2217

รูปที่ 4.61 หน้าจอแอปพลิเคชันแสดงผลเป็นตาราง ANOVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยแอปพลิเคชันจะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ซึ่ง
จะแสดงเป็นค่าในตาราง ANOVA รวมทั้งแสดงค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันในแปลงทดลองหลักและ
แปลงทดลองรอง และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ตามลำดับ

	ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยเครื่องคิดเลข	ผลลัพธ์จากแอปพลิเคชัน
Y_1	4,786.4014	4,786.4014
Y_2	6,651.5348	6,651.5348
MSE_a	139,324.8810	139,324.7811
MSE_b	368,781.9106	368,781.9128
C.V. (a)	6.8045%	6.8046%
C.V. (b)	11.0706%	11.0706%
SEa	323.3482	321.2531
SEb	522.6584	522.6584
SEbk	509.4243	509.4244
SEab	1,076.2217	1,076.2217

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมช่วยคำนวณที่มีรูปแบบการใช้งานง่าย ในกรณีที่ข้อมูลเป็นการวางแผนแบบสปลิต-พลอทชนิด สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ สำหรับหาค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและรอง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลักและรอง ค่าสูญหาย 1 ค่า และค่าสูญหาย 2 ค่า เพื่อเพิ่มความสะดวกในการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากโปรแกรมคำนวณค่าทางสถิติทั่วไปยังไม่สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลัก และค่าสูญหายได้ ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและไม่สะดวกในการใช้งานเท่าที่ควร

คณะผู้จัดทำปัญหาพิเศษจึงได้ศึกษาตัวอย่างโปรแกรมและแอปพลิเคชันทางสถิติที่พัฒนาขึ้นบนระบบแอนดรอยด์อยู่หลายแอปพลิเคชัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแอปพลิเคชันที่สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและรอง ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลักและรอง ค่าสูญหาย 1 ค่าและค่าสูญหาย 2 ค่า โดยเน้นให้รูปแบบแอปพลิเคชันมีรูปแบบใช้งานง่าย ทั้งในเรื่องการรับข้อมูลและการแสดงผลลัพธ์ของข้อมูล จากข้อสรุปที่ได้จึงทำการสร้างแอปพลิเคชันในชื่อ Split-plot-app โดยใช้ภาษาจาวา (Java) ผ่านโปรแกรมอีคริป (Eclipse) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สะดวกในการเขียนชุดคำสั่งและสร้างแอปพลิเคชันผ่านโปรแกรมแอนดรอยด์ สตูดิโอ (Android Studio) เพื่อสามารถใช้งานกับสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

ค่าทางสถิติที่สามารถคำนวณได้จากแอปพลิเคชัน ได้แก่

1. ค่าความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและรอง
2. ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันในแปลงทดลองหลักและรอง
3. ค่าสูญหาย 1 ค่า และ 2 ค่า
4. ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับคำนวณความคลาดเคลื่อนในแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองรอง ค่าสูญหาย 1 ค่าและ 2 ค่า ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผัน เป็นการวางแผน แบบสปลิต-พล็อตชนิดสุ่มในบล็อกสมบูรณ์เวอร์ชัน 1.0 ยังมีการใส่ค่าของข้อมูลได้ยากจึงมีแนวทางที่จะพัฒนาให้สมบูรณ์มากขึ้นได้ในอนาคต คือทำให้แอปพลิเคชันมีการใส่ค่าของข้อมูลได้ง่ายขึ้น และคำนวณผลลัพธ์ได้ในตัวของแอปพลิเคชันเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- สายชล สีนสมบูรณ์ทอง. 2558. การวางแผนการทดลองเล่ม 1. กรุงเทพฯ: จามจุรีโปรดักท์ 547 หน้า.
- สมรวย อภิชาติบุตรพงศ์ และ ชูเกียรติ ผดุงพรมราช. 2554. การพัฒนาการวิเคราะห์สถิติสำหรับการวางแผนการทดลองทางการเกษตรโดยใช้โปรแกรม R บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- ปัญญา โพธิ์ฐิติรัตน์. 2550. การวิเคราะห์ข้อมูลโดย SAS และ SPSS. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์กฤตญาดา. 776 หน้า.
- Roderick J. A. Little, Donald B. Rubin, 2002. Statistical Analysis With Missing Data. 2nd ed. New York 13-16.
- วิสุทธิดา ศรีดวงโชติ สุวิมล กฤษศยาสา และอิทธิฤทธิ์ พงษ์ปิยะรัตน์. 2556. การศึกษาประสิทธิภาพวิธีประมาณค่าสูญหายเพื่อใช้ในการวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล 2 ปัจจัย ที่จัดทรีทเมนต์ในรูปแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชิธิมาวอร์ บุญมา และ สุชาดา บวรกิติวงศ์. 2550. การเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนแบบที่ 1 และอำนาจการทดสอบของวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนที่ไม่มีเงื่อนไขเกี่ยวข้องกับการเท่ากันของค่าความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์. วารสารวิธีวิทยาการวิจัย. ปีที่ 20. ฉบับที่ 2.
- พนัสพันธ์ บุญอุไร วรวิทย์ พิชาติพันธ์พงศ์ และสรสิทธิ์ เลหากุล. 2556. แอปพลิเคชันสำหรับคำนวณค่าสถิติเบื้องต้นและค่าการแจกแจงสถิติบนโทรศัพท์มือถือประเภทสมาร์ตโฟน. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของโปรแกรม.

<https://sites.google.com/site/groupthree51/khunsmbati-khxng-kar-kheiyn-porkaerm> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 13 กุมภาพันธ์ 2560)

แอนดรอยด์(ระบบปฏิบัติการ). ภาษาจาวา. ค้นหาได้จาก

<https://th.wikipedia.org/wiki> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 13 กุมภาพันธ์ 2560)

ข้อแตกต่างระหว่างแอปพลิเคชันกับโปรแกรม เข้าถึงได้จาก

<http://www.manacomputers.com/what-is-app-how-different-software/> (วันที่สืบค้น
ข้อมูล: 15 กุมภาพันธ์ 2560)

วิธีการสร้างแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เข้าถึงได้จาก

<http://www.akexorcist.com/2014/12/android-studio-get-started-project.html>

<http://blog.scriptedtina.com/> (วันที่สืบค้นข้อมูล: 25 กุมภาพันธ์ 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้