บทที่ 6
การวิเคราะห์ความแปรปรวน
สำหรับการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางสำหรับการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก

ถ้าผู้วิจัยทราบว่าในการทดลองนี้มีปัจจัยรบกวนและสามารถควบคุมได้ เทคนิคพิเศษของการออกแบบการทดลองจะเรียกว่า การบล็อก เพื่อใช้ในการกำจัดหรือแยกแยะอิทธิพลของปัจจัยรบกวนออกจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเล็กลง เป็นผลให้การทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นซึ่งต่างจากการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ที่ไม่มีการควบคุมความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการทดลองและเชื่อว่าหน่วยทดลองทุกหน่วยไม่แตกต่างกัน แต่ในการทดลองบางครั้งไม่สามารถหาหน่วยทดลองที่คล้ายคลึงกันทั้งหมดได้ตามต้องการ ซึ่งจะทำให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนของการทดลองเพิ่มขึ้นและทำให้ผลการทดลองมีความถูกต้องลดลง

การบล็อกเป็นการจัดหน่วยทดลองที่เหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน และระหว่างกลุ่มมีความแตกต่างกัน การออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกใช้เมื่อสามารถจัดหน่วยทดลองที่เหมือนกันอยู่ในบล็อกเดียวกัน โดยกำหนดให้จำนวนหน่วยทดลองในแต่ละบล็อกเท่ากับจำนวนของทรีทเมนต์ซึ่งแต่ละหน่วยทดลองในบล็อกจะได้รับทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งเท่านั้นโดยสุ่ม

เทคนิควิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่มาจากการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก คือ วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง (two – way analysis of variance)

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางคือ

(1) หน่วยตัวอย่างได้มาโดยการสุ่ม และเป็นอิสระกัน

(2) ประชากรแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ_i และความแปรปรวนเท่ากันทุกประชากร ทำให้ความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ε_{ij} มีความเป็นอิสระ มีการแจกแจงแบบปกติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

(3) ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างบล็อกและทรีทเมนต์ ทำให้

$$\sum_{i=1}^{a} \tau_i = 0 \quad \text{และ} \quad \sum_{j=1}^{b} \beta_j = 0$$

ตัวแบบสถิติที่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นนี้เรียกว่า ตัวแบบสถิติที่มีอิทธิพลแบบกำหนด (fixed effect model) ตัวแบบสถิติของการทดลองที่ออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกคือ

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

; $i = 1, 2, \ldots, a$; $j = 1, 2, \ldots, b$

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตตัวที่ ij

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

τ_i คือ อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i

β_j คือ อิทธิพลของบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม ซึ่งเกิดจากแหล่งของความแปรปรวนอื่น ๆ นอกเหนือจากทรีทเมนต์และบล็อก

เราต้องการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ a ทรีทเมนต์ สมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบคือ

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_a \quad \text{คู่กับ} \quad H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ อย่างน้อย 1 คู่ } (i \neq j)$$

เมื่อ $\mu_i = \mu + \tau_i$ สมมติฐานทางสถิติสามารถเขียนในเทอมของอิทธิพลของทรีทเมนต์ได้คือ $H_0 : \tau_i = 0$ คู่กับ $H_1 : \tau_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

การทดสอบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ต่าง ๆ ใช้สถิติทดสอบคือ

$$F_0 = \frac{MSTr}{MSE}$$

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F และจำนวนชั้นอิสระเท่ากับ $(a-1)$ และ $(a-1)(b-1)$ โดยที่

$$MSTr = \frac{SSTr}{a-1}$$

$$MSE = \frac{SSE}{(a-1)(b-1)}$$

เมื่อ MSTr คือ ความผันแปรเฉลี่ยของทรีทเมนต์

MSE คือ ความผันแปรเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

SSTr คือ ผลบวกกำลังสองของความผันแปรของทรีทเมนต์

SSE คือ ผลบวกกำลังสองของความผันแปรของความคลาดเคลื่อน

a คือ จำนวนทรีทเมนต์

b คือ จำนวนบล็อก

การตัดสินใจเกี่ยวกับสมมติฐานทางสถิติ โดยเปรียบเทียบ F_0 ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤติ $F_{\alpha,\,(a-1),\,(a-1)(b-1)}$ ถ้า F_0 มากกว่าหรือเท่ากับ $F_{\alpha,\,(a-1),\,(a-1)(b-1)}$ จะตัดสินใจปฏิเสธ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ α

บางครั้งอาจจะทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างบล็อกเพื่อให้ทราบว่าการแบ่งบล็อกจำเป็นหรือไม่เพื่อใช้ในการพิจารณาสำหรับการทดลองครั้งต่อไป สมมติฐานทางสถิติคือ $H_0 : \beta_j = 0$ คู่กับ $H_1 : \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

การทดสอบค่าเฉลี่ยของบล็อกต่าง ๆ ใช้สถิติทดสอบคือ

$$F = \frac{MS\ Block}{MSE}$$

ซึ่งมีการแจกแจงแบบ F ที่มีจำนวนชั้นอิสระ $(b-1)$ และ $(a-1)(b-1)$

เขตวิกฤตคือ $F_{\alpha,\,(b-1),\,(a-1)(b-1)}$

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

(1) ตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือไม่

(2) ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากรทุกกลุ่ม

2. การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

ตัวอย่างเช่น การศึกษาเรื่องผลของระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกันที่มีต่อผลผลิตของพืช หน่วยทดลองคือ แปลงพืชขนาด 6×9 เมตร ระบบการปลูกพืชที่สนใจศึกษามี 8 ทรีทเมนต์ เราต้องการให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ นั่นคือเราต้องการแยกความผันแปรเนื่องจากความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองออกจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง จึงออกแบบการทดลอง โดยให้แปลงแต่ละแปลงได้รับทรีทเมนต์โดยสุ่มครบ 8 ทรีทเมนต์ เป็นการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก โดยใช้แปลงทั้งหมด 5 แปลง เก็บผลผลิตข้าวโพดและถั่วลิสงในแปลง เมื่ออายุ 97 วัน แล้ววัดน้ำหนักแห้งรวมทั้งหมดคิดเป็น กก.ต่อไร่ ทำการบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล Anova2.sav มีรูปแบบของข้อมูลในแฟ้มดังนี้

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลน้ำหนักแห้งของผลผลิต (กก.ต่อไร่) รวมทั้งหมด ในระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกัน

treat	block	weight	treat	block	weight	treat	block	weight
1	1	1711	4	1	1521	7	1	1780
1	2	1755	4	2	1273	7	2	2008
1	3	1828	4	3	1393	7	3	1245
1	4	1390	4	4	1321	7	4	1995
1	5	2084	4	5	1284	7	5	1855
2	1	1378	5	1	1162	8	1	1888
2	2	1466	5	2	1109	8	2	2066
2	3	1777	5	3	1721	8	3	1764
2	4	1623	5	4	1109	8	4	1391
2	5	1455	5	5	1301	8	5	2196
3	1	1396	6	1	2414			
3	2	1537	6	2	1863			
3	3	1665	6	3	2175			
3	4	1754	6	4	1875			
3	5	1843	6	5	2178			

เราใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเกี่ยวกับ H_0: $\mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_8$ คู่กับ H_1 : $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อยที่สุด 1 คู่ ที่ $i \neq j$

2.1 การตรวจสอบความเป็นปกติ

การทดลองในตัวอย่างข้างต้นมีปัจจัยที่สนใจศึกษาคือ ระบบการปลูกพืชเป็นทรีทเมนต์ แทนด้วยตัวแปร treat แปลงพืชเป็นปัจจัยรบกวน แทนด้วยตัวแปร block ส่วนตัวแปรตามคือ น้ำหนักแห้งของผลผลิตพืชแทนด้วยตัวแปร weight

การทดสอบว่าตัวแปรตามในแต่ละทรีทเมนต์หรือกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ทำได้โดยการทดสอบ Kolmogorov – Smirnov Test ซึ่งอยู่ในคำสั่ง Explore โดยมีสมมติฐานของการทดสอบคือ

H_0 : ประชากรผลผลิตของพืชแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : ประชากรผลผลิตของพืชแต่ละกลุ่มมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ

2.2 การตรวจสอบความเท่ากันของความแปรปรวน

การทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของประชากรหลายกลุ่ม โดยการทดสอบ Levene Test ซึ่งอยู่ในคำสั่งย่อย **Options** ของคำสั่ง **General Linear Model** แบบ **Univariate** ซึ่งมีรายละเอียดการใช้คำสั่งนี้ในหัวข้อที่ 5 โดยมีสมมติฐานในการทดสอบคือ

H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = ... = \sigma_8^2$ หรือประชากรทุกกลุ่มมีความแปรปรวนเท่ากัน

H_1 : $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$ อย่างน้อย 1 คู่ เมื่อ $i \neq j$

2.3 การใช้คำสั่ง Explore ในการตรวจสอบความเป็นปกติ มีขั้นตอนดังนี้

1. ไปที่เมนูบาร์ คลิกที่ Analyze , Descriptive Statistics , Explore … จะได้หน้าต่าง Explore

2. ในหน้าต่าง Explore ในช่องซ้ายมือ คลิกที่ตัวแปรตาม weight แล้วคลิกที่หัวลูกศร ➢ หน้าช่อง Dependent List : ตัวแปร weight จะย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Dependent List : กลับมาคลิกที่ตัวแปร treat แล้วคลิกที่หัวลูกศร ➢ หน้าช่อง Factor List : ตัวแปร treat จะย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Factor List :

ในกรอบ Display คลิกที่ O Both เพื่อให้ผลลัพธ์แสดง 1) การพล็อตกราฟ Normal Q-Q Plot หรือ Detrended Normal Q-Q Plot เพื่อเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าความน่าจะเป็น 2) ค่าสถิติทดสอบว่าข้อมูล weight มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ และ 3) ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบว่าความแปรปรวนของประชากรเท่ากันทุกกลุ่มหรือไม่

ถ้าคลิกที่ปุ่ม Plots … จะได้หน้าต่าง Explore : Plots

ถ้าคลิกที่ปุ่ม Statistics … จะได้หน้าต่าง Explore : Statistics

3. ในหน้าต่าง Explore : Plots ถ้าคลิกที่ O Factor levels together จะได้ผลลัพธ์ที่แสดงค่าสถิติและกราฟต่าง ๆ จำแนกตามกลุ่มของตัวแปรอิสระ โดยปกติโปรแกรมจะเลือกให้อยู่แล้ว

ในกรอบ Descriptive คลิกที่ ☐ Stem-and-leaf และ ☐ Histogram เพื่อให้ผลลัพธ์แสดงกราฟทั้ง 2 ชนิดนี้ ในที่นี้เลือกเฉพาะ Histogram

คลิกที่ ☐ Normality plots with tests เพื่อให้ผลลัพธ์แสดงกราฟ Normal Q-Q Plot หรือ Detrended Normal Q-Q Plot และทำการทดสอบด้วยว่าข้อมูล weight มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่

แล้วคลิกปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

4. ในหน้าต่าง Explore : Statistics คลิกที่ ☐ Descriptives เพื่อให้ผลลัพธ์แสดงค่าต่าง ๆ ของสถิติพรรณนา โดยปกติโปรแกรมจะเลือกให้อยู่แล้ว

ที่ Confidence Interval for Mean : คือ ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)$ โดยปกติโปรแกรมจะใส่ให้อยู่แล้วคือ 95% แต่เราสามารถเปลี่ยนได้ เช่น 99% โดยการพิมพ์เลข 99 ทับตัวเลข 95

แล้วคลิกปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

5. ในหน้าต่าง Explore คลิกปุ่ม OK

ได้ผลลัพธ์การทดสอบความเป็นปกติ ดูจากตาราง Tests of Normality กราฟฮีสโตแกรมและกราฟ Normal Q-Q Plots ของข้อมูล weight ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 5 ดังภาพที่ 6.1

Explore
treat

Case Processing Summary

		Cases					
		Valid		Missing		Total	
	treat	N	Percent	N	Percent	N	Percent
weight	treat1	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat2	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat3	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat4	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat5	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat6	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat7	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%
	treat8	5	100.0%	0	.0%	5	100.0%

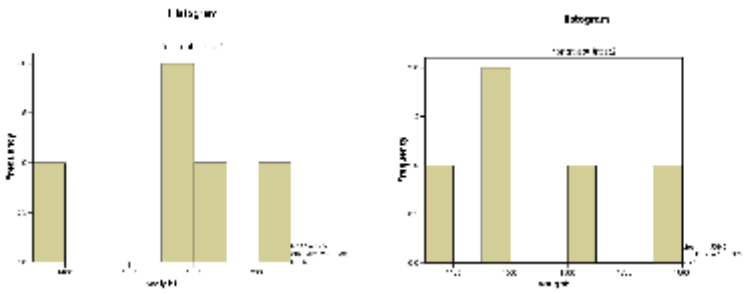
Tests of Normality

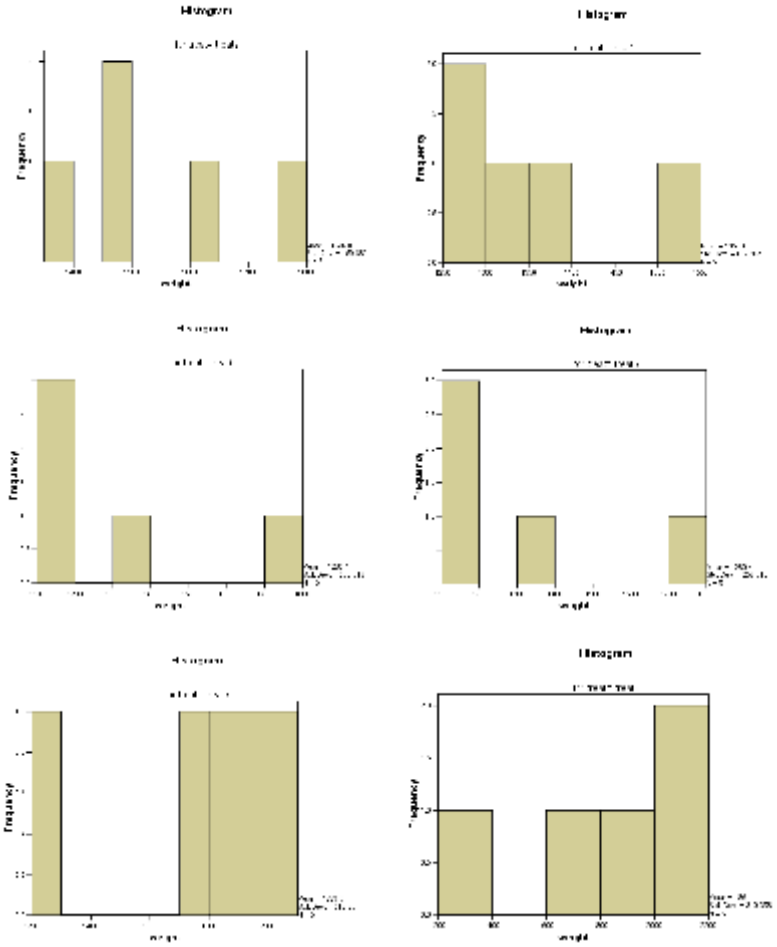
		Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	treat	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
weight	treat1	.232	5	.200*	.963	5	.831
	treat2	.278	5	.200*	.916	5	.507
	treat3	.158	5	.200*	.977	5	.919
	treat4	.243	5	.200*	.873	5	.278
	treat5	.277	5	.200*	.768	5	.043
	treat6	.234	5	.200*	.889	5	.353
	treat7	.304	5	.146	.801	5	.083
	treat8	.177	5	.200*	.959	5	.802

*. This is a lower bound of the true significance.

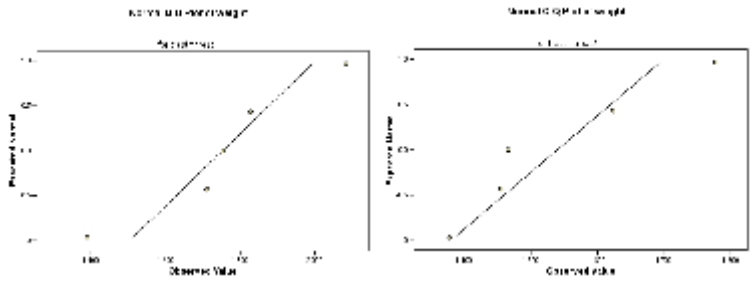
a. Lilliefors Significance Correction

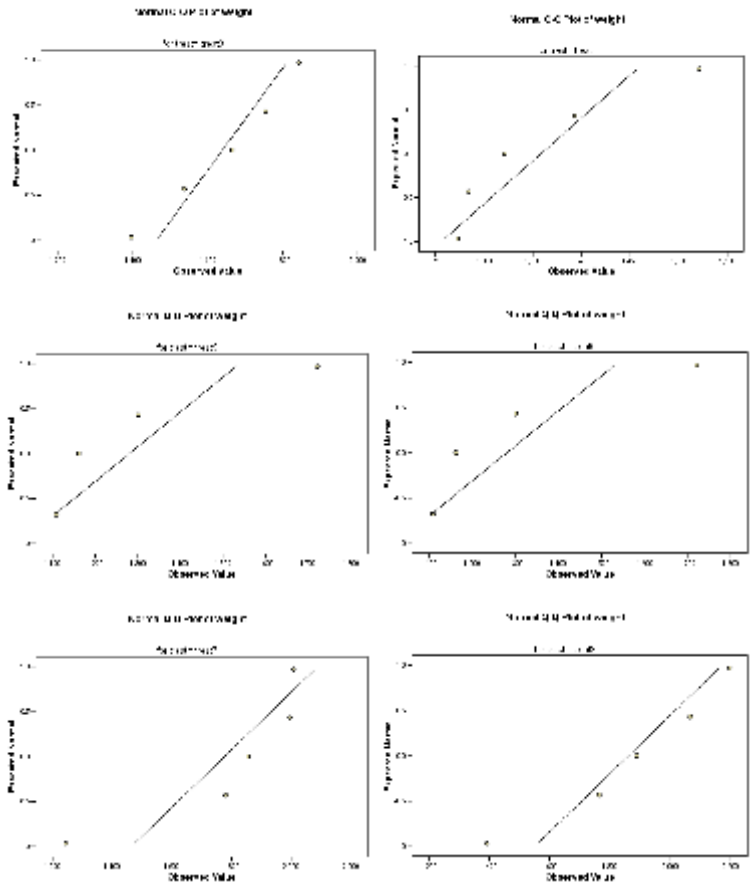
Histograms



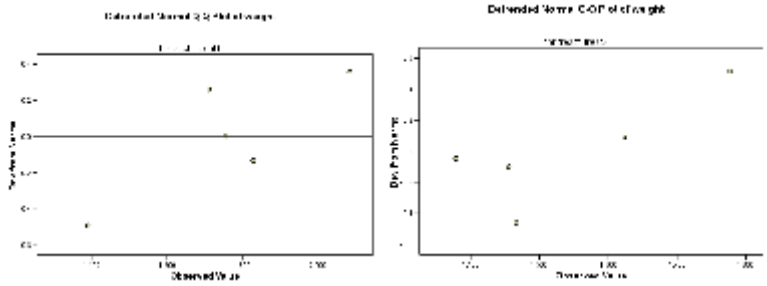


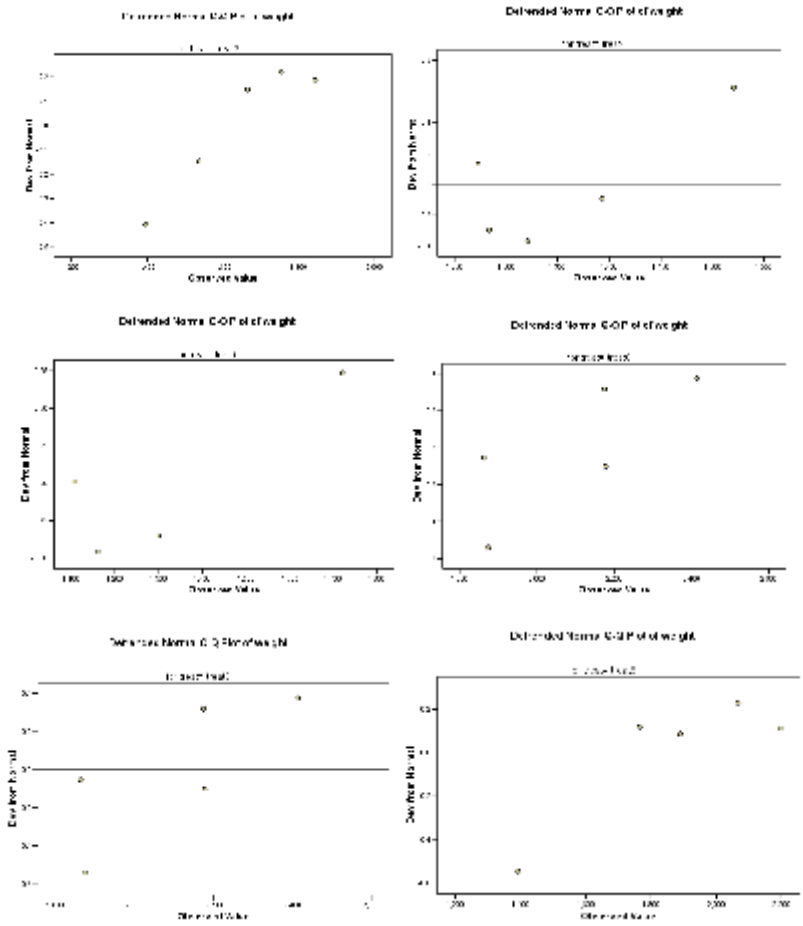
Normal Q-Q Plots





Detrended Normal Q-Q Plots





ภาพที่ 6.1

ในตารางผลลัพธ์ Test of Normality เป็นการทดสอบความเป็นปกติของตัวแปร weight ที่ได้จากการทดสอบโดยวิธีของ Kolmogorov – Smirnov และ Shapiro – Wilk ได้ค่า Statistic และ Sig. แยกตามกลุ่มตัวแปร treat 1 ถึง treat 8 ดูที่ค่า Sig. ของวิธี Kolmogorov – Smirnov มีค่าอยู่ระหว่าง .146 ถึง .200 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด $\alpha = .05$ ดังนั้นจึงยอมรับ H_0 ที่ว่าข้อมูล weight ทุกกลุ่มทรีทเมนต์มีการแจกแจงแบบปกติ

3. การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร

จากตัวอย่างการศึกษาเรื่องผลของระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกันที่มีต่อผลผลิตของพืช ผู้วิจัยต้องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตพืช เขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติคือ

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_8$ คู่กับ $H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ อย่างน้อย 1 คู่ เมื่อ $i \neq j$

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานโดยใช้คำสั่ง **General Linear Model แบบ Univariate**

1. ไปที่เมนูบาร์ คลิกที่ Analyze , General Linear Model , Univariate … จะได้หน้าต่าง Univariate

2. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ตัวแปรตาม weight ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Dependent Variable : แล้วคลิกที่ตัวแปร treat และ block ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Fixed Factor(s) : เพราะผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดระดับของปัจจัย treat และ block ในการทดลองนี้เอง คือ ผู้วิจัยกำหนดระดับของตัวแปร treat เท่ากับ 8 ทรีทเมนต์ คือ ทำการศึกษาเฉพาะระบบการปลูกพืช 8 ระบบนี้เท่านั้น และกำหนดแปลงพืชที่ใช้ในการทดลองนี้ 5 แปลงเท่านั้น

คลิกที่ปุ่ม Model … จะได้หน้าต่าง Univariate : Model

คลิกที่ปุ่ม Post Hoc… จะได้หน้าต่าง Univariate : Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Means

คลิกที่ปุ่ม Options … จะได้หน้าต่าง Univariate : Options

คลิกที่ปุ่ม Plots… จะได้หน้าต่าง Univariate : Profile Plots

3. ในหน้าต่าง Univariate : Model

คลิกที่ O Custom เพราะผู้วิจัยจะเป็นผู้กำหนดตัวแบบสถิติที่ต้องการทดสอบ ในที่นี้ผู้วิจัยต้องการทดสอบเฉพาะอิทธิพลหลักของ ตัวแปร treat และ block ดังนั้นตัวแบบสถิติคือ

$$y_{ij} = \mu + treat_i + block_j + error_{ij}$$

; $i = 1, 2, \ldots, 8$; $j = 1, 2, \ldots, 5$

เมื่อ y_{ij} คือ น้ำหนักผลผลิตพืชในทรีทเมนต์ i และบล็อก j

$treat_i$ คือ อิทธิพลหลักของระบบการปลูกพืช i

$block_j$ คือ อิทธิพลหลักของบล็อก j

$error_{ij}$ คือ ความคลาดเคลื่อนในทรีทเมนต์ i และบล็อก j

ดังนั้นที่ใต้คำสั่ง Build Term(s) มีคำสั่งให้เลือกโดยคลิกที่หัวลูกศร ▼ ท้ายช่อง จะมีคำสั่งให้เลือกหลายคำสั่ง ในที่นี้เลือก Main effects เพราะผู้วิจัยต้องการทดสอบเฉพาะอิทธิพลหลักของตัวแปร treat และ block แล้วสร้างเทอมในโมเดลโดยการคลิกที่ตัวแปร treat และ block ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Model :

ที่คำสั่ง Sum of squares : คือวิธีการคำนวณผลบวกกำลังสอง สำหรับกรณีตัวอย่างนี้เลือก Type II เพราะใช้สำหรับโมเดลที่มีเฉพาะเทอมของอิทธิพลหลักของปัจจัยที่สนใจศึกษาเท่านั้น หรืออาจเลือก Type III ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด และโปรแกรมกำหนดให้อยู่แล้ว ซึ่งในกรณีนี้จะให้ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนเหมือนกัน

คลิกที่ปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

4. ในหน้าต่าง Univariate คลิกปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังภาพที่ 6.2

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		Value Label	N
treat	1	treat1	5
	2	treat2	5
	3	treat3	5
	4	treat4	5
	5	treat5	5
	6	treat6	5
	7	treat7	5
	8	treat8	5
block	1	plot1	8
	2	plot2	8
	3	plot3	8
	4	plot4	8
	5	plot5	8

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: weight

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2739795.475[a]	11	249072.316	4.434	.001
Intercept	110719235.025	1	110719235.025	1971.034	.000
treat	2535376.375	7	362196.625	6.448	.000
block	204419.100	4	51104.775	.910	.472
Error	1572848.500	28	56173.161		
Total	115031879.000	40			
Corrected Total	4312643.975	39			

a. R Squared = .635 (Adjusted R Squared = .492)

ภาพที่ 6.2

จากภาพผลลัพธ์สามารถอธิบายผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล weight ในการศึกษาเรื่องผลของระบบการปลูกพืชที่มีต่อผลผลิตของพืช ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตพืช ดูจากตาราง Tests of Between – Subjects Effects ในคอลัมน์ Source ที่บรรทัดของปัจจัย TREAT ดูที่ค่าสถิติ F เท่ากับ 6.448 ค่า Sig. เท่ากับ .000 ดังนั้นสรุปผลการทดลองได้ว่า ปฏิเสธ $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_8$ หรือ ปฏิเสธ H_0 : อิทธิพลของ $treat_i = 0$ นั่นคือมีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 ค่าที่แตกต่างจากค่าอื่น ๆ หมายถึงมีอิทธิพลของระบบการปลูกพืชต่อน้ำหนักผลผลิตพืช ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบต่อเพื่อหาว่าค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ใดที่แตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ โดยใช้คำสั่ง **Post Hoc.**

4. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ (Post Hoc. Multiple Comparisons)

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนสรุปว่ามีความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผลผลิตพืชทั้ง 8 ทรีทเมนต์ เราต้องการทราบว่าทรีทเมนต์ใดที่แตกต่างจากทรีทเมนต์อื่น ๆ ทำได้ดังนี้

1. ต่อจากขั้นตอนที่ 3 ในหัวข้อที่ 3 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร

2. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม Post Hoc… จะได้หน้าต่าง Univariate : Post Hoc Multiple Comparisons for observed Means

3. ในหน้าต่าง Univariate : Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Means

ในช่อง Factor(s): คลิกที่ตัวแปร treat ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Post Hoc Tests for :

ในกรอบ Equal Variances Assumed เนื่องจากผลของการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวนในหัวข้อที่ 5 พบว่า ยอมรับ H_0 ที่ว่าน้ำหนักของผลผลิตที่ได้รับระบบการปลูกแตกต่างกัน 8 วิธี มีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่ม นั่นคือ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนจึงทดสอบต่อ ในที่นี้เลือกวิธีของดันแคน จึงคลิกที่ ☐ Duncan

แล้วคลิกที่ปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

4. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 6.3

Post Hoc Tests
treat
Homogeneous Subsets

weight

Duncan[a,b]

		Subset			
treat	N	1	2	3	4
treat5	5	1280.40			
treat4	5	1358.40	1358.40		
treat2	5	1539.80	1539.80	1539.80	
treat3	5		1639.00	1639.00	
treat1	5			1753.60	
treat7	5			1776.60	
treat8	5			1861.00	1861.00
treat6	5				2101.00
Sig.		.112	.087	.064	.121

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on Type III Sum of Squares
The error term is Mean Square(Error) = 56173.161.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = .05.

ภาพที่ 6.3

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตพืชตามวิธีของดันแคนจะแยกกลุ่มของทรีทเมนต์ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากันไว้กลุ่มเดียวกัน และต่างกลุ่มจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกัน ดูจากตาราง Homogeneous Subsets ทรีทเมนต์ที่ศึกษาทั้ง 8 ทรีทเมนต์ แบ่งออกได้เป็น 4 subset คือกลุ่มที่ 1 มีทรีทเมนต์ 5 , 4 , 2 กลุ่มที่ 2 มี ทรีทเมนต์ 4 , 2 , 3 กลุ่มที่ 3 มีทรีทเมนต์ 2 , 3 , 1 , 7 , 8 และกลุ่มที่ 4 มีทรีทเมนต์ 8 , 6

5. การประมาณค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ และการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวน

จากตัวอย่างการศึกษาเรื่องผลของระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกันที่มีผลต่อผลผลิตของพืช ผู้วิจัยต้องการประมาณค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์คือ ระบบการปลูกพืช 8 วิธี และตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวนของข้อมูล weight เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มของตัวแปร treat โดยใช้สถิติทดสอบ levene statistic ทำได้ดังนี้คือ

1. ต่อจากขั้นตอนที่ 3 ในหัวข้อที่ 3 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร

2. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม Options… จะได้หน้าต่าง Univariate : Options

3. ในหน้าต่าง Univariate : Options

ในกรอบ Estimated Marginal Means

ภายใต้กรอบ Factor(s) and Factor Interactions : คลิกที่ตัวแปร treat ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่องของ Display Means for : เพื่อให้แสดงค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และ 95% ช่วงความเชื่อมั่นของค่าเฉลี่ยของตัวแปร weight

ในกรอบ Display คลิกที่ ☐ Homogeneity tests เพื่อทำการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปร weight ว่ามีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่มประชากรหรือไม่

แล้วคลิกปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

4. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 6.4

Levene's Test of Equality of Error Variances [a]

Dependent Variable: weight

F	df1	df2	Sig.
.	39	0	.

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+treat+block

Estimated Marginal Means

treat

Dependent Variable: weight

			95% Confidence Interval	
treat	Mean	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
treat1	1753.600	105.994	1536.482	1970.718
treat2	1539.800	105.994	1322.682	1756.918
treat3	1639.000	105.994	1421.882	1856.118
treat4	1358.400	105.994	1141.282	1575.518
treat5	1280.400	105.994	1063.282	1497.518
treat6	2101.000	105.994	1883.882	2318.118
treat7	1776.600	105.994	1559.482	1993.718
treat8	1861.000	105.994	1643.882	2078.118

ภาพที่ 6.4

ผลลัพธ์ที่ได้คือ

ในตาราง Estimated Marginal Means แสดงค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย และ 95% ช่วงความเชื่อมั่นของน้ำหนักผลผลิตพืช (weight) แยกตามตัวแปร treat 8 กลุ่ม ผลลัพธ์ที่ได้คือ ระบบการปลูกพืชวิธีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตพืชเท่ากับ 1753.600 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 105.994 95% ช่วงความเชื่อมั่นคือ (1536.482 , 1970.718) และต่อไปเรื่อย ๆ จนถึงระบบการปลูกพืชวิธีที่ 8 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1861.000 ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ 105.994 และ 95% ช่วงความเชื่อมั่นคือ (1643.882 , 2078.118)

ในตาราง Levene's Test of Equality of Error Variances แสดงการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปร weight เป็นค่าสถิติ ที่ $df_1 = 39$ และ $df_2 = 0$ ซึ่งไม่มีค่า เนื่องจากตัวแบบสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ $y_{ij} = \mu + treat_i + block_j + error_{ij}$ ซึ่งมีตัวแปรในตัวแบบสถิตินี้จำนวน 2 ตัวแปร คือ treat และ block ดูคล้ายกับเป็นการทดลองแฟกทอเรียล ในโปรแกรม SPSS จึงคิดแบบการทดลองแฟกทอเรียลคือ จำนวนทรีทเมนต์ $a = i \times j = 8 \times 5 = 40$ ทรีทเมนต์ และในแต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนข้อมูลเพียง 1 ซ้ำเท่านั้น ($n = 1$) ดังนั้นการคำนวณค่าสถิติ F ที่มี $df_1 = a - 1 = 40 - 1 = 39$ และ $df_2 = a(n - 1) = 40(1 - 1) = 0$ จึงหาค่าไม่ได้

แต่ในการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกนี้ บล็อกก็คือซ้ำของการทดลองนั่นเอง ซึ่งในตัวแบบสถิติของการทดลองนี้มี 5 บล็อก ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีจำนวนซ้ำเท่ากับ 5 ซ้ำนั่นเอง การตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นเกี่ยวกับความเท่ากันของความแปรปรวนของข้อมูลชุดนี้จึงต้องใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-Way ANOVA) ที่อธิบายรายละเอียดในบทที่ 5 แล้ว

ในที่นี้จะแสดงวิธีการคำนวณค่าสถิติ Levene ตามวิธีการของ levene test of homogeneity โดยละเอียดอีกครั้งหนึ่งดังนี้ คำนวณค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตพืชของระบบการปลูกพืชวิธีที่ 1 ถึง 8 ได้เท่ากับ 1753.6 , 1539.8 , 1639.0 , 1358.4 , 1280.4 , 2101.0 , 1776.6 และ 1861.0 ตามลำดับ คำนวณค่าสัมบูรณ์ของความเบี่ยงเบนของข้อมูลน้ำหนักผลผลิตพืชจากค่าเฉลี่ย $\left|y_{ij} - \bar{y}_{i.}\right|$ ในแต่ละทรีทเมนต์ ได้เป็นข้อมูลใหม่ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่าสัมบูรณ์ของความเบี่ยงเบนของข้อมูลน้ำหนักผลผลิตพืชจากค่าเฉลี่ย (data) = $\left|y_{ij} - \bar{y}_{i.}\right|$ ในแต่ละทรีทเมนต์

treat	data = $\left\|y_{ij} - \bar{y}_{i.}\right\|$	treat	data = $\left\|y_{ij} - \bar{y}_{i.}\right\|$	treat	data = $\left\|y_{ij} - \bar{y}_{i.}\right\|$
1	42.6	4	162.6	7	3.4
1	1.4	4	85.4	7	231.4
1	74.4	4	34.6	7	531.6
1	363.6	4	37.4	7	218.4
1	330.4	4	74.4	7	78.4
2	161.8	5	118.4	8	27.0
2	73.8	5	171.4	8	205.0
2	237.2	5	440.6	8	97.0
2	83.2	5	171.4	8	470.0
2	84.8	5	20.6	8	335.0
3	243.0	6	313.0		
3	102.0	6	238.0		
3	26.0	6	74.0		
3	115.0	6	226.0		
3	204.0	6	77.0		

แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน โดยใช้ข้อมูลใหม่ ในตารางที่ 6.2 ที่มีตัวแบบสถิติคือ

$$y_{ij} = \mu + treat_i + error_{ij}$$

เมื่อ y_{ij} คือ ข้อมูลใหม่ที่ได้จากตารางที่ 6.2

เราสามารถใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการคำนวณได้โดยใช้คำสั่ง **One-Way ANOVA** ที่อธิบายขั้นตอนการใช้คำสั่งแล้วในบทที่ 5 ที่มีตัวแปรตามเป็นตัวแปรใหม่ data และตัวแปร treat คือ ปัจจัยที่สนใจศึกษาอยู่ในช่อง Factor : จะได้ผลลัพธ์การวิเคราะห์ความแปรปรวนดังภาพที่ 6.5

Oneway

ANOVA

data

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	82003.676	7	11714.811	.613	.741
Within Groups	611142.448	32	19098.201		
Total	693146.124	39			

ภาพที่ 6.5

อาศัยผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากตาราง ANOVA ได้ค่าสถิติ levene ดูที่ค่าสถิติ F เท่ากับ .613 ที่มี df = 7, 32 และค่า Sig. = 0.741 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด (α = .05) ดังนั้นจึงยอมรับ $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = ... = \sigma_8^2$ สรุปผลการทดสอบความแปรปรวนของตัวแปร weight ได้ว่ามีความแปรปรวนเท่ากันทุกกลุ่มประชากร นั่นคือ น้ำหนักแห้งของผลผลิตรวมที่ได้รับระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกัน 8 วิธี มีความแปรปรวนเท่ากัน

6. พล็อตกราฟปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร treat และ block

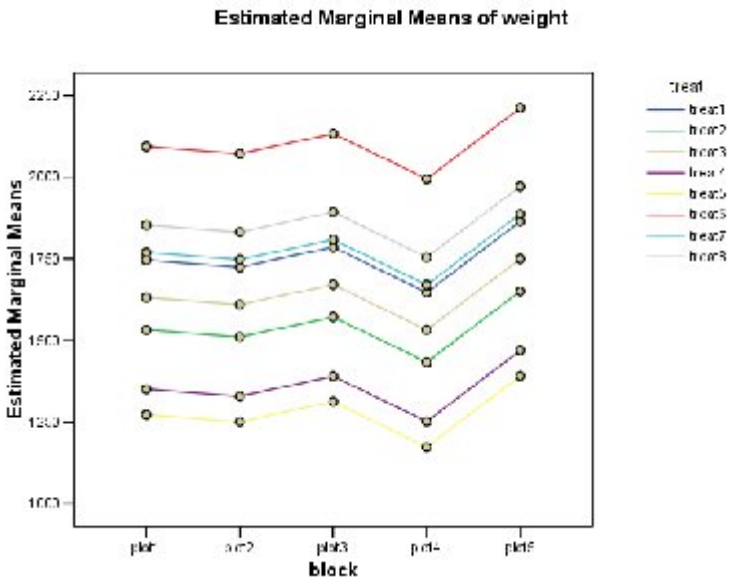
จากตัวอย่างการศึกษาเรื่องผลของระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกันที่มีผลต่อผลผลิตของพืช ผู้วิจัยอาจต้องการดูภาพปฏิสัมพันธ์ของ treat และ block ทำได้ดังนี้คือ

1. ต่อจากขั้นตอนที่ 3 ในหัวข้อที่ 3 การทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความเท่ากันของค่าเฉลี่ยของประชากร
2. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม Plots… จะได้หน้าต่าง Univariate : Profile Plots
3. ในหน้าต่าง Univariate : Profile Plots
   คลิกที่ตัวแปร treat ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Separate Lines:
   คลิกที่ตัวแปร block ให้ย้ายเข้าไปอยู่ในช่อง Horizontal Axis :
   แล้วคลิกที่ปุ่ม Add เพื่อสร้างกราฟปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร treat และ block

คลิกที่ปุ่ม Continue หน้าต่างนี้จะถูกปิดไป

4. ในหน้าต่าง Univariate คลิกที่ปุ่ม OK จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 6.6

Profile Plots



ภาพที่ 6.6

ภาพที่ 6.6 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร treat และ block จากภาพ Profile Plots ของ Estimated Marginal Means of weight แสดงว่าน้ำหนักแห้งของผลผลิตรวมทั้งหมดของระบบการปลูกพืชวิธีที่ 6 มีค่าสูงกว่าวิธีอื่น ๆ ทั้งหมดในทุกแปลงพืช และระบบการปลูกพืชวิธีที่ 5 มีค่าต่ำกว่าวิธีอื่น ๆ ทั้งหมดในทุกแปลงพืชด้วย นอกจากนี้เส้นกราฟทุกเส้นขนานกันทุกเส้น หมายความว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างทรีทเมนต์และบล็อกซึ่งเป็นไปตามตัวแบบสถิติของการออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก

แบบฝึกหัดบทที่ 6

1. การศึกษาเรื่องผลของรังสีแกมมาที่มีต่อทานตะวันมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปอร์เซ็นต์การงอกของทานตะวันพันธ์แปรซิฟิค 33 ที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ 6 ระดับ คือ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 กิโลแรด ทำการทดลองโดยนำเมล็ดทานตะวันที่ฉายรังสีแล้วปลูกในกระบะดิน 3 กระบะ แต่ละกระบะดินแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ปลูกเมล็ดทานตะวันที่ฉายรังสีปริมาณต่าง ๆ ทั้ง 6 ระดับ ๆ ละ 100 เมล็ด รดน้ำทุกวัน ๆ ละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น หลังจากปลูก 7 วัน หาเปอร์เซ็นต์ความงอกได้ข้อมูลดังตาราง

ตาราง เปอร์เซ็นต์การงอกของทานตะวันพันธ์แปซิฟิก 33 ที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ

ปริมาณรังสี (กิโลแรด)	กระบะดิน		
	1	2	3
0	100.00	100.00	100.00
5	98.53	100.00	100.00
10	89.71	97.14	90.36
15	36.76	95.71	86.76
20	17.65	65.71	80.88
25	14.71	48.57	29.41

แหล่งที่มา : โกศล พวงวิจิตร. 2533. ผลของรังสีแกมมาที่มีต่อทานตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. จงเขียนตัวแบบสถิติของการทดลอง พร้อมอธิบายแต่ละเทอม

ข. จงตรวจสอบว่าข้อมูลเปอร์เซ็นต์การงอกของทานตะวันที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ ทั้ง 6 ระดับ เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือไม่

ค. จงเขียนสมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ง. จงใช้วิธีของดันแคนเปรียบเทียบทรีทเมนต์ทั้งหมด ที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

2. ในการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาฆ่าแมลงที่มีผลต่อยุง caribbean ในวารสาร Journal of the American Mosquito Control Association (Mar. 1995) ได้ทำการศึกษายาฆ่าแมลง 5 ชนิดคือ temephos , malathion , fenitrothion , fenitrothion , fenthion , และ chlorpyrifos ในการควบคุมยุง caribbean ทำการทดลองโดยเก็บลูกน้ำยุงจากพื้นที่ที่มียุงชนิดนี้ 7 แหล่ง แล้วนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการและทดสอบกับยาฆ่าแมลงในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งยุงในแต่ละแหล่งออกเป็น 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มใช้ทดสอบกับยาฆ่าแมลงชนิดหนึ่ง เก็บข้อมูลปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ทำให้ยุงตาย 50% และหารด้วยปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ทำให้ยุงรู้สึกเครียดจะได้ค่าของอัตราส่วนของความต้านทานของยุง ค่าของอัตราส่วนที่สูงขึ้นหมายความว่า ยุงมีความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงมากขึ้นด้วย จากการทดลองกับยาฆ่าแมลงทั้ง 5 ชนิด ได้ค่าอัตราส่วนของความต้านทานของยุง ดังตาราง ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของความต้านทานของยุงต่อยาฆ่าแมลงทั้ง 5 ชนิด

ตาราง ค่าอัตราส่วนของความต้านทานของยุงต่อยาฆ่าแมลง 5 ชนิด

แหล่งที่เก็บลูกน้ำยุง	ยาฆ่าแมลง				
	temephos	malathion	fenitrothion	fenthion	chlorpyrifos
1	4.6	1.2	1.5	1.8	1.5
2	9.2	2.9	2.0	7.0	2.0
3	7.8	1.4	2.4	4.2	4.1
4	1.7	1.9	2.2	1.5	1.8
5	3.4	3.7	2.0	1.5	7.1
6	6.7	2.7	2.7	4.8	8.7
7	1.4	1.9	2.0	2.1	1.7

แหล่งที่มา : Rawlins, S.C., and Oh Hing Wan, J. “Resistance in some Caribbean population of Aedes aegypti to several insecticides.” *Journal of the American Mosquito Control Association*, Vol.11, No. 1, Mar. 1995 (Table1).

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. จงเขียนตัวแบบสถิติของการทดลอง พร้อมอธิบายแต่ละเทอม

ข. จงตรวจสอบว่าข้อมูลค่าอัตราส่วนของความต้านทานของยุงต่อยาฆ่าแมลงทั้ง 5 ชนิด เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือไม่

ค. จงเขียนสมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบแล้วทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และสรุปผลที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ง. จงใช้วิธีของดันแคนเปรียบเทียบทรีทเมนต์ทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

3. ในการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของการนวดกล้ามเนื้อที่มีต่อการชกมวย กลุ่มตัวอย่างคือ นักมวยสมัครเล่นจำนวน 8 คน ทำการทดลองโดยการวัดกำลังหมัดของนักมวยแต่ละคน (วัดเป็นนิวตัน) ในระหว่างยกของการต่อยมวยที่แตกต่างกัน 4 สถานการณ์คือ

1. ในยกที่ 1 หลังจากการนวด (M1) 2. ในยกที่ 1 หลังจากเวลาพัก (R1)

3. ในยกที่ 5 หลังจากการนวดระหว่างยก (M5) 4. ในยกที่ 5 หลังจากเวลาพักระหว่างยก (R5)

ได้ข้อมูลดังตาราง ผู้วิจัยต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกำลังหมัดใน 4 สถานการณ์นี้

ตาราง ข้อมูลกำลังหมัด (นิวตัน) ใน 4 สถานการณ์

นักมวย	สถานการณ์			
	M1	R1	M5	R5
1	1243	1244	1291	1262
2	1147	1053	1169	1177
3	1247	1375	1309	1321
4	1274	1235	1290	1285
5	1177	1139	1233	1238
6	1336	1313	1366	1362
7	1238	1279	1275	1261
8	1261	1152	1289	1266

แหล่งที่มา : Hemmings , B., Smith, M., Graydon , J., and Dyson, R. “Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance.” *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 34, No. 2 , Apr. 2000 (adapted from Table 3). อ้างถึงใน Mendenhall , W. and Sincich , T. 2003.

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. จงเขียนตัวแบบสถิติของการทดลองและอธิบายแต่ละเทอม

ข. จงเขียนสมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบ แล้วทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ค. จงเปรียบเทียบทรีทเมนต์ทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ง. จงตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบสถิติ โดยการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน

4. ในการศึกษาเปรียบเทียบขนมพุดดิ้งรสช็อกโกแลตของบริษัทต่าง ๆ 6 บริษัทในซานฟรานซิสโก ดำเนินการทดลองโดยให้ผู้เชี่ยวชาญอาหาร 5 ท่าน สุ่มชิมขนมพุดดิ้งของแต่ละบริษัทโดยการปิดตา แล้วให้คะแนนรสชาดจาก 0 ถึง 20 คะแนน การให้คะแนนโดยไม่ทราบว่าเป็นของบริษัทใดทำให้การให้คะแนนของผู้เชี่ยวชาญอาหารแต่ละท่านเป็นอิสระกันเพราะไม่ได้ปรึกษากัน ได้คะแนนดังตาราง ผู้วิจัยอยากทราบว่าขนมพุดดิ้งของทั้ง 6 บริษัทมีความแตกต่างกันหรือไม่

ตาราง คะแนนรสชาดของขนมพุดดิ้งรสช็อกโกแลตของ 6 บริษัท

ผู้เชี่ยวชาญอาหาร	บริษัท					
	1	2	3	4	5	6
1	7	12	16	16	11	8
2	15	14	8	6	2	0
3	20	10	20	4	13	0
4	16	16	12	10	9	9
5	15	16	9	13	3	5

แหล่งที่มา : Trumbo , E.B. , 2002.

จงตอบคำถามต่อไปนี้

ก. จงเขียนตัวแบบการทดลองพร้อมอธิบายแต่ละเทอม

ข. จงเขียนสมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบแล้วทดสอบสมมติฐานด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และสรุปผลการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ค. จงใช้วิธีของฟิชเชอร์เปรียบเทียบทรีทเมนต์ทั้งหมดที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = .05$

ง. จงตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน