บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

การวางแผนแบบทดลองเพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ จำเป็นต้องมีแผนแบบทดลองที่สอดคล้องกับเรื่องที่สนใจศึกษาในการเลือกแผนแบบทดลองให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับสภาพหรือชนิดของความแปรปรวนของวัสดุหรือสิ่งที่ใช้ในการทดลอง เป็นแผนแบบทดลองที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการทดลองน้อยที่สุด สามารถแยกความแตกต่างระหว่างวิธีทดลองได้ดี ง่ายต่อการวางแผน การปฏิบัติ การวิเคราะห์ผลทางสถิติ แต่บางครั้งแผนแบบทดลองที่เป็นไปตามเกณฑ์ดังกล่าว อาจจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการออกแบบแผนการทดลองที่ดี คือ การเลือกแผนการทดลองที่ให้ค่าประมาณที่ดีได้และพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง หรือ มีประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์นั่นเอง ในการวิจัยครั้งนี้จะศึกษาประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ และเปรียบเทียบกับตัวแบบแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ โดยจะกล่าวถึงตัวแบบสำหรับแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายทั้งหมด และกล่าวถึง ตัวแบบแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ดังต่อไปนี้

2.1 แผนการทดลองแบบสปลิท- พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

(Split Plot with RCBD Design)

แผนแบบทดลองสปลิท-พลอท เป็นแผนแบบทดลองที่สะดวกและเหมาะต่อการปฏิบัติงานใช้ในการศึกษาหรือเปรียบเทียบวิธีทดลองตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับขึ้นไป ปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองหลัก(Whole Plot หรือ Main Plot treatment) หรือหน่วยทดลองหลัก(Main Units) และอีกปัจจัยหนึ่งใช้แปลงทดลองย่อย (Sub Plot treatment) หรือหน่วยทดลองย่อย (Sub Units) ที่ได้จากการแบ่งหน่วยทดลองหลักนั้น ๆ จึงทำให้สามารถศึกษาปัจจัยแปลงทดลองย่อยได้ละเอียดกว่าแปลงทดลองหลักและมีความแม่นยำมากกว่าการวางแผนแบบทดลองแบบอื่นๆ ในการวางแผนการทดลองผู้ทดลองสามารถจัดแปลงทดลองหลักและแปลงทดลองย่อย

ตามแผนการทดลองที่เหมาะสมกับงานทดลองนั้นๆ โดยทั่วไปสามารถวางแผนแบบการทดลองในแปลงทดลองหลักได้ดังนี้

- วางแผนแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์
- วางแผนแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์
- วางแผนแบบจัตุรัสละติน

สำหรับแผนแบบทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ตัวแบบสำหรับข้อมูลตอบสนองในกรณีที่กระทำวิธีทดลองกับหน่วยทดลอง คือ

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \varepsilon_{ij} + \beta_k + (\tau\beta)_{ik} + e_{ijk}$$

เมื่อ $i=1,2,...,a$

$j=1,2,...,r$

$k=1,2,...,b$

Y_{ijk}	คือ	ข้อมูลตอบสนองของหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i บล็อกที่ j และ วิธีทดลองย่อยที่ k
μ	คือ	พารามิเตอร์แทนค่าเฉลี่ยรวม
τ_i	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากวิธีทดลองหลักที่ i
α_j	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากบล็อกที่ j
β_k	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากวิธีทดลองย่อยที่ k
ε_{ij}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i บล็อกที่ j
$(\tau\beta)_{ik}$	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลร่วมจากวิธีทดลองหลักที่ i และวิธีทดลองย่อย ที่ k
e_{ijk}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i บล็อกที่ j และวิธีทดลองย่อยที่ k
a	คือ	จำนวนวิธีทดลองหลัก
b	คือ	จำนวนวิธีทดลองย่อย
r	คือ	จำนวนบล็อก

รูปแบบข้อมูลของแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลของแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

วิธีทดลองหลัก	วิธีทดลองย่อย	บล็อก					
		1	2	.	.	.	r
1	1	y_{111}	y_{112}	·	·	·	y_{11r}
	2	y_{121}	y_{122}	·	·	·	y_{12r}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	b	y_{1b1}	y_{1b2}	·	·	·	y_{1br}
2	1	y_{211}	y_{212}	·	·	·	y_{21r}
	2	y_{221}	y_{222}	·	·	·	y_{22r}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	b	y_{2b1}	y_{2b2}	·	·	·	y_{2br}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	1	y_{a11}	y_{a12}	·	·	·	y_{a1r}
	2	y_{a21}	y_{a22}	·	·	·	y_{a2r}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	b	y_{ab1}	y_{ab2}	·	·	·	y_{abr}

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ (The Analysis of variance for Split Plot with RCBD design)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ เพื่อทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง แสดงดังตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอทจัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

แหล่งของความผันแปร	องศาความเป็นอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าเอฟ
จำนวนบล็อก	r-1	SSBL		
วิธีทดลองหลัก	a-1	SSA	MSA	$\frac{MSA}{MSEMP}$
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีทดลองหลัก	(a-1)(r-1)	SSEMP	MSEMP	
รวมวิธีทดลองหลัก	ar - 1	SSMP		
วิธีทดลองย่อย	b-1	SSB	MSB	$\frac{MSB}{MSESP}$
ผลกระทบร่วมระหว่างวิธีทดลองหลักและวิธีทดลองย่อย	(a-1)(b-1)	SS(AB)	MS(AB)	$\frac{MS(AB)}{MSESP}$
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีทดลองย่อย	a(r-1)(b-1)	SSESP	MSESP	
รวม	abr -1	SST		

โดยที่

$$SSBL = \frac{\sum_{j} y_{.j.}^2}{ab} - \frac{y_{...}^2}{abr} \qquad SSMP = \frac{\sum_{i}\sum_{j} y_{ij.}^2}{b} - \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i} y_{i..}^2}{ar} - \frac{y_{...}^2}{abr} \qquad SSB = \frac{\sum_{k} y_{..k}^2}{ar} - \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SSEMP = SSMP - SSBL - SSA$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_j \sum_k y_{.jk}^2}{r} - \frac{\sum_j y_{.j.}^2}{br} - \frac{\sum_k y_{..k}^2}{ar} + \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SSESP = SST - SSMP - SSB - SS(AB)$$

y_{ijk} คือ ค่าของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i บล็อกที่ j วิธีทดลองย่อยที่ k

$y_{i..}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองหลักที่ i

$y_{ij.}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองหลักที่ i บล็อกที่ j

$y_{.j.}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลบล็อกที่ j

$y_{..k}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองย่อยที่ k

$y_{.jk}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลบล็อกที่ j อิทธิพลวิธีทดลองย่อยที่ k

$y_{...}$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

<u>สมมติฐานสำหรับการทดสอบ</u>

สำหรับปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยคงที่ (Fixed factor)

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_k$

   $H_1 : \tau_i \neq \tau_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ของ $i \neq j$

2. $H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \ldots = \alpha_k$

   $H_1 : \alpha_i \neq \alpha_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ของ $i \neq j$

3. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \ldots = \beta_k$

   $H_1 : \beta_i \neq \beta_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ของ $i \neq j$

<u>เกณฑ์ในการตัดสินใจของการทดสอบเอฟ</u>

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบเอฟจากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าสถิติทดสอบเอฟที่ได้จากการเปิดตารางเอฟที่ระดับนัยสำคัญ α และองศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = a-1$ และ $\nu_2 = (r-1)(a-1)$ ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(r-1),(a-1)]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้ง การแจกแจงของเอฟจะเป็นการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง (Non-central F distribution) ที่มีระดับนัยสำคัญ α และองศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = a-1$ และ $\nu_2 = (r-1)(a-1)$ และมีพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง

$$\lambda = \frac{b\sum_{i=1}^{a}\tau_i^2}{\sigma^2}$$

สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(r-1)(a-1)];\lambda}$ และเรียก λ นี้ว่า พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง (Noncentral parameter) โดยที่ภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ เท่ากับ 0 หรือพิจารณาจากค่า p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ โดยถ้าพบว่าถ้าค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง และถ้าค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง

2.3 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติอาจจะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานได้ ความผิดพลาดในที่นี้หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐานว่าง แต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานว่างไม่จริง ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบ	ความเป็นจริง	
	สมมติฐานว่างเป็นจริง	สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง
ปฏิเสธสมมติฐานว่าง	ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I error) (α)	ผลการทดสอบถูกต้อง($1-\beta$)
ยอมรับสมมติฐานว่าง	ผลการทดสอบถูกต้อง ($1-\alpha$)	ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) (β)

จะได้ว่าการคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองเป็นดังสมการต่อไปนี้

$$E(C_T)^{1}=C_E+E(C_o)$$

$$E(C_T)=C_E+P_{H_0}[\alpha C_1+(1-\alpha)C_2]+(1-P_{H_0})[\beta C_3+(1-\beta)C_4]$$

โดยที่

C_E คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองหนึ่งการทดลอง

$$C_E=C_{fix}+abr(C_{EU})+ar\sum_{k=1}^{b}C_{SP}+br\sum_{i=1}^{a}C_{MP}$$

C_1 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นจริง

$$C_1=abr(C_{EU})+abr(C_{OP1})$$

C_2 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นจริง

$$C_2=abr(C_{EU})$$

C_3 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

$$C_3=abr(C_{EU})+abr(C_{OP2})$$

C_4 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

$$C_4=abr(C_{EU})$$

เมื่อ

C_{fix} คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลอง

C_{EU} คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการหาหน่วยทดลอง

C_{SP} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองกับหน่วยทดลองในแปลงทดลองย่อย

C_{MP} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองกับหน่วยทดลองในแปลงทดลองหลัก

C_{OP1} คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

C_{OP2} คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

$E(C_T)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม

P_{H_0} คือ ความน่าจะเป็นที่สมมติฐานว่างจะเป็นจริง

1-P_{H_0} คือ ความน่าจะเป็นที่สมมติฐานว่างจะไม่เป็นจริง

a คือ จำนวนวิธีทดลองหลัก

b คือ จำนวนวิธีทดลองย่อย

r คือ จำนวนบล็อก

---

[1] Ian James Parnell, "Use of decision analysis to design a habitat restoration experiment," (Master's Thesis, Resource Management, School of Resource and Environment Management, Simon Fraser University, 2002), p. 28.

2.4 แผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

(Split Plot with CRD Design)

ตัวแบบสำหรับข้อมูลตอบสนองในกรณีที่กระทำวิธีทดลองกับหน่วยทดลอง คือ

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_k + \varepsilon_{ij} + (\tau\beta)_{ik} + e_{ijk}$$

เมื่อ $i = 1, 2, \ldots, a$

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

$k = 1, 2, \ldots, b$

y_{ijk}	คือ	ข้อมูลตอบสนองของหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i ซ้ำที่ j วิธีทดลองย่อยที่ k
μ	คือ	พารามิเตอร์แทนค่าเฉลี่ยรวม
τ_i	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากวิธีทดลองหลักที่ i
β_k	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลจากวิธีทดลองย่อยที่ k
$(\tau\beta)_{ik}$	คือ	พารามิเตอร์แทนอิทธิพลร่วมจากวิธีทดลองหลักที่ i และวิธีทดลองย่อยที่ k
ε_{ij}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i
e_{ijk}	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อนของหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองหลักที่ i ซ้ำที่ j และวิธีทดลองย่อยที่ k
a	คือ	จำนวนวิธีทดลองหลัก
b	คือ	จำนวนวิธีทดลองย่อย
r	คือ	จำนวนซ้ำในแปลงทดลองหลัก

รูปแบบข้อมูลของการวางแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท แบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลของการวางแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท แบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

วิธีทดลองหลัก		วิธีทดลองย่อย					
		1	2	.	.	.	b
1	s_{11}	y_{111}	y_{112}	.	.	.	y_{11b}
	s_{12}	y_{121}	y_{122}	.	.	.	y_{12b}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	s_{1r}	y_{1r1}	y_{1r2}	.	.	.	y_{1rb}
2	s_{21}	y_{211}	y_{212}	.	.	.	y_{21b}
	s_{22}	y_{221}	y_{222}	.	.	.	y_{22b}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	s_{2r}	y_{2r1}	y_{2r2}	.	.	.	y_{2rb}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
a	s_{a1}	y_{a11}	y_{a12}	.	.	.	y_{a1b}
	s_{a2}	y_{a21}	y_{a22}	.	.	.	y_{a2b}
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	s_{ar}	y_{ab1}	y_{ab2}	.	.	.	y_{arb}

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (The Analysis of variance for Split Plot with CRD design)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ เพื่อทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง แสดงดังตารางที่ 2.5 ดังนี้

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสปลิท-พลอท แบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

แหล่งของความผันแปร	องศาความเป็นอิสระ	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าเอฟ
วิธีทดลองหลัก	a-1	SSA	MSA	$\frac{MSA}{MSEMP}$
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีทดลองหลัก	a(r-1)	$SSEMP$	$MSEMP$	
รวมวิธีทดลองหลัก	ar - 1	SSMP		
วิธีทดลองย่อย	b-1	SSB	MSB	$\frac{MSB}{MSESP}$
ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัย A และ B	(a-1)(b-1)	$SS(AB)$	$MS(AB)$	$\frac{MS(AB)}{MSESP}$
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากปัจจัย B	a(r-1)(b-1)	$SSESP$	$MSESP$	
รวม	rab-1	SST		

โดยที่

$$SSA = \frac{\sum_i y_{i..}^2}{ar} - \frac{y_{...}^2}{abr} \qquad SSMP = \frac{\sum_i \sum_j y_{ij.}^2}{b} - \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SSB = \frac{\sum_k y_{..k}^2}{ar} - \frac{y_{...}^2}{abr} \qquad SSEMP = SSMP - SSA$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_j \sum_k y_{.jk}^2}{r} - \frac{\sum_j y_{.j.}^2}{br} - \frac{\sum_k y_{..k}^2}{ar} + \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SST = \sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk}^2 - \frac{y_{...}^2}{abr}$$

$$SSESP = SST - SSMP - SSB - SS(AB)$$

y_{ijk} คือ ค่าของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับวิธีทดลองหลักที่ i ซ้ำ

ที่ j วิธีทดลองย่อยที่ k

$y_{i..}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองหลักที่ i

$y_{ij.}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองหลักที่ i ซ้ำที่ j

$y_{..k}$ คือ ผลรวมของข้อมูลจากหน่วยทดลองที่ได้รับอิทธิพลวิธีทดลองย่อยที่ k

$y_{...}$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างตามตัวแบบแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ จึงทำการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean square error(MSE)) ดังนี้

$$MSE_{(CRD,RCBD)}{}^{2} = \frac{SSBL + r(a-1)(MSE)}{r(a-1)(b-1)}$$

เมื่อ $SSBL$ คือ ค่ากำลังสองเฉลี่ยตามบล็อก

MSE คือ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแผนการทดลองสปลิท-พลอท จัดเมนพลอทแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

a คือ จำนวนวิธีทดลองหลัก

b คือ จำนวนวิธีทดลองย่อย

r คือ จำนวนบล็อก

<u>สมมติฐานสำหรับการทดสอบ</u>

สำหรับปัจจัยทดลองเป็นปัจจัยคงที่ (Fixed factor)

1. $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_k$

   $H_1 : \tau_i \neq \tau_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ของ $i \neq j$

2. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \ldots = \beta_k$

   $H_1 : \beta_i \neq \beta_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ของ $i \neq j$

---

[2] Roger E. Kirk, <u>Experimental Design: Procedures for the behavioral sciences</u>,2nded (California: Wadsworth, 1982), p.327.

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์ในการตัดสินใจของการทดสอบเอฟ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือการทดสอบเอฟ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่าสถิติทดสอบเอฟจากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่าสถิติทดสอบเอฟที่ได้จากการเปิดตารางเอฟที่ระดับนัยสำคัญ α และองศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = a-1$ และ $\nu_2 = (r-1)(a-1)$ ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(r-1),(a-1)]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้ง การแจกแจงของเอฟจะเป็นการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง (Non-central F distribution) ที่มีระดับนัยสำคัญ α และองศาความเป็นอิสระ $\nu_1 = a-1$ และ $\nu_2 = (r-1)(a-1)$ และมีพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง

$$\lambda = \frac{b\sum_{i=1}^{a}\tau_i^2}{\sigma^2}$$

สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(r-1)(a-1)];\lambda}$ และเรียก λ นี้ว่า พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง (Noncentral parameter) โดยที่ภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ เท่ากับ 0 หรือพิจารณาจากค่า p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ โดยถ้าพบว่าถ้าค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง และถ้าค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง

2.6 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติอาจจะเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานได้ ความผิดพลาดในที่นี้หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับสมมติฐานว่างจริง แต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานว่างไม่จริง ดังนี้

ตารางที่ 2.6 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบ	ความเป็นจริง	
	สมมติฐานว่างเป็นจริง	สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง
ปฏิเสธสมมติฐานว่าง	ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (Type I error) (α)	ผลการทดสอบถูกต้อง($1-\beta$)
ยอมรับสมมติฐานว่าง	ผลการทดสอบถูกต้อง ($1-\alpha$)	ความผิดพลาดประเภทที่ 2 (Type II error) (β)

ดังนั้นการคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองดังสมการต่อไปนี้

$$E(C_T) = C_E + P_{H_0}[\alpha C_1 + (1-\alpha)C_2] + (1-P_{H_0})[\beta C_3 + (1-\beta)C_4]$$

โดยที่

C_E คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองหนึ่งการทดลอง

$$C_E = C_{fix} + abr(C_{EU}) + ar\sum_{k=1}^{b} C_{SP} + br\sum_{j=1}^{a} C_{MP}$$

C_1 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นจริง

$$C_1 = abr(C_{EU}) + abr(C_{OP1})$$

C_2 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างเป็นจริง

$$C_2 = abr(C_{EU})$$

C_3 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

$$C_3 = abr(C_{EU}) + abr(C_{OP2})$$

C_4 คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธสมมติฐานว่าง โดยที่สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

$$C_4 = abr(C_{EU})$$

เมื่อ

C_{fix} คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลอง

C_{EU} คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการหาหน่วยทดลอง

C_{Sp} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองกับหน่วยทดลองในแปลงทดลองย่อย

C_{MP} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองกับหน่วยทดลองในแปลงทดลองหลัก

C_{OP1} คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

C_{OP2} คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

$E(C_T)$ คือ ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม

P_{H_0} คือ ความน่าจะเป็นที่สมมติฐานว่างจะเป็นจริง

1-P_{H_0} คือ ความน่าจะเป็นที่สมมติฐานว่างจะไม่เป็นจริง

a คือ จำนวนวิธีทดลองหลัก

b คือ จำนวนวิธีทดลองย่อย

r คือ จำนวนซ้ำในแปลงทดลองหลัก