บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

ในทางสถิติแนวความคิดของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองของแต่ละแผนการทดลองนั้น มักจะพิจารณาที่ความสามารถในการควบคุมการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาถึงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบของแผนการทดลองมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกแผนการทดลองที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่ปัจจัยการทดลองคงที่ โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบของแผนการทดลองจัตุรัสละติน และเปรียบเทียบกับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ในขั้นต้นจะกล่าวถึงตัวแบบสำหรับการทดลองจัตุรัสลาติน การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลองจัตุรัสละติน และกล่าวถึงตัวแบบสำหรับการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.1 แผนการทดลองจัตุรัสละติน (Latin Square Design : LSD)

แผนการทดลองจัตุรัสละตินเป็นแผนการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง กรณีที่ผู้ทดลองทราบแหล่งหรือทิศทางของความแปรปรวน 2 แหล่ง เพื่อทำการควบคุมความแปรปรวนดังกล่าวออกจากความคลาดเคลื่อนในการทดลอง ทำให้สามารถวัดอิทธิพลของวิธีทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการจัดกลุ่มของหน่วยทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ตามแหล่งความแปรปรวนนั้น เรียกกลุ่มแรกว่า ปัจจัยแถว(row factor) และกลุ่มสอง คือ ปัจจัยคอลัมน์(column factor) ในแผนการทดลองนี้จะทำการศึกษาปัจจัยทั้ง 3 ด้าน นั่นคือ ปัจจัยแถว ปัจจัยคอลัมน์ และวิธีทดลอง ด้านละ p ระดับ วิธีทดลองแต่ละวิธีจะปรากฏขึ้นเพียงครั้งเดียวในแถวและคอลัมน์ จึงทำให้ความผันแปรระหว่างบล็อกจะไม่มีผลกระทบต่อความผันแปรของวิธีทดลอง ดังนั้นจะมีจำนวนหน่วยตัวอย่างในการทดลองหนึ่ง ๆ เท่ากับ $p \times p$ หน่วย และจะได้ตัวแบบสำหรับ y_{ijk} ซึ่งคือ ค่าสังเกตของวิธีทดลอง ที่ i ปัจจัยแถว ที่ j และปัจจัยคอลัมน์ ที่ k

แผนการทดลองจัตุรัสละติน มีตัวแบบผลบวกและลักษณะของข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 และมีตัวแบบผลบวกสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสละติน แบบวิธีทดลองคงที่ (fixed-effect) ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk} \qquad ; \quad i,j,k = 1,2,\ldots,p$$

เมื่อ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลองที่ i ปัจจัยแถวที่ j และปัจจัยคอลัมน์ที่ k

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ ผลกระทบของวิธีทดลอง ที่ i

β_j คือ ผลการทบของปัจจัยแถว ที่ j

α_k คือ ผลการทบของปัจจัยคอลัมน์ ที่ k

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนของวิธีทดลอง ที่ i ปัจจัยแถว ที่ j และปัจจัยคอลัมน์ ที่ k

และ P คือ จำนวนวิธีทดลอง, จำนวนปัจจัยแถว และจำนวนปัจจัยคอลัมน์

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองจัตุรัสละติน

(row factor) j = 1,2,...,p	**(column factor)** k = 1 , 2 , ... , p					รวม $y_{.j.}$	ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{.j.}$
	1	**2**	.	.	. **p**		
1	y_{111}	y_{212}	.	.	. y_{31P}	$y_{.1.}$	$\bar{y}_{.1.}$
2	y_{321}	y_{122}	.	.	. y_{22p}	$y_{.2.}$	$\bar{y}_{2}$
3	y_{231}	y_{332}	.	.	. y_{13p}	$y_{.3.}$	$\bar{y}_{.3.}$
.	.	.			.	.	.
.	.	.			.	.	.
.	.	.			.	.	.
p	y_{4pl}	y_{p22}	.	.	. y_{5pp}	$y_{.p.}$	$\bar{y}_{.p.}$
รวม $y_{..k}$	$y_{..1}$	$y_{..2}$	.	.	. $y_{..p}$	$y_{...}$	
ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{..k}$	$\bar{y}_{..1}$	$\bar{y}_{..2}$	.	.	. $\bar{y}_{..p}$		$\bar{y}_{...}$

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสละติน

(The analysis of variance for latin square design)

เพื่อทดสอบอิทธิพลของวิธีทดลอง ปัจจัยแถว และปัจจัยคอลัมน์แสดงในตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสละติน

สาเหตุของความแปรปรวน	ระดับความเป็นเสรี	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	F-test
วิธีทดลอง	$(p-1)$	$SST=(1/p)\sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}\right)^2-\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}\right)^2/p$	$MST=\frac{SST}{p-1}$	$F=\frac{MST}{MSE}$
ปัจจัยแถว	$(p-1)$	$SSA=(1/p)\sum_{k=1}^{p}\left(\sum_{j=1}^{p}y_{ijk}\right)^2-\left(\sum_{k=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}y_{ijk}\right)^2/p$	$MSR=\frac{SSA}{p-1}$	$F=\frac{MSA}{MSE}$
ปัจจัยคอลัมน์	$(p-1)$	$SSB=(1/p)\sum_{i=1}^{p}\left(\sum_{j=1}^{p}y_{ijk}\right)^2-\left(\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{p}y_{ijk}\right)^2/p$	$MSC=\frac{SSB}{p-1}$	$F=\frac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$(p-1)\times(p-2)$	$SSE=\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk}-\bar{y}_{i..}-\bar{y}_{.j.}-\bar{y}_{..k}+2\bar{y}_{...}\right)^2$	$MSE=\frac{SSE}{(p-1)(p-2)}$	
รวม	p^2-1	$SSY=\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}\left(y_{ijk}\right)^2-\left(\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}\right)^2/p^2$		

เมื่อ y_{ijk} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลอง ที่ i ปัจจัยแถว ที่ j และปัจจัยคอลัมน์ ที่ k

$\bar{y}_{...}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวและในทุกปัจจัยแถว และในทุกปัจจัยคอลัมน์

เท่ากับ $$\frac{\sum_{j=1}^{p}\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}}{p^2}$$

$\bar{y}_{i..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยแถว หรือปัจจัยคอลัมน์ของวิธีทดลอง ที่ i

เท่ากับ $$\frac{\sum_{j=1}^{p}y_{ijk}}{p}=\frac{\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}}{p}$$

$\bar{y}_{.j.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยคอลัมน์ ของปัจจัยแถว ที่ j

เท่ากับ $$\frac{\sum_{k=1}^{p}y_{ijk}}{p}$$

$\bar{y}_{..k}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในปัจจัยแถว ของปัจจัยคอลัมน์ ที่ k

เท่ากับ $\dfrac{\sum_{j=1}^{p} y_{ijk}}{p}$

และ P คือ จำนวนวิธีทดลอง จำนวนปัจจัยแถว และจำนวนปัจจัยคอลัมน์

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. อิทธิพลของวิธีทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นแบบบวก
2. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกันและมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และมีความแปรปรวนเป็น σ^2

สมมติฐานในการทดสอบ

สำหรับตัวแบบกำหนด (Fixed model)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_p$ หรือ $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_p$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ $i \neq j$ $H_1 : \tau_i \neq \tau_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ $i \neq j$

เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการทดสอบจะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (p-1)$ และ $\upsilon_2 = (p-1)(p-2)$ ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(p-1),(p-1)(p-2)]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้งการแจกแจงของเอฟจะมีการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง (Non-central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (p-1)$ และ $\upsilon_2 = (p-1)(p-2)$ และมีพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง

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

สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(p-1),(p-1)(p-2)];\ \lambda]}$ และเรียก λ นี้ว่า พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง (Noncentral parameter) ภายใต้สมมติฐานว่าง พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ จะเท่ากับ 0 หรือพิจารณาจาก p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้

- ค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง
- ค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง

2.3 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแผนการทดลองจัตุรัสละติน

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานอยู่เสมอ ความผิดพลาดในที่นี้ หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบ เพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่าสมมติฐานว่างจริงแต่ในความเป็นจริงแล้ว สมมติฐานว่างไม่จริง ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบ	**ความเป็นจริง**	
	สมมติฐานว่าง(H_0)เป็นจริง	**สมมติฐานว่าง(H_0)ไม่เป็นจริง**
ปฏิเสธสมมติฐานว่าง	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ผลการทดสอบถูกต้อง
ยอมรับสมมติฐานว่าง	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

จากผลการทดสอบสมมติฐาน

กำหนดให้ v_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่าง เป็นจริง ; $i = 1,2$

v_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

v_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

และ w_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง ; $i = 1,2$

w_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

w_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

<u>ข้อตกลงเบื้องต้นของค่าใช้จ่ายของการทดลอง</u>

1. ค่าใช้จ่ายของทั้ง 4 เหตุการณ์ คือ การปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง การยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง และยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง เป็นค่าคงที่

2. ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆของการทดลอง เป็นค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองภาคสนาม(Field experimental) เช่น การทดลองทางการเกษตร ปศุสัตว์ เป็นต้น ส่วนค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองในห้องทดลอง(Laboratory Experimental) อาจจะมีค่าใช้จ่ายในส่วนอื่นๆ อาจแตกต่างกันตามลักษณะของการทดลอง

<u>ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง</u>

เมื่อสมมติฐานว่าง(H_0) เป็นจริง

$$E(\cos t_1) = \sum_{i=1}^{2} c(v_i)\Pr(v_i)$$

$$= c(v_1)\Pr(v_1) + c(v_2)\Pr(v_2)$$

เมื่อสมมติฐานว่าง(H_0) ไม่จริง

$$E(\cos t_2) = \sum_{i=1}^{2} c(w_i)\Pr(w_i)$$

$$= c(w_1)\Pr(w_1) + c(w_2)\Pr(w_2)$$

เมื่อ $\cos t_1$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง (H_0) เป็นจริง

$\cos t_2$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง(H_0) ไม่จริง

$c(v_1)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธ(H_0) โดยที่ (H_0)เป็นจริง

$$= S_0 + p^2(S_{LSD}) + p\sum_{i=1}^{p} S_{tri} + p^2 S_{OP1}$$

$c(v_2)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับ(H_0) โดยที่ (H_0)เป็นจริง

$$= S_0 + p^2(S_{LSD}) + p\sum_{i=1}^{p} S_{tri}$$

$c(w_1)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธ(H_0) โดยที่ (H_0)ไม่เป็นจริง

$$= S_0 + p^2(S_{LSD}) + p\sum_{i=1}^{p} S_{tri}$$

$c(w_2)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับ(H_0) โดยที่ (H_0)ไม่เป็นจริง

$$= S_0 + p^2(S_{LSD}) + p\sum_{i=1}^{p} S_{tri} + p^2 S_{OP2}$$

P คือ จำนวนวิธีทดลอง จำนวนปัจจัยแถว และจำนวนปัจจัยคอลัมน์

S_0 คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลองในแต่ละการทดลอง

S_{LSD} คือ ค่าใช้จ่ายในการหาหน่วยทดลอง ต่อ 1 หน่วยทดลอง สำหรับแผนการทดลองจัตุรัสลาติน เพื่อให้ได้หน่วยทดลองตามบล็อกที่กำหนดทั้ง 2 ทาง

S_{tri} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลอง ที่ i ต่อ 1 หน่วยทดลอง ; i =1,2,...,p

S_{OP1} คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

และ S_{OP2} คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

2.4 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Blocks Design : RCBD)

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ เป็นแผนการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง กรณีที่ผู้ทดลองสามารถแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มหรือเป็นประเภทได้โดยอาศัยลักษณะใดลักษณะหนึ่ง กลุ่มดังกล่าวเรียกว่า บล็อก(block) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้หน่วยทดลองที่อยู่ภายในบล็อกเดียวกัน มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด(homogeneous) หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีความแตกต่างกันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อขจัดความผันแปร ซึ่งไม่ใช่อิทธิพลของวิธีทดลองออกไปจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง จึงทำให้ความผันแปรระหว่างบล็อกจะไม่มีผลกระทบต่อความผันแปรของวิธีทดลองเพราะทุกวิธีทดลอง ได้ปรากฏในทุกบล็อก

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ มีลักษณะของข้อมูลแสดงไว้ในตารางที่ 2.4 และมีตัวแบบผลบวกสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์แบบวิธีทดลองคงที่ (fixed-effect) ดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,\ldots,a \quad ; \quad j = 1,\ldots,b$$

เมื่อ μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ ผลกระทบของวิธีทดลอง ที่ i

β_j คือ ผลกระทบของปัจจัยบล็อก ที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของค่าสังเกตของวิธีทดลอง ที่ i และปัจจัยบล็อก ที่ j

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

และ b คือ จำนวนปัจจัยบล็อก

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

วิธีทดลอง $i = 1,2,\ldots,a$	**บล็อก** $j = 1, 2, \ldots, b$				**รวม** $y_{i.}$	**ค่าเฉลี่ย** $\bar{y}_{i.}$
	1	**2**	**. . .**	**b**		
1	y_{11}	y_{12}	. . .	y_{1b}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	. . .	y_{2b}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
3	y_{31}	y_{32}	. . .	y_{3b}	$y_{3.}$	$\bar{y}_{3.}$
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
.	.	.		.	.	.
a	y_{a1}	y_{a2}	. . .	y_{ab}	$y_{a.}$	$\bar{y}_{a.}$
รวม $y_{.j}$	$y_{.1}$	$y_{.2}$	. . .	$y_{.j}$	$y_{..}$	
ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{.j}$	$\bar{y}_{.1}$	$\bar{y}_{.2}$	. . .	$\bar{y}_{.b}$		$\bar{y}_{..}$

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

(The analysis of variance for randomized blocks design)

เพื่อทดสอบอิทธิพลของวิธีทดลองและบล็อก ดังแสดงในตาราง 2.5 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

สาเหตุของความแปรปรวน	**ระดับความเป็นเสรี**	**ผลรวมกำลังสอง**	**ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย**	**F-test**
วิธีทดลอง	$a-1$	$SST = b\sum_{i}(\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{..})^2$	$MST = \frac{SST}{a-1}$	$F = \frac{MST}{MSE}$
ปัจจัยบล็อก	$b-1$	$SSB = a\sum_{j}(\bar{y}_{.j}-\bar{y}_{..})^2$	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F = \frac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$(a-1)(b-1)$	$SSE = \sum_{i}\sum_{j}(y_{ij}-\bar{y}_{i.}-\bar{y}_{.j}+\bar{y}_{..})^2$	$MSE = \frac{SSE}{(a-1)(b-1)}$	
รวม	$ab-1$	$SSY = \sum_{i}\sum_{j}(y_{ij}-\bar{y}_{..})^2$		

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตของวิธีทดลอง ที่ i และของปัจจัยบล็อก ที่ j

$\bar{y}_{i.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในทุกปัจจัยบล็อก

ของวิธีทดลอง ที่ i $= \frac{\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{b}$

$\bar{y}_{.j}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในทุกวิธีทดลอง

ของปัจจัยบล็อก ที่ j $= \frac{\sum_{i=1}^{a} y_{ij}}{a}$

และ $\bar{y}_{..}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในทุกวิธีทดลองและปัจจัยบล็อก

ค่าเฉลี่ยรวม $= \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{ab}$

เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างข้อมูลตามตัวแบบจัตุรัสลาติน ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ จึงทำการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(Mean square error : MSE) ดังนี้

ถ้าปัจจัยแถว(Row factor) ของแผนการทดลองจัตุรัสละติน เป็นปัจจัยบล็อกในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ จะใช้ปัจจัยคอลัมน์(Column factor) ของแผนการทดลองจัตุรัสละติน ในการประมาณค่า ในที่นี้เรียกวิธีการแบบ MSE-Column คือ

$$\text{MSE} - \text{Column} = \frac{\text{MSC} + (p-1)\text{MSE}}{p}$$ [1]

เมื่อ MSC หมายถึง ค่าเฉลี่ยกำลังสองตามคอลัมน์

MSE หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแผนการทดลองจัตุรัสลาติน

p หมายถึง จำนวนวิธีทดลอง

---

[1] Dean, A. M. and Voss, D. T., Design and Analysis of Experiments. (New York : Springer Verlag, 1999), pp.281-282.

ถ้าปัจจัยคอลัมน์(Column factor) ของแผนการทดลองจัตุรัสละติน เป็นปัจจัยแบ่งบล็อก ในแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ การประมาณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ จะใช้ปัจจัยแถว(Row factor) ของแผนการทดลองจัตุรัสละติน ในการประมาณค่า ในที่นี้เรียกวิธีการแบบ MSE - Row คือ

$$\text{MSE} - \text{Row} = \frac{\text{MSR} + (p-1)\text{MSE}}{p}$$

เมื่อ MSR หมายถึง ค่าเฉลี่ยกำลังสองตามแถว

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. อิทธิพลของวิธีทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นแบบบวก
2. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกันและมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และมีความแปรปรวนเป็น σ^2

สมมติฐานในการทดสอบ

สำหรับตัวแบบกำหนด (Fixed model)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_a$ หรือ $H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_a$

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ $i \neq j$ $H_1 : \tau_i \neq \tau_j$ มีอย่างน้อย 1 คู่ ของ $i \neq j$

เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการทดสอบ จะปฏิเสธสมมติฐานว่างเมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (a-1)$ และ $\upsilon_2 = (a-1)(b-1)$ ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(a-1)(b-1)]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้งการแจกแจงของเอฟจะมีการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง(non-central F distribution) ที่มีองศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (a-1)$ และ $\upsilon_2 = (a-1)(b-1)$ และมีพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง

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

สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),(a-1)(b-1)];\lambda]}$ และเรียก λ นี้ว่า พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง (noncentral parameter) ภายใต้สมมติฐานว่าง(H_0) พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ จะเท่ากับ 0 หรือพิจารณาจาก p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้

- ค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง
- ค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง

2.6 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักเกิดความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐานอยู่เสมอ ความผิดพลาดในที่นี้ หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่าสมมติฐานว่างจริง แต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานว่างไม่จริง ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.6 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 ผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

ผลการทดสอบ	**ความเป็นจริง**	
	สมมติฐานว่าง(H_0)เป็นจริง	**สมมติฐานว่าง(H_0)ไม่เป็นจริง**
ปฏิเสธสมมติฐานว่าง	ความผิดพลาดประเภทที่ 1	ผลการทดสอบถูกต้อง
ยอมรับสมมติฐานว่าง	ผลการทดสอบถูกต้อง	ความผิดพลาดประเภทที่ 2

จากผลการทดสอบสมมติฐาน

กำหนดให้ v_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่าง เป็นจริง ; $i = 1,2$

v_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

v_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

และ w_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง ; $i = 1,2$

w_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

w_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

ข้อตกลงเบื้องต้นของค่าใช้จ่ายของการทดลอง

1. ค่าใช้จ่ายของทั้ง 4 เหตุการณ์ คือ การปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง การยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง ปฏิเสธ สมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง และยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง เป็นค่าคงที่

2. ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆของการทดลอง เป็นค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองภาคสนาม(Field experimental) เช่น การทดลองทางการเกษตร ปศุสัตว์ เป็นต้น ส่วนค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองในห้องทดลอง(Laboratory Experimental) อาจมีค่าใช้จ่ายในส่วนอื่นๆอาจแตกต่างกันตามลักษณะของการทดลอง

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อสมมติฐานว่าง (H_0) เป็นจริง

$$E(\cos t_1) = \sum_{i=1}^{2} c(v_i)\Pr(v_i)$$
$$= c(v_1)\Pr(v_1) + c(v_2)\Pr(v_2)$$

เมื่อสมมติฐานว่าง(H_0) ไม่เป็นจริง

$$E(\cos t_2) = \sum_{i=1}^{2} c(w_i)\Pr(w_i)$$
$$= c(w_1)\Pr(w_1) + c(w_2)\Pr(w_2)$$

เมื่อ $\cos t_1$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง (H_0) เป็นจริง

$\cos t_2$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง (H_0) ไม่เป็นจริง

$c(v_1)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธ(H_0) โดยที่ (H_0)เป็นจริง

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + abS_{OP1}$$

$c(v_2)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับ(H_0) โดยที่ (H_0)เป็นจริง

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri}$$

$c(w_1)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อปฏิเสธ(H_0) โดยที่ (H_0)ไม่เป็นจริง

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri}$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$c(w_2)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการทดลองเมื่อยอมรับ(H_0) โดยที่ (H_0)ไม่เป็นจริง

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + abS_{OP2}$$

a คือ จำนวนวิธีทดลอง (treatment)

b คือ จำนวนบล็อก (block)

S_0 คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลองในแต่ละการทดลอง

S_{RCBD} คือ ค่าใช้จ่ายในการหาหน่วยทดลอง ต่อ 1 หน่วยทดลอง สำหรับแผนการทดลองสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ให้ได้หน่วยทดลองตามบล็อกที่ต้องการ

S_{tri} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองที่ i ต่อ 1 หน่วยทดลอง ; $i = 1,2,\ldots,a$

S_{OP1} คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง

และ S_{OP2} คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่ถูกต้อง ต่อ 1 หน่วยทดลอง