บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎี

ในทางสถิติแนวความคิดของการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองของแต่ละแผนการทดลองมักจะพิจารณาที่ความสามารถในการควบคุมการเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 และอำนาจการทดสอบ ในการวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาถึงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบของแผนการทดลอง มาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการคัดเลือกแผนการทดลองที่เหมาะสม โดยทำการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองที่ปัจจัยทดลองคงที่ และทำการศึกษาประสิทธิภาพเชิงเศรษฐศาสตร์ของตัวแบบของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ โดยเปรียบเทียบกับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ ในขั้นต้นเราจะกล่าวถึงตัวแบบของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ และตัวแบบของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ การวิเคราะห์ความแปรปรวน การคำนวณค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ ได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

2.1 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Blocks Design)

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ซึ่งเป็นแผนแบบการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง กรณีที่ผู้ทดลองสามารถแบ่งหน่วยทดลองออกเป็นกลุ่มหรือเป็นประเภทได้โดยอาศัยลักษณะใดลักษณะหนึ่ง กลุ่มดังกล่าวเรียกว่า บล็อก (Block) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้หน่วยทดลองที่อยู่ภายในบล็อกเดียวกัน มีลักษณะเหมือนกันหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogeneous) หน่วยทดลองที่อยู่ต่างบล็อกกันจะมีความแตกต่างกันมากที่สุด ทั้งนี้เพื่อขจัดความผันแปร ซึ่งไม่ใช่อิทธิพลของวิธีทดลองออกไปจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ มีรูปแบบเชิงเส้น(Linear model) ที่ใช้แทนค่าสังเกตแต่ละค่าในแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น เป็นตัวแบบผลบวกดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad ; \; i = 1,2,\ldots,a$$
$$j = 1,2,\ldots,b$$

เมื่อ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตหรือข้อมูลของหน่วยการทดลองในบล็อกที่ j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของวิธีทดลองที่ i

β_j คือ อิทธิพลของบล็อกที่ j

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนบล็อก

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของหน่วยการทดลองในบล็อกที่ j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของข้อมูลจากแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

วิธีทดลอง	บล็อก 1 2 ... b	รวม $y_{i.}$	ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{i.}$	ความแปรปรวน S_i^2
1	y_{11} y_{12} ⋯ y_{1b}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$	S_1^2
2	y_{21} y_{22} ⋯ y_{2b}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$	S_2^2
3	y_{31} y_{32} ⋯ y_{3b}	$y_{3.}$	$\bar{y}_{3.}$	S_3^2
⋮	⋮ ⋮ ⋮	⋮	⋮	⋮
a	y_{a1} y_{a2} ⋯ y_{ab}	$y_{a.}$	$\bar{y}_{a.}$	S_a^2
รวม $y_{.j}$	$y_{.1}$ $y_{.2}$ ⋯ $y_{.b}$	$y_{..}$		
ค่าเฉลี่ย $\bar{y}_{.j}$	$\bar{y}_{.1}$ $\bar{y}_{.2}$ ⋯ $\bar{y}_{.b}$		$\bar{y}_{..}$	

2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์(The Analysis of Variance for Randomized Complete Block Design)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์เพื่อทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลองและความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของบล็อก แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

สาเหตุของความแปรปรวน	ระดับความเป็นเสรี	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าเอฟ
วิธีทดลอง	$(a-1)$	$SST_{ท} = b\sum_{i=1}^{a}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$MST_{ท} = \frac{SST_{ท}}{a-1}$	$F = \frac{MST_{ท}}{MSE}$
บล็อก	$(b-1)$	$SSB = a\sum_{j=1}^{b}(\bar{y}_{.j} - \bar{y}_{..})^2$	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F = \frac{MSB}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$(a-1)(b-1)$	$SSE = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2$	$MSE = \frac{SSE}{(a-1)(b-1)}$	
รวม	$ab-1$	$SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตหรือข้อมูลของหน่วยการทดลองในบล็อกที่ j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

$\bar{y}_{i.}$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทุกตัวในทุกบล็อก ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

$$\bar{y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{b}$$

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

$$\bar{y}_{.j} = \frac{\sum_{i=1}^{a} y_{ij}}{a}$$

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

$$\bar{y}_{..} = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{ab}$$

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนบล็อก

พระบรมราชูปถัมภ์ ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. อิทธิพลของวิธีทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นแบบบวก
2. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกันและมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนเป็น σ^2

สมมติฐานในการทดสอบ

สำหรับตัวแบบกำหนด (Fixed model)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_a$$

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

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้อาจตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบในเทอมของอิทธิพลของวิธีทดลอง

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_a = 0$$

$H_1 : \tau_i$ มีบางค่าไม่เท่ากับ 0

เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการทดสอบ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (a-1)$ และ $\upsilon_2 = (a-1)(b-1)$ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[\,(a-1)\,,\,(a-1)(b-1)\,]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้งการแจกแจงของเอฟจะเป็นการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง (Non-central F distribution) ที่มีระดับความเป็นเสรี $\upsilon_1 = (a-1)$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) โดยที่ภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ จะเท่ากับ 0

หรือพิจารณาจาก p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้

- ค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0
- ค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ(α) ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง H_0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักเกิดความผิดพลาดในการทดสอบอยู่เสมอ ความผิดพลาดในที่นี้ หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปของการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง(H_0) ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่าสมมติฐานว่างจริงแต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานว่างไม่จริง ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.3 ดังนี้

ตารางที่ 2.3 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

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

จากผลการทดสอบสมมติฐาน

กำหนดให้

v_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่างเป็นจริง ; 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 เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่าง ไม่เป็นจริง

w_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง(H_0) เป็นจริง

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

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

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง เมื่อ (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 $cost_1$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

$cost_2$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างไม่จริง

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

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + ab(S_2)$$

$c(v_2)$ 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 ไม่จริง

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

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

$$= S_0 + ab(S_{RCBD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + ab(S_3)$$

S_{RCBD} คือ ค่าใช้จ่ายในการหาหน่วยทดลองซึ่งแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้หน่วยทดลองตามบล็อกที่ต้องการ

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนบล็อก

S_{tri} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองที่ i ต่อหนึ่งหน่วยทดลอง; $i = 1, \ldots, a$

S_2 คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่เป็นจริง

S_3 คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่จริง

S_0 คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อตกลงเบื้องต้นของค่าใช้จ่าย

1. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง, เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง, เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง, เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง คงที่

2. ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆของการทดลอง เป็นค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองภาคสนาม(Field experimental) เช่น การทดลองทางการเกษตร ปศุสัตว์ เป็นต้น สำหรับค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองในห้องทดลอง(Laboratory Experimental) อาจจะแตกต่างกันตามลักษณะการทดลอง

2.4 แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (Completely Randomized Design)

แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุด เหมาะสำหรับการทดลองที่ไม่สามารถแยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุของความแปรผันของข้อมูลทั้ง หมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของวิธีทดลองแต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว(One-way classification) ตามแผนการทดลองนี้แสดงว่า เมื่อหน่วยทดลองได้รับวิธีทดลองที่ต้องการทดสอบแล้ว ความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยการทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของวิธีทดลองที่ต่างกันเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้จึงควรมีลักษณะสม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogeneous) หรือให้มีความแปรผันระหว่างหน่วยทดลองน้อยที่สุด หลักการสำคัญของแผนการทดลองนี้คือ การจัดวิธีทดลองให้กับหน่วยทดลองหรือจัดหน่วยทดลองให้กับวิธีทดลอง จะต้องเป็นไปโดยสุ่ม ไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม และแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์นี้สามารถใช้กับการทดลองที่มีวิธีทดลองจำนวนมาก ๆ ได้ และแต่ละวิธีทดลองไม่จำเป็นจะต้องใช้จำนวนหน่วยการทดลองเท่ากันหรือซ้ำเท่ากัน

สำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ มีรูปแบบเชิงเส้นตรง (Linear model) ที่ใช้แทนค่าสังเกตแต่ละค่าในแผนการทดลองที่กำหนดขึ้น เป็นตัวแบบผลบวกดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad ; \quad i = 1,2,\ldots,a \qquad j = 1,2,\ldots,b$$

เมื่อ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตหรือข้อมูลของหน่วยการทดลอง j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของวิธีทดลองที่ i

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนค่าสังเกตของหน่วยการทดลองในแต่ละวิธีทดลองหรือขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนของหน่วยการทดลองที่ j ซึ่งได้รับวิธีทดลองที่ i

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของข้อมูลแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

หน่วยการทดลอง / วิธีทดลอง	หน่วยการทดลอง 1	2	3	...	b	รวม	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
						$y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$	S_i^2
1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	...	y_{1b}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$	S_1^2
2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	...	y_{2b}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$	S_2^2
3	y_{31}	y_{32}	y_{33}	...	y_{3b}	$y_{3.}$	$\bar{y}_{3.}$	S_3^2
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮	⋮	⋮	⋮
a	y_{a1}	y_{a2}	y_{a3}	...	y_{ab}	$y_{a.}$	$\bar{y}_{a.}$	S_a^2

2.5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ (The Analysis of Variance for Completely Randomized Design)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์เพื่อทดสอบเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างอิทธิพลของวิธีทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.5 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

สาเหตุของความแปรปรวน	ระดับความเป็นเสรี	ผลรวมกำลังสอง	ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย	ค่าเอฟ
วิธีทดลอง	$(a-1)$	$SST_{tr} = b\sum_{i=1}^{a}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$MST_{tr} = SST_{tr}/(a-1)$	$F = \frac{MST_{tr}}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	$a(b-1)$	$SSE = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	$MSE=SSE/a(b-1)$	
รวม	$ab-1$	$SST = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

เมื่อ y_{ij} คือ ค่าสังเกตหรือข้อมูลของหน่วยการทดลอง j ที่ได้รับวิธีทดลองที่ i

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

$$\bar{y}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{b}$$

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

$$\bar{y}_{..} = \frac{\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} y_{ij}}{ab}$$

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนค่าสังเกตของหน่วยการทดลองในแต่ละวิธีทดลองหรือขนาดตัวอย่างในแต่ละวิธีทดลอง

เนื่องจากข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสร้างข้อมูลตามตัวแบบแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ จึงทำการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย(Mean square error (MSE))

$$MSE_{crd} = \frac{SSB + b(a-1)MSE}{ab-1}$$ [1]

เมื่อ SSB หมายถึง ความผันแปรระหว่างบล็อก

MSE หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อกสมบูรณ์

a หมายถึง จำนวนวิธีทดลอง

b หมายถึง จำนวนบล็อก

ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1. อิทธิพลของวิธีทดลองและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เป็นแบบบวก
2. ความคลาดเคลื่อนของการทดลองเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกันและมีลักษณะการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และมีความแปรปรวนเป็น σ^2

สมมติฐานในการทดสอบ

สำหรับตัวแบบกำหนด (Fixed model)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots = \mu_a$

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

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้อาจตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบในเทอมของอิทธิพลของวิธีทดลอง

$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \ldots = \tau_a = 0$

$H_1 : \tau_i$ มีบางค่าไม่เท่ากับ 0

เกณฑ์การตัดสินใจ

ในการทดสอบ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อค่า F จากการคำนวณมีค่ามากกว่าค่า F ที่ได้จากการเปิดตาราง F ที่องศาความเป็นอิสระ $\upsilon_1 = (a - 1)$ และ $\upsilon_2 = a(b - 1)$ ภายใต้สมมติฐานว่าง สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),a(b-1)]}$ และสำหรับภายใต้สมมติฐานแย้งการแจกแจงของเอฟจะเป็นการแจกแจงแบบเอฟห่างศูนย์กลาง (Non-central F distribution) ที่มีระดับความเป็นเสรี

---

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

$\upsilon_1 = (a-1)$ และ $\upsilon_2 = a(b-1)$ แ ละมีพารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง

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

สามารถเขียนแทนด้วย $F_{[(a-1),a(b-1);\ \lambda]}$ และเรียก λ นี้ว่า พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง (Noncentral parameter) โดยที่ภายใต้สมมติฐานว่าง H_0 พารามิเตอร์ห่างศูนย์กลาง λ จะเท่ากับ 0

หรือพิจารณาจากค่า p-value ซึ่งค่า p-value จะใช้เปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้

- ค่า p-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ จะปฏิเสธสมมติฐานว่าง H_0
- ค่า p-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้ จะยอมรับสมมติฐานว่าง H_0

2.6 การหาค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์

การทดสอบสมมติฐานทางสถิติมักเกิดความผิดพลาดในการทดสอบอยู่เสมอ ความผิดพลาดในที่นี้ หมายถึง ความผิดพลาดเนื่องจากการใช้ข้อมูลตัวอย่างมาสรุปผลการทดสอบเพื่ออ้างอิงถึงประชากร ซึ่งอาจทำให้ผลสรุปของการทดสอบเป็นไม่ยอมรับสมมติฐานว่าง (H_0) ทั้งที่สมมติฐานว่างเป็นจริง หรือผลการทดสอบทำให้สรุปได้ว่ายอมรับว่าสมมติฐานว่างจริงแต่ในความเป็นจริงแล้วสมมติฐานว่างไม่จริง ซึ่งแสดงในตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงผลการทดสอบสมมติฐานและความผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน

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

จากผลการทดสอบสมมติฐาน

กำหนดให้

v_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่างเป็นจริง ; i = 1,2

v_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

v_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

และ w_i แทน เหตุการณ์ที่สมมติฐานว่างไม่เป็นจริง ; i = 1,2

w_1 แทน เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

w_2 แทน เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่าง (H_0) เป็นจริง

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

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

ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง 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 $cost_1$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง

$cost_2$ คือ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง เมื่อสมมติฐานว่างไม่จริง

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

$$= S_0 + ab(S_{CRD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + ab(S_2)$$

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

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

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

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

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

$$= S_0 + ab(S_{CRD}) + b\sum_{i=1}^{a} S_{tri} + ab(S_3)$$

S_{CRD} คือ ค่าใช้จ่ายในการหาหน่วยทดลองซึ่งสำหรับแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดสมบูรณ์ จะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อให้ได้หน่วยทดลองหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกัน(Homogeneity of Experimental Unit)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

a คือ จำนวนวิธีทดลอง

b คือ จำนวนบล็อก

S_{tri} คือ ค่าใช้จ่ายในการให้วิธีทดลองที่ i ต่อหนึ่งหน่วยทดลอง; $i = 1,\ldots, a$

S_2 คือ ค่าเสียโอกาสจากการปฏิเสธสิ่งที่เป็นจริง

S_3 คือ ค่าเสียโอกาสจากการยอมรับสิ่งที่ไม่จริง

S_0 คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ที่ใช้ในการทดลอง

ข้อตกลงเบื้องต้นของค่าใช้จ่าย

1. ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 เหตุการณ์ คือ เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง, เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างเป็นจริง, เหตุการณ์ที่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง, เหตุการณ์ที่ยอมรับสมมติฐานว่าง เมื่อสมมติฐานว่างไม่เป็นจริง คงที่

2. ค่าใช้จ่ายในส่วนต่างๆของการทดลอง เป็นค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองภาคสนาม(Field experimental) เช่น การทดลองทางการเกษตร ปศุสัตว์ เป็นต้น สำหรับค่าใช้จ่ายในการทดลองประเภทการทดลองในห้องทดลอง(Laboratory Experimental) อาจจะแตกต่างกันตามลักษณะการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย