

การออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต

ความหมาย

การออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต (Split – plot Design) เป็นการออกแบบการทดลองชนิดหนึ่ง ซึ่งต้องมีตัวแปรอิสระตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไป และตัวแปรอิสระแต่ละตัวนั้นมีหลายระดับ ในการดำเนินการทดลองจะจัดผู้ถูกทดลองทั้งหมดให้ได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระอย่างน้อยหนึ่งตัว ส่วนตัวแปรอิสระอื่นที่เหลือผู้ถูกทดลองจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ แต่ละกลุ่มจะได้รับการทดลองเพียงระดับใดระดับหนึ่งเท่านั้น

ในกรณีการออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต ชนิดที่มีตัวแปรอิสระสองตัว ตัวแปรอิสระตัวหนึ่งผู้ถูกทดลองทั้งหมดจะได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระนั้น ส่วนตัวแปรอิสระอีกตัวหนึ่งผู้ถูกทดลองทั้งหมดจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม มีจำนวนกลุ่มเท่ากับจำนวนระดับของตัวแปรอิสระนี้ กลุ่มใดจะได้รับการทดลองระดับใดให้ใช้วิธีการสุ่ม ดังนั้น ผู้ถูกทดลองแต่ละกลุ่มจะได้รับการทดลองเพียงระดับเดียว

ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัว การจัดผู้ถูกทดลองเข้ารับการทดลองในตัวแปรอิสระต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับแบบการทดลองที่ผู้วิจัยกำหนด ซึ่งโดยทั่วไป

ถ้าผู้วิจัยอยากทราบอิทธิพลหรือผลของตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายตัวก็ตาม ก็จะจัดผู้ถูกทดลองทั้งหมดให้ได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระตัวนั้นหรือเหล่านั้น ส่วนตัวแปรอิสระอื่นที่เหลือ ผู้ถูกทดลองซึ่งถูกแบ่งเป็นกลุ่มจะได้รับการทดลองในระดับใดระดับหนึ่ง ดังนั้นการออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต ชนิดที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัวจึงมีได้หลายแบบ แต่ละแบบจะมีโมเดล ข้อตกลงเบื้องต้นและวิธีการคำนวณที่แตกต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอตชนิดที่มีตัวแปรอิสระสองตัวเท่านั้น ส่วนชนิดที่มีตัวแปรอิสระมากกว่าสองตัว จะศึกษาได้จากหนังสือต่าง ๆ เช่น ของ Kirk (1982) เป็นต้น

รูปแบบ

การออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต ชนิดที่มีตัวแปรอิสระสองตัว สมมติให้เป็นตัวแปรอิสระ A และ B โดยตัวแปรอิสระ A มี a ระดับ ตัวแปรอิสระ B มี b ระดับ และให้ผู้ถูกทดลองมีจำนวนทั้งหมด N คน เมื่อแสดงในรูปของแผนผัง และในรูปของสมการหรือโมเดล จะได้ดังนี้

๑. แสดงในรูปของแผนผัง

	ตัวแปรอิสระ A (มี a ระดับ)				จำนวนผู้ถูกทดลอง
	A ₁	A ₂	...	A _a	
B ₁	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 1	...	กลุ่มที่ 1	n _{B₁}
B ₂	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 2	...	กลุ่มที่ 2	n _{B₂}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
B _b	กลุ่มที่ b	กลุ่มที่ b	...	กลุ่มที่ b	n _{B_b}
จำนวนผู้ถูกทดลอง	N	N	...	N	

$$N = n_{B_1} + n_{B_2} + \dots + n_{B_b}$$

จากแผนผังจะเห็นได้ว่าผู้ถูกทดลองกลุ่มที่ ๑ จะได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระ A คือ A_1, A_2, \dots จนถึง A_a แต่จะได้รับการทดลองเฉพาะระดับเดียวของตัวแปรอิสระ B คือ B_1 เท่านั้น กลุ่มอื่น ๆ ก็ทำนองเดียวกัน ถ้าพิจารณาในบรรทัดสุดท้ายจะเห็นว่าผู้ถูกทดลองทุกคนได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระ A สำหรับตัวแปรอิสระ B นั้น ผู้ถูกทดลองถูกแบ่งออกเป็น b กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีจำนวนผู้ถูกทดลอง $n_{B_1}, n_{B_2}, \dots, n_{B_b}$ ตามลำดับ ซึ่งจำนวนผู้ถูกทดลองในแต่ละกลุ่มจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ แล้วสุ่มให้แต่ละ

กลุ่มเข้ารับการทดลองในแต่ละระดับของตัวแปรอิสระ B จากแผนผังปรากฏว่า กลุ่มที่ ๑ ได้รับการทดลอง B_1 กลุ่มที่ ๒ ได้รับการทดลอง $B_2 \dots$ กลุ่มที่ b ได้รับการทดลอง B_b ดังนั้น การออกแบบการทดลองแบบสปลิท-พลอทนี้ ถ้าพิจารณาแต่ละตัวแปรอิสระ ทางด้านตัวแปรอิสระ B จึงเป็นการออกแบบการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design) และทางด้านตัวแปรอิสระ A เป็นการออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomized block design) นั่นเอง

๒. แสดงในรูปของสมการหรือโมเดล

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + \eta_{ik} + (\alpha\beta)_{jk} + (\alpha\eta)_{ijk} + \Sigma_{ijk}$$

$$\text{เมื่อ } i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, a; \quad k = 1, 2, \dots, b$$

โดยที่ X_{ijk} คือคะแนนของผู้ถูกทดลองคนที่ i เมื่อได้รับตัวแปรอิสระ A ที่ระดับ j

กับได้รับตัวแปรอิสระ k ที่ระดับ $k(A_j B_k)$

μ คือคะแนนเฉลี่ยของประชากรทั้งหมด

α_j คือผลที่เกิดจากการทดลองของตัวแปรอิสระ A ระดับที่ j (A_j) ซึ่งเป็นค่าคงที่สำหรับผู้ถูกทดลองทุกคนภายในประชากรที่ได้รับการทดลอง A_j มีค่าเท่ากับ $\mu_{A_j} - \mu$

β_k คือผลที่เกิดจากการทดลองตัวแปรอิสระ B ระดับที่ k (B_k) ซึ่งเป็นค่าคงที่สำหรับผู้ถูกทดลองทุกคนภายในประชากรที่ได้รับการทดลอง B_k มีค่าเท่ากับ $\mu_{B_k} - \mu$

η_{ik} คือค่าคงที่ของผู้ถูกทดลองคนที่ i ซึ่งอยู่ภายใต้ β_k มีค่าเท่ากับ $S_i B_k - \mu_{B_k}$

$(\alpha\beta)_{jk}$ คือผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง α_j และ β_k มีค่าเท่ากับ $\mu_{A_j B_k} - \mu_{A_j} - \mu_{B_k} + \mu$

$(\alpha\eta)_{ijk}$ คือ ผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง α_j และ η_{ik} มีค่าเท่ากับ $S_i A_j B_k - \mu_{A_j B_k} - S_i B_k + \mu_{B_k}$

Σ_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ซึ่งแต่ละค่าเป็นอิสระต่อกัน และมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และความแปรปรวนเท่ากับ σ_e^2

ข้อตกลงเบื้องต้น

ข้อตกลงเบื้องต้นของการออกแบบการทดลองแบบ สปลิท-พลอต ประกอบด้วยข้อตกลงเบื้องต้นสองชุด คือ

๑. ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการทดสอบด้านตัวแปรอิสระที่ใช้กลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม (ตัวแปรอิสระ B) จะประกอบด้วยข้อตกลงเบื้องต้นของการออกแบบการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้

๑.๑ ความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในการทดลอง เป็นอิสระจากกัน

๑.๒ ผู้ถูกทดลองกลุ่มย่อยได้มาโดยวิธีการสุ่มจากประชากรที่มีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ

๑.๓ ประชากรกลุ่มย่อยมีความแปรปรวนเท่ากัน

๒. ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการทดสอบด้านตัวแปรอิสระที่ใช้กลุ่มตัวอย่างเดิมในทุกระดับ (ตัวแปรอิสระ A) จะประกอบด้วยข้อตกลงเบื้องต้นของการออกแบบการทดลองแบบบล็อกสุ่ม ดังนี้

๒.๑ ตัวแปรอิสระ A แบ่งเป็นระดับต่าง ๆ ตั้งแต่ ๒ ระดับขึ้นไป

๒.๒ ผู้ถูกทดลองที่จัดให้แก่ตัวแปรอิสระ B ในแต่ละระดับนั้น จะต้องมีความเป็นเอกพันธ์

๒.๓ ผู้ถูกทดลองในแต่ละระดับของตัวแปรอิสระ B จะต้องมีจำนวนอย่างน้อย ๑ หน่วย สำหรับการจับผู้ถูกทดลองให้ได้รับการทดลองระดับใดของตัวแปรอิสระ A นั้น กรณีที่มีผู้ถูกทดลอง ๑ หน่วยให้ใช้วิธีการสุ่มว่าผู้ถูกทดลองจะได้รับการทดลองระดับใดก่อนหลัง ถ้ามีผู้ถูกทดลองมากกว่า ๑ หน่วยให้ใช้วิธีสุ่มผู้ถูกทดลองเข้ารับการทดลองในแต่ละระดับ

การทดสอบสมมุติฐาน

ในการตรวจสอบผลที่เกิดจากการทดลองสำหรับการออกแบบการทดลองแบบสปลิท-พลอต จะเริ่มด้วยการทดสอบสมมุติฐานของผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระก่อน หากปรากฏว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงจะทดสอบผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระแต่ละตัว (main effect) แต่ถ้าการทดสอบผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง

ตัวแปรอิสระมีนัยสำคัญทางสถิติ จะต้องทดสอบผลอย่างง่าย (simple effect) ต่อไป

๑. การทดสอบผลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง A และ B

ให้คำนวณหา F_{AB} โดย $F_{AB} = MS_{AB}/MS_{E(w)}$ (ดูตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน) แล้วเปรียบเทียบกับ F จากตาราง ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ $(a-1)(b-1)$ และ $(N-b)(a-1)$

๒. การทดสอบผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระ A

๒.๑ การทดสอบผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระ A ให้คำนวณหา F_A โดย $F_A = MS_A/MS_{E(w)}$ (ดูตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน) แล้วเปรียบเทียบกับ F จากตาราง ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ $a-1$ และ $(N-b)(a-1)$

๒.๒ การทดสอบผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระ B

ให้คำนวณหา F_B โดย $F_B = MS_B/MS_{E(ber)}$ (ดูตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน) แล้วเปรียบเทียบกับ F จากตาราง ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระ $b-1$ และ $N-b$

ถ้าการทดสอบในข้อ ๒.๑ หรือข้อ ๒.๒ มีนัยสำคัญทางสถิติ จะต้องทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างระดับต่าง ๆ ต่อไป ด้วยวิธีการทดสอบรายคู่ (pair-wise comparison)

๓. การทดสอบผลอย่างง่าย

จะทำการทดสอบเมื่อผลของการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ มีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นการทดสอบเพื่อตรวจดูว่าค่าเฉลี่ยระหว่างระดับต่างๆ ของตัวแปรอิสระตัวหนึ่งที่อยู่ในแต่ละระดับของตัวแปรอิสระอีกตัวหนึ่ง แตกต่างกันหรือไม่ โดยทดสอบทั้งสองตัวแปรอิสระ การทดสอบความแตกต่างนี้ใช้วิธีการของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว ค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มเดิมในทุกระดับให้ใช้ $MS_{E(w)}$ และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยกรณีที่ใช้กลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่มให้ใช้ $MS_{w(cell)}$

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน จะต้องวิเคราะห์ความแปรปรวน ๓ ประเภทคือ

๑. ความแปรปรวนของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

๒. ความแปรปรวนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่าง ๆ

๓. ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนต่าง ๆ สรุปได้ดังตารางข้างล่างนี้

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งของ ความแปรปรวน (Source of variation)	ขั้นแห่งความ เป็นอิสระ (Degrees of freedom) df	ผลบวกของ กำลังสอง (Sum of Squares) SS	กำลังสอง ของค่าเฉลี่ย (Mean Squares) MX	F
ของระหว่างกลุ่ม (between subjects)	N-1	SS_{bet}		
ตัวแปรอิสระ B	b-1	SS_B	$MS_B = \frac{SS_B}{b-1}$	$F_B = \frac{MS_B}{MS_{E(bet)}}$
ความคลาดเคลื่อน ระหว่างกลุ่ม E(bet)	N-b	$SS_{E(bet)}$	$MS_{E(bet)} = \frac{SS_{E(bet)}}{N-b}$	
ภายในกลุ่ม	N(a-1)	SS_w		
ตัวแปรอิสระ A	a-1	SS_A	$MS_A = \frac{SS_A}{a-1}$	$F_A = \frac{MS_A}{MS_{E(w)}}$
ปฏิสัมพันธ์ AB	(a-1)(b-1)	SS_{AB}	$MS_{AB} = \frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)}$	$F_{AB} = \frac{MS_{AB}}{MS_{E(w)}}$
ความคลาดเคลื่อน ภายในกลุ่ม E(w)	(N-b)(a-1)	$SS_{E(w)}$	$MS_{E(w)} = \frac{SS_{E(w)}}{(n-b)(a-1)}$	
รวม (Total)	Na-1	SS_T		

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเห็นได้ว่าการออกแบบการทดลองแบบสปีด-ฟลท มีค่าความคลาดเคลื่อน ๒ ชนิด คือ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างกลุ่มของผู้ถูกทดลอง และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้ถูกทดลองภายในของแต่ละกลุ่ม

ถ้าพิจารณาความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองที่เกิดจากตัวแปรอิสระแต่ละตัว ตัวแปรอิสระที่ผู้ถูกทดลองทั้งหมดได้รับการทดลองในทุกระดับของตัวแปรอิสระนั้น (ในที่นี้คือตัวแปรอิสระ A) ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองที่เกิดขึ้นไม่ได้มีส่วนมาจากความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างกลุ่มของผู้ถูกทดลองภายในกลุ่มเท่านั้น สำหรับตัวแปรอิสระที่ผู้ถูกทดลองถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ และผู้ให้แต่ละกลุ่มได้รับการทดลองเพียงระดับใดระดับหนึ่ง (ในที่นี้คือตัวแปรอิสระ B) ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลองจะมีที่มาได้ทั้ง ๒ ทาง คือความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้ทดลองภายในของแต่ละกลุ่ม และความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความแตกต่างของผู้ถูกทดลองระหว่างกลุ่ม

จะเห็นได้ว่า ความคลาดเคลื่อนของผลการทดลอง

ที่เกิดจากตัวแปรอิสระที่จัดให้ผู้ถูกทดลองทั้งหมดได้รับการทดลองในทุกระดับ จะมีน้อยกว่าของตัวแปรอิสระที่จัดแบ่งผู้ถูกทดลองออกเป็นกลุ่ม ๆ แล้วให้แต่ละกลุ่ม ได้รับการทดลองเพียงระดับใดระดับหนึ่ง ดังนั้นในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ผู้วิจัยจะต้องเลือกใช้ค่าความคลาดเคลื่อนให้ถูกต้อง

ตัวอย่าง

ครูสอนพลศึกษาและโค้ชของนักกีฬา ได้ตั้งข้อสังเกตว่าการแข่งขันกีฬาจะช่วยให้ผู้เล่นได้ระบายความก้าวร้าวออกในทางที่สังคมปรารถนา มาร์ติน (Martin, 1976) จึงได้ศึกษาผลของการชนะและแพ้การแข่งขันว่าจะช่วยลดความก้าวร้าวได้หรือไม่ โดยสุ่มนักกีฬาสเกตบอลและนักกีฬามวยปล้ำมาอย่างละ ๑๖ คน แล้วนำแบบวัดทางจิตวิทยาที่สร้างขึ้นสำหรับวัดความก้าวร้าวที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและบุคคลอื่นไปวัดนักกีฬาทุกคนใน ๓ สถานการณ์ คือ ๑. ในสถานการณ์ปกติ วัดในช่วงก่อนถึงกำหนดการแข่งขัน ๑ เดือน ๒. สถานการณ์ชนะ วัดทันทีภายหลังชนะการแข่งขัน และ ๓. สถานการณ์แพ้ วัดทันทีภายหลังแพ้การแข่งขัน ผลปรากฏดังนี้ (คะแนนสูง หมายถึง มีความก้าวร้าวมาก)

สถานการณ์ (A)

		ปกติ (A ₁)	ชนะ (A ₂)	แพ้ (A ₃)	$\bar{X}_{S_i B_k}$	\bar{X}_{B_k}
ประเภทกีฬา (B)	S ₁	15	14	12	13.7	
	บาสเกตบอล (B ₁)	S ₂ 11 n _{B₁} =16	13 n _{B₁} =16	14 n _{B₁} =16	12.7	
		· ·	· ·	· ·	· ·	
		· · $\bar{X}_{A_1 B_1}=11.72$	· · $\bar{X}_{A_2 B_1}=9.41$	· · $\bar{X}_{A_3 B_1}=10.66$	· ·	10.60
		S ₁₆ 9	5	7	7.0	
มวยปล้ำ (B ₂)	S ₁₇	16	13	15	14.7	
	S ₁₈ 10 n _{B₂} =16	10 n _{B₂} =16	14 n _{B₂} =16	11.3		
	· ·	· ·	· ·	· ·		
	· · $\bar{X}_{A_1 B_2}=11.63$	· · $\bar{X}_{A_2 B_2}=10.78$	· · $\bar{X}_{A_3 B_2}=12.97$	· ·	11.79	
	S ₃₂ 7	6	9	7.3		
\bar{X}_{A_j}	11.67	10.09	11.81	M = 11.20		

จากการทดสอบ ผลปรากฏว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์กับประเภทกีฬา ผู้วิจัยจึงทำการทดสอบผลอย่างง่ายต่อไปในส่วนที่สนใจคือ ผลของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีต่อกีฬาแต่ละประเภท การที่ผู้วิจัยเลือกใช้แบบการทดลองนี้ ก็เพื่อต้องการเพิ่มความถูกต้องในการตรวจสอบนัยสำคัญของตัวแปรอิสระที่ผู้วิจัยสนใจ และ

ของปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม การออกแบบการทดลองแบบสปลิต-พลอต มีความยุ่งยากซับซ้อนมากกว่าแบบบล็อกสุ่ม และใช้ได้ดีกับการศึกษาทดลองเฉพาะบางกรณีเท่านั้น เช่น ในกรณีที่ตัวแปรอิสระระดับต่าง ๆ ที่ให้กับผู้ถูกทดลองไม่ส่งผลต่อกัน

มยุรี ศรีชัย

บรรณานุกรม

- Feldt, Leonard S. **Design and Analysis of Experiments for the Behavioral Sciences**. The University of Iowa, Iowa, 1984.
- Kirk, Roger E. **Experimental Design : Procedures for the Behavioral Sciences** 2 nd. ed. Brooks / Cole Publishing Company, California, 1982.
- Lindquist, E.F. **Design and Analysis of Experiments in Psychology and Education**. Houghton Mifflin Company, Boston, 1953.
- Martin, **Research Quarterly**, October, 1976