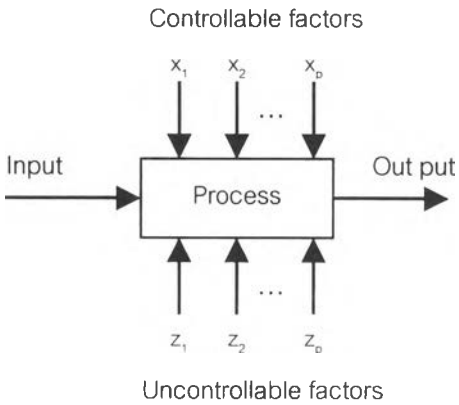
บทที่ 2
ทฤษฎีประกอบการวิจัย

2.1 การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Montgomery, 2001)

การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เป็นกระบวนการวางแผนการทดลองและนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้า (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ออกมาจากระบบ (Output Response) โดยทั่วไปการทดลองจะถูกใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการหรือระบบดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งโดยส่วนใหญ่ลักษณะของกระบวนการเริ่มจากการรวมกันของปัจจัยป้อนเข้า (Input) อันประกอบด้วย เครื่องจักร คน วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่นๆ ผ่านเข้าไปยังกระบวนการและปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นจะเปลี่ยนรูปออกมาเป็นผลลัพธ์ (Output)



รูป 2.1 แสดงปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ

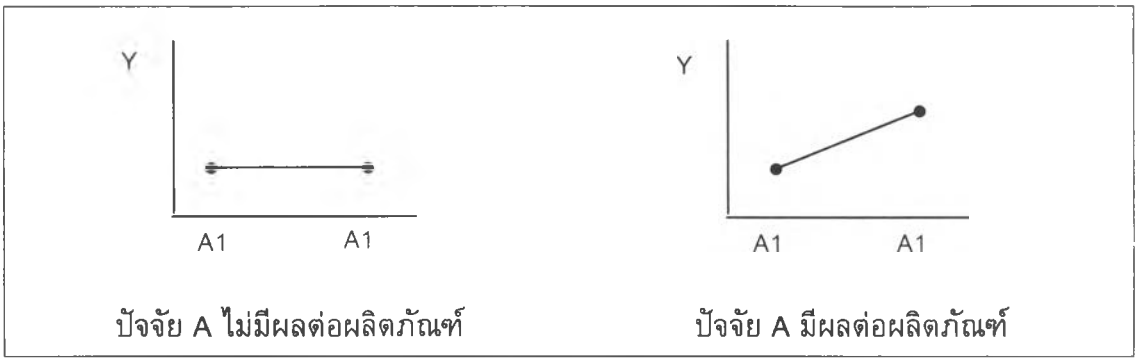
จากรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่ากระบวนการหรือระบบประกอบด้วยปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) คือ $X_1, X_2, \ldots X_p$ และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) คือ $Z_1, Z_2, \ldots Z_p$ โดยทุกปัจจัยสามารถส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของกระบวนการได้

2.2 วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ โดยต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับแล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลองผลของปัจจัย A ที่มีผลต่อตัวแปรตาม Y แสดงดังรูปที่ 2.2 ดังนั้นจึงสามารถสรุปวัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลองได้ดังนี้

1. หาตัวแปรอิสระในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองมากที่สุด

2. เพื่อกำหนดค่าตัวแปรอิสระในกระบวนการผลิตที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่ต้องการมากที่สุด
3. เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือการพิสูจน์ข้อเท็จจริงหรือความเชื่อจากประสบการณ์หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต
4. การค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือการศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ



รูปที่ 2.2 แสดงผลปัจจัย A ต่อผลิตภัณฑ์

2.3 ส่วนประกอบของการทดลอง

การออกแบบการทดลอง จำเป็นต้องมีศึกษาการทำงานและค้นคว้ารายละเอียดกระบวนการที่สนใจเพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับใช้เป็นส่วนประกอบในการออกแบบการทดลอง ซึ่งตามหลักการของการออกแบบการทดลองส่วนประกอบของการทดลองแสดงได้ดังนี้

2.3.1 ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factor) หมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยในการผลิตได้

2.3.2 ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factor) หมายถึงปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยในการผลิตได้โดยปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้สามารถแบ่งได้ดังนี้

- ตัวแปรรบกวน (Noise Variable) หมายถึงตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองในการทดลองแต่ไม่ใช่ปัจจัยที่เราสนใจศึกษา ส่วนใหญ่มักเป็นเวลาหรือเครื่องมืออุปกรณ์เป็น
- Nuisance Variable หมายถึงตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง แต่เราไม่ทราบมาก่อนว่าสามารถกำจัดอิทธิพลของตัวแปร Nuisance Variable โดยการสุ่ม
- ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือตัวแปรที่ถูกสังเกตหรือวัดค่าในการทดลอง ในการทดลองหนึ่งๆ อาจมีการวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ค่าก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว (Sensitivity) ความเชื่อถือได้ (Reliability) การแจกแจงตัวแปรนั้นและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามจะต้องพิจารณาว่าค่าที่สังเกตได้จากทรีทเมนต์หนึ่งๆควรมีการแจกแจงแบบปกติโดยประมาณซึ่งข้อสมมุติในเรื่อง

ความเป็นปกติ (Normality) นี้เป็นสิ่งจำเป็นในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูลค่าสังเกตที่มีการแจกแจงที่ไม่ปกติให้เป็นปกติได้

2.2.3 ทรีทเมนต์ (Treatment) คือวิธีที่เราปฏิบัติต่อการทดลองเพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.3.4 หน่วยการทดลอง (Treatment Unit) เป็นหน่วยที่ใช้วัดอิทธิพลของทรีทเมนต์ซึ่งโดยคำจำกัดความแล้ว หมายถึงกลุ่มของสิ่งการทดลองซึ่งได้รับทรีทเมนต์ชุดเดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่งหน่วยการทดลองมีขนาดไม่จำกัด อาจผันแปรไปได้สูงดังนั้นในการทดลองจึงต้องให้คำจำกัดความที่ชัดเจน

2.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

2.4.1 การนิยามปัญหา (Recognition and Statement of Problem) เป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไรและต้องการเรียนรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวโยงไปยังวัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.4.2 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย (Choice of Factors Levels and Ranges) เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์จากงานวิจัยต่างๆเพื่อระบุว่าปัจจัยบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลองและในแต่ละปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร สุดท้ายคือระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed Effect) แบบสุ่ม (Random Effect) หรือแบบผสม ซึ่งสามารถอธิบายได้พอเป็นสังเขปได้ดังนี้

- แบบกำหนด (Fixed Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
- แบบสุ่ม (Random Effect) หมายถึงระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าได้แน่นอน
- แบบผสม (Mixed Effect) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดและแบบสุ่ม

2.4.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of Response Variable) ในการเลือกผู้ทำการวิจัยจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในการศึกษาและการวัดค่านั้นจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องด้วย

2.4.4 การเลือกแบบการทดลอง (Choice of Experimental Design) เมื่อกำหนดทรีทเมนต์และตัวแปรตอบสนองแล้วต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดของการทดลองซึ่งหมายถึงจำนวนซ้ำของการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่มและการบล็อกที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

2.4.5 ดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment) ในระหว่างดำเนินการทดลองผู้วิจัยต้องศึกษาและดูแลอย่างใกล้ชิด ปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ ข้อควร

ระวังในขณะทำการทดลองคือความถูกต้องของเครื่องมือวัดและความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2.4.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of Data) จะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูลและวิธีการทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นยังเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซ็นในการสรุปผล

2.4.7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ (Conclusions and Recommendations) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ อาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ฯลฯ และให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

2.5 แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบการทดลอง

แนวคิดพื้นฐานของการออกแบบการทดลองประกอบด้วยสิ่งสำคัญดังนี้

2.5.1 การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือเทคนิคการจัดหน่วยการทดลอง โดยให้แต่ละหน่วยการทดลองมีโอกาศที่จะได้รับทรีทเมนต์ใดทรีทเมนต์หนึ่งเท่าๆกัน โดยวัตถุประสงค์ของการทำแบบสุ่มมีดังนี้

1. เพื่อขจัดอคติหรือความเอนเอียงของผู้ทดลองและเพื่อให้แน่ใจว่าทรีทเม้นต์ต่างๆจะไม่มีการได้เปรียบและเสียเปรียบในเรื่องเกี่ยวกับการทดลอง การสุ่มจึงเป็นการประกันได้ว่าจะไม่มีอคติใดๆเกิดขึ้นในการทดลอง

2. การวิเคราะห์และทดสอบทางสถิตนั้นมีข้อกำหนดว่าความคลาดเคลื่อน (Error) จะต้องเกิดขึ้นโดยสุ่มเป็นอิสระต่อกัน การสุ่มจึงเป็นการทำให้ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดทั้งนี้การสุ่มจะเป็นการช่วยกำจัดหรือเฉลี่ยความผันแปรภายนอกที่ควบคุมไม่ได้ให้เกิดขึ้นกับหน่วยการทดลองด้วยโอกาศเท่าๆกัน

การทดลองแบบสุ่มทำได้ 3 วิธี

- การทำสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Randomization)
- การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
- การทำสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization with Blocks)

2.5.2 การทำซ้ำ (Replication) คือการที่ทรีทเมนต์หนึ่งกระทำต่อหน่วยทดลองมากกว่า 1 หน่วยการทดลอง โดยมีจุดประสงค์การทำซ้ำคือ

1. การทำซ้ำให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ เพื่อนำค่าความผันแปรภายในกลุ่มนี้มาเป็นตัวทดสอบว่าทรีทเม้นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติหรือไม่

2. เพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ของการทดลองโดยช่วยลดขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยซึ่งจะเห็นได้ว่าการเพิ่มจำนวนซ้ำ (n) เป็นการช่วยลดค่า $\sigma_{\bar{y}}$ ได้ดังสมการต่อไปนี้ $\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\sigma 2 / n}$

2.5.3 การบล็อก (Blocking) คือการจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้

2.6 การเลือกแบบการทดลอง

2.6.1 แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) เป็นแผนการทดลองที่ง่ายที่สุดเหมาะสมกับการทดลองที่แยกได้ว่าหน่วยทดลองที่นำมาใช้นั้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไรก่อนการทดลอง การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับแผนการทดลองนี้จะแยกสาเหตุความผันแปรของข้อมูลทั้งหมดว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของทรีทเมนต์แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่นอีก จึงเรียกข้อมูลนี้ว่าข้อมูลแบบแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification)

ตามแผนการทดลองนี้แสดงว่า เมื่อหน่วยการทดลองได้รับทรีทเม้นต์ที่ต้องการทดสอบแล้วความแตกต่างของข้อมูลที่เก็บได้จากแต่ละหน่วยการทดลองจะต้องเกิดจากอิทธิพลของทรีทเม้นต์ที่ต่างกันเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้แผนการทดลองนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด หน่วยทดลองที่นำมาใช้จึงสมควรมีลักษณะที่สม่ำเสมอหรือคล้ายคลึงกันมากที่สุด (Homogenous) หรือมีความผันแปรระหว่างหน่วยทดลองน้อยที่สุดหลักการสำคัญของการทดลองนี้คือ การจัดทรีทเมนต์ให้กับหน่วยทดลองหรือจัดหน่วยทดลองให้แก่ทรีทเม้นต์จะต้องเป็นอย่างสุ่มและไม่มีข้อจำกัดเกี่ยวกับการสุ่ม โดยโครงรูปของข้อมูลสมมุติให้การทดลองมี a ทรีทเมนต์หรือ a ระดับ n คือจำนวนค่าสังเกตในแต่ละทรีทเมนต์ และ Y_{ij} ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเม้นต์ i

	Treatment				
	1	2	i	a	
	Y_{11}	Y_{21}	Y_{i1}	Y_{a1}	
	Y_{12}	Y_{22}	Y_{i2}	Y_{a1}	
	Y_{13}	Y_{23}	Y_{i3}	Y_{a1}	
	.	.	.	.	
	.	.	.	.	
	.	.	.	.	
	Y_{1n}	Y_{2n}	Y_{in}	Y_{an}	
Totals	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	... $Y_{i.}$	$Y_{a.}$	$Y_{..}$ = Grand Total
Sample means	$\bar{Y}_{1.}$	$\bar{Y}_{2.}$	... $\bar{Y}_{i.}$	$\bar{Y}_{a.}$	$\bar{Y}_{..}$ =Grand Mean

ตัวแบบทางสถิติของการทดลองนี้คือ

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + \tau_{ij} + \varepsilon_{ij} \qquad i = 1,2,3,....,a$$
$$j = 1,2,3,....,n$$

โดยที่ Y_{ij} คือค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ_{ij} คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_{ij} คืออิทธิพลอันเกิดจากทรีทเม้นต์ i

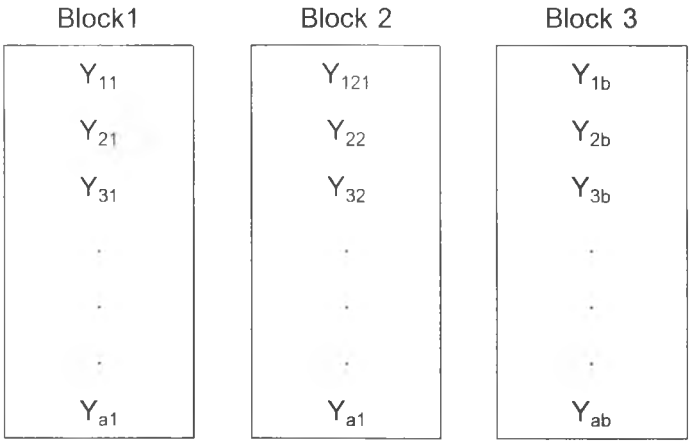
ε_{ij} คือค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

2.6.2 การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) ในบางการทดลองอาจเกิดปัญหาเกี่ยวกับหน่วยการทดลองที่ใช้ไม่มีความสม่ำเสมอ ทำให้การใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอดไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากความผันแปรของข้อมูลจะไม่ใช่ผลของทรีทเมนต์เพียงอย่างเดียวแต่อาจมีความผันแปรที่เกิดจากหน่วยทดลองรวมอยู่ด้วยซึ่งความผันแปรส่วนหลังนี้จะไปรวมอยู่กับความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ทำให้ยอดรวมของผลบวกของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนมีค่าสูงขึ้น มีผลต่อการทดสอบทำให้ผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงต้องพยายามแยกผลอันเกิดจากอิทธิพลอื่นที่ไม่ใช่ทรีทเม้นต์ออกจากความแปรปรวนทั้งหมด เพื่อให้แน่ใจว่าผลที่นำมาวิเคราะห์นั้นเป็นอิทธิพลของทรีทเมนต์ (Treatment Effect) แต่เพียงอย่างเดียว ดังแสดงในรูปที่ 2.3

แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกเป็นวิธีหนึ่งในหลายวิธีของการจำแนกแบบ 2 ทาง (Two-Way Classification) จะใช้เมื่อหน่วยทดลองมีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะคือทางแนวนอน (Row) และแนวตั้ง (Column) มีหลักการคือพยายามจัดหน่วยทดลองที่มีความคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันซึ่งเรียกว่าบล็อก ดังนั้นความแปรปรวนระหว่างหน่วยทดลองในบล็อกเดียวกันจึงมีค่าต่ำและให้ค่าความแตกต่างระหว่างบล็อกมีค่าสูง ในแต่ละบล็อกจะมีครบทุกทรีทเมนต์การจะให้ทรีทเมนต์ใดแก่หน่วยการทดลองใดภายในแต่ละบล็อกกระทำโดยการสุ่ม กรณีนี้จะทำให้เราแยกความแตกต่างระหว่างบล็อกออกมาจากยอดรวมของผลบวกกำลังสองได้

โครงสร้างของข้อมูล

สมมุติให้การทดลองมี a ทรีทเม้นต์ และ b บล็อกตามแผนภาพจะเห็นได้ว่ามีค่าสังเกต 1 ค่าต่อ 1 ทรีทเม้นต์ในแต่ละบล็อก



รูปที่ 2.3 Randomized Complete Block Design

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้คือ

$$Y_{ij} = \mu_{ij} + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \qquad i = 1,2,3,\ldots,a$$
$$j = 1,2,3,\ldots n$$

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลอันเกิดจากทรีทเมนต์ที่ i

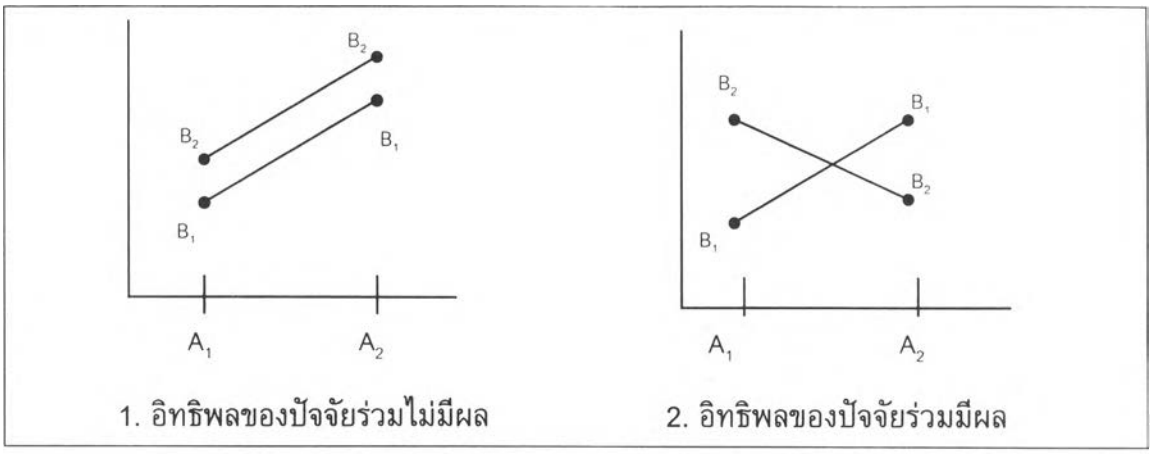
β_j คือ อิทธิพลอันเกิดจากบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

2.6.3 แผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล (Factorial Experiment)

เป็นการทดลองที่มุ่งศึกษาถึงผลของปัจจัยมากกว่าหนึ่งปัจจัยพร้อมๆกัน การวิเคราะห์จะให้ความสนใจที่อิทธพลร่วมของปัจจัยซึ่งมีอิทธิพลและส่งผลกับตัวแปรตอบสนอง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอาจกล่าวได้ว่าการออกแบบการทดลองแบบแฟคตอเรียล เป็นแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการตรวจสอบอิทธิพลของหลายๆปัจจัยพร้อมกัน คำว่าแฟคตอเรียลหมายถึงการทดลองที่สมบูรณ์ในแต่ละครั้งหรือแต่ละซ้ำของการทดลองนั้น กล่าวคือมีการใช้ระดับของแฟคเตอร์ต่างๆร่วมกัน จึงสามารถตรวจสอบอิทธิพลต่างๆ ในการทดลองครั้งหนึ่งๆได้พร้อมกัน เช่นถ้า แฟคเตอร์ A มี a ระดับ แฟคเตอร์ B มี b ระดับแต่ละซ้ำจะมี ab Treatment Combination แบ่งได้ 2 ประเภทคือ

1. อิทธิพลหลัก (Main Effect) คืออิทธิพลของปัจจัยที่แสดงต่อตัวแปรตอบสนองด้วยตัวของมันเองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกิดขึ้น
2. อิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ อิทธิพลของปัจจัยหนึ่งที่จะเปลี่ยนไปเมื่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยร่วมกัน



รูปที่ 2.4 แสดงอิทธิพลของปัจจัยร่วมไม่มีผลและมีผล

การทดลองแบบแฟคตอเรียลนั้นเป็นการประกอบกันของทรีทเมนต์ไม่ใช่ชนิดของแผนการทดลอง การประกอบกันของทรีทเมนต์นี้อาจใช้ในแผนการทดลองแบบใดๆก็ได้เช่น การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์แบบสุ่มบล็อกหรือจัตุรัสลาตินก็ได้ โดยมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

ข้อดี

1. เป็นการใช้หน่วยทดลองทั้งหมดเพื่อตรวจสอบอิทธิพลของทรีทเมนต์หลายๆทรีทเมนต์พร้อมกันได้ จึงเป็นการประหยัดและเสียเวลาน้อยลงกว่าการทดสอบครั้งละ 1 แฟกเดอร์

2. ทำให้สามารถตรวจสอบอิทธิพลของกิริยาร่วมระหว่างแฟกเดอร์ได้จึงช่วยในการสรุปผลได้กว้างขวางกว่าการทดลองครั้งละ 1 แฟกเดอร์

ข้อเสีย

1. เนื่องจากมี Treatment Combination จึงต้องใช้หน่วยทดลองมากขึ้นซึ่งอาจมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนหน่วยทดลอง

2. ในกรณีที่มีกิริยาร่วมเกิดขึ้น อาจทำให้การสรุปผลเป็นภาษาที่เข้าใจง่ายได้ยาก

3. ถ้าจำนวนปัจจัยมีมากขนาดของการทดลองก็จะใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นการเสียค่าใช้จ่ายสูงและการหาวัตถุทดลองที่มีความสม่ำเสมอจำนวนมากก็เป็นไปได้ยาก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจาก 2 ปัจจัย (ศิริจันทร์ ทองประเสริญ, 2536)

สมมติการทดลองมีปัจจัย A มี i ระดับ (i = 1,2,...,a) และปัจจัย B มี j ระดับ (j = 1,2,...,b) มีทำการทดลอง k ซ้ำ (k = 1,2,...,n) การทดลองแฟคตอเรียลของปัจจัย 2 ปัจจัยเราสามารถจัดรียงตัวแปรตามที่เกิดขึ้นจากการทดเลองได้ดังนี้

Factor B					
Factor A		1	2	...	b
	1	Y_{111}, Y_{112}, ... Y_{11n}	Y_{121}, Y_{122}, ... ,Y_{12n}		Y_{1b1}, Y_{1b2}, ... Y_{1bn}
	2	Y_{211}, Y_{212}, ... Y_{21n}	Y_{221}, Y_{222}, ... ,Y_{22n}		Y_{2b1}, Y_{2b2}, ... Y_{2bn}
	...				
	A	Y_{a11}, Y_{a12}, ... Y_{a1n}	Y_{a21}, Y_{a22}, ... ,Y_{a2n}		Y_{ab1}, Y_{ab2}, ... Y_{abn}

ตัวแบบทางสถิติของแผนการทดลองนี้ คือ

$$Y_{ij} = \mu+\tau_i + \beta_j +(\beta\tau)_{ij}+ \varepsilon_{ijk} \; ; \qquad i = 1, 2,...a \quad j = 1,2,...,b \quad k = 1,2,...,n$$

โดยที่

Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ i

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ j

$(\beta\tau)_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ i และปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ j

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

แผนการทดลองแบบแฟคตอเรียลทั่วไปมีรูปแบบคือ AxBxC... แฟคตอเรียล เช่น แฟคตอเรียล 3x2x3 รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียลที่สำคัญได้แก่

1. แบบ 2^k แฟคตอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 2 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย
2. แบบ 3^k แฟคตอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

การออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคตอเรียลเหมาะสมกับรูปแบบที่มีความเป็นเส้นตรง ซึ่งจะสามารถตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แต่ถ้าหากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรงไม่ดีแล้ว ใช้แบบ 3^k แฟคตอเรียลแทนจะเหมาะสมมากกว่า

2.7 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

2.7.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R – Square) เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองมีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในการทดลองทุกครั้งจะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained Variable) หรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดี จะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้น้อยที่สุด

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) = $\frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้ x 100\%}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}}$

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-Square) ต่ำสามารถแก้ไขได้โดย

1. เพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง
2. ตรวจสอบหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องแล้วออกแบบการทดลองใหม่
3. ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้วค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจยังต่ำอยู่แสดงว่าผลจากปัจจัยรบกวน (Noise Factor) มีมากต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน

2.7.2 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model Adequacy Checking) จากสมการ

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ijk};$$

ซึ่ง μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อน

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่ มักจะตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ Y ซึ่งเป็นตัวแปรตามมีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น Y จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้ ε_{ijk} มีการกระจายแบบปกติด้วยและต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระตามสมมุติฐาน ($\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$) การตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจกปกติ (Normal Distribution) หรือไม่ โดยใช้วิธีการทดสอบดังต่อไปนี้
   - การทดสอบแบบไคร์สแควร์ (2 - Goodness of Fit Test)
   - การทดสอบแบบโคโมโรอฟ – สเมอร์นอฟ (Kolgomgrov - Smirnov Test)
   - การทดสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (NOPP)
2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุดที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่
3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัยถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน

2.8 การทดสอบสมมุติฐาน (Hypothesis Testing)

การทดสอบสมมุติฐานเชิงสถิติ เป็นถ้อยแถลงที่เกี่ยวกับความน่าจะเป็นของตัวแปรแบบสุ่มที่มีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ที่มากกว่าหรือเท่ากับหนึ่งค่าพารามิเตอร์ โดยสมมติฐานแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. สมมุติฐานที่กำหนด (Null Hypothesis) เป็นข้อสงสัยหรือข้อสมมติเกี่ยวกับลักษณะต่าง ๆ ในประชากรที่ต้องการจะพิสูจน์ว่าจริงหรือไม่ โดยใช้สัญลักษณ์ H_0

2. สมมุติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis) เป็นข้อความหรือความคิดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่หวังว่าจะเป็นและจะต้องมีความหมายที่แย้งกับสมมุติฐานที่กำหนดโดยชัดเจน โดยใช้สัญลักษณ์ H_1

โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะทำการปฏิเสธสมมุติฐานที่กำหนด (Reject H_0) จะถูกกำหนดโดยระดับนัยสำคัญ ซึ่งเป็นโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่น้อยมากที่ค่าพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงของการปฏิเสธสมมุติฐานเมื่อสมมุติฐานเป็นจริง โดยทั่วไปมักจะทำการเปลี่ยนช่วงของการปฏิเสธสมมุติฐานหรือระดับความมีนัยสำคัญเป็นค่าวิกฤติ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบหรือใช้ในการตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานมี่กำหนด

การตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมุติฐานที่กำหนด อาจเกิดความผิดพลาดได้ 2 กรณีคือ

1. ความผิดพลาดที่เกิดจากการปฏิเสธสมมติฐานที่กำหนด โดยทีสมมติฐานที่กำหนดมีความถูกต้องหรือมีความเป็นจริงเรียกว่า ความผิดพลาดแบบที่ 1 (Type I Error) ซึ่งความผิดพลาดนี้คือ ระดับความมีนัยสำคัญในการตรวจสอบสมมติฐาน

2. ความผิดพลาดที่เกิดจากการยอมรับสมมติฐานที่กำหนดโดยที่สมมติฐานที่กำหนดมีความไม่ถูกต้องหรือไม่มีความจริงเรียกว่าความผิดพลาดแบบที่ 2 (Type II Error) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานที่กำหนด	สมมติฐานทีกำหนด มีความถูกต้อง	สมมติฐานที่กำหนด ไม่มีความถูกต้อง
ยอมรับ	การตัดสินใจถูกต้อง	ความผิดพลาดแบบที่ 2
ปฏิเสธ	ความผิดพลาดแบบที่ 1	การตันสินใจถูกต้อง

โอกาสหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดความพลาดแบบที่ 1 และแบบที่ 2 สามารถแสดงได้ดังนี้คือ

α = P (ความผิดพลาดแบบที่ 1)

= P (การปฏิเสธสมมุติฐานที่กำหนด: สมมุติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

β = P (ความผิดพลาดแบบที่ 2)

= P (การยอมรับสมมุติฐานที่กำหนด: สมมุติฐานที่กำหนดไม่ถูกต้อง)

โดย $1 - \beta$ = อำนาจของการทดสอบ

= P (การปฏิเสธสมมุติฐานที่กำหนด: สมมุติฐานที่กำหนดถูกต้อง)

2.9 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)

ภายหลังจากที่ได้ออกแบบการทดลองและทำการทดลองแล้วงานขั้นตอไปก็คือ การนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองมาวิเคราะห์เพื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติหรือหาแนวโน้มต่อไปโดยใช้หลักการของ ANOVA หรือการถดถอย

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการคำนวณแบบเลขคณิต โดยการแยกผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Total Sum of Square; SST) ออกเป็นส่วนต่างๆตามแหล่งกำเนิดหรือสาเหตุ โดยจะวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อการทดลองโดยพิจารณาความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวนแล้วแตกออกมาเป็นควาแตกต่างย่อยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยเหล่านั้น หากความแตกต่างใดมีค่ามากกว่าแสดงว่าปัจจัยนั้นทำให้เกิดความแตกต่าง โดยมีผลต่อค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square; MS) ซึ่งเป็นตัวที่ประมาณค่าความแปรปรวนที่ดีที่สุด ซึ่งกำหนดให้

MS = SS/df

เมื่อ SS คือ ผลรวมกำลังสอง (Sum of Square)

df คือ ขั้นของความอิสระ (Degree of Freedom)

สามารถอธิบายการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแต่ละแบบการทดลองได้ดังนี้

1. การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็น 2 ส่วน คือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกันและความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลองโดยที่

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model) ตัวแบบคือ $Y_{ij} = \mu+\tau_i + \varepsilon_{ijk}$; $i = 1,2,\ldots,a$

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

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากทรีทเมนต์ i

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็นส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SST โดยที่

$$SST = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y^2_{ij}\right) - (Y^2_{..}/N)$$

$$SSTr = \left(\sum_{i=1}^{a} Y^2_{i}/n\right) - (Y^2_{..}/N)$$

$$SSE = SST - SSTr$$

ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 โดยที่ถ้าหากค่า $F_0 \leq (F_{(\alpha,V1,V2)}$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลต่อตัวแปรตาม นั่นคือสามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.2 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับ One – way ANOVA

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F0
Treatment	SSTr	a-1	MSTr	MSTr/MSE
Error	SSE	N-a	MSE	
Total	SST	N-1		

2.9.2 การทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCB) เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็น 3 ส่วนคือ ความแปรปรวนเนื่องจากการให้ทรีทเมนต์ต่างกันความแปรปรวนเนื่องจากบล็อกและความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model)

ตัวแบบ $Y_{ij} = \mu+\tau_i+\beta_j + \varepsilon_{ij}$;

$i = 1,2,\ldots,a$

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

โดยที่ Y_{ij} คือ ค่าสังเกตที่ j เมื่อได้รับทรีทเมนต์ i

μ คือ ค่าเฉลี่ยรวมของทุกประชากร

τ_i คือ อิทธิพลที่เกิดจากทรีทเมนต์ I

β_j คือ อิทธิพลอันเกิดจากบล็อกที่ j

ε_{ij} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็นส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SST โดยที่

$$SST = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} Y^2_{ij}\right) - (Y^2_{..}/N)$$

$$SSTr = \left(\sum_{i=1}^{a} Y_i^2 /b\right) - (Y^2../N)$$

$$SSB = \left(\sum_{j=1}^{b} Y_j^2 /a\right) - (Y^2../N)$$

$$SSE = (SST - SSTr - SSB)$$

ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 โดยที่ถ้าหากค่า $F_0 \leq (F_{(\alpha,V1,V2)}$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลต่อตัวแปรตาม ดังนั้นเราสามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับการทดลองแบบสุ่มในบล็อก

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F_0
Treatment	SSTr	a-1	MSTr	MSTr/MSE
Blocks	SSB	b-1	MSB	MSB/MSE
Error	SSE	(a-1)(b-1)	MSE	
Total	SST	N-1		

3 การทดลองแบบแฟกตอเรียล (Factorial Experiment) เราจะแยกความแปรปรวนทั้งหมดออกเป็นความแปรปรวนเนื่องจากการปัจจัยต่าง ๆ ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลร่วมและความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลองตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนกรณีที่มีตัวแปร 2 ตัวของตัวแบบที่มีอิทธิพลเป็นค่าคงที่ (Fixed Effect Model)

ตัวแบบ $Y_{ijk} = \mu+\tau_i+\beta_j+(\tau\beta)_{ij}+ \varepsilon_{ijk}$;

โดย $i = 1,2,\ldots,a$

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

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

เมื่อ Y_{ijk} คือ ค่าสังเกตที่ j ในทรีทเมนต์ที่ i

μ คือ พารามิเตอร์ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

τ_i คือ อิทธิพลของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ i

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ j

$(\tau\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ i และปัจจัย B ที่เกิดจากทรีทเมนต์ที่ j

ε_{ijk} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่ม

ในการวิเคราะห์จะทำโดยการแบ่งความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตออกเป็นส่วน ๆ โดยจะกำหนดความผันแปรทั้งหมดของค่าสังเกตในรูปของผลรวมกำลังสองทั้งหมด (The Total Sum of Squares) SST โดยที่

$$SS_T = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b}\sum_{k=1}^{n} Y^2_{ijk}\right) - (Y^2.../abn)$$

$$SS_A = \left(\sum_{i=1}^{a} Y^2_{i}.../bn\right) - (Y^2.../abn)$$

$$SS_B = \left(\sum_{j=1}^{b} Y^2_{.j}./bn\right) - (Y^2.../abn)$$

ผลรวมกำลังสองของอิทธิพลร่วมกันของปัจจัย 2 ตัว (The Two Factors Interaction Sum of Squares) คือ

$$SS_{AB} = \left(\sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{b} Y^2_{ij}./n\right) - (Y^2.../abn) - SS_A - SS_B$$

$$= SSsubtotals\ (AB) - SS_A - SS_B$$

ดังนั้นเมื่อเอาผลรวมกำลังสองของ Main Effect แต่ละตัวเลขของ Interaction ไปหักออกจากผลรวมกำลังกำลังสองของทั้งหมด ก็จะได้ค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (error) ดังสมการ

$$SS_E = SST - SSsubtotals_{(AB)}$$

ซึ่งรายละเอียดต่าง ๆ ของผลรวมกำลังสองของแต่ละตัวได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 โดยที่ถ้าหากค่า $F_0 \leq (F_{(\alpha,V1,V2)}$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลสามารถยอมรับ Null Hypothesis ได้

ตารางที่ 2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับ Two – Factor Fixed Effect Model

Source of Variation (SOV)	Sum of Squares (SS)	Degree of Freedom (df)	Mean Squares (MS)	F_0
A	SS_A	a-1	MS_A	MS_A/MSE
B	SS_B	b-1	MS_B	MS_B/MSE
AB	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	MS_{AB}	MS_{AB}/MSE
Error	SS_E	ab(n-1)	MS_E	
Total	SS_T	abn-1		

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.10 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต (Automotive Industry Action Group: FMEA, 1995)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต (Failure Mode and Effect Analysis) เป็นการศึกษาถึงความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น เพื่อระบุผลเสียหายที่เกิดความล้มเหลวนั้นโดยที่จุดประสงค์หลักของ FMEA คือเพื่อกำหนดแง่มุมของการออกแบบผลิตภัณฑ์ การผลิตหรือการปฏิบัติงาน ซึ่งมีความวิกฤตต่อการเกิดความล้มเหลวนั้น โดยการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบซึ่งเป็นเทคนิคทางวิศวกรรมตัวหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการ ศึกษา วิเคราะห์ถึงข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้ว โดยจุดประสงค์หลักของ FMEA คือการลดข้อบกพร่องต่างๆที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นในขบวนการผลิตซึ่งจำเป็นต้องใช้ประสบการณ์ ความสามารถและความเชี่ยวชาญจากแผนกต่างๆเพื่อที่จะนำมาประชุมร่วมกันเพื่อระบุถึงไปถึงผลกระทบและความรุนแรงของข้อบกพร่องเหล่านั้น รวมถึงการพิจารณาอัตราการเกิดขึ้นของสาเหตุนั้น

1. ตรวจสอบการควบคุมในปัจจุบันว่า มีการควบคุมหรือป้องกันไม่ให้เกิดสาเหตุที่ถูกระบุมานั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร มีประสิทธิภาพในการควบคุมตรวจสอบและป้องกันได้ดีเพียงไร

2. จัดลำดับความเร่งด่วนและความสำคัญในการแก้ปัญหา

3. ทำการแก้ปัญหา (Corrective Action) สำหรับปัญหาและสาเหตุที่วิกฤต

4. รวบรวมแนวทางในการแก้ปัญหาโดยจัดเก็บเป็นเอกสาร เพื่อให้สามารถนำมาศึกษาถึงแนวทางปฏิบัติที่ผ่านมา

2.10.1 ประเภทของ FMEA

1. Design FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลวนั้นในการใช้งานผลิตภัณฑ์โดยผู้ออกแบบ (Designer) ต้องคำนึงว่าการใช้งานจริงนั้นจะเกิดความล้มเหลว (Failure) แบบใดขึ้นบ้างและจะส่งผลกระทบไปยังชิ้นส่วนอื่นอย่างไร

2. Process FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดที่ขบวนการผลิตหรือกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์

2.10.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

1. ระบุผลิตภัณฑ์หรือองค์ประกอบของระบบหรือส่วนของกระบวนการที่ต้องการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

2. ทำการศึกษาและระบุรายการ Failure Mode ของแต่ละสาเหตุนั้น

1. กำหนดผลและสาเหตุของแต่ละ Failure Mode
2. ประเมิน Failure Mode อาจใช้ประสบการณ์หรือจากตารางช่วยประเมินค่า Occurrence แสดงในตารางที่ 2.5 Severity แสดงในตารางที่ 2.6 และ Detection แสดงในตารางที่ 2.7 โดยแต่ละตัวจะแบ่งออกเป็นตัวเลข 1 – 10 (1 = Low, 10 = High) ดังนี้

3. คำนวณค่า RPN (Risk Priority Number) จากสูตร RPN = O x S x D ให้ทำการคำนวณทุก Failure Mode ของความล้มเหลวค่าความเร่งด่วนเมื่อเทียบกับ Mode อื่นๆ

6.ระบุวิธีการดำเนินการแก้ไขเมื่อเกิด Failure และทำการประเมินค่า RPN ใหม่เมื่อทำการปรับปรุงเสร็จแล้วทุกครั้ง

2.10.3 เกณฑ์การประเมินค่า Severity, Occurrence และ Detection สำหรับแต่ละ Failure Mode (AIAG: FMEA, 1995)

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าของความร้ายแรงหรือความวิกฤตของความล้มเหลวเหล่านั้น (Severity)

No	ผลกระทบ	เกณฑ์การประเมินค่าความร้ายแรง	Ranking
1	เกิดอันตรายโดยไม่การเตือนล่วงหน้า	อาจเป็นอันตรายกับเครื่องจักรหรือพนักงานประกอบ มีระดับการประเมินค่าความร้ายแรงสูง มีรูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของรถยนต์ หรือเกี่ยวข้องกับการทำผิดข้อกำหนดของรัฐ ความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
2	เกิดอันตรายโดยการเตือนล่วงหน้า	อาจเป็นอันตรายกับเครื่องจักรหรือพนักงานประกอบ มีระดับการประเมินค่าความร้ายแรงสูงรูป มีแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นมีผลกระทบต่อความปลอดภัยในการทำงานของรถยนต์ หรือเกี่ยวข้องกับการทำผิดข้อกำหนดของรัฐ ความเสียหายที่เกิดขึ้นมีการเตือนล่วงหน้า	9
3	สูงมาก	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย ความเสียหายอาจทำให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสีย 100% (Scrapped) ทำให้รถยนต์ทำงานไม่ได้ สูญเสียหน้าที่การทำงาน มีผลกับความพึงพอใจลูกค้า	8
4	สูง	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย ต้องคัดแยกผลิตภัณฑ์ความเสียหายทำให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสียน้อยกว่า 100% (Scrapped) ทำให้รถยนต์ทำงานไม่ได้ ประสิทธิภาพรถยนต์ลดลง มีผลกับความพึงพอใจลูกค้า	7
5	ปานกลาง	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย ความเสียหายทำให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสียน้อยกว่า 100% (Scrapped) ทำให้รถยนต์ทำงานไม่ได้ มีผลกับความสะดวกสบายของลูกค้า	6
6	น้อย	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย 100% ของผลิตภัณฑ์จะต้องทำการซ่อมงาน ทำให้รถยนต์ทำงานไม่ได้ ลดประสิทธิภาพของรถยนต์ มีผลกับความพึงพอใจของลูกค้าบ้างเล็กน้อย	5
7	น้อยมาก	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย จะต้องทำการคัดแยกของเสียผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสียน้อยกว่า 100% จะต้องทำการซ่อมงาน มีรายการไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดคือ การประกอบ งานสำเร็จ เกิดเสียงดังรบกวน มีข้อสังเกตจากลูกค้าจำนวนมาก	4

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)แสดงค่าของความร้ายแรงหรือความวิกฤตของความล้มเหลวเหล่านั้น (Severity)

No	ผลกระทบ	เกณฑ์การประเมินค่าความร้ายแรง (Severity)	Ranking
8	เล็กน้อย	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย จะต้องทำการคัดแยกของเสีย ความเสียหายทำให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสียน้อยกว่า 100% จะต้องทำการซ่อมงานที่นอกสถานีงานมีรายการไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดคือ การประกอบ งานสำเร็จ เกิดเสียงดังรบกวน มีข้อสังเกตจากลูกค้าปานกลาง	3
9	เล็กน้อยมาก	ทำให้เกิดความยุ่งยากกับสายการผลิตน้อย จะต้องทำการคัดแยกของเสีย ความเสียหายทำให้ผลิตภัณฑ์กลายเป็นของเสียน้อยกว่า 100% จะต้องทำการซ่อมงานในสถานีงาน มีรายการไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดคือ การประกอบ งานสำเร็จ เกิดเสียงดังรบกวน มีข้อสังเกตจากลูกค้าบางคน	2
10	ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	1

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าของโอกาศเกิดความล้มเหลว (Occurrence)

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดความล้มเหลว (Occurrence)	อัตราการเกิดความเสียหาย	Cpk	Ranking
สูงมาก: เกือบจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายได้	≥ 1 in 2	< 0.33	10
	1 in 3	≥ 0.33	9
สูง: โดยทั่วไปจะเกี่ยวเนื่องกันของความล้มเหลวที่คล้ายกันกับกระบวนการก่อนหน้าและเกิดความเสียหายบ่อย	1 in 8	≥ 0.51	8
	1 in 20	≥ 0.67	7
ปานกลาง: โดยทั่วไปจะเกี่ยวเนื่องกันของความล้มเหลวที่คล้ายกันกับกระบวนการก่อนหน้าแต่ว่ามีสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นมีไม่มากนัก	1 in 80	≥ 0.83	6
	1 in 400	≥ 1.00	5
	1 in 2,000	≥ 1.17	4
ต่ำ: ความเสียหายที่เกิดขึ้นต่างหากมีความเกี่ยวเนื่องกับการเกิดความล้มเหลวที่เคยพบในกระบวนการ	1 in 15,000	≥ 1.33	3
ต่ำมาก: ความเสียหายที่เกิดขึ้นครั้งเดียวที่เกิดขึ้นต่างหากเกี่ยวเนื่องกับที่เคยพบในกระบวนการ	1 in 150,000	≥ 1.50	2
ห่างไกล: ความเสียหายที่ไม่น่าเกิดขึ้นได้ที่เกิดขึ้นได้ และไม่เกิดความเสียหายตลอดไปไม่เหมือนกับที่เคยพบในกระบวนการ	≤ 1 in 1,500,000	≥ 1.67	1

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าของความยากลำบากในการค้นหาความเสียหายก่อนถึงมือลูกค้า (Detection)

การตรวจพบความเสียหาย	เกณฑ์การประเมินค่า Detection	Ranking
เกือบเป็นไม่ได้	ไม่รู้วิธีการควบคุมการตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	10
ห่างไกลสูง	มีความห่างไกลสูงจากการที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	9
ห่างไกล	การตรวจสอบในปัจจุบันน่าจะมีความห่างไกลสูงจากการที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	8
ต่ำมาก	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นน้อยมากที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	7
ต่ำ	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นต่ำที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	6
ปานกลาง	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นปานกลางที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	5
ปานกลางสูง	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นปานกลางสูงที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	4
สูง	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นสูงที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	3
สูงมาก	การตรวจสอบในปัจจุบันมีความน่าจะเป็นสูงมากที่จะตรวจพบรูปแบบความเสียหาย	2
เกือบแน่นอน	การตรวจสอบในปัจจุบันเกือบแน่นนอนว่าจะตรวจพบรูปแบบความเสียหายและมีความน่าเชื่อถือว่ามีสามารถในการตรวจสอบได้สูง	1

2.11 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Automotive Industry Action Group: MSA, 1995)

การวิเคราะห์ระบบการวัดมีวัตถุประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงความผันแปรต่างๆ ได้แก่ความผันแปรจากกระบวนการ ความผันแปรเนื่องจากความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความผันแปรเนื่องจากคุณสมบัติเชิงเส้น แต่อย่างไรก็ตามความผันแปรเนื่องจากพนักงานและความแม่นยำของเครื่องมือวัดจะเป็นแหล่งความผันแปรที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนจากระบบการวัด ดังนั้นการศึกษาระบบการวัดจะต้องเริ่มต้นจากการกำจัดความผันแปรจากสาเหตุความผิดพลาดก่อนด้วยการทำให้กระบวนการวัดเป็นมาตรฐาน จากนั้นให้ลดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบด้วยการสอบเทียบและลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มด้วยการวิเคราะห์ถึงแหล่งความแปรผันก่อนเพื่ออาศัยหลักการด้านวิศวกรรมในการลดและกำจัดความผันแปรให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งโดยปกติแล้วเราจะต้องพยายามทำให้ความผันแปรเชิงระบบจากการวัดมีค่าต่ำกว่าความผันแปรจากระบบการผลิตและให้ความผันแปรโดยรวมของระบบการวัดและกระบวนการผลิตมีค่าต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลมของสเปก

การวิเคราะห์ระบบการวัด กล่าวถึงความสำคัญของระบบการวัดที่มีต่อการประกันคุณภาพ โดยการวัดค่าแต่ละค่าจะประกอบไปด้วย ค่าจริงของงานและผลจากสาเหตุต่างๆได้แก่ ค่า

ไบอัส ค่าความแปรผันจากชิ้นงาน ค่าความแปรผันจากพนักงาน ค่าความแปรผันจากความแปรผันร่วมของชิ้นงานและพนักงานและค่าความแปรผันจากอิทธิพลแบบสุ่ม ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบการวัดจะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าที่วัดได้เพื่อแยกแยะแหล่งความผันแปรออกเป็น ชิ้นงาน (Part to Part Variation; PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation; IV) และแหล่งความผันแปรอื่นๆที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติจะมีแหล่งความผันแปรหลักๆมาจากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation; EV) และยังต้องทำการประเมินเปรียบเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) หรือความผันแปรจากระบบกระบวนการผลิต (Manufacturing Process Variation; MPV) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วต้องพยายามทำให้ความผันแปรจากระบบการวัดน้อยกว่าข้อกำหนดเฉพาะและความผันแปรจากระบบกระบวนการผลิต

2.11.1 การวิเคราะห์ความถูกต้องของระบบการวัด

ค่าวัดจากระบบวัดใดๆจะมีค่าเอนเอียงจากค่าจริงของงาน (μ) เสมอเนื่องจากคุณสมบัติด้านความถูกต้องหรือไบอัส จึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัดด้านความถูกต้อง (Accuracy) โดยจะมุ่งเน้นพิจารณาคุสมบัติ 3 ประการคือ

1. คุณสมบัติด้านไบอัส

ค่าไบอัสหมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของค่าที่ได้จากการวัดจากค่าอ้างอิงหรือมาสเตอร์ (มาสเตอร์หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการวัดซ้ำด้วยเครื่องมือวัดที่มีความแม่นยำสูงกว่าภายได้สภาวะควบคุมหรือห้องปฏิบัติการที่สามารถสอบกลับได้) ค่าไบอัสนี้จะเป็นค่าประเมินคุณสมบัติด้านความถูกต้องของระบบวัด

2. คุณสมบัติด้านการมีเสถียรภาพ

คุณสมบัติด้านการมีเสถียรภาพหมายถึง คุณสมบัติด้านอายุการใช้งานของอุปกรณ์การวัด โดยพิจารณาจากความผันแปรโดยรวมในระบบการวัดที่ได้จากงานวัดมาตรฐานหรือมาสเตอร์หนึ่งตลอดช่วงเวลา เช่น วัน สัปดาห์

3. คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity)

คุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) ของระบบการวัดจะหมายถึงการที่ค่าไบอัสของระบบการวัดจะมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไปตลอดย่านการวัด (Working Range)

ตารางที่ 2.8 ANOVA สำหรับทดสอบความมีนัยสำคัญของตัวแบบเชิงเส้นตรง

แหล่งความผันแปร	ผลรวมกำลังสอง	องศาอิสระ	ความแปรปรวน	F
เส้นถดถอย	$SS_R = \beta_1 S_{XY}$	1	MS_R	MS_R / MS_E
ความคลาดเคลื่อน	$SS_E = SS_{XY} - SS_R$	n – 2	MS_E	
	SS_{XY}	n - 1		

2.11.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

การวิเคราะห์ความแม่นยำจะมุ่งพิจารณาใน 2 ประเด็นหลักคือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานหรืออุปกรณ์หรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่ หากมีการจำแนกช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) โดยที่

รีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) ของระบบการวัดหมายถึงความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกัน พนักงานวัดคนเดียวกันและเครื่องมือชิ้นเดียวกัน โดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (Short Term Measurement)

รีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) ของระบบการวัดหมายถึงค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของการวัดกับงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือวัดเดียวกัน แต่ต่างพนักงาน โดยปกติจะใช้ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (Long Term Measurement)

2.12 การสำรวจงานวิจัยที่เกียวข้อง

ศิริพนธ์ ชัชวาลานนท์ (2542)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียน โดยการนำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการผลิต (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาเป็นเครื่องมือนำไปสู่การระบุปัญหา ผลกระทบที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์หาสาเหตุ วิธีการแก้ไขและกำจัดสาเหตุและแนวทางป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นด้วยโดยได้นำเครื่องมือและเทคนิคอื่นที่เหมาะสมเข้ามาช่วยเพื่อดำเนินการดังกล่าว เช่นการออกแบบการทดลอง การใช้เครื่องมือของ SPC เป็นต้นจากผลการศึกษา พบว่าปริมาณของเสียของแต่ละข้อบกพร่องหลังการปรับปรุงมีค่าลดลง โดยค่าเฉลี่ยร้อยละ 60 – 90

สรียา กสิกพันธ์ (2543)

วิยานิพนธ์ฉบับนี้ ศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิล และหาเงื่อนไขส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำเศษแผ่นพาร์ทิเคิลจากการตัดริมมาเป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นพาร์ทิเคิล โดยอาศัยหลักการของการออกแบบการทดลองเพื่อเพิ่มมูลค่าของเศษแผ่นพาร์ทิเคิลที่เหลือจากการใช้ประโยชน์ โดยแผ่นพาร์ทิเคิลที่ผลิตได้ต้องมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานและเหมาะสมต่อการใช้งาน

จากผลการศึกษา โดยอาศัยผลการทดสอบความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิลตาม มอก. 876-2532 สรุปส่วนผสมที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้ดังนี้คือ เศษแผ่นพาร์ทิเคิล 5% ของไม้ทั้งหมดปริมาณกาว 16% ของเนื้อไม้แห้งและปริมาณการใส 9 % ของเนื้อไม้ซึ่งเมื่อนำสภาวะการทดลองที่ได้ไปทดลองจริงพบว่าได้ผลของค่าความแข็งแรงและความคงขนาดไกล้เคียงกับที่ได้ทำการทดลอง

ทศพล เกียรติเจริญผล (2537)

การวิจัยนี้ได้ใช้หลักการของการออกแบบการทดลองมาเพื่อศึกษาถึง 4 ปัจจัย คือชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักแลกเกอร์ต่อพื้นที่ อุณหภูมิบ่ม เวลาที่ใช้ในการบ่มที่มีผลต่อลักษณะผิวเครือบแลกเกอร์ โดยทำการทดสอบผิวแลกเกอร์ 6 ลักษณะคือการทดสอบความหยุ่น การทดสอบการทนต่อการขีดข่วน การทดสอบการทนต่อการขัดถู การทดสอบการทนต่อการแทรกซึมของไอน้ำ การทดสอบความแข็งแรงในการยึดเกาะ จากการวิจัยพบว่าปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลการทดสอบความยืดหยุ่นและทนทานต่อการขัดถูคือ ชนิดของแลกเกอร์ น้ำหนักของแลกเกอร์ต่อพื้นที่และเวลาที่ใช้ในการบ่มมีผลต่อลักษณะของผิวเครือบ

กฤษฎา อัศวรุ่งแสงกุล (2542)

การวิจัยมีวัตุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวในกระบวนการตัดขั้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ และหาเงื่อนไนหรือวิธีการปรับปรุงที่เหมาะสม งานวิจัยเริ่มจากการพิจารณาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นโดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผล ทำให้สามารถปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย ประกอบด้วยความเร็วในการตัด ความลึกของใบมีด อัตราการป้อนตัด จำนวนครั้งในการลับมีดและทิศทางในการตัด จากนั้นทำการวิเคราะห์และหาสภาวะที่เหมาะสมในการตัด

สุทธิวัฒน์ มหัศฑปกรณ์ (2538)

การศึกษาปัจจัยของกรรมวิธีการเชื่อมแบบ Tig ที่อิทธิพลต่อคุณสมบัติของรอยเชื่อมสำหรับท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติกชนิด SUS 436L โดยการทดลองเชื่อมตามหลักการออกแบบการทดลอง การกำหนดค่าปัจจัยที่ระดับสูงและระดับต่ำลงในเงื่อนไขการทดลองจำนวน 8 เงื่อนไขเพื่อทำการทดลองเชื่อมโดยใช้ค่าของปัจจัยตามที่กำหนดไว้ นำท่อที่ได้จากการทดลองเชื่อมมาทำการทดสอบทางกล วัดค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของตะเข็บเชื่อมและเส้นผ่านศูนย์กลางขยายของชิ้นงานทดสอบการบานท่อ ประกอบกับการดูภาพโครงสร้างทางโลหะบริเวณแนวเชื่อม จากนั้นนำผลการทดลองมาวิเคราะห์พร้อมกับนำค่าของปัจจัยไปทดลองใช้งาน

ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา (2541)

การวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟและเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพแรงดึง จากการวิเคราะห์ปัจจัยต่างในกระบวนการผลิตด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่ามี 4 ปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อค่าแรงดึงและปัจจัยดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงและควบคุมโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายประกอบด้วย อัตราการผสมสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ เวลาในการอบ และชนิดของน้ำหนักกด การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรี่ยล (2^k) ถูกนำมาใช้เพื่อใช้วิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีผลต่อค่าแรงดึงอย่างมีนัยสำคัญ จากผลการทดลองพบว่ามี 3 ปัจจัยเท่านั้นที่มีผลต่อแรงดึงคือ อัตราการผสมสารยึดเหนี่ยว อุณหภูมิในการอบ และเวลาในการอบ การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรี่ยล (3^k) ถูกนำมาใช้อีกครั้งเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการทำงานโดยการเพิ่มระดับของและปัจจัยจากผลการทดลองและวิเคราะห์พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่จะให้ค่าแรงดึงสูงสุดคือ อัตราการผสมสารยึดเหนี่ยว 4:1 อุณหภูมิในการอบ 300 องศาฟาเรนไฮต์ และเวลาในการอบ 16 นาที

สูขชีพ โลพันธ์ศรี (2539)

การวิจัยนี้ศึกษาถึงการใช้มีดกลึงสำเร็จรูปที่เป็นคาร์ไบด์เคลือบผิวและวัสดุเซรามิกในการกลึงชิ้นงานที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทาโดยมีวัตุประสงค์เพื่อ

1.ศึกษาผลกระทบของอัตราการป้อนและความเร็วตัดของมีดกลึงที่มีผลต่อความสึกหรอของใบมีดและความเรียบของผิวของชิ้นงาน

2. ศึกษาอายุการใช้งานที่กำหนดจากความสึกหรอของมีดกลึงและความเรียบของผิวของชิ้นงานเพื่อให้ได้สภาวะเงื่อนไขการตัดที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด

จากการทดลองและวิเคราะห์ผลพบว่าอัตราการป้อนและความเร็วตัดมีผลต่ออายุการใช้งานของมีดกลึงคือเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนและความเร็วตัด ความสึกหรอของมีดกลึงจะเพิ่มมากขึ้นโดยพบว่าอัตราการป้อนใบมีดมีผลกระทบน้อยกว่าความเร็วตัด นอกจากนี้อัตราการป้อนใบมีดยังมีผลต่อความเรียบผิวของชิ้นงานคือเมื่ออัตราการป้อนใบมีดเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ชิ้นงานมีความเรียบผิวลดลง

2.13 บทสรุปท้ายบท

เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) สามารถนำไปใช้ปรับปรุงกระบวนหรือระบบที่เราสนใจ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและหาข้อสรุปว่าปัจจัยนำเข้า (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสนใจในผลิตภัณฑ์ที่ให้ออกมา (Output Response) โดยทั่วไปการออกแบบการทดลองจะถูกใช้เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ลักษณะของกระบวนการเริ่มจากการรวมกันของปัจจัยป้อนเข้า (Input) ประกอบด้วย เครื่องจักร คน วิธีการ วัตถุดิบ และทรัพยากรอื่นๆ ผ่านเข้าไปยังกระบวนการและปัจจัยป้อนเข้าเหล่านั้นจะเปลี่ยนรูปออกมาเป็นผลลัพธ์ (Output)

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ โดยต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับแล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลองผลของปัจจัย A ที่มีผลต่อตัวแปรตาม โดยวัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลองคือการหาตัวแปรอิสระในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองมากที่สุดและเพื่อกำหนดค่าตัวแปรอิสระในกระบวนการผลิตที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองไกล้เคียงกับค่าเป้าหมายที่ต้องการ