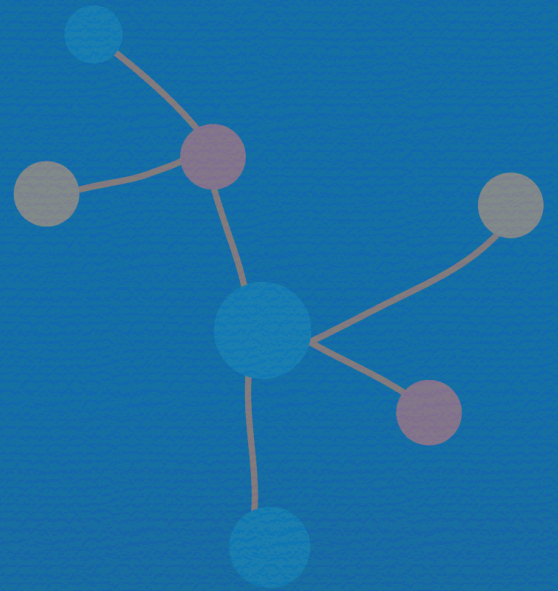




EXPERIMENTAL DESIGN

การออกแบบการทดลอง

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจारी

สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การออกแบบการทดลอง Experimental Design



ดาวน์โหลด

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วัริยจาร์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

การออกแบบการทดลอง เป็นเทคนิคที่ใช้อย่างกว้างขวางกับงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนกระบวนการทางวิศวกรรม ผู้วิจัยจำเป็นต้องทราบและเข้าใจเกี่ยวกับองค์ความรู้เบื้องต้นและเงื่อนไขของการออกแบบการทดลอง ปัจจุบันการออกแบบการทดลองได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญในการวิจัยและพัฒนา เพื่อการสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือ และมีความมั่นใจสูงในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในงานภาคสนาม หรือในสถานการณ์จริง ปัจจุบันอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ใช้งานวิจัยและพัฒนาเป็นฐานข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยี กิจกรรมดังกล่าวจำเป็นต้องใช้การออกแบบการทดลองที่ดี เพื่อการได้มาซึ่งข้อมูลและความเป็นไปได้สูงในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ และผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นมาตรฐานตามข้อกำหนด และความต้องการของผู้บริโภค

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยโครงสร้างของการออกแบบการทดลอง ส่วนประกอบที่จำเป็นต้องทราบในการออกแบบการทดลอง และกระบวนการออกแบบการทดลองเชิงระบบ เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบเทคนิคต่างๆ ในการออกแบบการทดลอง สามารถเลือกการออกแบบให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการปฏิบัติ เพื่อเป้าหมายขององค์ความรู้ที่ต้องการ รูปแบบการออกแบบการทดลองเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยต้องเรียนรู้และนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและการทดลองได้ ทำให้สามารถสรุปผลได้อย่างมีเหตุมีผลมากขึ้น และเป็นที่น่าเชื่อถือ

อย่างไรก็ตามผู้อ่านจะต้องมีพื้นฐานในเรื่องคณิตศาสตร์ แคลคูลัส และการบริหารจัดการ รวมทั้งการออกแบบการทดลองในเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาเป็นอย่างดี เพื่อให้สามารถเข้าใจรูปแบบ และตัวอย่างที่ใช้ประกอบในแต่ละตอนของหนังสือเล่มนี้

ผู้เขียนจึงมีความหวังว่าหนังสือเล่มนี้น่าจะเป็นประโยชน์ทั้งนักศึกษา นักวิจัย และผู้สนใจโดยทั่วไป เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติในการออกแบบการทดลองเชิงระบบต่อไป

ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี
สาขาวิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2565

คำนำ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 ความสำคัญของการออกแบบการทดลอง	1
1.1 การเลือกใช้การออกแบบการทดลอง	2
1.2 ประสิทธิภาพ	3
1.2.1 การทดลอง (experiment)	3
1.2.2 ข้อมูลที่ต้องการ (required information)	3
1.2.3 แหล่งสนับสนุนการทดลอง (resources)	4
บทที่ 2 การจัดการการทดลอง	7
2.1 ส่วนประกอบของการทดลอง	8
2.1.1 ความรู้เบื้องต้น (primary knowledge)	8
2.1.2 ปัจจัยและตัวแปรที่ต้องการศึกษา (studied factors)	9
2.1.3 หน่วยทดลองหรือระบบที่ใช้ในการทดลอง (experimental unit or system)	9
2.1.4 คุณภาพของการตอบสนอง (response quality)	10
2.1.5 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ (aims and objectives)	11
2.2 การรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ	12
2.3 การจัดการการทดลอง	14
2.4 ขั้นตอนการทดลอง	15
บทที่ 3 การวางแผน และบริหารงาน	16
3.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพ	16
3.2 การวางแผนและการบริหารงาน	18
3.2.1 ข้อวินิจฉัยทางสถิติ	18
3.2.2 ความคลาดเคลื่อนในการทดลอง	19
3.2.3 ขนาดของตัวอย่าง	22
3.2.4 การทำซ้ำ	23
3.2.5 ความสม่ำเสมอของหน่วยทดลอง	30
3.2.6 การสุ่ม	30
3.2.7 การออกแบบการทดลอง	34
3.3 การวิเคราะห์อย่างง่าย	38
3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	61
3.4.1 การทดสอบเปรียบเทียบหลายๆ สิ่งทดลอง	62
3.4.1.1 Least Significant Difference [LSD] Test	62
3.4.1.2 Duncan's Multiple Range Test	63
3.4.1.3 Tukey's W-Procedure Test	64
3.4.1.4 Orthogonal Comparison Test	65
3.4.1.5 Rank Sum Multiple Comparison Test	65

3.5 เครื่องมือที่มีประโยชน์บางอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูล	65
3.5.1 ความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย	66
3.5.2 การสร้างกราฟ	70
3.5.3 การปฏิเสธค่าสังเกตที่ไกลออกไป	70
3.5.3.1 The r Ratio test	71
3.5.3.2 Grubbs ratio test	72
3.5.3.3 The u test	74
3.6 การทดสอบโดยใช้ไคสแควร์ (Chi-square; χ^2)	75
3.6.1 การทดสอบการสอดคล้องที่ดีของข้อมูล (test for goodness of fit)	76
3.6.2 การทดสอบความเป็นอิสระ (test for independent)	77
3.6.3 การทดสอบสำหรับสัดส่วน (test for proportion)	84
บทที่ 4 การออกแบบสำหรับการเปรียบเทียบประชากรสองกลุ่ม	88
4.1 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่ามาตรฐาน	88
4.2 การทดสอบสมมติฐานและประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร 2 กลุ่ม	94
4.2.1 การเปรียบเทียบแบบรวมกลุ่ม หรือข้อมูลที่ไม่เป็นคู่ (unpaired data)	94
4.2.2 การเปรียบเทียบแบบจับคู่หน่วยทดลองหรือข้อมูลที่เป็นคู่ (paired data)	94
4.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในการทดลองทางประสาทสัมผัส	99
4.3.1 การออกแบบการเปรียบเทียบคู่ (paired comparison design)	99
4.3.2 การออกแบบเปรียบเทียบกลุ่ม (group Comparison Design)	101
บทที่ 5 การออกแบบสุ่มสมบูรณ์ สุ่มสมบูรณ์ในบล็อก และลาตินสแควร์	109
5.1 การออกแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Random Design; CRD)	111
5.2 การออกแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD)	126
5.3 การออกแบบการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square Design; LSD)	156
บทที่ 6 การออกแบบสุ่มไม่สมบูรณ์ในบล็อก (Incomplete Block Designs)	187
6.1 Balanced incomplete block design	187
6.2 การออกแบบ Incomplete block กับชุดควบคุม	199
บทที่ 7 การออกแบบสลับลำดับ	212
7.1 การใช้การออกแบบสลับลำดับในการทดสอบผู้บริโภคนในสภาวะที่ใช้ในครัวเรือน	212
7.2 การตอบสนองแบบ Rating scale	215
7.3 การตอบสนองแบบสองคำตอบ (binary data)	218
7.4 การวิเคราะห์ของข้อมูลกับผลกระทบจาก Carry-over	220
บทที่ 8 การออกแบบ Factorial Designs สำหรับปัจจัยที่มี 2 ระดับ	223
8.1 การออกแบบการทดลองแบบ Factorial ที่มี 2 ระดับ (the Factorial 2 Level Design; F-2L Design)	224
8.2 การออกแบบ 2^k Factorial designs	231
8.2.1 การออกแบบ 2^2 Factorial design	231
8.2.2 การออกแบบ 2^3 Factorial Design	238
8.2.3 การออกแบบในลักษณะ Confounding	245
8.2.4 การออกแบบ Fractional Factorials ที่มี 2 ระดับ	253

8.3	ครึ่งหนึ่งของการออกแบบ 2^4 Factorial Design	260
8.4	$\frac{1}{2}$ และ $\frac{1}{4}$ ของการออกแบบ 2^k Fractional factorial design	265
8.5	หลักการของ Yates Algorithm	266
8.6	หลักการของ Matrix algebra	273
8.7	การวิเคราะห์กำลังสองน้อยที่สุด (least square analysis)	277
8.8	การประยุกต์การออกแบบ Factorial designs โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	309
บทที่ 9	การออกแบบหลายระดับ (multi-level design)	333
9.1	การออกแบบหลายระดับ	333
9.2	การทำงานของ ANOVA และ กำลังสองน้อยที่สุด	342
9.3	การออกแบบการทดลองที่มี 3 ระดับ	350
9.3.1	การออกแบบ 3^{k-p}	352
9.3.2	การออกแบบที่มากกว่า 3^{k-p}	355
9.3.3	ข้อเสนอแนะในการออกแบบ Fraction ที่มี 3 ระดับ	357
บทที่ 10	การบล็อกใน Factorial Designs และการออกแบบลำดับชั้น (nested designs)	362
10.1	การบล็อกแบบสุ่มและลาตินสแควร์ (Randomized Block and Latin Square)	368
10.1.1	การบล็อกแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Block)	368
10.1.2	ลาตินสแควร์ (Latin Square)	370
10.2	การออกแบบลำดับชั้น (nested designs)	374
10.3	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับการออกแบบ Blocked และ Nested	378
10.3.1	Complete Randomized Block	381
10.3.2	Paired comparison	383
10.3.3	ลาตินสแควร์ (Latin square)	385
10.3.4	การออกแบบลำดับชั้น (nested designs)	387
	เอกสารอ้างอิง	401
	ภาคผนวก	408

EXPERIMENTAL DESIGN

การออกแบบการทดลอง

เป็นหนังสือที่อธิบายกระบวนการออกแบบการทดลองเชิงระบบ ประกอบด้วย โครงสร้าง ส่วนประกอบ และเทคนิคต่างๆ ที่จำเป็นและเหมาะสมในการออกแบบ การทดลอง สามารถนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางกับงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ตลอดจนกระบวนการทางวิศวกรรม เพื่อสร้างและพัฒนาองค์ความรู้ที่น่าเชื่อถือ มีความมั่นใจสูง อีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการสร้างนวัตกรรมองค์ความรู้ใหม่ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

ISBN 978-616-398-788-4



9 786163 987884

1

ความสำคัญของการออกแบบการตลาด

ในระบบอุตสาหกรรม ผลลัพธ์เกือบทุกรายการที่จะนำเข้าสู่ตลาดจำเป็นต้องประเมินความสำเร็จ ซึ่งมีกระบวนการที่ค่อนข้างยาวในการทดสอบ และมีการพัฒนาหรือดัดแปลงเพื่อสอดคล้องกับการออกแบบของผลลัพธ์ ในกรณีนี้อาจจะมีคำถามว่าทำไมจึงไม่สามารถแข่งขันหรือจำหน่ายผลลัพธ์ประเภทหนึ่งได้ ซึ่งจะต้องดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อสืบค้นความจริง และทำไมต้องเปลี่ยนแปลงผลลัพธ์ดังกล่าว เป็นต้น

ปกติการพัฒนาผลลัพธ์เพื่อให้เกิดความสำเร็จอย่างสมบูรณ์นั้นมีความยากเสมอ ซึ่งในทางอุตสาหกรรม ทราบว่าความสำเร็จเป็นสิ่งที่ยากที่สุดในการปฏิบัติ โดยเฉพาะการมีข้อจำกัดเรื่องเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมักอยู่บนพื้นฐานของความต้องการของผู้บริโภคหรือการแข่งขันในตลาดหรือการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีการผลิต เป็นต้น

ลูกค้าหรือผู้บริโภคมีความตระหนักในคุณภาพผลิตภัณฑ์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีต ผลลัพธ์จึงต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา และมีการขยายตัวในระดับที่สูงตามความคาดหวังโดยเฉพาะผลลัพธ์ที่จะต้องเกิดขึ้นในอนาคต ในหลายๆ กรณีเทคโนโลยีและการประดิษฐ์ได้มีความก้าวหน้าอย่างมากและรวดเร็วเมื่อเทียบกับความสามารถของผู้ผลิตที่ยังมีการใช้วิธีการเก่าๆ ในปัจจุบันคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นส่วนหนึ่งของความคาดหวังของผู้บริโภค ในหลายๆ กรณีการวิเคราะห์ และทดสอบผลิตภัณฑ์สามารถให้ข้อมูลที่จำเป็นในการสืบค้นคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือการบริการ

ในการศึกษาทดลองเพื่อค้นหาช่องทางของการทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเป็นสิ่งที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีการประยุกต์ใช้ช่องทางดังกล่าวเพื่อการสืบค้นและค้นหาข้อมูลที่ต้องการเพื่อใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีความสำเร็จได้

การวิจัยและการทดลองได้นำมาใช้เพื่อให้ทราบอิทธิพลเกี่ยวกับความสัมพันธ์อย่างมีเหตุผล ผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรหนึ่งตัวหรือมากกว่าหนึ่งตัวต่อตัวแปรอื่นๆ อย่างน้อยหนึ่งตัวแปร

ข้อสังเกตบางประการของการวิจัยและการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. แนวโน้มที่ส่วนมากได้แสดงเฉพาะความรู้สึกส่วนตัว ความคิดเห็นเฉพาะ ผลของการสำรวจ การวิเคราะห์ เหตุการณ์ ประสบการณ์ แนวโน้มในข้อมูล และความสัมพันธ์อื่นๆ ซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ควรตระหนักและไม่ควรละเลยเสียตั้งแต่แรกเพราะอาจเป็นข้อมูลที่กระตุ้นให้เกิดจุดเริ่มต้นที่เหมาะสมได้ อย่างไรก็ตาม สิ่งต่างๆ ทั้งหมดนี้อาจจะไม่เป็นที่น่าเชื่อถือในขอบเขตที่มีความเฉพาะบางกรณีก็ได้

2. ความรู้สึกส่วนตัวเป็นความรู้สึกที่จัดสำนึกที่ขึ้นอยู่กับอารมณ์รับเหินความปกติของความเป็นจริง ปกติมักจะเป็นความจริงมากกว่าความเชื่อ

3. ความเห็นส่วนตัว เป็นการกำหนดการรับรู้แทนที่จะเป็นความจริง ในขณะที่การค้นคว้าด้วยวิธีการสำรวจ ความมีอคติของผู้สำรวจ และสภาวะการทดลองระหว่างการวิจัยเป็นอย่างไร? เช่นการสำรวจที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ดูเหมือนจะมีความยากในการที่จะกำหนดซ้ำ

4. การสังเกตอย่างมีเหตุผลของเหตุการณ์หรือแนวโน้มในข้อมูลอาจจะทำให้เข้าใจผิดเนื่องจากความสัมพันธ์ที่เกิดโดยบังเอิญ ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับเหตุและผล

ในอุตสาหกรรมพฤติกรรมของตัวแปรเป็นสิ่งที่ซับซ้อน ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผลสามารถกำหนดในลักษณะการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์อย่างน่าเชื่อถือ โดยมักจะเกี่ยวข้องกับการกำหนดแผนให้มีการกระทบกระทั่งหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบของตัวแปรและสังเกตผลที่เกิดขึ้น

เพื่อให้ได้ข้อมูลมากที่สุดบนพื้นฐานของความพยายามน้อยที่สุดนั้นการทดลองจะต้องได้รับออกแบบในเชิงสถิติและทำการวิเคราะห์ ถ้าไม่มีการดำเนินการเช่นดังกล่าวผลการทดลองอาจจะปรากฏว่าเกิดจากตัวแปรภายนอกหรือปฏิกริยาสัมพันธ์ (อิทธิพลร่วม) นอกจากนี้ผลที่แท้จริงอาจจะไม่เป็นที่น่าเชื่อถือเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลองหรือข้อผิดพลาด

1.1 การเลือกใช้การออกแบบการทดลอง

ปัจจุบันนี้ได้มีการตระหนักถึงความจำเป็นในการทดสอบมากขึ้น คำถามที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองที่เลือกใช้จึงเกิดมากขึ้นตามลำดับ การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองในสายงานที่เกี่ยวข้องกับการวัดลักษณะหรือคุณสมบัติของกระบวนการหนึ่งๆ ซึ่งมักจะคำนึงถึงเหตุการณ์ใดๆ ที่ก่อประโยชน์คุ้มค่าในการสังเกตหรือการทดลอง กระบวนการหนึ่งๆในที่นี้อาจจะหมายถึงวิถีทางที่สามารถจะปฏิบัติกับเครื่องจักรในสิ่งแวดล้อมทางอุตสาหกรรม หรือวิถีทางของการปฏิบัติในโลกของการเงินการคลัง เป็นต้น โดยทั่วไปในการใช้การออกแบบการทดลองเป็นการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงในวิถีทางของกระบวนการที่ดำเนินการ และเฝ้ามองหรือตรวจสอบวิถีทางของผลหรือการตอบสนองที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการดังกล่าว

การประยุกต์อื่นๆ ที่ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนแปลงภายในของส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ ในวิธีนี้สามารถเสนอข้อมูลเพื่อแนะนำด้วยเหตุด้วยผลถึงความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้นและทำให้เข้าใจแหล่งของการเกิดความล้มเหลวนั้นๆ ความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ของการปฏิบัติปกติอาจจะได้รับการประเมินโดยการออกแบบการทดลองที่เหมาะสมหนึ่งๆ แทนที่จะใช้สายตาในการบอกความแปรปรวนในข้อมูล โดยกระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการสุ่ม แต่จะใช้วิธีการสืบร่องรอยแหล่งของการเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณซึ่งอาจจะทำให้สามารถควบคุมการแปรปรวนทั้งหมดและปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้รวมทั้งกระบวนการผลิตหรือการบริการ

ในปัจจุบันนี้การประยุกต์ข้างต้นไม่ใช่เป็นการศึกษาส่วนประกอบทั้งหมดในคราวเดียว แต่เป็นเพียงการแสดงให้เห็นหลักการของการใช้งานเท่านั้น ในความเป็นจริงการเชื่อมโยงระหว่างการประยุกต์ดังกล่าวเป็นสิ่งที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเพื่อสามารถใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำด้วยเหตุด้วยผลมากกว่าการพยายามศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับการชักนำด้วยโชคหรือการคาดเดา

การเปลี่ยนแปลงที่ตรงตามความมุ่งหมายเป็นส่วนที่สำคัญของการออกแบบการทดลองประสิทธิภาพ คือ การเกิดมูลค่าเพิ่มที่ได้ใช้การประยุกต์ทางสถิติในการทดลองนั้นๆ

1.2 ประสิทธิภาพ

การทดลองที่ดีจะต้องมีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพในที่นี้หมายถึง การทดลองหนึ่งๆ ที่ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการที่เป็นการลงทุนหรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ซึ่งเป็นนิยามที่ถูกต้องและคาดหวังถึงเทคนิคของการออกแบบการทดลองที่ควรจะได้รับคำแนะนำ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องพิจารณาดังนี้

1.2.1 การทดลอง (experiment)

เมื่อมีการกล่าวถึงการทดลอง (experiment) มักจะแยกความชัดเจนออกจากคำว่าทดสอบ (testing) โดยที่การทดสอบในแต่ละครั้งจะมองถึงปัญหาที่อาจจะอยู่ในสถานะสามารถแก้ไขได้ หรืออาจจะแก้ไขไม่ได้เท่านั้น ซึ่งไม่ได้ตอบคำถามว่าทำไม? ส่วนการทดลอง (experiment) จะมองไกลกว่าการทดสอบ โดยจะเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงข้อมูลอย่างมีเหตุผลสำหรับการตัดสินใจว่าจะปฏิบัติการต่อไปหรือไม่ในสิ่งที่ต้องการทราบนั้นๆ ซึ่งเป็นปัญหาอยู่ในลำดับอนุกรมหนึ่งๆ ของการทดสอบที่กำหนดไว้ ขณะที่การทดสอบเป็นพื้นฐานของความสำเร็จ แต่การทดลองจะเป็นพื้นฐานของการได้รับข้อมูล ปกติในการทดลองมักจะมีคำถามว่าทำไมจึงปรากฏบางสิ่งบางอย่างในปัญหาที่เผชิญอยู่มากกว่าจะถามถึงวิธีการแก้ไขปัญหา เมื่อทราบถึงสาเหตุของการเกิดปัญหาดังกล่าวก็สามารถหาทางในการแก้ไขปัญหานั้นได้

อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยจำนวนมากได้เสียเวลาค่อนข้างมากในการทดสอบมากกว่าการทดลอง และตามด้วยความพยายามที่จะใช้กลไกทางคณิตศาสตร์ (ในรูปแบบของ multiple regression) เพื่อทำการจัดการว่าอะไรควรจะทำก่อนการทดสอบ แต่มักจะถูกกลบฝังจนกว่าความจริงจะปรากฏ ซึ่งการกระทำดังกล่าวเป็นการลดความพยายามและอุตสาหกรรมทางวิทยาศาสตร์ นำไปสู่พื้นฐานที่ไม่ใช้วิทยาศาสตร์ของการได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการรวบรวมสะสม

ทั้งหมดนี้บ่อยครั้งที่ทำให้ผู้วิจัยสูญเสียและนำเสียดายกับความจริงที่หลังจากมีความพยายามในการทำงานหลายปี โดยทำอย่างนั้นนิตอย่างนี้หน่อย และไม่มีมีความก้าวหน้ามากกว่าเดิมจากตอนเริ่มต้น นอกจากเป็นการเสียเวลาแล้วยังทำให้ผู้วิจัยไม่มีการเปลี่ยนแปลงในข้อมูลที่เกิดขึ้นใหม่ที่จะนำไปสู่ความพยายามอุตสาหกรรมต่องานขั้นตอนต่อไปได้

ขณะที่ชุดของการทดลองที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสมอาจจะไม่สามารถให้ผลที่ต้องการอย่างแท้จริงก็ได้ ข้อมูลที่ได้รับจากวิธีการที่กำหนดจะเป็นการขึ้นทิศทางที่ถูกต้องว่าอะไรจะต้องได้รับการกระทำเพื่อความสำเร็จของเป้าหมายที่กำหนด

ลำดับแรกของธุรกิจ คือการพยายามต่อสู้แข่งขันเพื่อความสำเร็จ ซึ่งจะต้องมีการวางแผนที่ดีในการทดลอง และจะไม่เป็นเพียงการทดสอบบางอย่างโดยไม่มีคำตอบหรือเป็นเพียงการทดสอบอย่างไม่ปะติดปะต่อเนื่องกัน การทดลองหนึ่งๆ เป็นการกำหนดโครงสร้างของการทดสอบที่ต่อเนื่องอย่างมีเหตุผล ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในลักษณะภาพรวมทั้งหมดเพื่อให้ได้มาซึ่งความเข้าใจของกระบวนการหนึ่งๆที่ต้องการทราบ

1.2.2 ข้อมูลที่ต้องการ (required information)

ก่อนที่จะวางแผนการทดสอบที่เป็นการนำทางสู่การทดลอง มีความจำเป็นที่ต้องตัดสินใจอย่างรอบคอบต่อสิ่งที่กำลังจะค้นหา ซึ่งอาจจะเป็นงานเล็กๆ น้อยๆ แต่เป็นสิ่งที่สำคัญที่อาจจะทำให้ผู้วิจัยละเลยในสิ่งที่ควรจะได้รับสิ่งกระตุ้นโดยความต้องการความจริงหนึ่งๆ ทำให้ผู้วิจัยได้ทำการรับแรงในการค้นหาในห้องปฏิบัติการเพื่อได้รับผลอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 1.1) ด้วยความรีบร้อนของผู้วิจัยทำให้เกิดความผิดพลาดในการเข้าใจพื้นฐานจากผลที่ได้รับ

ข้อมูลที่มีความจำเป็นจะต้องกำหนดก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองนั้นไม่ใช่ทุกๆ ลักษณะส่วนประกอบในกระบวนการที่อยู่ภายใต้สิ่งที่กำลังศึกษา แต่เพียงเป็นข้อมูลที่ต้องการที่มีความจำเป็นในการตอบคำถามที่ต้องการเท่านั้น ซึ่งสิ่งนี้เป็นทั้งข้อดีและข้อเสีย ในลักษณะที่เป็นข้อดีนั้นเพราะผู้วิจัยมีความจำเป็นเฉพาะที่จะจำแนกส่วนประกอบหรือปัจจัยที่มีมากมายจากปัญหาเฉพาะเพื่อได้รับความเข้าใจที่พอเพียง ในลักษณะที่เป็นข้อเสียนั้นเพราะในหลายๆ ครั้งส่วนประกอบหรือปัจจัยเล็กๆ น้อยๆ เป็นสิ่งยากที่จะกำหนดหรือจดจำ เนื่องจากผู้ทดลองคือมนุษย์ ดังนั้นบ่อยครั้งจะเลือกพารามิเตอร์ที่ง่ายที่สุดหรือมีความแตกต่างที่เด่นชัดมาใช้ในการทดลอง ซึ่งผู้วิจัยอาจจะผิดพลาดในการเลือกพารามิเตอร์หลักที่จะแสดงผลเป็นที่เข้าใจได้อย่างมีเหตุผล แม้ว่าดำเนินการทดลองที่ดีจากแบบแผนที่กำหนดไว้ก็ตาม

รูปแบบของงานดังกล่าวเป็นลักษณะการปฏิบัติงานในอดีต ซึ่งทำให้เทคนิคการออกแบบทางสถิติที่กำหนดมีลักษณะที่ไม่ดี เพราะการทดลองมีความสำเร็จจริง แต่การนำไปปฏิบัติจริงมีความล้มเหลว

ขอบเขตของข้อมูลที่ต้องการนั้นควรพิจารณาในส่วนระหว่างอะไรคือความง่ายที่จะจำแนก และอะไรคือความยากหรือเป็นไปได้ที่จะจำแนก การขยายขอบเขตนี้ต้องมีเงื่อนไขที่ผู้วิจัยต้องมีความรู้ในแผนงานหรือระบบของกระบวนการภายใต้การศึกษานั้นๆ เป็นอย่างดี ผู้เริ่มหัดจะเกิดความผิดพลาดในการกำหนดตามวิธีการนี้ ความเข้าใจธรรมชาติของกระบวนการภายใต้สิ่งที่กำลังศึกษามีความสำคัญยิ่งสำหรับการทดลองที่ดี ในบทที่ 2 จะแสดงวิธีการเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวโดยการจัดการการทดลองเบื้องต้นที่เหมาะสม

1.2.3 แหล่งสนับสนุนการทดลอง (resources)

ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพอีกปัจจัยหนึ่ง ได้แก่ แหล่งของปัจจัยสนับสนุนหรือเสริมการทดลอง เช่น แหล่งเงิน บุคคล สิ่งก่อสร้าง เครื่องมือเครื่องจักรต้นแบบ สารเคมี และเวลาที่ใช้ เป็นต้น ในการทดลองทางด้านอุตสาหกรรมสามารถจัดการแหล่งของวัสดุได้อย่างเพียงพอในการทดลองหนึ่งๆ แต่เวลาที่ใช้ในการทดลองเป็นสิ่งที่ควรคำนึงอย่างมากเนื่องจากเกี่ยวข้องกับต้นทุนและถ้าต้องใช้เวลานานมากไปจะไม่เป็นการดีเลยไม่ว่าจะมีต้นทุนมากน้อยเพียงใด ในการนำเอาการออกแบบทางสถิติมาใช้นั้นว่าจะมีประโยชน์อย่างมากระหว่างสิ่งที่ต้องการจากการทดลองและวิธีที่ได้มาซึ่งข้อมูลในราคาต่ำสุด โดยจะได้แสดงในบทต่อไป ถึงการออกแบบทางสถิติว่าจะแหล่งที่มีประโยชน์อย่างไรในการเพิ่มประสิทธิภาพของการทดลอง

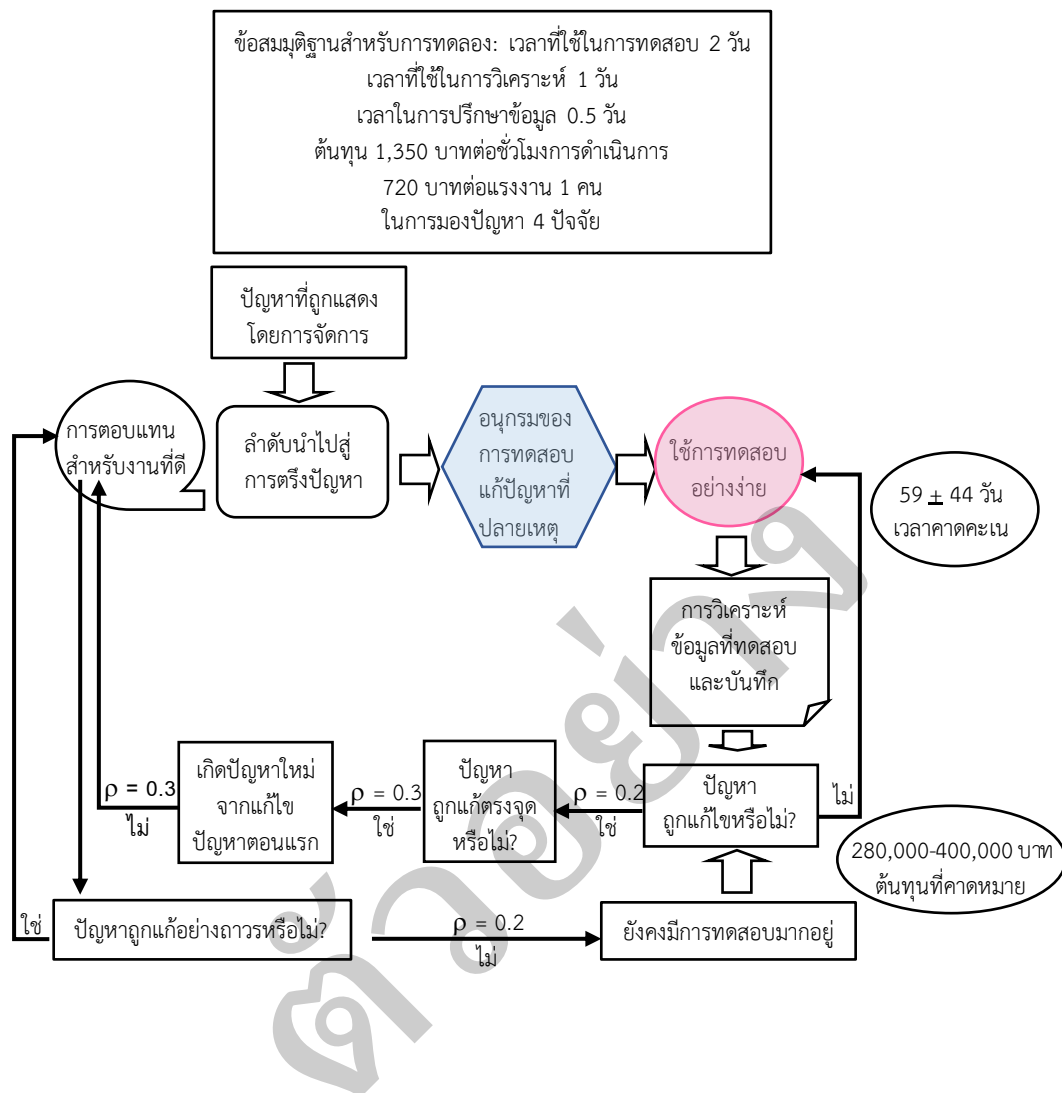
เมื่อมีการตระหนักถึงต้นทุนในการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ ยังต้องคิดถึงวิธีทางสถิติเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการค้นหาข้อมูลอย่างเป็นระบบและมีความเที่ยงตรง การใช้วิธีทางสถิติจะทำให้ได้รับข้อมูลที่ต้องการเพื่อให้งานที่ดำเนินการเป็นไปแบบมีระบบและลักษณะที่ต้องได้รับการควบคุม

ตัวอย่าง

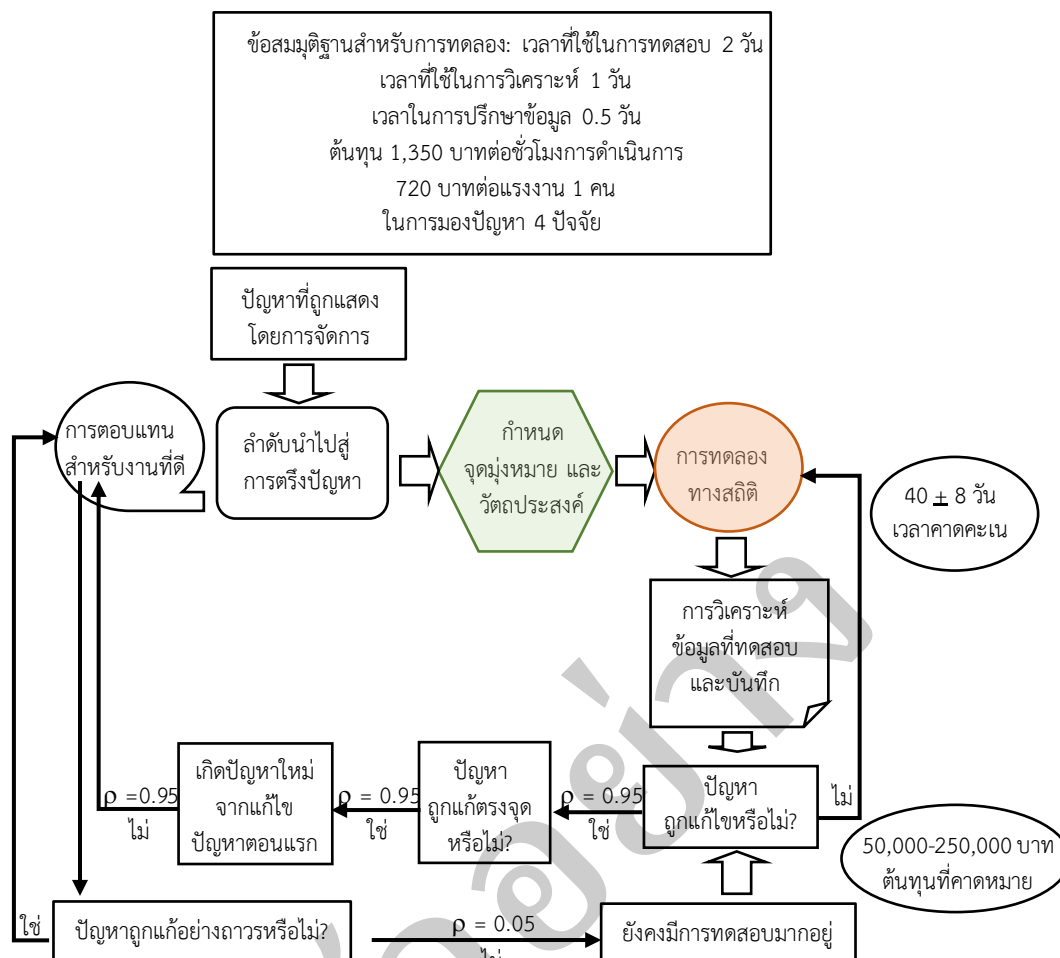
ในการทดลองส่วนใหญ่จะไม่ตระหนักถึงการลงทุนในช่วงเวลาสั้นของการทดลองที่ดีการทดลองหนึ่ง ที่จริงแล้วจะมีผลกระทบในเรื่อง ต้นทุนราคาที่สูงกว่าวิธีการทดลองที่พยายามที่จะตรึงปัญหาหรือคงไว้ซึ่งปัญหา (fix problems) ในภาพที่ 1.1 และ 1.2 เป็นการแสดงเปรียบเทียบระหว่างวิธีการปกติของการทดสอบ (ภาพที่ 1.1) และวิธีการออกแบบการทดลองทางสถิติ (ภาพที่ 1.2) ตัวอย่างเหล่านี้จะแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการประเมินโอกาสของความสำเร็จบนพื้นฐานของประสบการณ์จริง ตัวอย่างทั่วไปนี้แสดงให้เห็นว่ามีการควบคุมที่ดีกว่า และต้นทุนรวมจะต่ำกว่าเมื่อมีการใช้วิธีทางสถิติเพื่อการออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง

ภาพที่ 1.1 โอกาสที่จะพิสูจน์ปัญหามีเพียงร้อยละ 20 โอกาสของการแก้ไขปัญหาก็ถูกต้องมีเพียงร้อยละ 30 รวมทั้งมีความเป็นไปได้สูงที่ปัญหาใหม่จะเกิดขึ้นเนื่องจากผลของการแก้ไขปัญหานั้นในตอนแรก เป็นการใช้เวลาที่มากในการได้มาซึ่งผลงานที่ดีในภาพที่ 1.1 เพราะบางครั้งมีการกลับไปสู่ขั้นตอนเดิมที่ได้ทำการทดลองมาแล้ว ซึ่งเป็นการดำเนินการที่ซ้ำซาก และก็เป็นจริงในทุกวันนี้ และไม่มีเวลามากพอในการดำเนินการเพื่อข้อมูลที่ถูกต้องและต้องการใช้เวลาที่นานเกินไปในการทำงานขึ้นดังกล่าวให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ดังนั้นการดำเนินการดังในภาพที่ 1.1 จึงทำให้เกิดปัญหาย้อนไปย้อนมากกว่าที่จะทำให้ได้ข้อมูลและสรุปผลได้ การกระตุ้นด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ของวิธีการกระโดดข้ามปัญหานี้แสดงให้เห็นว่ามีค่าใช้จ่ายสูงถึง 59 วัน $\pm$ 44 วันเมื่อมีการแก้ปัญหาที่ผิดๆ นี้ในภาพที่ 1.2 เป็นการแสดงถึงความจำเป็นของการใช้การออกแบบทางสถิติในการทดลองเพื่อเป็นวิธีการสังเกตค่าของข้อมูลโอกาสมีค่อนข้างสูงในการแก้ไขปัญหานั้นในตอนแรกๆ โดยทำการทดลองเพียงครั้งเดียวสามารถแก้ไขปัญหานั้นได้ถึงร้อยละ 95 และมักจะเป็นการแก้ไขปัญหานั้นที่ถูกทาง ตลอดจนปัญหายังคงได้รับการแก้ไขโดยปราศจากการเกิดปัญหาใหม่ เนื่องจากการใช้วิธีทางสถิติจะทำให้เห็นภาพรวมของปัญหาไม่ถูกจัดแบ่งเป็นส่วนๆ เวลาที่ใช้ในการทดลองดังกล่าวนี้เพื่อดำเนินการกิจกรรมการทดลองจะลดลงเหลือ 40 วันและความแปรปรวนจะลดลงเหลือเพียง 8 วัน การออกแบบการทดลองหนึ่งๆ จะมีประโยชน์มากกว่าการเป็นเครื่องมือทางวิศวกรรม ซึ่งมีความจำเป็นในส่วนการจัดการของกระบวนการทางวิศวกรรม อย่างไรก็ตาม จะไม่จำกัดความหมายของคำว่า "กระบวนการ" และไม่ควรจำกัด คำว่า "วิศวกรรม" เพื่อเพียงโครงสร้างทางอุตสาหกรรม แนวความคิดของวิศวกรรมสามารถได้รับการขยายความไปถึงกระบวนการต่างๆ ที่มีความจำเป็นในการที่ต้องปรับปรุงเพื่อให้ได้ตรงตามเงื่อนไขของคุณภาพของ

ผู้บริโภคร และในที่สุดจะมีความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กับงานทางเครื่องจักรกลทางวิศวกรรม การธนาคาร การทำเหมือง การบริการทางสายการบิน รวมทั้งวิธีการทางอุตสาหกรรมอื่นๆ



ภาพที่ 1.1 ระบบการแสดงผลภาพ: การค้นหาข้อมูลโดยการกระโดดข้ามการมองถึงปัญหา
ปราศจากการไตร่ตรองอย่างระมัดระวังในสิ่งที่กำลังดำเนินการ
(ดัดแปลงจาก: Barker, 2005)



ภาพที่ 1.2 ระบบการแสดงผลแผนภาพ: การค้นหาข้อมูลโดยการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ

(ดัดแปลงจาก: Barker, 2005)

โจทย์ปัญหา

1. กำหนดปัญหาว่าท่านต้องเผชิญปัญหาอะไรในงานของท่านจากประสบการณ์ หรือประสบการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องที่อาจจะใช้เป็นเงื่อนไขในการทดลอง
2. (ก) ถ้าการทดลองหนึ่งได้รับการดำเนินการต่อปัญหาเช่นในการแสดงในภาพที่ 1.1 วิเคราะห์ให้ดูว่ามีประสิทธิภาพหรือไม่? และ/หรือ
(ข) กำหนดข้อมูลที่ท่านต้องการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาในภาพที่ 1.1 และบอกแหล่งที่ต้องใช้ในการดำเนินการทดลอง และวิเคราะห์ว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดหรือไม่?
3. (ก) จากประสบการณ์ในสายงานของท่าน ให้อยกตัวอย่างในการทดสอบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับงานของท่าน
(ข) นอกจาก (ก) ให้อยกตัวอย่างของการทดลองที่เกี่ยวข้องกับสายงานของท่าน