บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่จะสามารถนำหลักการความรู้และเครื่องมือต่างๆมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง การคัดเลือกปัจจัย หลักการการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง

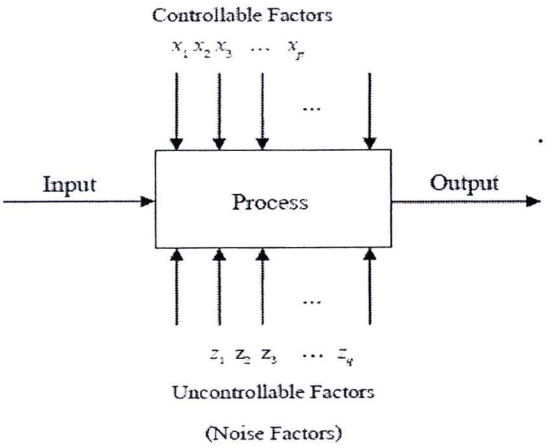
2.1 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

ในการออกแบบการทดลองนั้น จึงจำเป็นต้องทราบ ความหมายและหลักการการออกแบบการทดลอง ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 ความหมายการออกแบบการทดลอง

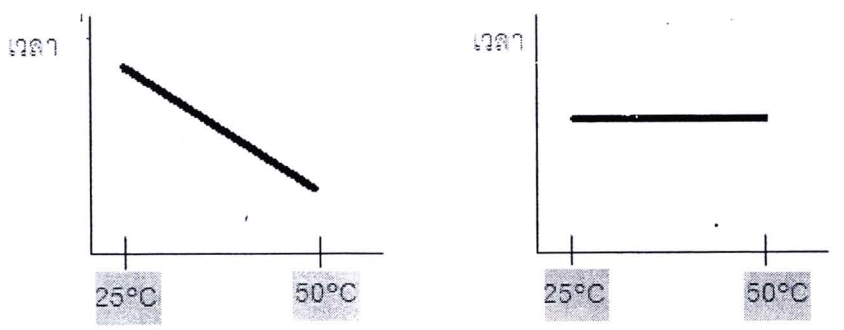
ปัจจัยนำเข้า (Input Factors) เป็นตัวแปรที่สนใจหรือเป็นสาเหตุของที่เกี่ยวข้องต่อกระบวนการ สามารถเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงปริมาณได้ ตัวแปรตอบสนอง (Output Response) ซึ่งเป็นค่าตัวแปรตามที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนำเข้า ซึ่งการออกแบบการทดลองจะเป็นการทดสอบทางสถิติเพื่อแน่ใจว่าปัจจัยนำเข้านั้นๆ ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถหาสภาวะที่เหมาะสมได้ นายวิชาญ (2545) ได้ให้ความหมายของปัจจัยนำเข้าไว้ดังนี้

- ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองในการทดลองและปัจจัยสามารถกำหนดค่าได้ที่สภาวะ ต่างๆในการทดลอง
- ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองในการทดลอง แต่ไม่สามารถกำหนดค่าได้ที่สภาวะ ต่างๆในการทดลอง อันเนื่องมาจาก ขีดความสามารถของเครื่องจักรและเครื่องมือ เช่น ตัวแปรรบกวน ในการทดลองอาจมีบางปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองแต่ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาหรือเป็นปัจจัยที่ซ่อนเร้น หรือถูกละเลยไป เช่น Nuisance Variable สามารถลดผลกระทบดังกล่าวลงไปได้ โดยทำการสุ่มลำดับในการทดลอง



รูปที่ 2.1 รูปแบบระบบการทดลองทั่วไป (Montgomery, 2005)

ในการออกแบบการทดลองนั้น เพื่อวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยนำเข้าที่ศึกษามีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองหรือไม่ โดยทำการปรับค่าปัจจัยนำเข้าอย่างน้อย 2 ระดับ เพื่อทราบถึงผลกระทบที่เปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนอง ตัวอย่างเช่น ในการศึกษาอัตราในการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีปัจจัยนำเข้าที่ศึกษา คือ อุณหภูมิ และตัวแปรตอบสนองที่สนใจ คือเวลาในการทำปฏิกริยาเคมี ในการทดลองปัจจัยอุณภูมิ ทดลองที่สภาวะ 25°C และ 50°C ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจากกราฟรูปแรก เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เวลาในการทำปฏิกริยาเคมีเร็วขึ้น สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินั้นจะมีอิทธิพลต่อเวลาในการทำปฏิกริยาเคมี ด้วยจากกราฟรูปสอง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ เวลาในการทำปฏิกริยาเคมีเท่าเดิม สรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินั้นไม่มีอิทธิพลต่อเวลาในการทำปฏิกริยาเคมี ซึ่งในการออกแบบการทดลองต่างๆ หากมีปัจจัยนำเข้ามากกว่า 1 ปัจจัยสามารถทำการวิเคราะห์ทางสถิติได้



รูปที่ 2.2 ปัจจัยนำเข้าที่มีอิทธิพลและไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง

2.1.2 **หลักการที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง** (Montgomery, 2005)

การทำซ้ำ (Replication) ในการทำการทดลองแต่ละครั้ง อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการทดลองได้ เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องการทำซ้ำเพื่อทำให้สามารถประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลองได้ และข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำถูกต้องมากขึ้น

การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การสุ่มลำดับของการทดลอง ซึ่งจะเป็นการกระจายโอกาสที่จะได้รับความผันแปรจากปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การทดสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลเวลาในการทำปฏิกริยาเคมี เช่นความเที่ยงตรงในการจับเวลาของผู้ทดลอง ทดลองด้วยโอกาสเท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)
2) การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)
3) การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)

การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มการทดลองเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เช่น พนักงานไม่สามารถทำการทดลองแต่ละสภาวะในวันเดียวกันได้ อาจจะทำให้ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ เช่น ความชื้น ในแต่ละการทดลองไม่เท่ากัน เพื่อให้การทดลองนั้นมีความเที่ยงตรงมากขึ้น

2.1.3 **ขั้นตอนในการออกแบบการทดลอง**

สรียา (2543) ได้สรุปลำดับขั้นตอนในการออกแบบการทดลองไว้ดังนี้

1) การระบุปัญหา (Recognition of and Statement of the problem)

ในการที่จะบรรลุถึงวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนั้นๆ จำเป็นที่จะต้องทราบปัญหาที่แท้จริงก่อน จึงจะสามารถดำเนินการเพื่อหาสาเหตุ และแก้ไขปัญหาให้ตรงจุดได้

2) การเลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต (Choice of Factors and Levels)

เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีมาประยุกต์หรือจากประสบการณ์ ที่นำมาช่วยในการระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้อง กำหนดระดับปัจจัย และขอบเขต ในหลักการได้กล่าวว่าหากต้องการคัดกรองปัจจัยในเบื้องต้น การกำหนดระดับปัจจัยนั้นควรมีขอบเขตที่กว้างและจำนวนช่วงน้อย เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง จากนั้นเมื่อต้องการหาค่าที่ดีที่สุด จึงค่อยกำหนดขอบเขตให้แคบลงได้ แบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้

2.1) แบบกำหนดตายตัว (Fixed levels) กำหนดค่าระดับปัจจัยได้แน่นอน

2.2) แบบสุ่ม (Random levels) ไม่สามารถกำหนดค่าระดับปัจจัยได้แน่นอน

2.3) แบบผสม (Mixed levels) การผสมระดับปัจจัยระหว่างแบบกำหนดตายตัวและแบบสุ่ม

3) เลือกตัวแปรตอบสนอง (Choice of Response Variable)

ตัวแปรตอบสนอง คือค่าตัวแปรตามที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยนำเข้า โดยในการวัดค่าตัวแปรตอบสนองจะเป็นค่าเฉลี่ยหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในการทดลองหนึ่งจะมีมากกว่า 1 ตัวแปรตอบสนองได้ ซึ่งในการวิจัยควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) แสดงความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัดด้วย

4) เลือกการออกแบบการทดลอง (Choice of Experimental Design)

เลือกลักษณะการออกแบบการทดลองให้เหมาะสม โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์งานวิจัยเป็นหลัก จำนวนปัจจัยนำเข้า ข้อจำกัดต่างๆ เช่น เวลา ต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการทำการทดลอง สำหรับการเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการกำหนดจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้ การทำซ้ำ (Replication) การสุ่มลำดับ (Randomization) และการบล็อก (Blocking)

5) ดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment)

ดำเนินการทดลองตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ให้ถูกต้อง หากเกิดความผิดพลาด ผลการทดลอง และการวิเคราะห์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องได้

6) การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of data)

การนำเอาหลักการทางสถิติมาวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้ผลมีความน่าเชื่อถือ จากนั้นพิจารณาว่าผลการวิเคราะห์สามารถบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ ซึ่งในปัจจุบันมีโปรแกรมซอฟต์แวร์ (Software) ทางสถิติมากมาย เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และตีความจากข้อมูลการทดลอง

7) สรุปผลการทดลองและเสนอแนะ (Conclusions and Recommendations)

สรุปผลการทดลอง ซึ่งอาจแสดงในรูปของกราฟ ตาราง แผนภูมิ นอกจากนี้ควรจะมีการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองที่ได้ทำมา และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น

2.2 การเลือกการออกแบบการทดลอง

Montgomery (2005) ได้กล่าวไว้ว่าแผนการออกแบบการทดลองสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.2.1 แผนการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยเดียว (Single Factor Design)

เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียว เพื่อทดสอบว่าระดับของปัจจัยต่างๆ มีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือไม่ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ

1) การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) จัดเป็นแผนการทดลองและการวิเคราะห์ผลที่ง่ายที่สุด เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียว แต่จะทำการเปรียบเทียบระหว่างระดับของปัจจัยเดียว ไม่มีสาเหตุจากปัจจัยอื่นๆ มีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้แต่ส่งผลกระทบน้อย และไม่มีปัจจัยรบกวน (Nuisance Factor) เพื่อให้แผนการมีประสิทธิภาพ การทดลองควรจะใช้หลักการทำแบบสุ่มและการทำซ้ำ แต่ไม่สามารถวิเคราะห์อิทธิพลร่วม (Interaction Effect)

2) การทดลองบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Block Design : CRB) เป็นการทดลองที่มีปัจจัยเดียว ในบางการทดลองซึ่งอาจประสบปัญหาหน่วยทดลองไม่มีความสม่ำเสมอ หรือ บางครั้งปัจจัยรบกวนนั้นไม่ทราบและไม่สามารถควบคุมได้อยู่ในการทดลองซึ่งมีผลกระทบต่อค่าตัวแปรตอบสนอง อาจทำให้ในการวิเคราะห์ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนสูง จึงใช้วิธีการบล็อก (Blocking) ในการกำจัดผลของปัจจัยรบกวนออกได้ เพื่อให้แน่ใจว่าผลการทดลองมาจากปัจจัยที่ศึกษาเท่านั้น

2.2.2 แผนกาออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design)

การทดลองเชิงแฟคทอเรียลเป็นการทดลองที่มีปัจจัยที่มีหลายปัจจัย โดยในการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งอิทธิพลหลัก (Main Effect) คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าระดับปัจจัยที่ส่งผลตัวแปรสนองจากปัจจัยด้วยตัวมันเอง และอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) คือ ผลจากการเปลี่ยนแปลงค่าระดับปัจจัยหนึ่งจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอีกปัจจัยหนึ่งด้วย ความแปรปรวนในการทดลองประกอบด้วย ความแปรปรวนจากอิทธิพลหลัก ความแปรปรวนเนื่องจากอิทธิพลร่วม และความแปรปรวนเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของการทดลอง รูปแบบทั่วไปของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลมีดังนี้

1) การออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียลปัจจัยที่ใช้ทดลองมีจำนวนทั้งหมด k ปัจจัยแต่ละปัจจัยกำหนดระดับปัจจัย 2 ระดับ
ตัวอย่างเช่น ในการทดลองมี 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมีการเปลี่ยนแปลงระดับ

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง 2^k แฟคทอเรียล

ปัจจัย	ระดับปัจจัย	
	ระดับต่ำ	ระดับสูง
อุณหภูมิ	25 องศา	50 องศา
เวลา	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง

ในการทดลองนี้จะต้องมีจำนวนรอบการทดลอง

Run = 2^2 = 2x2 = 4 ครั้ง

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างจำนวนรอบการทดลอง 2^k แฟคทอเรียล

Run	อุณหภูมิ	เวลา
1	25 องศา	1 ชั่วโมง
2	25 องศา	2 ชั่วโมง
3	50 องศา	1 ชั่วโมง
4	50 องศา	2 ชั่วโมง

2) การออกแบบการทดลองแบบ 3^k แฟคทอเรียลปัจจัยที่ใช้ทดลองมีจำนวนทั้งหมด k ปัจจัยแต่ละปัจจัยกำหนดระดับปัจจัย 3 ระดับ

ตัวอย่างเช่น ในการทดลองมี 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมีการเปลี่ยนแปลงระดับ

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่าง 3^k แฟคทอเรียล

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		
	ระดับต่ำ	ระดับกลาง	ระดับสูง
อุณหภูมิ	20 องศา	50 องศา	80 องศา
เวลา	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง

ในการทดลองนี้จะต้องมีจำนวนรอบการทดลอง

Run = 3^2 = 3x3 = 9 ครั้ง

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างจำนวนรอบการทดลอง 3^k แฟคทอเรียล

Run	อุณหภูมิ	เวลา
1	20 องศา	1 ชั่วโมง
2	20 องศา	2 ชั่วโมง
3	20 องศา	3 ชั่วโมง
4	50 องศา	1 ชั่วโมง
5	50 องศา	2 ชั่วโมง
6	50 องศา	3 ชั่วโมง
7	80 องศา	1 ชั่วโมง
8	80 องศา	2 ชั่วโมง
9	80 องศา	3 ชั่วโมง

ข้อดีของ Full factorial design

1. ไม่มีการเกิด Alias
2. สามารถวิเคราะห์ Main factor และ Interaction ได้ทั้งหมด

ข้อด้อยของ Full factorial design

1. ต้องทำการทดลองให้ครบทุก Run ทำให้ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรมาก ใช้เวลาในการทำการทดลองมาก
2. เมื่อจำนวน Run มากๆ อาจจะประสบปัญหาในการป้องกันความคลาดเคลื่อนของการปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยใดๆได้

2.2.3 การออกแบบการทดลองโดยเทคนิคทากุชิ (Taguchi Method)

Ross Phillip (1988) ได้กล่าวไว้ว่าวิศวะกรชาวญี่ปุ่นที่ชื่อว่า Dr. Genichi Taguchi มีแนวความคิดแบบใหม่ในการปรับปรุงคุณภาพ และได้กำหนดความหมายของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ คือ ความสูญเสียทั้งหมดที่เกิดแก่สังคมเกิดขึ้นนับจากเวลาที่ผลิตภัณฑ์นั้นถูกส่งออกสู่ท้องตลาด ดังนั้นทากูชิจึงได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อลดความผันแปรที่เกิดขึ้น และให้ค่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดเพื่อให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจ ขณะเดียวกันการออกแบบกระบวนการผลิตก็เพื่อให้คุณลักษณะให้มีความไวกับปัจจัยรบกวนน้อยที่สุด หรือที่เรียกว่า การออกแบบอย่างแข็งแรง (Robust Design) การ

ออกแบบการทดลองของ Taguchi จะอาศัยเทคนิคที่ประกอบด้วย orthogonal array และ linear graph การปรับปรุงคุณภาพของหลักการทากุชิ คือ

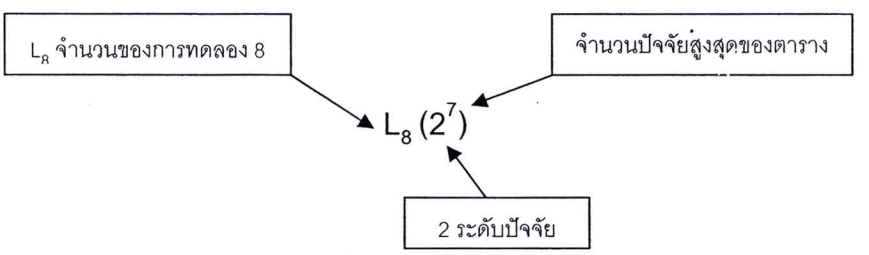
(1) กระบวนการผลิต ชิ้นงานถูกออกแบบไม่ให้อ่อนไหวต่อความผันแปรสิ่งรบกวนภายนอก

(2) วิธีการออกแบบการทดลองเป็นเครื่องมือ ทางวิศวกรรมที่ช่วยให้ได้ตามวัตถุประสงค์

(3) ชิ้นงานได้ค่าตามเป้าหมายเป็นสิ่งที่สำคัญ

2.2.3.1 **ออทอกอนอล อะเรย์** (Orthogonal Array)

ในบางการทดลองพบว่ามีปัจจัยที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนมาก เช่นปัจจัยนำเข้าจำนวนมาก ซึ่งปัจจัยทั้งหมดมีความสำคัญเท่ากัน ไม่สามารถตัดปัจจัยใดออกไปได้ ซึ่งในการทดลองแบบแฟคทอเรียลอาจจะเกิดจำนวนในการทดลองมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในการทดลองสูง ระยะเวลาในการทดลองมากเกินไป ดังนั้นทากุชิ จึงได้พัฒนาตระกูลเมตริกซ์ของ factional factorial design มาใช้ในสถานการณ์ที่มีจำนวนปัจจัยมาก โดยใช้เมตริกซ์ "Orthogonal Array" สัญลักษณ์แทนด้วย $L_a(b)^c$ (โดยที่สัญลักษณ์ a คือจำนวนการทดลองที่ต้องการ สัญลักษณ์ b คือ ระดับของปัจจัย และ สัญลักษณ์ c คือ จำนวนปัจจัยที่สนใจมากที่สุด ตัวอย่างเช่น $L_8(2)^7$ หมายถึงว่าจำนวนการทดลองที่ต้องทำคือ 8 การทดลองด้วยจำนวน ปัจจัยที่เราสนใจมากที่สุดเท่ากับ 7 ปัจจัย แต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความหมายของสัญลักษณ์ตารางออทอกอนอล อะเรย์ (Ross Phillip,1988)

ออทอกอนอลอะเรย์ $L_8(2)^7$ ที่มีจำนวนการทดลอง8 การทดลองโดยมีเมตริกซ์ของแต่ละปัจจัยดังตารางที่2.5 (สัญลักษณ์ + แทนระดับสูงและ – แทนระดับต่ำ)

ตารางที่ 2.5 เมตริกซ์ออทอกอนอลอะเรย์ $L_8(2)^7$

Trill no.	Column no.						
	1	2	3	4	5	6	7
1	+	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	-	-	-	-
3	+	-	-	+	+	-	-
4	+	-	-	-	-	+	+
5	-	+	-	+	-	+	-
6	-	+	-	-	+	-	+
7	-	-	+	+	-	-	+
8	-	-	+	-	+	+	-

ออทอกอนอล อะเรย์ เป็นตารางมาตรฐานที่ใช้ในการลดจำนวนการทดลอง การนำออทอกอนอลอะเรย์ มาตรฐานไปใช้งานขึ้นอยู่กับระดับปัจจัย และจำนวนปัจจัยในการทดลอง ซึ่งจะได้จำนวนการทดลองตามมาตรฐานของออทอกอนอลอะเรย์ การใช้ตารางออทอกอนอล อะเรย์ มีข้อดีคือ ทำให้สามารถลดการทดลองให้น้อยลง ทำให้ลดเวลาและต้นทุนในการทดลองได้อย่างมาก ตารางมาตรฐานออทอกอนอล อะเรย์ แบ่งตามระดับของปัจจัยได้ 3 กลุ่ม ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.6 ตารางมาตรฐานออทอกอนอล อะเรย์ (Ross Phillip, 1988)

ระดับปัจจัย	**ตารางมาตรฐานออทอกอนอล อะเรย์**
2 ระดับ	$L_4(2^3)$, $L_8(2^7)$, $L_{12}(2^{11})$, $L_{16}(2^{15})$, $L_{432}(2^{31})$, $L_{64}(2^{63})$
3 ระดับ	$L_9(3^4)$, $L_{27}(3^{13})$, $L_{81}(3^{40})$
5 ระดับ	$L_{25}(5^{56})$

การออกแบบการทดลองโดยเทคนิคทากูชิ ให้ได้ผลการทดลอง ที่เชื่อถือได้ทางสถิติ ได้ใช้ออทอกอนอล อะเรย์ เป็นตารางมาตรฐาน ข้อดีคือ ลดเวลา และจำนวนครั้งของการทดลองลง ซึ่งเหมาะกับงานวิจัยที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลาในการทดลอง และประหยัดวัตถุดิบ เมื่อเทียบการการออกแบบการทดลองอื่นๆ จากตารางที่ 2.6 เป็นการเปรียบเทียบจำนวนการทดลองระหว่างวิธี 2^k Factorial และทากูชิ จะเห็นว่าในกรณีที่ต้องการศึกษาปัจจัยที่มีจำนวนมาก แต่ละปัจจัยมีความสำคัญเท่ากัน ไม่สามารถตัดออกไปได้ ในการคัดกรองเบื้องต้นสามารถใช้การออกแบบการทดลองเทคนิคทากูชิมามาประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งจะลดจำนวนการทดลองลงได้มาก จากนั้นจึงวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อไป

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบจำนวนการทดลองระหว่างวิธี 2^k Factorial และทากูชิ

จำนวน	ระดับปัจจัย	2^k Factorial	ทากูชิ
3 ปัจจัย	2	8 การทดลอง	4 การทดลอง
7 ปัจจัย	2	128 การทดลอง	8 การทดลอง
11 ปัจจัย	2	2048 การทดลอง	12 การทดลอง
4 ปัจจัย	3	81 การทดลอง	9 การทดลอง
13 ปัจจัย	3	1,594,323 การทดลอง	27 การทดลอง

2.2.3.2 **การวิเคราะห์ผลการทดลองทากุชิ**

กิตติกร และ เลอศักดิ์ (2546) ได้กล่าวว่าการออกแบบพารามิเตอร์จะเป็นกรรมวิธีในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์และพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ใช้ดำเนินการผลิตโดยให้มีความไวน้อยที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมและปัจจัยรบกวนต่าง ๆ ผู้ออกแบบจะต้องมีความเข้าใจในหลักการออกแบบการทดลองเชิงสถิติ โดย Ross Phillip (1988) ได้กล่าวไว้ว่า Taguchi ได้เสนอวิธีการออกแบบการทดลองโดยใช้ค่า signal-to-noise ratioใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อค่าตอบสนองและความผันแปรต่อกระบวนการผลิต Taguchi ได้สร้างการแปรรูปของ repetition data ไปในรูปแบบอื่นซึ่งวัดในรูปของเปอร์เซ็นต์ความผันแปร ที่เรียกว่า S/N Ratio สัดส่วนลงในค่าเพียงค่าเดียวไว้แสดงเปอร์เซนต์ความผันแปรในกระบวนการผลิต Taguchi ได้พัฒนา S/N ratio ไว้หลาย ๆ แบบขึ้นกับคุณลักษณะทางวิเคราะห์ผลการทดลองของ Taguchi จะอาศัย

ตัววัดที่เรียกว่า Signal to Noise (S/N) คุณลักษณะของชิ้นงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กรณี ดังต่อไปนี้

(1) กรณีค่ายิ่งมากยิ่งดี (Larger-the-Better)

กล่าวคือ จุดประสงค์ในการทดลอง ต้องการให้ค่าตัวแปรตอบสนองมีค่ามากที่สุด เช่น ค่าความแข็งของเหล็กที่ผลิต ยิ่งมีค่ามาก คุณภาพยิ่งสูง การคำนวณ Signal to Noise (S/N) ดังสมการที่ (1)

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2} \right) \quad \text{สมการที่ (1)}$$

(2) กรณีค่ายิ่งน้อยยิ่งดี (Smaller-the-Better)

กล่าวคือ จุดประสงค์ในการทดลอง ต้องการให้ค่าตัวแปรตอบสนองมีค่าน้อยที่สุด เช่น ค่าความชื้นของกระดาษที่ผลิต ยิ่งมีค่าน้อย คุณภาพยิ่งสูง การคำนวณ Signal to Noise (S/N) ดังสมการที่ (2)

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i^2 \right) \quad \text{สมการที่ (2)}$$

(3) กรณีค่าตรงตามเป้าหมายดีที่สุด (Target the Best)

กล่าวคือ จุดประสงค์ในการทดลอง ต้องการให้ค่าตัวแปรตอบสนองมีใกล้เคียงเป้าหมายที่กำหนดไว้มากที่สุด เช่น ค่าความหนาของเหล็กที่ผลิต ยิ่งมีค่าใกล้เคียงเป้าหมาย คุณภาพยิ่งสูง การคำนวณ Signal to Noise (S/N) ดังสมการที่ (3) และสมการที่ (4)

- กรณีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นอิสระต่อกัน

$$\frac{S}{N} = 10 \log(S^2) \quad \text{สมการที่ (3)}$$

- กรณีค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เป็นอิสระต่อกัน

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\bar{Y}^2}{S^2} \quad \text{สมการที่ (4)}$$

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คือ

(ค่าเฉลี่ย/ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) = ค่าคงที่

โดยที่ Y คือ ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ และ S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3 หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองจำเป็นต้องตรวจสอบความถูกต้องเพื่อให้แน่ใจก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ และการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square)

นายวิชาญ (2545) ได้กล่าวว่า การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) แสดงถึงความเหมาะสมของการออกแบบการทดลองนั้น ซึ่งในการทดลองทุกครั้ง จะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้หรือ ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีจะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้น้อยที่สุด

การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) = $\frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}} \times 100\%$

ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square) ต่ำ สามารถแก้ไขโดย

1) การเพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลองให้มากขึ้น
2) ตรวจหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องอีกครั้ง ซึ่งอาจจะมีปัจจัยซ่อนเร้นที่มีผลต่อปัจจัยตอบสนองที่ละเลยไป แล้วจึงออกแบบการทดลองใหม่
3) ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square) ยังต่ำอยู่ แสดงว่า ผลจากปัจจัยรบกวน (Noise factor) มีมากจึงควรทำการบล็อกเพื่อลดผลปัจจัยรบกวนให้น้อยที่สุด

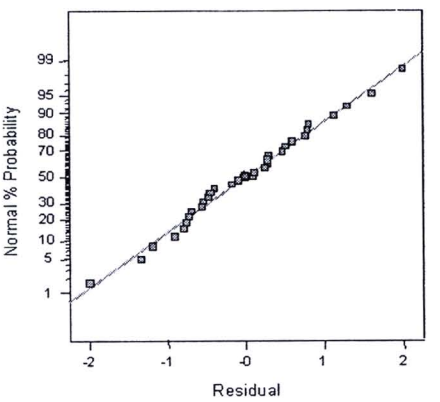
2.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

การตรวจสอบความเพียงพอของแบบจำลอง เป็นวิธีการตรวจสอบที่ทำให้ทราบว่าข้อมูลจากการทดสอบถูกต้องและเพียงพอหรือไม่ เพื่อนำไปวิเคราะห์และสรุปผลต่อไป Montgomery (2005) ซึ่งการตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอนดังนี้

2.3.2.1 การตรวจสอบการกระจายเป็นแบบการแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่ มักจะตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ให้ตัวแปรตอบสนองมีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal distribution) ใช้การวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) เพื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อน (ε) มีการกระจายแบบปกติหรือไม่ คือมีการแจกแจงแบบ $\varepsilon_{ij} \sim N(0,\sigma^2)$ และการสร้าง Normal Probability Plot ของส่วนตกค้าง หากการแจกแจงของความผิดพลาดนั้นเป็นแบบปกติ

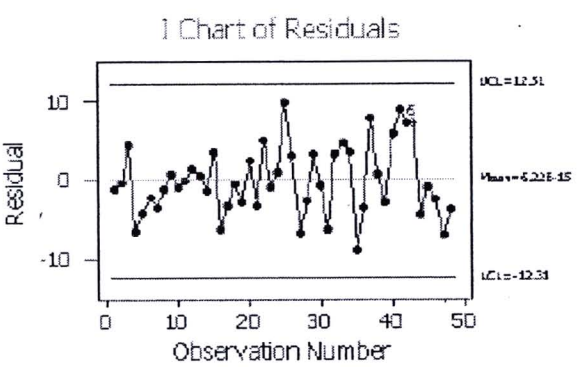
ลักษณะกราฟจะเป็นเส้นตรง โดยในงานวิจัยจะใช้หลักการทดสอบแบบ Anderson-Darling และพิจารณาจากค่า P-Value เป็นหลัก ถ้าหาก P-Value มากกว่าค่านัยสำคัญ (α= 0.05) ที่กำหนดไว้ แสดงว่า ε_{ij} มีการกระจายเป็นแบบแจกแจงปกติ จำนวนข้อมูลทดลองเพียงพอที่จะนำไปวิเคราะห์และสรุปผล แต่ถ้า P-Value น้อยกว่าค่านัยสำคัญ (α) ที่กำหนดไว้นั้นแสดงว่า ε_{ij} มีการกระจายไม่เป็นแบบแจกแจงปกติ ซึ่งหมายถึงจำนวนข้อมูลไม่เพียงพอที่จะสรุปผลดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การตรวจสอบการแจกแจงปกติของค่าส่วนตกค้าง

2.3.2.2 **การตรวจสอบความเป็นอิสระ** (Independent)

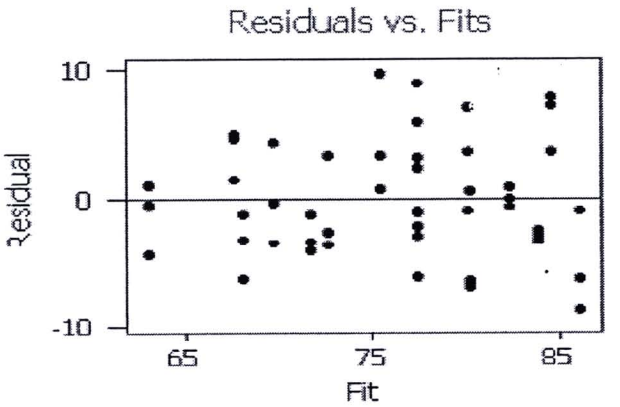
ในการตรวจสอบความเป็นอิสระของข้อมูลทำได้โดยการพล็อตส่วนตกค้างกับลำดับเวลาในการทดลอง โดยใช้แผนภูมิกระจาย (ScatterPlot) ของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) โดยเขียนจุดของค่าความคลาดเคลื่อนเรียงตามลำดับของการเก็บข้อมูลการทำการทดลองแบบสุ่ม (Randomization) ข้อมูลจะมีลักษณะการประจายเป็นอิสระแล้วพิจารณาลักษณะการกระจายของจุดบนแผนภูมิว่าเป็นรูปแบบอิสระกระจายตัวรอบ ๆ ค่าศูนย์หรือไม่ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การตรวจความเป็นอิสระของข้อมูล

2.3.2.3**การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน** (Variance Stability)

โดยใช้แผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) กับค่าฟิต (Fit) หรือค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นรูปแบบเฉพาะ (Pattern) ไม่มีลักษณะการเพิ่มขึ้นหรือลดลงแบบเป็นแนวโน้มของความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวนดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การตรวจความเสถียรภาพของความแปรปรวน

2.4 ความสามารถของกระบวนการเชิงสถิติ

การทดสอบคุณภาพกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์นั้น สามารถดูได้จากค่าดัชนีชี้วัดที่ได้จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยความหมายและการคำนวณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

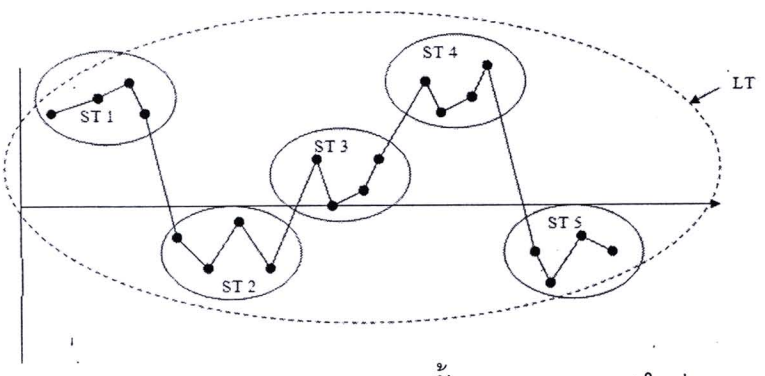
2.4.1 ความหมายและขอบเขตความสามารถของกระบวนการเชิงสถิติ

ลำปาง (2549) ได้ให้ความหมายและขอบเขตความสามารถของกระบวนการเชิงสถิติไว้ว่า ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ต้องมีตัวแปรที่เป็นตัวแทนสำหรับวัดค่าซึ่งตัวแปรดังกล่าวต้องถูกควบคุมโดยผ่านขั้นตอนการออกแบบการทดลอง เพื่อนำมาทดสอบทางสถิติให้ค่าดังกล่าวอยู่ในช่วงมาตรฐานเพื่อแน่ใจว่าผลิตภัณฑ์มีคุณภาพมากพอและกำหนดค่าที่ควบคุมให้อยู่ในช่วงระหว่างขอบเขตข้อกำหนดบน (Upper Specification Limited :USL) และ ขอบเขตข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limited :LSL) หากค่าที่ควบคุมของผลิตภัณฑ์อยู่นอกขอบเขตดังกล่าวถือว่าไม่มีคุณภาพ

2.4.2 ดัชนีความสามารถของกระบวนการ

ลำปาง (2549) ได้กล่าวว่า การศึกษาความสามารถของกระบวนการคือการศึกษาความผันแปรที่เกิดขึ้นในการบวนการผลิตที่ส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งดัชนีความสามารถกระบวนการ (Process Capability Index : C_p) ได้จากการเปรียบเทียบสัดส่วนนของความกว้างของขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง กับ 6 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ ซึ่งข้อมูลที่วิเคราะห์มีการแจกแจงแบบปกติ

การศึกษาดัชนีความสามารถของกระบวนการทั้งในระยะสั้นและระยะเวลายาว มีความแตกต่างกันคือ การศึกษาระยะสั้น คือการศึกษาที่รวบรวมข้อมูลระยะสั้น เพื่อพอที่จะกำจัดความผันแปรที่ผิดธรรมชาติออกไปเท่านั้น อาจใช่ข้อมูล 30-50 ตัวอย่าง เท่านั้น ความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นอาจไม่แสดงความผันแปรที่แตกต่างกันออกมาให้เห็น แต่เมื่อศึกษาในระยะยาว แล้ว อาจเกิดความผันแปร ขนาดใหญ่มากได้ ใช้ข้อมูล 100-200 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งดัชนีความสามารถของกระบวนการระยะสั้นใช้ค่าเฉลี่ยของความผันแปรภายในกลุ่มตัวอย่าง(within-group variation) ส่วน ดัชนีความสามารถของกระบวนการระยะยาว ใช้ค่าความผันแปรทั้งหมดของข้อมูล (overall variation)



รูปที่ 2.7 ความสามารถของกระบวนการระยะสั้นและระยะยาว (ลำปาง แสงจันทร์, 2549)

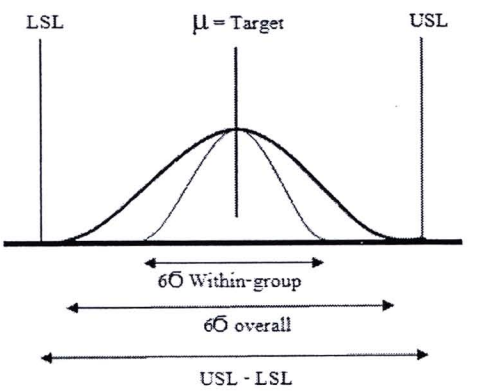
2.4.2.1 ประเภทของดัชนีความสามารถของกระบวนการ

การศึกษาว่า กระบวนการมีความสามารถตามตามขอบเขตของข้อกำหนด โดยให้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดเฉพาะ จะใช้ตัวชี้วัดคือค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพ (Potential Capability) แบ่งออกได้ดังนี้

- ดัชนี C_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะสั้น
- ดัชนี P_p = ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะยาว
- ดัชนี CR = อัตราส่วนความสามารถกระบวนการด้านศักยภาพระยะสั้น
- ดัชนี PR = อัตราส่วนความสามารถกระบวนการด้านศักยภาพระยะยาว

การศึกษาว่า กระบวนการมีความสามารถตามขอบเขตของข้อกำหนด โดยให้ค่าเฉลี่ยของกระบวนนั้นทำได้จริงและตรงกับค่าเป้าหมายของข้อกำหนดเฉพาะมากน้อยเพียงไร จะใช้ตัวชี้วัดคือค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะที่กระบวนการเบี่ยงเบนไป (Performance Capability) แบ่งออกได้ดังนี้

- ดัชนี C_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะที่กระบวนการเบี่ยงเบนระยะสั้น
- ดัชนี P_{pk} = ดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านสมรรถนะทีกระบวนการเบี่ยงเบนระยะยาว



รูปที่ 2.8 ความเชื่อมโยงของ C_p ของ P_p ในกระบวนการระยะสั้นและระยะยาว (ลำปาง แสงจันทร์, 2549)

2.4.2.2 การคำนวณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ

ค่าที่บอกถึงสมรรถภาพในการทำงานของกระบวนการว่าสามารถทำผลงานที่มีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการได้ดีเพียงใด โดยทั่วไปจะรายงานในรูปของ 2 ค่า คือ C_p และ C_{pk} ความแตกต่างคือค่า C_p พิจารณาถึงการกระจายตัวโดยรวมของกระบวนการเมื่อเทียบกับความกว้างของสเปคเท่านั้นโดยไม่ได้พิจารณาถึงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะอยู่ ณ ตำแหน่งใดใกล้เคียงกับค่าเป้าหมายหรือไม่(โดยปกติค่าเป้าหมายคือค่ากลางของสเปค) เนื่องจากค่า C_p ไม่ได้บอกถึงการเปลี่ยนแปลงไปจากจุดกึ่งกลาง จึงต้องคำนวณค่า C_{pk} ซึ่งเป็นอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการที่สามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่ากลางจากเป้าหมายได้ โดย C_{pk} คือค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการด้านที่ใกล้กับข้อกำหนดมากที่สุด

การคำนวณค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพระยะสั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

(1) ข้อกำหนด 2 ด้าน มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{within}}$$

เมื่อ Upper Specification Limit (USL) คือ ค่าสเปคด้านสูง

Lower Specification Limit (LSL) คือ ค่าสเปคด้านต่ำ

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของข้อมูล

(2) ข้อกำหนดด้านเดียว มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$C_{pu} = \frac{USL-\mu}{3\sigma}, \quad C_{pl} = \frac{\mu-LSL}{3\sigma}$$

เมื่อ C_{PU} คือ ค่าดัชนีวัดด้านบน

C_{PL} คือ ค่าดัชนีวัดด้านล่าง

μ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

หลังจากคำนวณค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (C_p) นำค่าดังกล่าวมาวิเคราะห์ได้การตีความจากแผนภูมิ X- R ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ความหมายของค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (C_p)

(อลงกต กาญจนคช, 2546)

ค่า C_p ที่คำนวณได้	ความหมาย
$C_p < 1$	กระบวนการไม่มีความสามารถ ภายใต้การกระจายของข้อมูลเมื่อเทียบกับขอบเขตข้อกำหนดบน-ล่าง (USL-LSL)
$C_p = 1$	กระบวนการมีความสามารถค่อนข้างต่ำและจากการแจกแจงปกติช่วงกว้าง 6σ จะกล่าวว่ามีร้อยละ 0.27ที่ข้อมูลตกอยู่นอกช่วงขอบเขตบนและล่าง โดยจะตกขอบเขตแต่ละข้างร้อยละ 0.135
$C_p \geq 1$	กระบวนการมีความสามารถ และถ้าต้องการความมั่นใจในกระบวนการว่ามีความสามารถมาก การกระจายข้อมูลในกระบวนการก็ควรไม่มีข้อมูลใดตกนอกขอบเขตข้อกำหนดบนและล่าง กรณีที่ C_p มีค่ามากจะชี้ว่ากระบวนการมีความสามารถมาก

การคำนวณค่าอัตราส่วนสมรรถภาพกระบวนการระยะสั้น (C_{pk})บอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่ากลางจากเป้าหมายได้ โดยเลือกค่าด้านที่ใกล้กับข้อกำหนดมากที่สุด

$$C_{pk} = \min (C_{pu}, C_{pl})$$

ถ้า $C_p = C_{pk}$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ตรงกับค่าเป้าหมาย

ถ้า $C_{pk} < C_p$ แสดงว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการไม่ได้อยู่ตรงค่าเป้าหมาย

ตารางที่ 2.9 ค่าแนะนำสำหรับค่าดัชนี C_{pk} ขั้นต่ำ (อลงกต กาญจนศช, 2546)

ประเภทกระบวนการ	ระดับคุณภาพ	ค่าดัชนี C_{pk} ขั้นต่ำ	
		ข้อกำหนดเฉพาะ 2 ด้าน	ข้อกำหนดเฉพาะ 1 ด้าน
กระบวนการทั่วไป แบบเดิม	4σ	1.33	1.25
กระบวนการทั่วไปใหม่	4.5σ	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย แบบเดิม	4.5σ	1.50	1.45
กระบวนการที่เกี่ยวกับความปลอดภัย ใหม่	5σ	1.67	1.60

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีการแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับเครื่องมือในการค้นหาคัดกรองปัจจัยต่างๆที่นำมาทำการทดลอง และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการออกแบบการทดลอง

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาปัจจัย

เครื่องมือต่างๆได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการค้นหาปัจจัยก่อนที่จะทำการออกแบบการทดลอง จึงจำเป็นต้องมีการเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดก่อน ซึ่งในบางเครื่องมือมีประสิทธิภาพในการคัดกรองปัจจัย จึงถูกนำมาอย่างแพร่หลายในงานวิจัยต่างๆที่ผ่านมา ในการค้นหาปัจจัย ทรงพล (2541) ได้เริ่มจากการระดมสมองจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเลือกปัจจัยทั้งหมดซึ่งในการคัดเลือกปัจจัยให้ครอบคลุมและประยุกต์ใช้เครื่องมือพื้นฐานทางสถิต คือแผนภาพเหตุและผล (Cause and Effect

Diagram) เพื่อค้นหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งจะมีทั้งสาเหตุใหญ่และสาเหตุย่อย โดยสาเหตุหลักพิจารณาได้จากหลักการ 4M 1E ได้แก่ คน (Man) วัตถุดิบ (Material) เครื่องจักร (Machine) วิธีการ (Metnod) และ สิ่งแวดล้อม (Environment) แต่ในงานวิจัยของไกรกุล (2550) ได้แบ่งหัวข้อสาเหตุตามส่วนประกอบของเครื่องจักรเป็นหลัก เนื่องจากในกระบวนการผลิตนั้นเริ่มจากพนักงานนำวัตถุดิบป้อนเข้าไปในเครื่องจักร ซึ่งขั้นตอนการผลิตทั้งหมดอยู่ในตัวเครื่องจักรตัวเดียว แล้วได้ผลิตภัณฑ์ออกมานำส่งลูกค้า ดังนั้นหัวใจสำคัญในหาค้นหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องจะนำส่วนประกอบมาก แยกหาปัจจัยย่อยๆ ต่อไป

อลงกต (2546) ได้นำปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทำการจัดรวบรวมกลุ่มปัญหาด้วยผังกลุ่มความคิด โดยแบ่งจำแนกตามประเภทปัจจัยปัจจัยออกเป็นปัจจัยควบคุมได้ ปัจจัยควบคุมไม่ได้ และปัจจัยรบกวน จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล และกลั่นกรองสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภูมิพาเรโต เพื่อแสดงให้เห็นถึงลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และสามารถตัดสินใจศึกษาเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญลำดับต้นๆมาทำการทดลองเพื่อแก้ปัญหาก่อน เนื่องจากในงานวิจัยนั้น อาจมีข้อจำกัดทางด้านปริมาณวัตถุดิบและเวลา จึงไม่สามารถนำทุกปัจจัยมาทำการทดลองได้ทั้งหมด ในงานวิจัยของวิชาญ (2545) ได้ทำแบบสอบถามเพื่อให้วิศวกรและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องได้ทำแบบประเมินแต่ละปัจจัย ที่เกี่ยวข้องซึ่งในการประเมินจะใช้ประสบการณ์ และข้อมูลในอดีตมาพิจารณาในการคัดเลือกปัจจัย โดยแบบประเมินอิทธิพลของปัจจัยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ แล้วจึงนำมารวบรวมคะแนนเพื่อคัดเลือกปัจจัย จากนั้นแบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็น 2 ส่วน แล้วสรุปเหตุผลในการเลือกปัจจัย และไม่เลือกปัจจัยดังกล่าวมาทำการทดลอง ซึ่งหากระดับอิทธิพลของปัจจัยอยู่ในระดับต่ำมาก อาจส่งผลต่อการปัญหาไม่ชัดเจนนัก จึงควบคุมให้ปัจจัยคงที่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นจึงไม่เป็นปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ในการทดลอง และในงานวิจัยของไกรกุล (2550) ได้ทำการรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อขนาดกระเบื้องบิสกิต มาทำการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysys : FMEA) โดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของแต่ละปัจจัย โดยพิจารณาจากตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (Risk Priority Number : RPN) ทำการเลือกปัจจัยที่มีตัวเลขลำดับสูงใช้แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการคัดเลือกปัจจัยเพื่อทำการทดลองเบื้องต้นต่อไป

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลอง

เมื่อได้ปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการออกแบบการทดลองนั้น ในการทดลองส่วนใหญ่จะใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองที่แตกต่างกันไป ในงานวิจัยของสุรพล (2542) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเชื่อมดีบุก–ตะกั่วบนแผ่นลายวงจรพิมพ์ด้วยเครื่องเชื่อมอัตโนมัติ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลอง โดยใช้ตัวชี้วัดคือ จำนวนจุดบกพร่องของรอยเชื่อม ดังนั้นในการออกแบบการทดลองสิ่งที่สำคัญคือ ดัชนีตัวชี้วัด เพื่อนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างผลก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ ส่วนในงานวิจัยของไกรกุล (2550) ทำการวิเคราะห์และลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์กล่องกระดาษ โดยใช้ตัวชี้วัดคือ ความสามารถของกระบวนการของค่าความเปรียบต่างสีและจำนวนของเสียก่อนและหลังปรับปรุงกระบวนการ

การเลือกแผนการออกแบบการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่การออกแบบการทดลองเบื้องต้นเพื่อคัดกรองปัจจัย และ การออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตจริง ซึ่งในการเลือกนั้น จะพิจารณาจำนวนปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดลอง และข้อจำกัดในการวิจัย ความเป็นไปได้ ทางด้านเวลา วัตถุดิบที่ใช้โดยในงานวิจัยได้ใช้วิธีการแตกต่างกัน ดังนี้

ในการทำการทดลองเบื้องต้นนั้นมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อทราบว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองอย่างมีนัยสำคัญ ในงานวิจัยของมะลิ (2544) ได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลองวิธีการ Taguchi มาใช้เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้า ซึ่งมีทั้งหมด 6 ปัจจัย มาทดสอบอิทธิพลของแตละปัจจัยที่มีผลต่อค่าความหนาผิวเคลือบเฉลี่ย ซึ่งแผนการทดลองทากูชิ มีข้อดีคือ เหมาะกับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตในช่วงเวลาสั้นๆ ใช้วัสดุในการทดลองน้อย และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ข้อเสีย ให้ข้อมูลสารสนเทศน้อย และไม่สามารถวิเคราะห์หาผลอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยได้ ดังนั้นการออกแบบการทดลองแบบทากูชิ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดกรองปัจจัยเบื้องต้นได้ และ ในงานวิจัยของกิตติกร และเลอศักดิ์ (2546) ได้ใช้วิธีการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลโดยหลักการของทากูชิเช่นเดียวกัน ในศึกษาการพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพของงานหล่อบรอนซ์ผสม ใช้แผนการทดลอง Orthogonal Array L9 (3^4) ตามมาตรฐานของ Taguchi Method มี 4 ตัวแปร กำหนดระดับของตัวแปร 3 ระดับ และทำการทดลอง 9 ครั้ง ตามแผนการทดลองผลการทดลองได้ปัจจัยที่ทำให้สมบัติด้านความแข็งดีที่สุด ในงานวิจัยของวิชาญ (2545) ได้นำเทคนิคการออกแบบการทดลอง 2^k

แฟคทอเรียลในการทดลองเบื้องต้นโดยทุกระดับของปัจจัยมี 2 ระดับเพื่อตัดปัจจัยที่ไม่น่าจะมีผลต่อสิ่งที่ต้องการศึกษาออกไป และ อลงกต (2546) ได้ทำการปรับปรุงความแข็งแรงของแผ่นกระดาษลูกฟูกด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านวัตถุดิบและเวลาใช้วิธีออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2 ระดับเพื่อทำการคัดกรองปัจจัย

ในการออกแบบการทดลองขั้นที่สอง มีวัตถุประสงค์คือเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสม นำไปปรับตั้งค่าแต่ละปัจจัยเพื่อใช้ในการผลิตจริง ในงานวิจัยของมะลิ (2544) นำเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล เพื่อในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมได้ความหนาผิวเคลือบใกล้ค่ากึ่งกลางและมีความผันแปรน้อยที่สุดได้ ในงานวิจัยของวิชาญ (2545) ได้ใช้การออกแบบแฟคทอเรียล 3^k แฟคทอเรียล โดยเพิ่มระดับของปัจจัยเป็น 3 ระดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดเหล็กปลายสั้นที่มีความยาวน้อยที่สุด จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมทำให้เกิดเหล็กปลายสั้นที่มีความยาวน้อยที่สุดได้ ผลจากการประยุกต์ใช้เงื่อนไขของปัจจัยหลัก สามารถสรุปมูลค่าการลดของเสียจากเหล็กปลายสั้นเมื่อเปรียบเทียบที่สภาวะปัจจุบัน กับที่สภาวะที่เหมาะสม เป็นมูลค่า 236,196 บาท/ปี ในงานวิจัยของสรียา (2543) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิล และหาเงื่อนไขส่วนผสมที่เหมาะสม โดยมีตัวแปรตอบสนองจำนวน 9 ตัวแปร และปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในการทดลองจำนวน 3 ตัวแปร แต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ โดยใช้การออกแบบแฟคทอเรียล 3^k แฟคทอเรียล ใช้วิธีการสุ่มแบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ วิเคราะห์การทดลองเพื่อหาส่วนผสมที่เหมาะสมจากผลการทดลองแล้วนำไปทดสอบคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิลตามข้อกำหนดของ มอก.876-2532 ก่อนทำการผลิตจริง ในงานวิจัยของอลงกต (2546) ใช้วิธีการออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k ที่มีการเพิ่มจุดศูนย์กลางในการทดลองและวิเคราะห์ส่วนโค้งด้วยวิธีการของพื้นผิวตอบเพื่อการกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงความแข็งแรงของแผ่นกระดาษลูกฟูกด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง และในงานวิจัยของเปมิกา (2548) และ ไกรกุล (2550) ได้ใช้การออกแบบการทดลองโดยรูปแบบของการทดลองนี้มีลักษณะเป็นส่วนโค้ง (Curvature) จึงทำการออกแบบการทดลองพื้นผิวผลตอบเพิ่มเติมเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้

การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้น จะสามารถที่จะเป็นแนวทางในการนำหลักการความรู้และเครื่องมือดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ว่ามีการกลั่นกรองปัจจัยเป็นอย่างไร เพื่อที่จะสามารถคัดเลือกปัจจัยได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพ รวมถึงหลักการการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติ เนื่องจากในงานวิจัยต่างๆมีการเลือกวิธีในการออกแบบการทดลองทั้งในส่วนการทดลองเบื้องต้นและการหาสภาวะที่เหมาะสม มีวิธีการแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของงานวิจัยนั้นๆ ดังนั้นทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องนั้นจะนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ต่อไป