บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงานเบื้องต้นของการบันทึกและการอ่านข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. เพื่อให้เข้าใจหลักการและแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของซิกซ์ ซิกม่า และหลักการทางสถิติที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในงานวิจัย

3. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสายการประกอบ และการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต

2.2 ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.2.1 ตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (IDC, 2009)

การวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดมีความสำคัญอย่างมากในการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองความสามารถในการครอบครองตลาดและสามารถแข่งขันกับคู่ต่อสู้ได้ เทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ก็ถูกพยายามคิดค้นและออกแบบเพื่อที่จะสร้างฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุมากขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานที่รวดเร็วขึ้น

เราสามารถแบ่งตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตามขนาดความจุของหน่วยความจำได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

1. ตลาดคอมพิวเตอร์องค์กร (High End Market)

เป็นตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุของข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความน่าเชื่อถือสูง ถูกนำไปใช้ในเครื่องมินิคอมพิวเตอร์และระบบเซิร์ฟเวอร์ทั่วไปในปัจจุบัน เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการใช้งานปัจจุบันเป็นโปรแกรมที่สร้างให้คนสามารถใช้งานได้ง่าย นอกจากนั้นยังต้องต่อเชื่อมเข้ากับระบบติดต่อสื่อสาร ดังนั้นตัวโปรแกรมจึงมีความสลับซับซ้อนสูงมากและต้องใช้หน่วยความจำมากเพื่อรองรับการทำงานกับโปรแกรมนั้น ๆ และเนื่องจากในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลแทบทุกเครื่องทั้งที่ใช้ในบ้านและที่ทำงานจะเป็นระบบสารพัดประโยชน์ ซึ่งจะสามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างจากคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว เช่น ใช้ดูหนัง ใช้ฟังเพลง ใช้เป็นเครื่องโทรศัพท์ โทรสาร เครื่องถ่ายเอกสาร และการใช้ต่อกับกล้อง

ถ่ายภาพ ซึ่งจากการที่เราใช้คอมพิวเตอร์เป็นอุปกรณ์สารพัดประโยชน์ดังกล่าว ทำให้หน่วยความจำที่จำเป็นต้องใช้ในคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องมีความจุสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟตลาดบน จึงมีการขยายตัวเป็นอย่างมากและมีการเจริญเติบโตที่สูงมาก

2. ตลาดคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop Market)

เป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุขนาดปานกลาง และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นบันทึกข้อมูลที่ประมาณ 3.5 นิ้ว ส่วนใหญ่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพวกนี้จะใช้ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ที่ใช้กับโปรแกรมง่าย ๆ ที่ไม่มีความสลับซับซ้อนมากนัก ไม่ต้องต่อเข้ากับระบบการติดต่อสื่อสารที่ต้องการหน่วยความจำมาก หรือใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต่อเป็นระบบแลน (LAN) ซึ่งเมื่ออยู่ในระบบแลนแล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องจะใช้หน่วยความจำของเครื่องแม่ข่ายหรือที่เรียกว่า SERVER ดังนั้นเครื่องลูกจึงไม่จำเป็นต้องมีหน่วยความจำมาก ๆ ก็สามารถทำงานได้

แนวโน้มทางการตลาดของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถวิเคราะห์ได้ดังต่อไปนี้

- เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลมีอัตราการเติบโตต่ำลงทุกปี
- ราคาเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะส่วนบุคคลต่ำลงทุกปี
- เน้นการลดต้นทุนเพื่อให้มีกำไรสูงขึ้น
- ผู้ผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีการเพิ่มทางเลือกให้กับลูกค้ามากขึ้น
- ผู้ผลิตพยายามรักษาความเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี

3. ตลาดคอมพิวเตอร์พกพา (Mobile Market)

เป็นตลาดของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีความจุของหน่วยความจำใกล้เคียงกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แต่ว่ามีขนาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เล็กกว่า โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นบันทึกข้อมูลอยู่ที่ 2.5 นิ้ว ซึ่งฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟพวกนี้จะใช้ในคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็กและใช้พกพามีน้ำหนักเบา ซึ่งจะใช้ขนย้ายได้ง่าย แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีราคาแพงเนื่องจากการผลิตที่ซับซ้อนและยุ่งยากกว่า

จากการคาดเดาในอนาคตถึงการเจริญเติบโตของอุปกรณ์แบบพกพา จะเห็นว่าความต้องการในอนาคตจะเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับความต้องการใช้คอมพิวเตอร์ในอนาคตที่มีมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของโลก การพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์มีแนวโน้มไปในทางที่มีประสิทธิภาพและศักยภาพการใช้งานที่สูงขึ้น ความต้องการอุปกรณ์ในส่วนนี้คาดว่าจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่มีขนาดบางเหมาะกับการเคลื่อนย้าย มีแนวโน้มในลักษณะที่มีความต้องการ

ของผู้บริโภคมากขึ้น เพราะระบบของ Notebook ในอนาคตจะมีราคาถูกลง ขนาดของอุปกรณ์จะสะดวกในการนำติดตัวหรือเคลื่อนย้ายได้ง่าย

ตลาดส่วนใหญ่ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะอยู่ในเขตประเทศที่พัฒนาแล้วมากว่า 84% โดยจะอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา 57% ยุโรป 27% และอยู่ในเอเชียเพียง 16% ถ้าประเทศที่กำลังพัฒนาได้รับความรู้และรับเทคโนโลยีมากขึ้น ตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้แนวโน้มการขยายตัวของตลาดฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็จะมากขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามวงจรผลิตภัณฑ์ของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่มีอายุค่อนข้างสั้นเพียงประมาณ 12-15 เดือนเท่านั้น นั่นก็คือหลังจากที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในแต่ละรุ่นเริ่มวางตลาดได้ประมาณ 12-15 เดือน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นดังกล่าวก็จะล้าสมัยและมีการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่มาทดแทน ความแตกต่างระหว่างฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นเก่าและรุ่นใหม่จะอยู่ที่หน่วยความจำ โดยความจุฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่จะมีความจุเพิ่มขึ้นประมาณ 60% ทุก ๆ ปี หรืออาจจะกล่าวได้ว่าปริมาณความจุของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะถูกพัฒนาให้มีขนาดของหน่วยความจำเพิ่มขึ้นป็น 10 เท่า ทุก ๆ เวลา 5 ปี

2.2.2 เทคโนโลยีพื้นฐานของการบันทึกข้อมูล (Seagate Technology, Slide)

โครงสร้างของคอมพิวเตอร์ที่ต้องอาศัยการส่งข้อมูลและการคำนวณ จะใช้เป็นระบบตัวเลขฐาน 2 (Binary system) ที่อยู่ในรูป “0” และ “1” เท่านั้น การบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก็ใช้ระบบตัวเลนฐาน 2 เหมือนกัน โดนที่ bit จะเป็น “0” หรือ “1” และ ไบต์ (Byte) จะเป็นการเอาบิต (Bit) หลาย ๆ ตัวเข้ามาเรียงกัน โดยทั่วไปในระบบคอมพิวเตอร์ 1 ไบต์จะมี 4 บิต หรือ 16 บิต ตัวอย่างเช่น

ไบต์ (4 บิต)	0000	0001	0010	0100
ไบต์ (8 บิต)	00000001	00000000	00101010	00001111

ไบต์ที่มี 4 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 16 รูปแบบ

ไบต์ที่มี 8 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 256 รูปแบบ

ไบต์ที่มี 16 บิตจะมีจำนวนรูปแบบที่เป็นไปได้อยู่ 65,536 รูปแบบ

ในระบบการบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ถ้าเราใช้ ไบต์ระบบ 4 บิต แทนตัวอักษรที่จะบันทึกลงไปในแผ่นบันทึกข้อมูล เราจะได้ตัวอักษรทั้งหมด 16 ตัว

A = 0000	B = 0001	C = 0010	D = 0100
E = 1000	F = 0011	G = 0110	H = 1100
I = 0101	J = 1010	K = 1001	L = 0111

M = 1011 N = 1101 O = 1110 P = 1111

จากตัวอย่างจะเห็นว่าระบบไบต์ 4 บิต จะสามารถเขียนตัวอักษรได้จาก A ถึง P เท่านั้น อย่างไรก็ตามเราก็สามารถนำเอาตัวเลข ไบต์ 2 ไบต์ (4 บิต + 4 บิต) มารวมกันได้และสามารถแทนตัวอักษรตัวถัดไปได้เช่น

Q = 000000001 R = 00000010 S = 00000100

T = 00001000 U = 00000011 V = 00000110

<u>ตัวอย่าง</u>

- หนังสือ 1 เล่มซึ่งมี 100 หน้าจะมีจำนวนบิตที่บันทึกลงบนแผ่นบันทึกข้อมูลประมาณ 300 เมกะบิต
- ภาพยนตร์ที่เราใช้เวลาฉายประมาณ 2 ชั่วโมงจะมีความจุที่อยู่บนแผ่นบันทึกข้อมูลประมาณ 4,000 เมกะบิต
- ซอฟต์แวร์วินโดว์ 95 จะมีความจุอยู่ที่ประมาณ 100 เมกะบิต

2.2.3 เทคโนโลยีของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ในยุคต้น ๆ ของการใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเป็นอุปกรณ์ที่หรูหราเกินความจำเป็น แต่ปัจจุบันฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นอย่างมากสำหรับคอมพิวเตอร์ เพราะว่าซอท์ฟแวร์สมัยใหม่มีขนาดใหญ่ขึ้นและต้องใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลเป็นจำนวนมาก ในการเก็บข้อมูลและโปรแกรมต่าง ๆ ลงบนแผ่น Floppy Disk อาจทำไม่ได้อย่างสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าจะถ่ายลงแผ่น Floppy Disk ได้ก็ตาม การประมวลผลนั้นก็จะยุ่งยากไม่สะดวกเพราะต้องมีการสลับแผ่น Floppy Disk เข้าออกช่องไปมา ซึ่งต้องหันกลับมาใช้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟเพราะสามารถทำงานได้ง่ายและสะดวกกว่า แต่ที่สำคัญคือความได้เปรียบทางด้านขนาดความจุ ประสิทธิภาพ ความเร็วในการทำงาน ทำให้เทคโนโลยีทางด้านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก้าวต่อไปอีกไกล

ความสามารถของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟได้ถูกพัฒนาตามความต้องการของตลาดตลอดมา ตั้งแต่ยุคต้นมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 8" ความจุเพียง 10 MB จนปัจจุบันนี้ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟมีขนาดเล็กลงมากเหลือเพียง 5.5 นิ้ว 3.5 นิ้ว 1.8 นิ้ว 1.3 นิ้ว และ 1 นิ้ว ตามลำดับ ในขณะเดียวกันความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลกลับมากขึ้นหลายเท่าตัว รวมทั้งความเร็วในการเก็บและการค้นหาข้อมูลที่เร็วขึ้นด้วย

2.2.4 พื้นฐานกระบวนการอ่านและเขียนข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก (Seagate Technology, Slide)

ในกระบวนการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึกลงแผ่นบันทึกข้อมูลหรือที่เรียกว่า Media นั้นมีอยู่สองกระบวนการคือ กระบวนการที่เรียกว่า Writing และกระบวนการอ่านซึ่งเรียกว่า Reading หรือ Reproducing โดยทั้งสองกระบวนการนั้นได้อาศัยทฤษฎีของการกำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

กระบวนการเขียน (Writing) นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ คือ ในขั้นตอนการเขียนข้อมูลนั้นจะทำการป้อนกระแสไฟฟ้าชนิดสลับเข้าไปยังตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีส่วนของเส้นลวดที่พันอยู่บนรอบแกนโลหะอยู่จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น และสนามแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะสร้างเส้นแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าตรงช่องว่างเล็ก ๆ ระหว่างแกนของขดลวด ซึ่งในทางทฤษฎีนั้นสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อสนามแม่เหล็กเกิดรอยรั่วขึ้น หรือวงจรสนามแม่เหล็กเปิดเส้นแรงของแม่เหล็กจะพยายามที่ผ่านช่องว่างของรอยรั่วนั้นไป เพื่อพยายามให้เกิดวงจรปิดซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ช่องว่างนั้นขึ้น และส่งผลให้เกิดมีเส้นแรงของแม่เหล็กขึ้นในบริเวณช่องว่างนั้น หรือที่เรียกว่า Line of force โดยที่หลักการเขียนของหัวอ่านและบันทึกก็ได้อาศัยการเกิดสนามแม่เหล็กและเส้นแรงแม่เหล็กในบริเวณรอยรั่วนี้มาบันทึกข้อมูลเป็นสนามแม่เหล็ก ลงบนแผ่นข้อมูลซึ่งเคลือบสารแม่เหล็กไว้โดยที่แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์จะหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 7,500 – 10,000 รอบต่อวินาที และการบันทึกข้อมูลของตัวหัวอ่านและบันทึก จะบันทึกข้อมูลเป็นระบบตัวเลขฐานสองดังแสดงรายละเอียดไว้ข้างต้น โดยการเกิดเลขฐานสองขึ้นในการบันทึกข้อมูลนั้นได้เกิดจากการป้อนกระแสไฟฟ้าสลับนั่นเอง โดยเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าบวก ตัวหัวอ่านและบันทึกจะทำการบันทึกเป็น “1” หรือเรียกว่า Data bit “1” และเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเป็นลบ ตัวหัวอ่านและบันทึก ก็จะบันทึกข้อมูลเป็น “0” หรือเรียกว่า Data bit “0”

การอ่านข้อมูล (Reading and Reproducing) จะใช้หลักการเดียวกับการเขียนข้อมูล แต่ต่างกันตรงที่การอ่านข้อมูลนั้นจะไม่มีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปที่ตัวหัวอ่านและบันทึกเหมือนกับการเขียนข้อมูล การอ่านข้อมูลจะทำโดยใช้แผ่นข้อมูลหรือแผ่นดิสก์หมุนด้วยความเร็วสูง โดยหมุนผ่านตัวหัวอ่านและบันทึกที่อยู่กับที่ โดยไม่มีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวหัวอ่านและบันทึก ซึ่งมีระยะห่างระหว่างตัวหัวอ่านและบันทึกกับแผ่นดิสก์ที่เล็กมาก ๆ ประมาณ 0.001 – 0.002 นิ้วจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กขึ้น การอ่านข้อมูลจะใช้สนามแม่เหล็กที่ถูกเหนี่ยวนำขึ้นนี้ ทำการอ่านข้อมูลบนแผ่นดิสก์ซึ่งข้อมูลจะถูกบันทึกไว้ในรูปของสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าและแปลงสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ามาเป็นค่าความต่างศักย์ซึ่งวัดออกมาเป็นหน่วยของโวล์ตเทจ (Voltage) ค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นบวกจะหมายถึงข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองคือ “1” หรือเรียกว่า Bit “1” และค่าความต่างศักย์ที่วัดออกมาได้เป็นลบ จะหมายถึงข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองคือ “0” หรือเรียกว่า Bit “0”

2.2.5 ความจุของการบันทึกข้อมูล

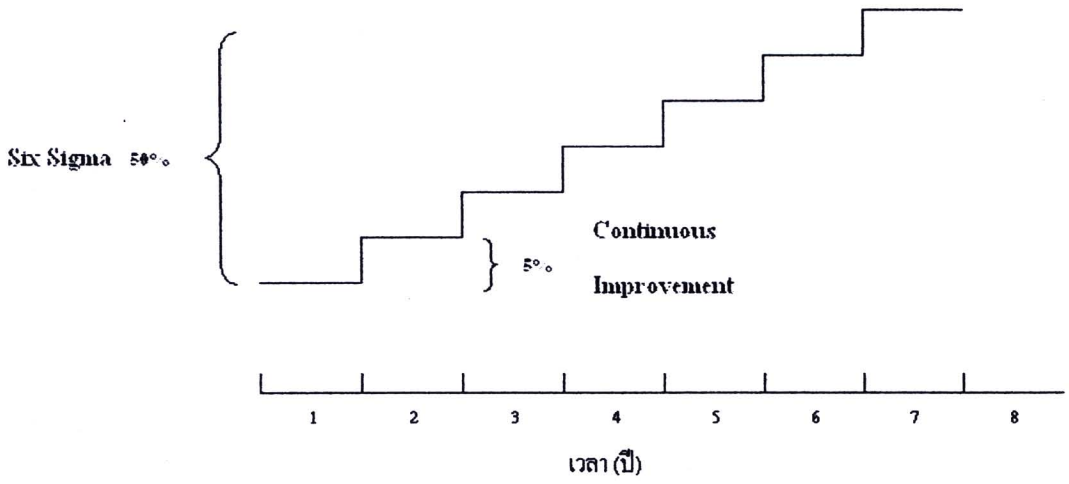
ความจุของการบันทึกข้อมูลหรือสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าความสามารถในการบันทึกข้อมูลของหัวอ่านและบันทึก ซึ่งจะวัดค่าออกมาเป็นความหนาแน่นของการการบันทึกข้อมูล (Areal Density) โดยมีหน่วยการวัดเป็นบิตต่อนิ้ว (Bit per inch : BPI) และ แทคต่อนิ้ว (Track per inch : TPI) โดย BPI คือการนับจำนวนบิตที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนกี่บิต และ TPI คือการนับจำนวนแทค (Track) ที่มีอยู่ในระยะความยาวหนึ่งนิ้วว่ามีจำนวนเท่าไร ถ้ามีจำนวนของ BPI และ TPI สูงก็จะหมายถึงมีความหนาแน่นหรือความจุของการบันทึกข้อมูลสูง ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความจุหรือความหนาแน่นในการบันทึกข้อมูลก็คือ ความกว้างของช่องว่างระหว่างแกนของขดลวดซึ่งเรียกว่า Gap หรือขนาดของ Pole Tip ซึ่งเป็นภาษาในวงการอุตสาหกรรมการผลิตหัวอ่านและบันทึก และความยาวของ Gap ซึ่งในวงการของอุตสาหกรรมผลิตหัวอ่านและบันทึกเรียกว่า Top Pole Width (TPW)

2.3 แนวคิดการดำเนินงานแบบซิกซ์ ซิกม่า

ในอุตสาหกรรมทุก ๆ ประเภทมีการแข่งขันกันอย่างมากมาย โดยเฉพาะอุตสาหกรรมด้านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สิ่งที่จะทำให้ยอดขายของบริษัทเพิ่มขึ้นจะต้องขึ้นกับจุดประสงค์ของลูกค้าเป็นหลัก ดังนั้นการได้มาซึ่งความได้เปรียบของบริษัท คือการสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้า และกลยุทธ์ที่สำคัญคือ การควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นวิธีการดำเนินงานที่ทำให้หลายบริษัทสามารถประสบความสำเร็จในการปฏิบัติงานด้านคุณภาพเพื่อมุ่งสู่ผลลัพธ์คือ ความสามารถในการททำกำไรของบริษัท

การควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่าคือ มาตราการซึ่งใช้วัดคุณภาพการดำเนินงาน ในขั้นตอนต่าง ๆ ของซิกซ์ ซิกม่า การควบคุมกระบวนการผลิตด้วยระดับ σ สูง ความต้องการในการลดค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้น้อยลง เพื่อผลการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขั้นตอนทุกขั้นตอนของการทำงานทุกประเภทจะถูกควบคุมอย่างมีระบบ โดยที่พนักงานจะต้องรู้สึกว่ามิใช่การทำงานหนักยิ่งขึ้น

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ต้องการใช้แนวทางทางด้านการควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกม่า มาเป็นมาตราฐาน หรือแนวทางในการวิเคราะห์ แก้ไขปัญหาขององค์กรอย่างเป็นรูปแบบ การปรับปรุงโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่า จะเห็นความแตกต่างได้ชัดเจน ดังภาพข้างล่างนี้



รูปที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างแนวคิด Six Sigma กับ Continuous Improvement

จากรูปข้างบนอธิบายถึงแนวคิดและเป้าหมายของโครงการซิกซ์ ซิกม่านี้ จะดำเนินการพัฒนาได้เร็วกว่าการทำ Continuous Improvement คือการพัฒนา การทำตามขั้นตอน (Step by step) ซึ่งมีข้อจำกัดด้านเวลามาเกี่ยวข้อง

Robert S. , Six sigma quality, 1998 ได้กล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electric (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ Six Sigma ไว้ดังต่อไปนี้

เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นงานที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมาก มีงานที่ต้องซ่อมแซม และชิ้นส่วนที่ต้องทำการตรวจสอบ
5. ถูกตำหนิในการชำระ ผิดพลาดทางบัญชีรายการ การขนส่งไม่ตรงตามเวลา ผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ
7. สิ่งที่ลูกค้าจะได้รับจากการควบคุมในระดับซิกซ์ ซิกม่า มีดังต่อไปนี้ ลูกค้ามีส่วนร่วม
   - มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบตัวผลิตภัณฑ์
   - มีการเปลี่ยนแปลงในด้านการจัดซื้อชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิต
   - มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตภายในโรงงาน

- มีการเปลี่ยนแปลงทุก ๆ ด้านที่สนับสนุนการผลิต
- มีการเปลี่ยนแปลงในการฝึกอบรมในด้านธุรกิจภายในองค์กร

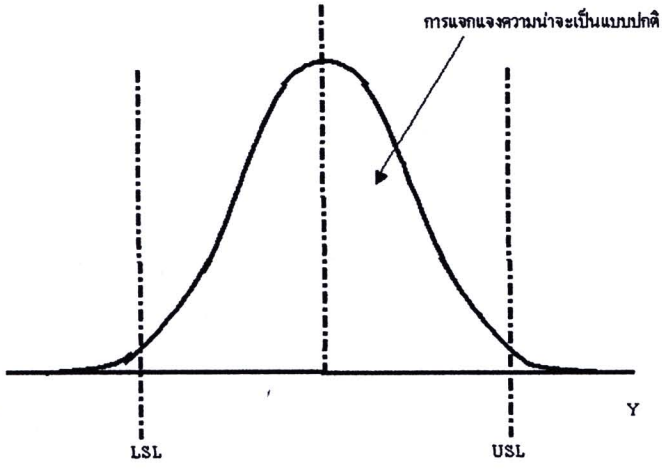
การเปลี่ยนแปลงระดับของ σ สามารถกำหนดเป้าหมายของประสิทธิภาพการผลิตได้ดังต่อไปนี้

σ	Yield
1	68.26%
2	95.45%
3	99.73%
4	99.993642%
5	99.999943%
6	99.9999998%

ที่มา : จากตารางการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

ในอุตสาหกรรมทั่วไปกระบวนการในการผลิตจะมีแนวคิดโดยรวมดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.2 แสดงแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการผลิต

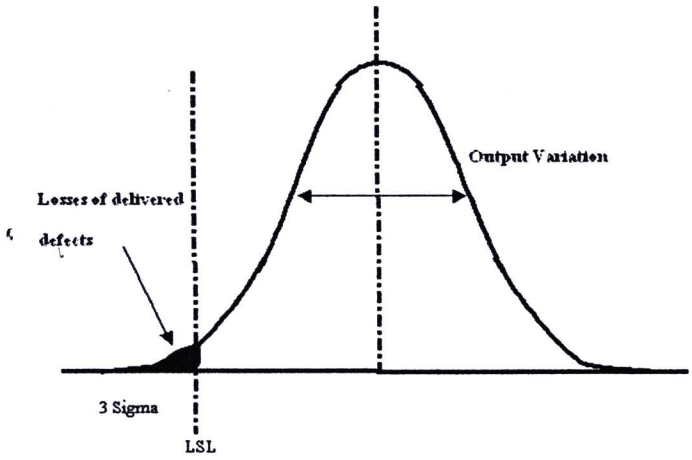


รูปที่ 2.3 ภาพแสดงการกระจายของข้อมูลทั่วไป

LSL = Lower Spec Limit คือ ค่าต่ำสุดของข้อกำหนด

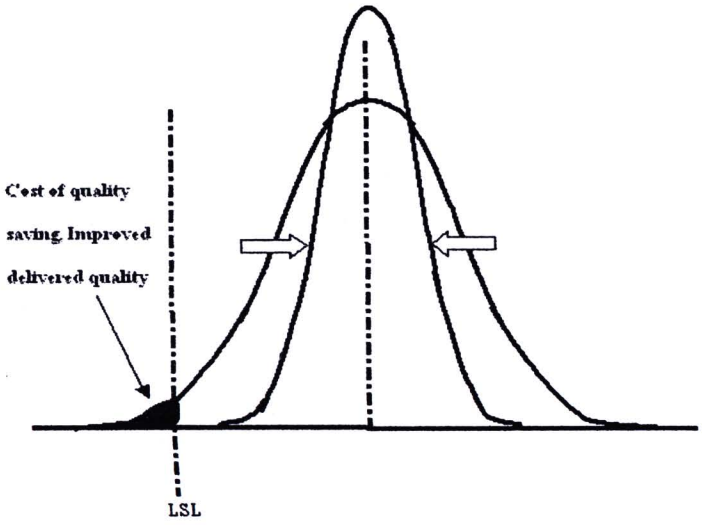
USL = Upper Spec Limit คือ ค่าสูงสุดของข้อกำหนด

จากรูปดังกล่าวสรุปได้ว่า ข้อมูลทั่วไปที่มีการกระจาบแบบปกติ จะมีบางครั้งที่ผลิตออกมาจะอยู่นอกเหนือจากข้อกำหนด (Specification) ไม่ว่าจะเป็นด้านที่มีค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด หลักการของซิกซ์ ซิกม่า ก็คือ การควบคุมคุณภาพของตัวผลิตภัณฑ์ หรือการบริการให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยทั่ว ๆ ไปอุตสาหกรรมจะควบคุมคุณภาพในการผลิต เพื่อให้ได้คุณภาพผลิตภัณฑ์และบริการในระดับ 3σ ซึ่งพบว่ามีของเสียอยู่ 67,000 ชิ้นในการการผลิต 1 ล้านชิ้น ซึ่งได้อธิบายไว้ในภาพข้างล่างนี้



รูปที่ 2.4 แนวคิดการควบคุมคุณภาพ 3σ

พื้นที่แรเงาจะบอกถึงการสูญเสียหรือการขนส่งผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีคุณภาพ ออกสู่ลูกค้าในระดับ 3σ ซึ่งอุตสาหกรรมทั่วไปใช้อยู่ ถ้าเปรียบเทียบการใช้ซิกซ์ ซิกม่า (6σ) มาเป็นตัวลดความแปรปรวนในการผลิตเพื่อที่จะควบคุมของที่จะเสียในการผลิตและยังช่วยพัฒนาประสิทธิภาพในการผลิตอีกด้วย ซึ่งได้อธิบายไว้ในรูป



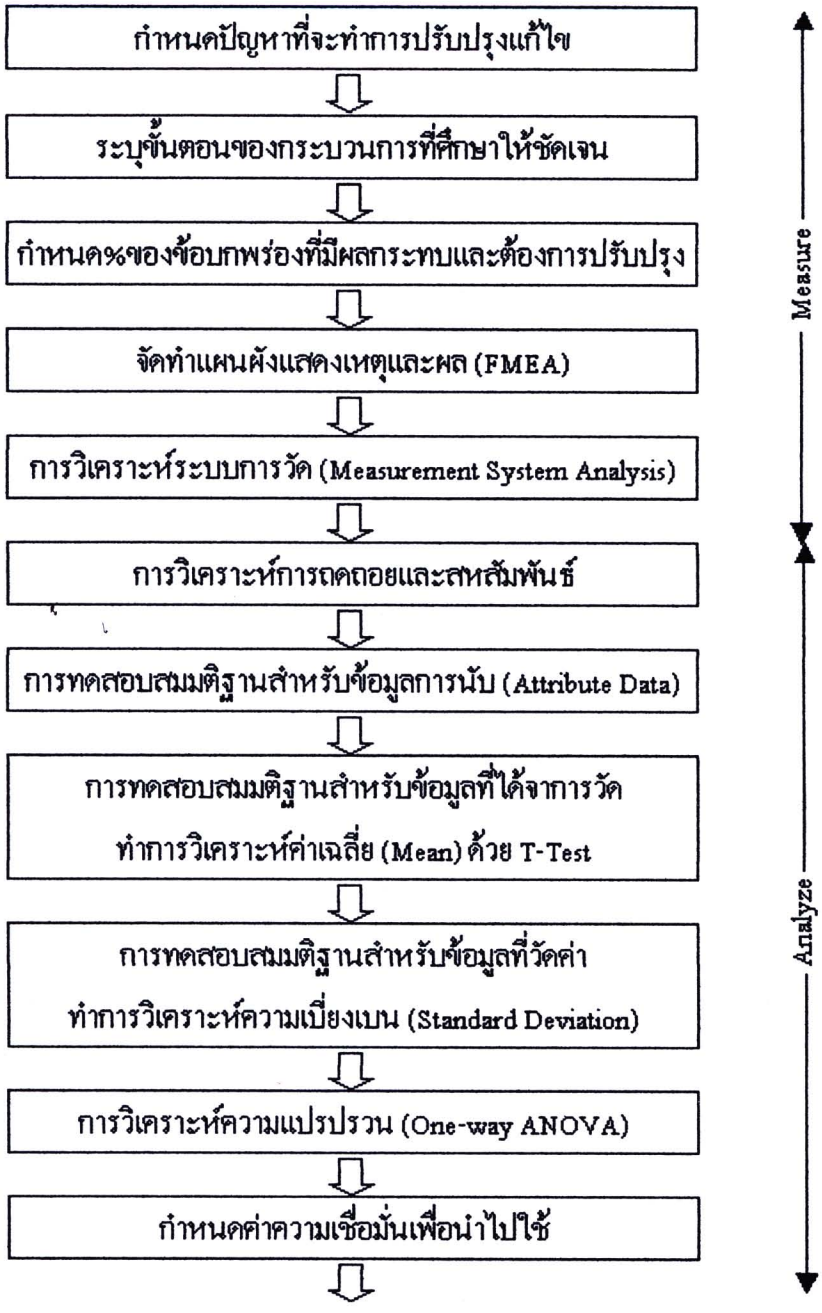
รูปที่ 2.5 แสดงแนวคิดของการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตแบบ 6σ

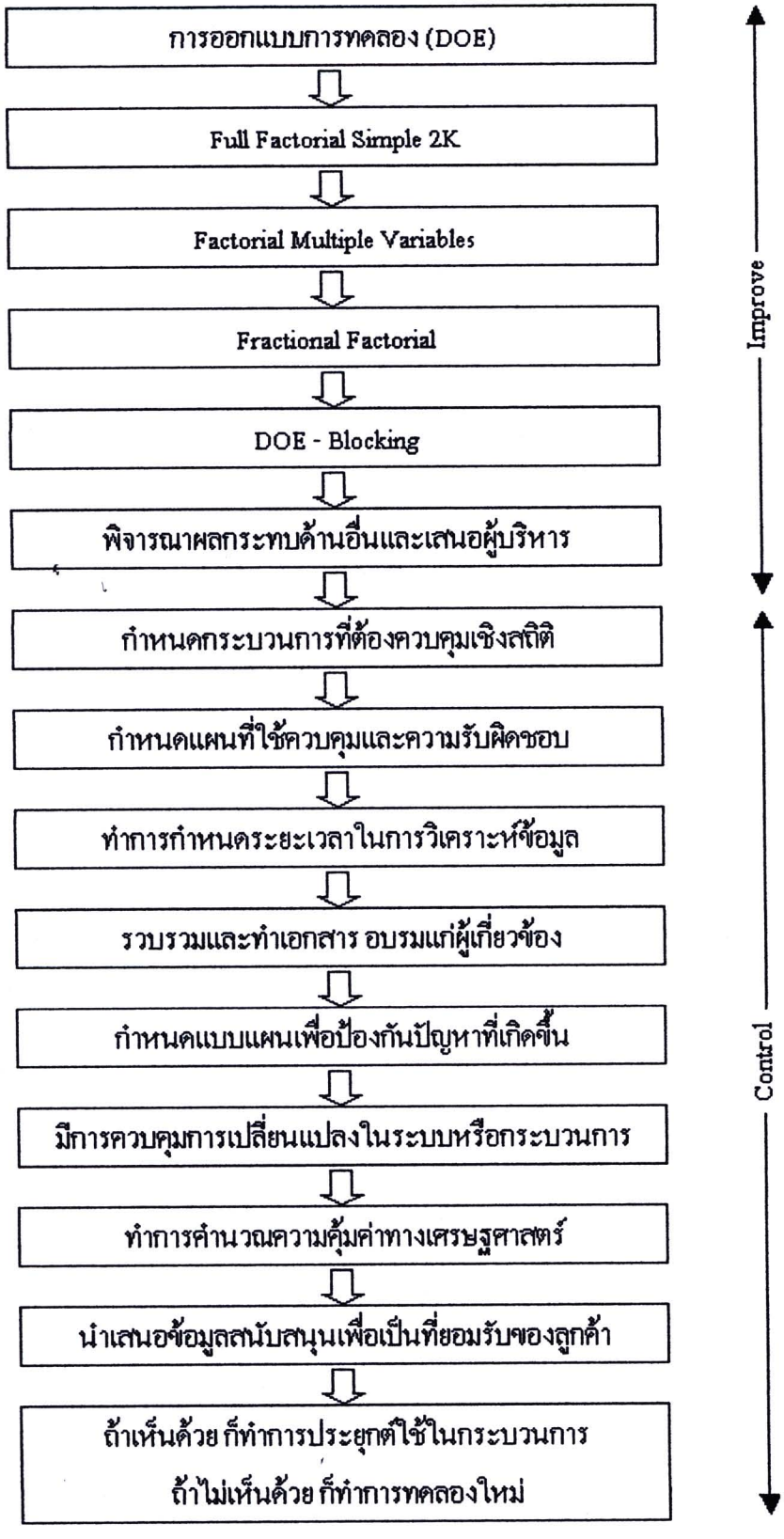
เส้นทึบรูประฆังคว่ำด้านในอธิบายถึงความผันแปรในกระบวนการผลิตที่ใช้หลักการของ 6σ ซึ่งจะมีความผันแปรน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบคุณภาพในระดับ 3σ

จากการศึกษาพบว่าแนวทางการปฏิบัติด้านแนวคิดการควบคุมคุณภาพในระดับ 6σ จะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติที่บริษัทดำเนินการอยู่แต่จะมีการควบคุมและดำเนินการเป็นขั้นตอน ซึ่งจะมีขั้นตอนหลัก ๆ 5 ประการ ที่ใช้เป็นหลักฐานในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาคือ

1. การกำหนดปัญหา (Problem statement)
2. การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (Measure)
3. การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze)
4. การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)
5. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ (Control)

ซึ่งรายละเอียดและลักษณะของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายตามแผนภาพดังต่อไปนี้


กำหนดปัญหาที่จะทำการปรับปรุงแก้ไข
ระบุขั้นตอนของกระบวนการที่ศึกษาให้ชัดเจน
กำหนด%ของข้อบกพร่องที่มีผลกระทบและต้องการปรับปรุง
จัดทำแผนผังแสดงเหตุและผล (FMEA)
การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis)
การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์
การทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูลการนับ (Attribute Data)
การทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูลที่ได้จากการวัด
ทำการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Mean) ด้วย T-Test
การทดสอบสมมติฐานสำหรับข้อมูลที่วัดค่า
ทำการวิเคราะห์ความเบี่ยงเบน (Standard Deviation)
การวิเคราะห์ความแปรปรวน (One-way ANOVA)
กำหนดค่าความเชื่อมั่นเพื่อนำไปใช้
Measure
Analyze



รูปที่ 2.6 แสดงแผนภาพแนวทางการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าในการแก้ปัญหา

2.3.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า

ประโยชน์ต่อผลิตภัณฑ์

- ลดระยะเวลาในการเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาดการแข่งขัน
- เป็นผู้นำทางเทคโนโลยีในการผลิต

ประโยชน์ต่อกระบวนการผลิต

- สร้างกระบวนการผลิตที่ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง
- ลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง

ประโยชน์ต่อลูกค้า

- คุณภาพของผลิตภัณฑ์และการบริการเป็นที่พึงพอใจแก่ลูกค้า
- การส่งมอบสินค้าตรงตามกำหนดเวลา

ดั้งนั้นปรัชญาของการควบคุมคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า คือ การประยุกต์ใช้วิธีการอย่างมีโครงสร้างและระบบเพื่อที่จะประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาขององค์กร

2.3.2 แนวคิดและกลยุทธ์ของซิกซ์ ซิกม่า

- รู้ว่าอะไรคือสิ่งที่สำคัญสำหรับลูกค้า หรือลูกค้าต้องการอะไร
- ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต
- ลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต

2.3.3 หลักการและขั้นตอนการประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่า

เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จ สิ่งที่เราต้องให้ความสำคัญคือ กระบวนการผลิตไม่ใช่ผลลัพธ์จากกระบวนการผลิต ถ้ากระบวนการผลิตที่มีคุณภาพดีแล้ว เราไม่จำเป็นเลยที่จะต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยความสำคัญของ 4 ขั้นตอนโดยวิธีซิกซ์ ซิกม่า คือ

2.3.3.1 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนดปัญหา (Problem statement)

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า โดยพิจารณาผลกระทบทุกด้านคือ ผลกระทบต่อการส่งมอบสินค้า (Critical to delivery) ผลกระทบต่อคุณภาพสินค้า (Critical to quality) ผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต (Critical to cost)

แผนภาพกระบวนการผลิต (Process map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงกระบวนการผลิตที่ผิดปกติ หรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา โดยการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐาน หรือโดยการใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี

การสร้างแผนภาพกระบวนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Cause of Poor Quality : COPQ)

การสร้างแผนภาพการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่อง และสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

ผลรวมสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากกการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสียก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุมกระบวนการผลิต

ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน และ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2536)

ผังแสดงเหตุและผลคือ ผังที่แสดงคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างที่เกี่ยวข้อง กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือ ผลที่เกิดขึ้นจากเหตุคือ ปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะนั้น ๆ

การสร้างแผนผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้องคือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผลจะต้องทำการแยกแยะและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลาย ๆ ความคิดมาร่วม

กัน เพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้หรืออาจแก้ปัญหาผิดจุดได้ เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปของขนาดและปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้ เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งาน ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อจะได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปยังผังแสดงเหตุและผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA)

FMEA คือ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบที่เกิดขึ้นเนื่องจากข้อบกพร่องนั้น ๆ โดยข้อบกพร่องหมายถึง การที่ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ออกแบบไว้ให้ทำงาน โดยลักษณะ (Mode) ของข้อบกพร่อง (ส่วนใหญ่ทางกายภาพ) เช่น แตก ไหม้ เสียรูป หลวม รั่ว มีรอยแตกร้าว เป็นต้น ข้อบกพร่องเหล่านี้นอกจากจะทำหน้าที่ของตัวเองแล้ว ยังมีผลกระทบทำให้ชิ้นส่วน หรือ ระบบขัดข้องหรือบกพร่องได้

วัตถุประสงค์ของ FMEA

1. เพื่อให้ทราบปัญหาด้านความบกพร่องตั้งแต่เนิ่น ๆ จะได้ออกแบบและวางแผนควบคุมได้ถูกต้อง ถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการใช้งานระบบเรียกว่า System FMEA ถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการใช้งานของผลิตภัณฑ์เรียกว่า Design FMEA และถ้าเป็นปัญหาข้อบกพร่องในการผลิตหรือประกอบเรียกว่า Process FMEA

2. เพื่อลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิต ประกอบ และใช้งานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งความเสี่ยงได้แก่ การผลิตไม่ได้ ผลิตแล้วเกิดของเสียมาก ผลิตแล้วเกิดอันตรายในกระบวนการผลิต ใช้งานแล้วมีปัญหาด้านความปลอดภัย ใช้งานแล้วไม่ทนทาน เป็นต้น ความเสี่ยงยิ่งน้อยเท่าไร นั่นคือต้นทุนต่ำ ผลิตได้รวดเร็วและตรงตามความต้องการและคาดหวังของลูกค้ามากเท่านั้น

3. เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการเพราะ FMEA ต้องมีการปรับปรุงอยู่เสมอ

4. เป็นส่วนหนึ่งในการทำ APQP และช่วยเหลือในการทำ Control Plan (แผนควบคุม)

โดย FMEA จะมีตัวเลขวัดเรียกว่า RPN (Risk Priority Number)

RPN = S x O x D

S = ความรุนแรงมีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

O = โอกาสการเกิดมีค่า 1 ถึง 10 (น้อยไปมาก)

D = ขีดความสามารถในการตรวจจับปัจจุบัน 1 ถึง 10 (ง่ายไปยาก)

การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

(ดำรง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้ให้คำนิยามความแม่นยำและความเที่ยงตรงไว้ว่า ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามาก ไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

'ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมาก ผลต่างของค่าความจริงและค่าโดยเฉลี่ยน้อยมาก

(กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542) การวิเคราะห์ความแม่นยำมุ่งพิจารณาสองประเด็นหลักคือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ ความสามารถในการทำซ้ำหรือรีพีททะบิลิตี้ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือนหรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) โดยที่รีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดระยะสั้น (Short-term measurement) ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วนเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานและโดยปกติจะใช้ค่ารีโปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (Long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีททะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกัน ในขณะที่รีโปรดิวซิบิลิตี้คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้ อาจหมายถึงพนักงานวัด อุปกรณ์จับยึด และเงื่อนไขสภาพแวดล้อมต่าง ๆ เป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (Gage Repeatability and Reproducibility :GR&R) จะหมายถึง การประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบซ้ำ ๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน

การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด

1. วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติแล้วจะตองมีการสอบเทียบก่อนการศึกษารีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษา จะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

2. จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัด คือผู้ใช้เครื่องมือวัดในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคน ให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อยสองคน โดยพนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมและปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาสำหรับงานประจำ

3. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR&R จำนวนตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้น โดยปกติแนะนำไว้ที่ 10 ตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากมาสามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของตัวอย่าง) x (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละตัวอย่าง ถ้าตัวอย่างที่ใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการผลิตแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม

4. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำ ที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน เรียกการทดลองแบบนี้ว่า Balance design ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

5. วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR&R บางกรณีนั้น จะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ จึงต้องมีการพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

6. วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะขออธิบายวิธีการอาศัยการวเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงาน เป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความแม่นยำในการวัด

ปัจจัย	ตัวแปรสุ่ม	ตัวแปรผสม
พนักงานวัด	$F = MS_O/MS_{OP}$	$F = MS_O/MS_{OP}$
ชิ้นงานทดสอบ	$F = MS_P/MS_{OP}$	$F = MS_O/MS_E$
พนักงาน x ชิ้นงาน	$F = MS_{OP}/MS_E$	$F = MS_{OP}/MS_E$

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (Interact effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอ ซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้วผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมาก และในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องตีความหมายจากอิทธิพลหลัก (Main effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงานวัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

2.3.3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Analyze Phase)

โดยมีรายละเอียดดังนี้

- สถิติและการควบคุมคุณภาพ

(เจริญ สุนทรวาณิชย์, 2539) ได้ให้คำนิยามคำว่าสถิติไว้ดังนี้ สถิติ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินในการพยากรณ์ภายใต้ความผันแปร โดยการตัดสินใจประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

- ประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

(กานดา พูนลาภทวี, 2530) ประชากรหมายถึง จำนวนสมาชิกทุกหน่วยข้อมูลที่สนใจศึกษา สำหรับการแบ่งประเภทของประชากรสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประชากรที่มีจำนวนจำกัดหรือนับถ้วน (Finite Population) เป็นประชากรที่มีจำนวนสมาชิกจำนวนจำกัด และสามารถนับได้แน่นอน เช่น จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. ประชากรที่มีจำนวนไม่จำกัด (Infinite Population) เป็นประชากรที่มีจำนวนสมาชิกที่ไม่สามารถนับจำนวนที่แน่นอนได้ เช่น ปริมาณน้ำในมหาสมุทร

สิ่งตัวอย่าง (Sample) หมายถึง ส่วนหนึ่งของประชากรที่ถูกเลือกมาเพียงบางส่วนจากประชากรทั้งหมดเพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา

- ค่าพารามิเตอร์และค่าสถิติ

ค่าพารามิเตอร์ (Parameter) หมายถึง ค่าที่แท้จริง ซึ่งใช้บรรยายลักษณะของประชากร คำนวณได้จากข้อมูลทั้งหมดของประชากร

ค่าสถิติ (Statistic) หมายถึง ค่าที่ใช้บรรยายลักษณะกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่าที่คำนวณได้จากข้อมูลของสิ่งตัวอย่าง โดยทั่วไปจะนำค่าสถิติไปใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์

- ข้อมูล (Data)

ข้อมูล หมายถึง ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเรื่องที่สนใจศึกษา ซึ่งอาจอยู่ในรูปตัวเลข เช่น ความกว้าง ความยาว คะแนน น้ำหนัก ความสูง ระยะทาง หรืออาจเป็นข้อเท็จจริงที่อยู่ในรูปคุณลักษณะหรือคุณสมบัติ เช่น ของดี ของเสีย เป็นต้น

การแบ่งประเภทของข้อมูล มีวิธีการแบ่งได้หลายวิธี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา

1. จำแนกตามลักษณะการเก็บข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลที่ได้จากการนับ (Counting Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยใช้วิธีการนับ เช่น จำนวนชิ้นงานทั้งสิ้น 50 ชิ้น เป็นจำนวนชิ้นงานที่ได้มาตรฐาน 45 ชิ้น จำนวนชิ้นงานที่ไม่ได้มาตรฐาน 5 ชิ้น ซึ่งจำนวนตัวเลข 45 และ 5 เป็นข้อมูลที่ได้จากการนับ ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากการนับนี้โดยทั่วไปตัวเลขจะเป็นจะนวนเต็ม

ข) ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Measurement Data) เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้โดยใช้วิธีการวัด เช่น การวัดขนาดของชิ้นงาน การชั่งน้ำหนักปริมาณสินค้า จำนวนตัวเลขที่ได้จากวิธีการวัดจะเป็นตัวเลขต่อเนื่อง ซึ่งอาจจะเป็นตัวเลขทศนิยมหรือเศษส่วนก็ได้ เช่น ขนาดของชิ้นงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.23 เซนติเมตร

2. จำแนกตามการจัดกระทำข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลดิบ (Raw Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยยังไม่ได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดกระทำหรือจัดระเบียบ ข้อมูลเหล่านี้ยังคงปะปนกันอยู่ ไม่มีการจัดแบ่งเป็นประเภทหรือหมวดหมู่

ข) ข้อมูลที่จัดเป็นหมวดหมู่ (Group Data) เป็นข้อมูลที่มีการจัดกระทำให้เป็นหมวดหมู่อย่างเป็นระเบียบ มีการแจกแจงความถี่ ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลเหล่านี้ง่ายต่อการคำนวณหรือการนำไปใช้

3. จำแนกตามลักษณะข้อมูล สามารถแบ่งข้อมูลออกเป็นสองประเภทคือ

ก) ข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นข้อมูลที่แสดงปริมาณหรือขนาดในลักษณะตัวเลขโดยตรง เช่น ความกว้าง ความยาว อายุ น้ำหนัก เป็นต้น

ข) ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) เป็นข้อมูลที่แสดงถึงคุณลักษณะที่ไม่ได้อยู่ในรูปของตัวเลขโดยตรง เช่น ของดี ของเสีย เป็นต้น

- ตัวแปร (Variable)

ตัวแปร หมายถึง สิ่งที่มีความผันแปรซึ่งอาจจะเป็นทางด้านปริมาณ เช่น น้ำหนัก ความสูง อายุ ความเร็ว หรืออาจจะเป็นทางด้านคุณภาพ เช่น ของดี ของเสีย ตัวแปรเหล่านี้จะประกอบด้วยค่าต่าง ๆ กัน เช่น ในกลุ่มนักศึกษากลุ่มหนึ่ง นักศึกษาย่อมมีความสูงแตกต่างกัน ดังนั้นความสูงจึงถือว่าเป็นตัวแปร

การแบ่งประเภทของตัวแปร ถ้าพิจารณาตามคุณสมบัติของตัวแปรสามารถแบ่งได้เป็นสองประเภท คือ

ก) ตัวแปรต่อเนื่อง (Continuous Variable) หมายถึง ตัวแปรที่สามารถมีค่าต่อเนื่องกันระหว่างค่าสองค่าที่กำหนดให้ จะมีค่าอยู่ระหว่างค่าสองค่านั้นมากมาย เช่น ความสูง น้ำหนัก อายุ ระยะทาง ในด้านตัวแปรความสูง ช่วงความสูงระหว่าง 160-165 เซนติเมตร มีค่าความสูงที่เป็นไปได้มากมายนับไม่ถ้วน

ข) ตัวแปรไม่ต่อเนื่อง (Discrete Variable) หมายถึงตัวแปรที่มีค่าไม่ต่อเนื่องเป็นตัวแปรที่ไม่สามารถกำหนดให้มีค่าย่อยระหว่างค่าสองค่าได้ เช่น จำนวนนักศึกษา จำนวนสมาชิก ค่าตัวเลขของตัวแปรเหล่านี้ ไม่มีทศนิยม จะไม่มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 5.5 คนหรือจำนวนครัวเรือนที่ 1 และครัวเรือนที่ 2 จะไม่มีตัวเลขอยู่ระหว่าง 1 และ 2

- สถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

ก) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เป็นสถิติที่ศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อบรรยายคุณลักษณะของสิ่งตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรเฉพาะที่ใช้ในการศึกษาเท่านั้น โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะไม่นำไปสรุปอ้างอิงถึงสิ่งตัวอย่างหรือกลุ่มประชากรอื่น ๆ การศึกษาหาคำตอบจะบรรยายลักษณะหรือการแจกแจงของข้อมูลตามที่เก็บรวบรวมข้อมูลมาได้เท่านั้น ซึ่งอาจแสดงด้วยความถี่ของข้อมูล ร้อยละ สัดส่วน อัตราส่วน การหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ข) สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) เป็นข้อมูลที่ศึกษาจากสิ่งตัวอย่างแล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปคาดคะเนหรือสรุปอ้างอิงลักษณะประชากร โดยได้นำทฤษฎีความน่าจะเป็นมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากสิ่งตัวอย่าง เพื่อสรุปลักษณะของประชากร สถิติเชิงอนุมานจะเกี่ยวกับการประมาณค่า (Estimation) การทดสอบสมติฐาน (Hypothesis Testing)

ตารางที่ 2.2 สัญลักษณ์ค่าสถิติและค่าพารามิเตอร์

ความหมาย	**สัญลักษณ์**	
	ค่าสถิติ	**ค่าพารามิเตอร์**
ค่าเฉลี่ย	$\overline{X}$	μ
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	S	σ
ความแปรปรวน	S^2	σ^2

- การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Tendency Measure)

(อดิศักดิ์ พงษ์พูลผลศักดิ์, 2535) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ที่นิยมโดยทั่วไปจะประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ฐานนิยม และมัธยฐาน ซึ่งการใช้ค่ากลางเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายของข้อมูลเป็นหลัก กล่าวคือ

ถ้าข้อมูลมีลักษณะการกระจายที่มีสมมาตรกันทั้งสองข้างของกราฟข้อมูล การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางก็จะวัดด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต แต่ถ้ากราฟของข้อมูลมีลักษณะเบ้ไปทางใดทางหนึ่ง การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางจะวัดด้วยมัธยฐาน และถ้าข้อมูลมีค่าของจำนวนข้อมูลเกิดบ่อยที่สุด เราก็จะวัดแนวโน้วเข้าสู่ส่วนกลางด้วยฐานนิยม

จากการที่กล่าวมานี้ในการสร้างแผนภูมิเพื่อควบคุมคุณภาพสินค้า มักจะวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางด้วย ค่าเฉลี่เลขคณิต ทั้งนี้เนื่องจากการตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตจะนิยมใช้ขนาดตัวอย่างมาก จะทำให้ข้อมูลมีลักษณะการกระจายสมมาตรกันทั้งสองข้าง ดังนั้นในการสร้างแผน ดังนั้นในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพของสินค้าจึงนิยมวัดค่ากลางของข้อมูลด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ส่วนการวัดค่ากลางของข้อมูลด้วยมัธยฐานและฐานนิยม จะมีความสัมพันธ์กับแผนภูมิควบคุมคุณภาพสินค้าน้อยมาก ซึ่งถ้าจะใช้ค่ามัธยฐานและฐานนิยมในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพแล้ว จะต้องมีการปรับค่าความถี่ของข้อมูลก่อน จึงจะสามารถสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพสินค้าได้อย่างเหมาะสม

ก) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) คือผลรวมทั้งหมดของข้อมูลกลุ่มหนึ่งหารด้วยจำนวนทั้งหมดของข้อมูลกลุ่มนั้น เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\overline{X}$ การคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีวิธีดังนี้ ถ้าให้ข้อมูลกลุ่มหนึ่งมีค่าสังเกตจำนวน n ข้อมูล และ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นค่าสังเกตของข้อมูลขนาด n ข้อมูลดังนั้น

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \ldots + X_2}{n}$$

เมื่อ X แทนค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n แทนจำนวนค่าสังเกต

ข) ค่ามัธยฐาน (Median) ในการวัดค่ากลางของข้อมูลในกรณีที่มีข้อมูลเบ้ไปทางใดทางหนึ่งการวัดค่ากลางของข้อมูลจะวัดค่ามัธยฐาน ซึ่งการนิยามค่ามัธยฐานจะนิยามดังนี้

มัธยฐาน หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ตรงกลางเมื่อเรียงข้อมูลจากน้อยไปมากหรือเรียงข้อมูลจากมากไปน้อย ซึ่งการพิจารณาค่าอยู่ตรงกลางนี้จะพิจารณาจากจำนวนข้อมูลดังนี้

$$M_e = \frac{X_{n/2} + X_{(n/2+1)}}{2}$$ เมื่อ n เป็นจำนวนคู่

$$M_e = X_{(n/2+1)/2}$$ เมื่อ n เป็นจำนวนคี่

เมื่อ M_e แทนค่ามัธยฐานของข้อมูล

n แทนจำนวนข้อมูล

X_n แทนข้อมูลตัวที่ n

ค) ฐานนิยม (Mode) ฐานนิยมเป็นเซตของจำนวนข้อมูลที่มีค่าเกิดขึ้นมากที่สุด หรือเกิดบ่อยที่สุด การวัดค่ากลางในกรณีนี้จะไม่ค่อยเกิดขึ้นบ่อยครั้งนักกับวงการอุตสาหกรรม ฐานนิยมก็คือข้อมูลที่เกิดบ่อยที่สุด

- การวัดการกระจายของข้อมูล (Dispersion)

การสร้างแผนภูมิควบคุมนอกจากจะใช้ค่ากลางของข้อมูลแล้วยังต้องใช้ค่าที่ได้จากการวัดการกระจายของข้อมูล เพื่อพิจารณาถึงความกว้างของข้อมูลว่า มีลักษณะการกระจายไปมากน้อยเพียงใดและในการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพก็จะใช้ค่าที่ได้จากการวัดการกระจายของเพื่อดูลักษณะของข้อมูลว่าเบี่ยงเบนไปจากค่ากลางของข้อมูลมากน้อยเพียงใด ในการวัดการกระจายของข้อมูลมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะในส่วนการวัดการกระจายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพดังนี้คือ

ก) การวัดการกระจายด้วยพิสัย (Range) คือการวัดการกระจายของข้อมูลด้วยค่าผลต่างของข้อมูลสูงสุดกับข้อมูลต่ำสุดเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ R ซึ่งถ้าให้ X_n เป็นค่าของข้อมูลสูงสุดและ X_1 เป็นค่าของข้อมูลต่ำสุด ดังนั้น

$$R = X_0 - X_1$$

ข) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นวิธีการวัดการกระจายของข้อมูลรอบ ๆ ค่าเฉลี่ยกล่าวคือ ถ้าค่าของข้อมูลอยู่ห่างค่าเฉลี่ยมาก การกระจายของข้อมูลก็มีค่ามาก นิยามของส่วนเบียงเบนมาตรฐานคือ รากที่สองของส่วนเฉลี่ยเลขคณิตของผลต่างกำลังสองระหว่างข้อมูลแต่ละค่ากับส่วนเฉลี่ยเลขคณิต X เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ σ

ซึ่งถ้าให้ $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ เป็นค่าของข้อมูลแต่ละค่าและ $\overline{X}$ เป็นส่วนเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลชุดนี้ ดังนั้น

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \overline{X^2}}$$

- การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

เทคนิควิธีการต่าง ๆ ในหลายสาขาวิชา มักจะใช้การประยุกต์สถิติบนพื้นฐานของการแจกแจงแบบปกติ เพื่อการศึกษาถึงการกระจายข้อมูล สำหรับในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการแจกแจงปกติเพื่อใช้ประยุกต์กับการสร้างแผนภูมิ

ถ้า X เป็นตัวแปรเชิงสุ่มเราจะกล่าวว่า X มีการแจกแจงแบบปกติ

$$f(x) = \frac{1e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

เมื่อ μ แทนค่าเฉลี่ยของประชากรและ และσ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร หรือพารามิเตอร์ (Parameter) ซึ่งมีลักษณะทั่วไปของการแจกแจงแบบปกติคือ

1. เป็นโค้งรูประฆังคว่ำและสมมาตรกับแกนตั้งที่ลากเส้นผ่านค่าเฉลี่ย μ
2. ฐานนิยมเดียว มีจุดสูงสุด $X = \mu$
3. กราฟลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งสองข้างมีจุดเปลี่ยนเว้าที่ $X = \mu \pm \sigma$ ปลายโค้งจะลดลงเข้าหาแกน X เมื่อ X ห่างจากค่าเฉลี่ย แต่จะไม่บรรจบกับแกน X
4. พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งจะมีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ

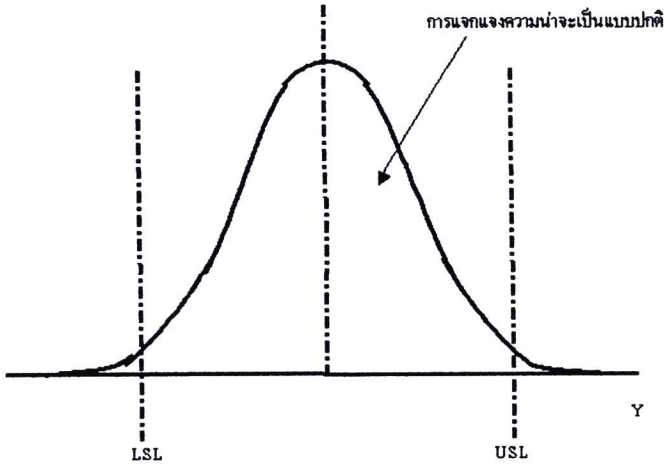
การแจกแจงแบบปกติจะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนคือ σ ในการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งแบบปกติ ในทางปฏิบัติจะเปลี่ยนแปลงการแจกแจงของตัวแปรเชิงสุ่ม X จากการแจกแจงปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และความแปรปรวนคือ σ ให้เป็นการแจกจแงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และความแปรปรวนเป็น 1 ด้วยค่าตัวแปรเชิงสุ่ม Z โดยที่

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$$

มีฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็นคือ

$$f(z) = \frac{1e^{\frac{-Z^2}{2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

เรียก $f(z)$ นี้ว่าการแจกแจงปกติมาตรฐาน มีกราฟเป็นรูประฆังคว่ำที่สมมาตรกับแกนที่ตั้งที่ลากผ่านค่าเฉลี่ย $\mu = 0$ และค่าความแปรปรวน $\sigma = 1$ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการแจกแจงแบบปกติ

ค่าพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งในตารางจะเป็นพื้นที่สะสมที่คำนวณจาก

$$P(Z \le z) = f(z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1e^{-1/2t^2}}{\sigma\sqrt{2\pi}} dt$$

ซึ่งพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งของการกระจายแบบปกติภายใต้ขอบเขตต่าง ๆ จะกำหนดไว้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงขอบเขตของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งแบบปกติ

ขอบเขต	พื้นที่ภายใต้เส้นโค้ง
$\mu \pm 0.6745\sigma$	50.00%
$\mu \pm \sigma$	68.26%
$\mu \pm 2\sigma$	95.46%
$\mu \pm 3\sigma$	99.73%

- การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ)

ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของสินค้า เราพยายามที่จะใช้ทุนการตรวจสอบน้อยที่สุด โดยให้มีประสิทธิภาพของการตรวจสอบมากที่สุด นั่นคือถ้าขนาดตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบมีขนาดใหญ่มากต้นทุนการตรวจสอบก็มีมาก ประสิทธิภาพการตรวจสอบก็ดี ราคาสินค้าก็แพง แต่ถ้าต้องการลดขนาดของตัวอย่างให้น้อยลง ต้นทุนการตรวจสอบก็ลดลง ประสิทธิภาพการตรวจสอบก็ลดลง ราคาของสินค้าก็ลดลงมาด้วย แต่ปัญหาอยู่ที่ว่าการตรวจสอบคุณภาพของสินค้านั้นต้องการใช้ต้นทุนการตรวจสอบน้อย โดยให้มีประสิทธิภาพการตรวจสอบ

มาก ดังนั้นเพื่อการแก้ปัญหาดังกล่าว ในทางปฏิบัติจึงได้ทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์มาบางเพียงส่วน เพื่อใช้เป็นตัวแทนทั้งหมดของกระบวนการผลิต ด้วยการสุ่มตัวอย่างมาจากกลุ่มย่อยแล้วทำการตรวจสอบทุกหน่วยที่เลือกมา

ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว เลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติจากการสุ่มตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างก็ยังคงมีการแจกแจงเป็นแบบปกติด้วย

ในกรณีที่ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ ก็จะไม่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ แต่ถ้าเลือกตัวอย่างขนาดใหญ่พอแล้ว การแจกแจงค่าเฉลี่ย $\overline{X}$ ก็สามารถประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติด้วยทฤษฎีขอบเขตเข้าสู่ศูนย์กลางดังนี้

ทฤษฎีขอบเขตเข้าสู่ศูนย์กลาง (Central Limit Theorem) ถ้า $\overline{X}$ เป็นค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มที่มีขนาด n จากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ เมื่อ n มีค่าเข้าใกล้ ∞ การแจกแจง Z = X μ จะประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ย μ = 0 และค่าความแปรปรวน σ = 1

กรณีที่กล่าวว่า n มีขนาดใหญ่ในทางปฏิบัติจะกำหนดให้ $n \geq 30$ ไม่จำเป็นต้องสนใจถึงการแจกแจงของประชากร แต่ขอให้ทราบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรก็พอแล้ว การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยก็จะประมาณได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ และถ้า $n < 30$ ไม่จำเป็นต้องสนใจถึงการแจกแจงของประชากรก็พอแล้ว การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยก็ประมาณการได้จาการแจกแจงแบบปกติ และถ้า $n < 30$ บางครั้งอาจจะใช้การแจกแจงแบบประมาณได้ ถ้าเลือกตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงไม่แตกต่างจากการแจกแจงแบบปกติ กล่าวคือ ข้อมูลที่มีลักษณะสมมาตร การประมาณการแจกแจงค่าเฉลี่ยจะประมาณได้ด้วยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

การแจกแจงการสุ่มตัวอย่างข้างต้น ในการควบคุมคุณภาพได้จัดทำการสุ่มตัวอย่างจากแต่ละกลุ่มย่อย ภายใต้ข้อสมมุติที่ว่าข้อมูลที่ได้จากกระบวนการผลิตมีการแจกแจงแบบปกติ ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มย่อยมากลุ่มละ 4 หรือมากกว่า 5 ตัวอย่าง จำนวน m กลุ่มย่อยภายใต้กฎเกณฑ์ที่ว่า ถ้าสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงค่าเฉลี่ยจากตัวอย่างก็จะมีการแจกแจงแบบปกติด้วย

สำหรับกรณีที่ประชากรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ แต่การแจกแจงของประชากรสมมาตร มีฐานนิยมเดียวและเป็นการแจกแจงของข้อมูลที่วัดด้วยตัวแปรเชิงสุ่มชนิดต่อเนื่องแล้ว การใช้ขาดตัวอย่าง 4 หรือ 5 ตัวอย่าง ก็เพียงพอในการประมาณค่าเฉลี่ยด้วยการแจกแจงแบบปกติ

ในทางปฏิบัติขนาดตัวอย่าง n ที่ใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างในแต่ละกลุ่มย่อยจะใช้ตัวอย่างอย่างน้อย 4 ตัว แต่จะใช้มากกว่านี้ก็ได้ การประมาณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยจะประมาณด้วย $\overline{X}$ และวัดการกระจายของตัวอย่างแต่ละกลุ่มย่อยด้วย S และ R แต่ประเด็นสำคัญของการควบคุมคุณภาพการสร้างแผนภูมิควบคุมคุณภาพ ก็คือ การหาค่าประมาณการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

การประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรได้ เมื่อในการควบคุมคุณภาพการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างมากลุ่มย่อยละ 4 ตัวอย่างหรือมากกว่า แล้วทำการวัดการกระจายของข้อมูลในแต่ละกลุ่มย่อย จะใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง S หรือค่าพิสัยของกลุ่มเฉลี่ยตัวอย่าง R ในการประมาณค่า σ ได้ ซึ่งการประมาณค่า σ สามารถประมาณค่าได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$ และจากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$

ก) การประมาณค่า σ จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{S}$

σ′ คือ ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

C_2 คือ ค่าที่กำหนดในตารางมาตรฐาน

$\overline{S}$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ดังนั้นจะได้ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรคือ

$$\sigma' = \frac{\overline{S}}{C_2}$$

ข) การประมาณค่า σ จากความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ $\overline{R}$

σ′ คือ ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

d_2 คือ ค่าที่กำหนดในตารางมาตรฐาน

$\overline{R}$ คือ ค่าพิสัยเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

ดังนั้นจะได้ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรคือ

$$\sigma' = \frac{\overline{R}}{d_2}$$

ค) (ภรณี เจริญภักดร์ และคณะ, 2536) การประมาณค่า σ เมื่อสุ่มตัวอย่างจากประชากรที่ไม่มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ หากไม่ทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรให้ใช้ขนาดตัวอย่าง $n \geq 30$ เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างดังกล่าว สามารถใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานของตัวอย่าง แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรได้ (แม้ไม่ทราบค่า σ ก็ใช้ S แทน σ ได้)

- การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องคือ การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าไม่ต่อเนื่องโดยการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่มักใช้มากในงานคุณภาพ ได้แก่ การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) การแจกแจงไฮเปอร์จีออเทตริก (Hypergeometric Distribution) และการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poison Distribution)

ก) การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution)

การแจกแจงทวินามเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่มีการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในงานวิศวกรรม เนื่องจากการแจกทวินามเป็นพื้นฐานของการประเมินผลตัวอย่างจากประชากรแบบคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งผลการประเมินผลตัวอย่างจากประชากรแบบคุณภาพโดยทั่วไปจะแบ่งเป็นสองประเภทคือ ดี เสีย พึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ สำเร็จหรือล้มเหลว เป็นต้น การแจกแจงทวินามเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดจากอนุกรมของการทดลองแบบสุ่มซึ่งการทดลองแบบสุ่มนี้เรียกว่า Bornoulli Process โดยมีสมมติฐานดังนี้

1. การทดลองสุ่มแต่ละครั้งเป็นการลอง (Trial) ที่มีผลลัพธ์สองประเภทเรียกว่า ความสำเร็จและ ความล้มเหลว

2. ความน่าจะเป็นของความสำเร็จมีค่าคงที่ทุกครั้งที่ทดลอง

3. การทดลองแต่ละครั้งเป็นอิสระต่อกัน

การแจกแจงทวินามทำให้เกิดความน่าจะเป็นของจำนวนการสังเกตที่ตกลงไปอยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่งของผลลัพธ์ เช่น ความน่าจะเป็นที่มีจำนวนความสำเร็จ X ครั้งที่เกิดขึ้นในการทดลองของ Bornoulli Process n ครั้ง หรือความน่าจะเป็นที่มีของดี X ชิ้นในการสุ่ม n ชิ้น ความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามคำนวณได้จาก

$$b(x,n,p) = \binom{n}{p} p^x (1-p)^{n-x}$$

เมื่อ X แทนตัวแปรสุ่มทวินาม ซึ่งอาจจะเป็นจำนวนครั้งของความสำเร็จหรือล้มเหลว

n แทนจำนวนครั้งของการกระทำ

p แทนความน่าจะเป็นของความสำเร็จที่เกิดขึ้นจากการกระทำแต่ละครั้ง

b(x,n,p) แทนความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินามของตัวแปรสุ่ม X

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความน่าจะเป็นสะสมได้จาก

$$P(x \le r) = B(r;n,p) = \sum_{x=0}^{r} b(x;n,p)$$

ข) การแจกแจงปัวส์ซอง (Poisson Distribution)

การแจกแจงปัวส์ซอง เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นไม่ต่อเนื่องที่เกี่ยวกับเหตุการณ์เพียงเหตุการณ์เดียวที่เกิดจากการทดลองโดยจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจะไม่แน่นอน แต่จะขึ้นกับอัตราการเกิดเหตุการณ์เฉลี่ยในบริเวณหนึ่ง ๆ จะลดลง เมื่อช่วงเวลาลดลงหรือบริเวณนั้น ๆ เล็กลง กล่าวคือเหตุการณ์ที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งมากกว่า 1 ครั้งจะแปรผันตรงกับช่วงเวลาหรือขนาดของบริเวณ และเมื่อขนาดของชวงเวลาสั้นมากหรือในบริเวณที่มีขนาดเล็กมาก ๆ จนเกือบเป็นศูนย์ โอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์หนึ่งมากกว่า 1 ครั้ง สามารถประมาณให้มีค่าเป็นศูนย์ได้

การแจกแจงปัวส์ซองทำให้เกิดความน่าจะเป็นสำหรับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง โดยค่าความน่าจะเป็นนี้สามารถคำนวณได้จาก

$$P(x;\mu) = \frac{\mu^x e^{-\mu}}{x!}$$

เมื่อ X แทนตัวแปรสุ่มของปัวส์ซอง

μ แทนค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหรือบริเวณหนึ่ง

$p(x, \mu)$ แทนความน่าจะเป็นปัวส์ซองของตัวแปรสุ่ม X

e แทน 2.71828.....

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณความน่าจะเป็นสะสมได้จาก

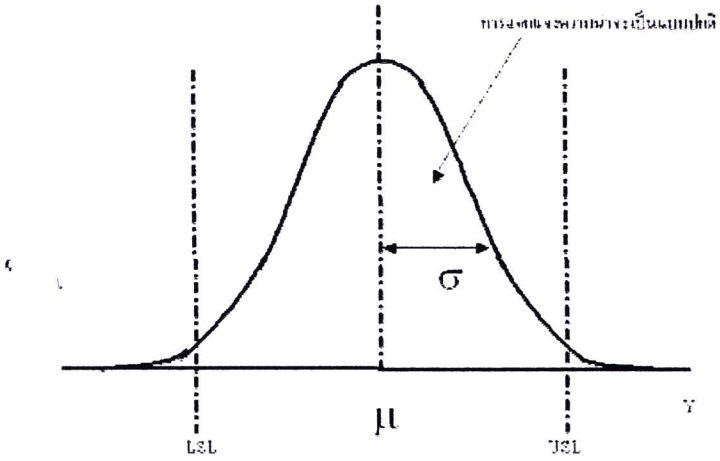
$$P(x \le c) = \sum_{x=0}^{c} p(x;\mu)$$

ค) การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง คือการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่มีค่าต่อเนื่องโดยการแจกแจงความน่าจะเป็นต่อเนื่องมักใช้มาก ได้แก่ การแจกแจงแบบปกติ การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชี่ยน และการแจกแจงแบบไคสแควร์

1. การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงแบบปกติ เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มส่วนมากจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรเหล่านั้นแต่จะมีตัวแปรสุ่มเพียงส่วนน้อยที่มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของตัวแปรซึ่งทำให้การแจกแจงแบบปกตินี้เป็นการการแจกแจงความน่าจะเป็นต่อเนื่องที่ใช้มาก เนื่องจากค่าในการวัดทางด้านกายภาพส่วนมาก เช่น ความยาวของชิ้นงานที่ตัดจากเครื่องตัด จะมีการแจกแจงความถี่ที่ใกล้เคียงกับเส้นโค้งปกติ ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่แสดงให้เห็นความถี่ของตัวแปรสุ่มแต่ละค่ามีรูปร่างทรงระฆังคว่ำ (Bell Shape)



รูปที่ 2.8 แสดงการแจกแจงแบบปกติ

เส้นโค้งปกติมีคุณสมบัติดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และฐานนิยมอยู่ที่ $X = \mu$
2. เส้นโค้งสะสมมาตรกับแกนที่ลากตั้งฉาก $X = \mu$
3. เส้นโค้งมีจุดเปลี่ยนเว้าที่ $X = \mu \pm \sigma$ โดยเส้นโค้งจะโค้งลงในช่วง $\mu - \sigma < X < \mu \pm \sigma$ แต่จะโค้งขึ้นในช่วงที่เหลือ
4. ปลายโค้งจะลู่เข้าหาแกนนอนเมื่อ X มีค่าห่างจาก μ มากขึ้นแต่จะไม่ตัดแกนนอน
5. พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่ภายใต้เส้นโค้งจะอยู่เหนือแกนนอนมีค่าเท่ากับ 1

หากการแจกแจงปกติใดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1 จะเรียกการแจกแจงนั้นว่า การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)

การแจกแจงปกติ ทำให้เกิดความน่าจะเป็นสำหรับตัวแปรสุ่มเป็นช่วง เช่น ความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่มมีค่าระหว่าง X_1 ถึง X_2 การคำนวณความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติสามารถคำนวรได้จากการหาพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติ และเพื่อความสะดวกในการหาค่าความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ จึงได้มีการนำการแจกแจงปกติมาตรฐานมาช่วยในการคำนวณ โดยการปรับตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ ให้สอดคล้องกับการแจกแจงปกติมาตรฐาน

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

โดยที่ Z = ตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติมาตรฐาน

X = ตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ

μ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติใด ๆ

σ = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงปกติใด ๆ

2. การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียล (Exponential Distribution)

การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียลเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นที่มีการประยุกต์ในงานด้านวิศวกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น การประเมินความเชื่อถือได้ การประยุกต์ใช้ในทฤษฎีแถวคอย เป็นต้น การแจกแจงแบบเอ็กซโปเนนเชียลมีลักษณะใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปัวส์ซอง จะแตกต่างกันตรงที่การแจกแจงปัวซ์ซองเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มไม่ต่อเนื่อง แต่การแจกแจงเอ็กซโปเนนเชียลเป็นการแจกแจงตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง ดังนั้นสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้กับการทดลองปัวส์ซองจึงถูกนำมาใช้กับการทดลองแบบเอ็กซโปเนชียลด้วย

3. การแจกแจงไคสแควร์ (Chi-Square Distribution)

การแจกแจงไคสแควร์ เป็นการแจกแจงที่ใช้มากในการทดสอบสมมติฐาน โดยการแจกแจงแบบไคสแควร์จะเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่เป็นผลรวมของค่ากำลังสองของตัวแปรสุ่มปกติหลาย ๆ ตัว ดังนั้น การแจกแจงไคสแควร์จึงใช้แทนการแจกแจงของการสุ่มตัวอย่าง S^2 เมื่อตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ

- กราฟที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ผังการกระจาย

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

ในการควบคุมกระบวนการผลิต ปัญหาที่พบบ่อยคือ การปรับค่าตัวแปรแล้วส่งผลถึงความเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอีกตัวแปรหนึ่ง จึงจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองตัว เพื่อจะใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการผลิต ดังนั้นผังการกระจาย (Scatter Diagram) เป็นเครื่องมือหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงของตัวแปรทั้งสองตัวได้

ผังการกระจาย จะมีลักษณะการเกาะกลุ่มและการกระจายของจุดแสดงข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป จากกลุ่มของข้อมูลในผังกระจายนี้ เราสามารถใช้เพื่อการอนุมานหา

ความสัมพันธ์ของข้อมูลแกน X ละ Y ซึ่งในทางสถิติเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า สหสัมพันธ์ (Correlation)

2. แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram)

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

หากวิเคราะห์เรื่องปัญหาคุณภาพพบว่า จุดบกพร่องไม่กี่ชนิดทำให้เกิดความสูญเสียมากมาย ขณะที่ความสูญเสียเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่เหลือนั้นมีสาเหตุมาจากจุดบกพร่องหลายชนิดมาก จึงมีคำกล่าวเรียกชนิดของจุดบกพร่อง 2 ประเภทนี้ว่า

1. ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก (The Vital Few)
2. ประเภทมากชนิดแต่มีผลน้อย (The Trivial Many)

แผนภูมิพาเรโต เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากในการหาปัญหาที่ก่อให้เกิดผลเสียอย่างมากมาย แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าของข้อมูลที่แสดงโดยใช้แกนตั้งกับประเภทของข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาซึ่งแสดงโดยใช้แกนนอน และเรียงลำดับตามข้อมูลที่รวบรวมมาจากมากไปหาน้อย

แผนภูมิพาเรโต เป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟแท่งแทนข้อมูลที่ให้สามารถมองเห็นปัญหาได้อย่างชัดเจน กว่าการนำเสนอข้อมูลในรูปของตารางที่มีค่าเป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว

หลักการของแผนภูมิพาเรโต สามารถใช้ในการหาปัญหาที่มีความรุนแรงมากได้ เนื่องจากแผนภูมิพาเรโตจะแยกลำดับความสำคัญของปัญหาตามข้อมูลที่รวบรวมมา ซึ่งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาอาจจะเป็นจำนวนของเสียแต่ละประเภท

การนำแผนภูมิพาเรโตมาช่วยในการหาปัญหานั้น ใช้หลักการที่ว่าร้อยละ 80 ของปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากร้อยละ 20 ของส่วนที่อาจจะทำให้เกิดปัญหา หรือกล่าวได้ว่า ปัญหาที่เกิดส่วนใหญ่จะมีสาเหตุมาจากสาเหตุเพียง 2-3 สาเหตุ ดังนั้น เมื่อนำแผนภูมิพาเรโตมาใช้จะทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ จะได้นำไปสู่การหาสาเหตุของปัญหา และการกำหนดมาตรการในการแก้ไขสาเหตุของปัญหานั้น ๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว เมื่อกำจัดสาเหตุของปัญหาหนึ่งไปแล้ว จะทำให้ปัญหาอื่น ๆ มีแนวโน้มลดลงไปด้วย

3. การแจกแจงและฮีสโตแกรม

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541)

กล่าวว่า ถ้าสามารถควบคุมให้ปัจจัยต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตให้คงที่สม่ำเสมอตลอดเวลา ข้อมูลที่เก็บได้จากกระบวนการผลิตอันนั้นก็จะมีค่าคงที่ แต่ในทางเป็นจริงแล้วเป็นไปไม่ได้ เพราะปัจจัยการผลิตแต่ละตัวจะมีความผันแปร (Variation) อยู่ตลอดเวลาแม้ว่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม ผลก็คือข้อมูลจากการผลิตนั้นก็จะแปรผันหรือเกิดความผันแปรไปด้วยเสมอตลอดเวลา

ถึงแม้ว่าข้อมูลที่เก็บได้จริงจากกระบวนการผลิต จะต้องมีความแตกต่างกันตลอดเวลา แต่ก็ใช่ว่าจะไม่มีรูปแบบแห่งความผันแปรที่ไม่แน่นอนแต่ว่าความผันแปรของข้อมูลเหล่านั้น ได้เกขึ้นเป็นไปตามกฎเกณฑ์บางอย่างที่เรียกว่า มีการแจกแจง (Distribution) ที่มีรูปแบบที่ศึกษาได้

ฮีสโทรแกรมเป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้กราฟแทนข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของข้อมูลนอกเหนือจากจะที่สามารถสังเกตได้จากการสังเกตได้จากในรูปตาราง ซึ่งฮีสโตแกรมจะถูกนำมาใช้เมื่อ

1. ลักษณะการแจกแจงข้อมูลมีความสำคัญในการวิเคราะห์
2. ค่าของข้อมูลมีความแปรผันหรือแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างนี้ย่อมจะเกิดขึ้นได้กับกระบวนการทุกกระบวนการ เนื่องจากการรักษาไว้ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ให้คงที่ตลอดเวลาเป็นส่วนที่เป็นไปไม่ได้
3. ความผันแปรของข้อมูลแสดงให้เห็นรูปแบบของข้อมูล ซึ่งเรียกว่าการแจกแจง (Distribution) เช่น ข้อมูลทุกข้อมูลอยู่ภายใต้ข้อกำหนด ข้อมูลส่วนใหญ่อยู่ใกล้ข้อกำหนดสูงสุด
4. รูปแบบของข้อมูลไม่สามารถสังเกตได้ง่ายโดยใช้ตาราง
5. รูปแบบของข้อมูลสังเกตได้ง่ายเมื่อใช้ฮีสโตรแกรม

รูปแบบของฮีสโตรแกรมที่สำคัญ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Bell-Shaped เป็นรูปร่างที่มีความสมมาตร โดยมีจุดกึ่งกลางของข้อมูลเป็นจุดสูงสุดและเป็นแกนสมมาตร ซึ่งเป็นรูปร่างแสดงให้เห็นว่า ข้อมูลปกติ

2. Double-Peaked เป็นรูปร่างที่เกิดจาก 2 Bell-Shaped มาต่อกันแล้วทำให้จุดกึ่งกลางของข้อมูลเป็นจุดที่มีความถี่ต่ำสุด ซึ่งเป็นความผิดปกติของข้อมูล ที่อาจจะเกิดจากการมีข้อมูลสองชุดที่เกิดจากวิธีทำงานที่แตกต่างกัน

3. Plateau เป็นรูปร่างที่ไม่มียอกเด่นของข้อมูล ความถี่ของข้อมูลใกล้เคียงกันแต่ที่ขอบของข้อมูลมีความถี่ลดลงเล็กน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความผันแปรมากซึ่งอาจจะเกิดจากการทำงานโดยไม่มีการฦกหรือกระบวนการผลิตที่มีความแปรปรวนมาก

4. Comb เป็นรูปร่างที่มียอดสูงต่ำสลับกันไป ซึ่งมักเกิดจากความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลหรือการกำหนดขั้น

5. Skewed เป็นรูปร่างไม่สมมาตรโดยยอดที่สูงจะไปอยู่กึ่งกลางของข้อมูล ถ้าหากข้อมูลที่มีความถี่มากอยู่ทางด้านขวาจะเรียกว่า ข้อมูลเบ้ซ้าย และถ้าหากข้อมูลที่มีความถี่มากอยู่ทางด้านซ้ายจะเรียกว่า ข้อมูลเบ้ขวา ซึ่งการที่ข้อมูลมีความเบ้อาจจะเกิดจากความผิดปกติของกระบวนการ

6. Truncated เป็นรูปร่างที่ไม่สมมาตรโดยยอดของฮีสโตรแกรมจะอยู่สูงที่ขอบด้านใดด้านหนึ่งแล้วการกระจายของข้อมูลจะค่อย ๆ ลดลงอีกด้านหนึ่ง ซึ่งการที่ฮีสโตรแกรมมีรูปแบบนี้อาจจะมีสาเหตุมาจาก มีปัจจัยภายนอกมากระทบกับกระบวนการผลิต เช่น การตรสจสอบ 100% การเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

7. Isolated Peaked เป็นรูปร่างคล้าย Double Peaked เพียงแต่มีกลุ่มข้อมูลกลุ่มหนึ่งใหญ่กว่าอีกกลุ่มหนึ่งมาก ซึ่งกลุ่มข้อมูลที่น้อยจะแสดงให้เห็นว่า มีความผิดปกติในกระบวนการหรืออาจจะมีผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมในช่วงที่เก็บข้อมูลหรืออาจจะเกิดจากความผิดพลาดในการวัด

8. Edge-Peaked เป็นรูปร่างการกระจายข้อมูลปกติเพียงแต่มีข้อมูลที่มีความถี่สูงอยู่ที่ขอบด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งการที่ฮีสโตรแกรมมีลักษณะเช่นนี้อาจจะเกิดมาจาก การเก็บบันทึกข้อมูลที่ไม่แม่นยำ

2.3.3.3 การปรับปรุงกระบวนการ (Improve Phase)

- ทฤษฎีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลองทางสถิติ

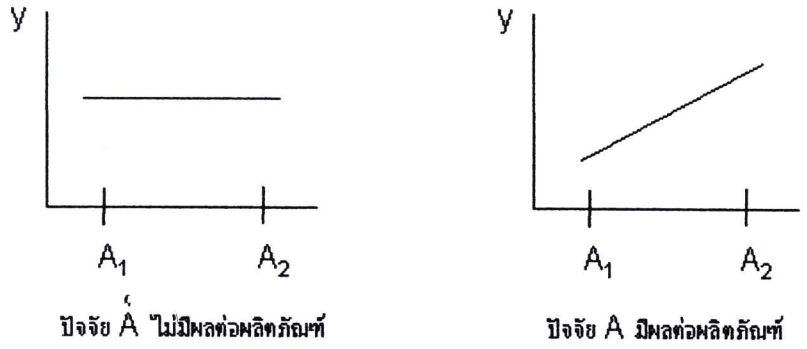
การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output response)

ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็น

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อยสองระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง ตัวอย่างเช่น ให้ y เป็นค่าความขุ่น และ A หมายถึง ค่าความเข้มข้นของสี ซึ่งจะสรุปผลเมื่อได้กราฟตัวอย่างดังนี้



ปัจจัย A ไม่มีผลต่อผลิตภัณฑ์ ปัจจัย A มีผลต่อผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2.9 แสดงอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว

- วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

1. เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือ ความเชื่อจากประสบการณ์ หรือ ทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต

2. เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือการศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

- คำจำกัดความ (Definition)

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง สภาวะต่าง ๆ ของปัจจัยหนึ่ง ๆ ที่ทำการกำหนดในการทดลอง

ปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

- หลักในการออกแบบการทดลอง

1. การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูลแต่ละตัวเท่า ๆ กัน เพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ให้กับทุกระดับที่ศึกษาเท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีคือ

1.1 การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)

1.2 การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)

1.3 การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete randomization within blocks)

2. การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

3. การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่ต้องมีการทำเสมอไป

- ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. การนิยามปัญหา เป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไรและต้องการรับรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้ จะเกี่ยวโยงไปถึงวัตุประสงค์ของการทดลอง

2. การเลือกปัจจัยที่มีผลและระดับปัจจัย เป็นการใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่า มีปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในปัจจัยนั้นควรจะมีช่วงในการทดลองว่าเป็นอย่างไร เพื่อระบุระดับปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือ ระบุว่าระดับที่ใช้เป็นแบบกำหนด (Fixed levels), แบบสุ่ม (Random levels) หรือแบบผสม (Mixed levels)

3. แบบกำหนด (Fixed levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

4. แบบสุ่ม (Random levels) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยได้แน่นอน

5. แบบผสม (Mixed levels) หมายถึง การผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

6. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประดยชน์ในการศึกษา และการวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องวัดด้วย

7. การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวโยงกันในด้านความเสี่ยง และต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกปัจจัย

8. การทำการทดลอง ในขณะทำการทดลอง จะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือต้องมีการสุ่ม การทำซ้ำ ข้อควรระวังในการทดลองคือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีน้อยที่สุด

9. การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางสถิติเข้ามาวิเคราะห์และสรุปผล รวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ความเชื่อมั่นเป็นเปอร์เซนต์ในการสรุปผล

10. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลการวิเคราะห์ ซึ่งอาจจะแสดงในรูปภาพ ตาราง แผนภูมิ เป็นต้น

- หลักการทางสถิติที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2) เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลอง มีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในการทดลองทุกครั้ง จะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) หรือ ความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีจะต้องทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) น้อยที่สุด

$$\text{สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ } (R^2) = \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้ x 100\%}}{\text{ความผันแปรทั้งหมด}}$$

ถ้าค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจ (R^2) ต่ำ สามารถแก้ไขโดย

1. เพิ่มจำนวนซ้ำในการทดลอง

2. ตรวจสอบหาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง แล้วออกแบบการทดลองใหม่

3. ถ้าทำการเพิ่มปัจจัยอื่นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ยังต่ำอยู่ แสดงว่าผลจากปัจจัยรบกวน (Noise Factor) มีมาก ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน

- การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model adequacy checking)

จากสมการ; $Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij}$

ซึ่ง μ คือ ค่าเฉลี่ย

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

ε คือ ความคลาดเคลื่อน

ในการออกแบบการทดลองส่วนใหญ่มักจะตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์จากการที่ y (ตัวแปร) มีการกระจายแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ดังนั้น y จะมีการกระจายแบบนี้ได้ต้องให้ ε มีการกระจายแบบปกติด้วย และต้องเป็นการกระจายที่เป็นอิสระ $\varepsilon_{ij} \sim$ NID $(0,\sigma^2)$

การตรวจสอบ ε_{ij} มี 3 ขั้นตอนคือ

1. การตรวจสอบการกระจายว่าเป็นแบบแจงแจงปกติ (Normal Distribution) หรือไม่

- การทดสอบแบบไคร์สแควร์ (χ- Goodness of fit test)
- การทดสอบแบบโคโมโกรอฟ-สเมอร์นอฟ (Kolgomorov-Smirnov test)
- การตรวจสอบโดยใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติ (NOPP)

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter plot) แล้วดูลักษณะการกระจายของจุกที่แทนข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นรูปแบบอิสระหรือไม่

3. การตรวจสอบความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจายซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual) ในแต่ละระดับของปัจจัย ถ้ารูปร่างของการกระจายของข้อมูลที่ออกมาไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน (Megaphone) แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน (Variance Stability)

- การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่า ในการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้วิธีทางสถิตินั้น จะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

H_0 : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยงสองตัวคือ α และβ

α หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง

β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

จากความเสี่ยงทั้งสองแบบ จึงต้องทำการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ ก็มักจะให้ค่าของ α คงที่และให้ค่าของβ น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การตั้งสมมติฐานแบ่งออกได้เป็นสองกรณี

1. กรณีรูปแบบกำหนด (Fixed Model) จะเป็นการตรวจสอบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการผลิตหรือไม่ ดังนั้นสมมติฐานที่ตั้งคือ

H_0 : ปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H_1 : ปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

หรือเขียนในรูปสัญลักษณ์เมื่อ τ คืออิทธิพลของปัจจัย

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

$H_1 : \tau_1 \neq 0$; อย่างน้อยที่สุดหนึ่ง

2. กรณีของรูปแบบสุ่ม (random Model) จะเป็นการตรวจสอบว่า ความแปรปรวน (σ^2) จะมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ เพราะไม่สามารถหาค่าของอิทธิพล (Effect) ที่เกิดขึ้นแน่นอนได้ ดังนั้นสมมติฐานคือ

$H_0 : \sigma^2 = 0$

$H_1 : \sigma^2 \neq 0$

- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

ผู้ที่นำวิธีการนี้มาใช้คือ ฟิชเชอร์ (Fisher) ซึ่งใช้วิธีการนี้จากหลักการที่ว่า ในการหาว่าปัจจัยใดที่มีผล ให้วิเคราะห์ที่ความแตกต่าง โดยวัดความแตกต่างรวมออกมาในรูปของความแปรปรวน (Variance) แล้วแตกออกมาเป็นความแตกต่างย่อย แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างย่อยนั้น หากความแตกต่างนั้น มีผลต่อตัวที่ต้องการคุณสมบัติและตัวประมาณค่าความแปรปรวน (Variance) ที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอบ (Mean Square: MS) ซึ่ง

$$MS = \frac{SS}{df}$$

เมื่อ SS คือผลรวมกำลังสอง (Sum of Square) และ df คือชั้นของความอิสระ (Degree of freedom) จากนั้นจะเปรียบเทียบค่าความแปรปรวนโดยที่

$$F = \frac{Var(tr)}{Var(E)}$$

และจากการต้องใช้การกระจายแบบแจกแจงเอฟ (F-Distribution) เป็นตัวทดสอบ ดังนั้น ε_{ij} จึงต้องมีรูปแบบเป็น NID $(0,\sigma^2)$ เท่านั้น

ตัวอย่างการสร้างตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการวิเคราะห์ปัจจัยสองปัจจัย

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

โดยที่ i = 1,2,...,a (ระดับของปัจจัย A)

J = 1,2,...,b (ระดับของปัจจัย B)

k = 1,2,...,n (จำนวนซ้ำ)

y = ค่าของตัวแปรตอบสนอง

μ = ค่าเฉลี่ย

τ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

β = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย

$\tau\beta$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β

ε = ความคลาดเคลื่อน

A = คือปัจจัย A

B = คือปัจจัย B

AB = คือปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย A และ B

MS_A, MS_B, MS_{AB} = กำลังสองเฉลี่ยของปัจจัย A,B และ AB ตามลำดับ

MS_E = กำลังสองเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน

SS_A, SS_B, SS_{AB} = ผลรวมกำลังสองเฉลี่ยของปัจจัย A,B และ AB ตามลำดับ

SS_E = ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สมมติให้ $\alpha = 0.05$ หากค่า F_0 ที่ได้ $\leq F_{0.05}, \nu_1, \nu_2$ แล้วถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผล คือสามารถยอมรับสมมติฐาน แต่ถ้าค่าของ $F_0 \geq F_{0.05}, \nu_1, \nu_2$ ถือได้ว่าไม่สามารถยอมรับสมมติฐานหลักได้นั่นคือปัจจัยมีผล

- การเลือกแบบการทดลอง

ก. แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomize Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยว (Single factor experiment) และปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ที่มีขนาดไม่โตนัก และไม่มีปัจจัยรบกวน การทดลองจะทำโดยยึดหลักการทดลองแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication) โดยขั้นตอนในการทำการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ความคุมได้ (Controllable Factor) ที่สนใจ

2. ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Random) ในการวัดค่า

3. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ข. แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดี่ยวและมีปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือ

1. ต้องทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้ง

2. ต้องทำซ้ำทุกการทดลอง

3. ต้องทำการบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำ มากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งก็ขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

1. ออกแบบและวางแผนการทดลอง

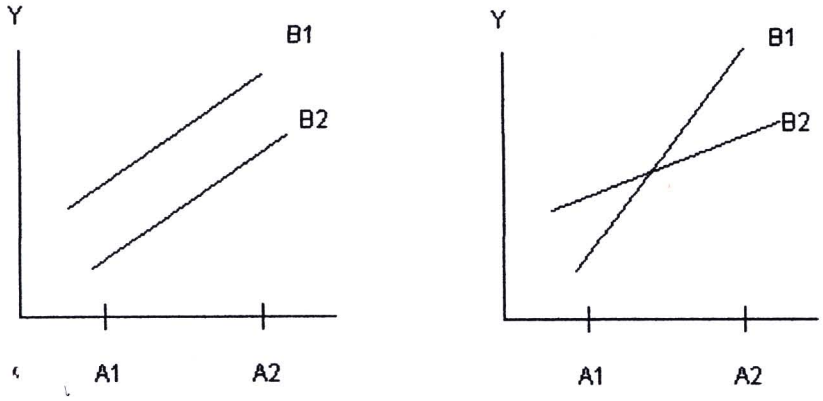
2. เก็บข้อมูล

3. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งต้องจะมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

ค. แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่สองปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple Factor Experiment) และเนื่องจากปัจจัย (Factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Factor) ที่สมใจแล้ว ยังอาจจะเกิดอิทธิพลของปัจจัยรวม (Interact Effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interact Effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้วมีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนไปด้วย ดังตัวอย่างการเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรือปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังรูปที่ 2.10 ซ้าย และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดังรูปที่ 2.10 ขวา โดย A และ B คือปัจจัยสองปัจจัย



รูปที่ 2.10 แสดงกราฟที่ไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ซ้าย) เปรียบเทียบกับกราฟที่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วม (ขวา)

แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลทั่วไป (Factorial Design) มีรูปแบบทั่ว ๆ ไป คือ A x B x C .... ! เช่น 3 x 2 x 2 ! โดยรูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคโทเรียลที่สำคัญได้แก่

2^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 2 ระดับใน k ปัจจัย เช่น 2^2 แฟคทอเรียล, 2^3 แฟคทอเรียล เป็นต้น

3^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่กำหนดระดับของปัจจัยไว้ 3 ระดับในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย เช่น 3^2 แฟคทอเรียล, 3^3 แฟคทอเรียล เป็นต้น

เหตุที่ใช้ เนื่องจากการออกแบบ 2^k-แฟคทอเรียล นั้นเหมาะกับรูปแบบ (Model) ที่มีความเป็นเส้นตรง (Linearity) จึงมีความถูกต้องในการตีความข้อมูล ดังนั้น หากอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (Linearity) ไม่ดีแล้ว จะหันมาใช้ 3^k แฟคทอเรียล แทนจะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัย ที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำการตัดปัจจัยบางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบ ทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้ จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีต

เมนต์ (Treatment Effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block Effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีคเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียล ที่มีปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนดรูปแบบอื่น ๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน บ่อยครั้งพบว่า ไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ ซึ่งการแก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้คือ การตั้งสมมติฐานในบางปฏิสัมพันธ์ บางอิทธิพลสามารถละเลยได้ แสดงได้ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างในการทดลองแฟคโทเรียลของปัจจัย 3 ปัจจัย A B และ C โดยให้

i = 1,2,...,a (ระดับของปัจจัย A)

j = 1,2,...,b (ระดับของปัจจัย B)

k = 1,2,...,c (ระดับของปัจจัย C)

l = 1,2,...,n (จำนวนซ้ำ)

สมการตัวแบบของแหล่งความผันแปรต่อตัวแปรตอบสนอง คือ

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

และ Y คือค่าของตัวแปรตอบสนอง

μ = ค่าเฉลี่ย

τ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย A

β = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย B

γ = อิทธิพลที่เกิดจากปัจจัย C

$\tau\beta$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β

$\tau\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ γ

$\beta\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ β และ γ

$\tau\beta\gamma$ = อิทธิพลที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ τ และ β และ γ

ε = ความคลาดเคลื่อน

ค่าคาดหมายของกำลังสองเฉลี่ย (Expected Mean Square) ของรูปแบบอิทธิพลสุ่ม (Random Effect Model) ของ 3 ปัจจัยดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าคาดหมายของรูปแบบอิทธิพลแบบสุ่ม

ปัจจัย	ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสอง
τ_i	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + bn\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bcn\sigma^2_{\tau}$
β_j	$\sigma^2 + cn\sigma^2_{\tau\beta} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + anc\sigma^2_{\beta}$
γ_k	$\sigma^2 + bn\sigma^2_{\tau\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma} + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + abn\sigma^2_{\gamma}$
$(\tau\beta)_{ij}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + cn\sigma^2_{\tau\beta}$
$(\tau\gamma)_{ik}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + bn\sigma^2_{\tau\gamma}$
$(\beta\gamma)_{jk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma} + an\sigma^2_{\beta\gamma}$
$(\tau\beta\gamma)_{ijk}$	$\sigma^2 + n\sigma^2_{\tau\beta\gamma}$
ε_{ijkl}	σ^2

จากการตรวจสอบค่าคาดหมายจากค่าเฉลี่ยกำลังสองพบว่า ในอิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main Effect) หรืออิทธิพลของปัจจัย A ไม่สามารถที่จะทดสอบได้อย่างถูกต้องโดยที่ถ้าต้องการที่จะทดสอบสมมติฐาน $\sigma^2_{\tau} = 0$ จะไม่สามารถสร้างเศษส่วนของค่าเฉลี่ยกำลังสอง 2 ค่าที่มีเพียงเทอม $bcn\sigma^2_{\tau}$ อยู่ในเทอมของเศษ นอกเหนือจากนั้นอยู่ในเทอมของส่วน ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเกิดกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก B และ C ด้วย ซึ่งในการทดลองส่วนใหญ่ ผู้ทำการทดลองจะสนใจและให้ความสำคัญกับอิทธิพลของปัจจัยหลัก ฉะนั้นการทำการละเลยอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ของสองปัจจัยหรือกำหนดให้ $\sigma^2_{\tau\beta} = \sigma^2_{\beta\gamma} = \sigma^2_{\tau\gamma} = 0$ ก็จะทำให้การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยหลักมีความถูกต้องมากขึ้น

ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์ในลักษณะนี้น่าจะสนใจและเป็นไปได้ แต่ในการละเลยอิทธิพลและปฏิสัมพันธ์นั้น ต้องอาศัยความรู้และข้อมูลในอดีตอย่างมากพอ

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน จะทำการวิเคราะห์โดยทำการรวมค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS) และประมาณความคลาดเคลื่อนด้วยขั้นของความอิสระ (df) ที่มากขึ้น ดังตัวอย่าง ถ้าหากตัวทดสอบไม่มีนัยสำคัญ ดังนั้นจึงต้องยอมรับสมมติฐานหลัก H_0 : $\sigma^2_{\tau\beta\gamma} = 0$ จึงประมาณความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน (σ^2) จากค่าเฉลี่ยกำลังสองของทรีตเมนต์ ABC (MS_{ABC}) และค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MS_E) และการรวมกันของค่าเฉลี่ยกำลังสองเป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนใหม่ (MS_E) ทำได้โดย

$$MS_E = \frac{\left[abc(n-1)MS_E + (a-1)(b-1)MS_{ABC}\right]}{abc(n-1)+(a-1)(b-1)(c-1)}$$

$$E(MS_E) = \sigma^2$$

$E(MS_E)$ คือ ค่าคาดหมายของค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อน

สังเกตได้ว่า ขั้นของความอิสระของค่าเฉลี่ยกำลังสองจะเพิ่มขึ้น ข้อควรระวังคือ ถ้าหากทรีตเมนต์นั้นมีอิทธิพลกับความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะทำให้ค่าฉลี่ยกำลังสองที่ได้ใหม่มีขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำการตรวจพบอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เป็นไปได้ยากมาก แต่ในอีกแง่หนึ่ง หากค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนแต่เดิมมีขั้นของความอิสระน้อย การเพิ่มเติมโดยการรวมจะสามารถช่วยเพิ่มความสามารถตรวจพบอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ได้

2.3.3.4 การควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

- แผนภูมิควบคุม

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียน, วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541) ได้อธิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ไว้ดังนี้

แผนภูมิควบคุมคือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิต และต้องการจะควบคุม เพื่อเป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือข้อมูลที่ได้จากการวัด (variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งโดยปกติจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือเส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาติให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่ในขอบเขตนี้ก็ถือว่า ผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่า การผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาติให้เกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงานหรือคุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปรจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่าง ๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิดคือ

1. สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของกระบวนการผลิต (Chance Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้า

ที่ผลิตได้ เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ของวัตถุดิบและปัจจัยในการผลิตต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งที่เหมือนกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้นก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้น อยู่ในพิกัดที่ขอบเจตข้อกำหนดได้อนุญาติเอาไว้แล้วในค่าพิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียนแสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is in Control)

2. สาเหตุที่ระบุได้ หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ เป็นต้น ของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่ใช่เป็นปกติวิสัยหรือธรรมชาติของการผลิตนั้น ๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้ง

ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงานตัวอย่างจากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม ย่อมแสดงได้ว่ามีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The Process is out of Control)

แผนภูมิควบคุมแบ่งได้เป็นสองประเภทใหญ่ ๆ โดยพิจารณาคุณลักษณะของตัวแปรที่ใช้เขียนแผนภูมิคือ

1. แผนภูมิควบคุมชนิดมีค่าต่อเนื่อง (Continuous Value) หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด

2. แผนภูมิควบคุมชนิดข้อมูลไม่ต่อเนื่อง ค่าที่นับได้ลงตัวแน่นอน (Discrete Value) หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการนับ

ตารางที่ 2.5 ชนิดของแผนภูมิควบคุม

ลักษณะจำเพาะของค่าที่ควบคุม	ชื่อแผนภูมิที่ใช้
1. ข้อมูลมีค่าต่อเนื่องหรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด	$\overline{X}$ – R chart (แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย) X Chart (แผนภูมิควบคุมค่าวัด)
2. ข้อมูลแบบค่าไม่ต่อเนื่องหรือข้อมูลที่ได้จากการนับ	pn Chart (แผนภูมิควบคุมชิ้นงานที่เป็นของเสีย) p Chart (แผนภูมิสัดส่วนของเสีย) c Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิ) u Chart (แผนภูมิควบคุมจำนวนตำหนิต่อชิ้นงาน)

(ดำรง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคิวซีเป็นคิวซีเทคนิคอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมการผลิตในระหว่างการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีจุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หรือการเปลี่ยนแปยงนั้น ๆ ยังอยู่ในพิกัดควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิตเป็นแบบเลว ๆ หรือผิดปกติโดยเด็ดขาด จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

1. เพื่อหาเป้าหมายหรือมาตรฐานในกระบวนการผลิต
2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
3. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมทั้งสามประเภทเสียก่อนคือ เส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability Limit) และเส้นขอบเขตควบคุม (Control Limit) โดยสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับเส้นควบคุม 3 ประเภทดังต่อไปนี้

LSL แทน เส้นควบคุมข้อกำหนดบน (Upper Specification Limit)

USL แทน เส้นควบคุมข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limit)

UPCL แทน เส้นควบคุมขีดความสามารถบน (Upper Process Capability Limit)

LPCL แทน เส้นควบคุมขีดความสามารถล่าง (Lower Process Capability Limit)

UCL แทน เส้นควบคุมบน (Upper Control Limit)

CL แทน เส้นขอบเขตควบคุมกลาง (Control Limit)

LCL แทน เส้นขอบเขตควบคุมล่าง (Lower Control Limit)

เส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของสินค้าหรือชิ้นงานที่โรงงานหรือรัฐบาลเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุมข้อกำหนดขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบว่าต้องการความเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด

เส้นควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับ ค่าห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดส้นขอบเขตควบคุมสำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากกระบวนการควบคุมหรือยังกำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิต ควรมีเทคนิคดังต่อไปนี้

เลือกบริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่ต้องการทำและเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินใจในปัญหาทำให้เราทราบทันทีอย่างชัดแจ้งว่าต้องการข้อมูลอะไร

พิจารณาการใช้แผนภูมิควบคุมแบบไหน อาจจะเป็นแผนภูมิแบบ X-R, $\overline{X}$, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่ง

ทำแผนภูมิควบคุมสำหรับการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใด ๆ ผิดปกติ ต้องทำการค้าหาเหตุผล ที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไข

สร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนได้ขจัดหมดสิ้นแล้วจากในข้อ 3 และกระบวนการผลิตก็คงที่ ให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผลทั้งหมดเพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working procedure) หรืออาจมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพล็อตข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันต่อไป

การควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิตเป็นแบบมาตรฐานแล้ว แผนภูมิควบคุมจะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสภาวะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย

คำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุมของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับ

คุณภาพที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มด้วย ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ในการคำนวณเส้นควบคุมให้สังเกตกฎดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลที่จุดผิดปกติ ซึ่งค้นพบสาเหตุหรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

2. ข้อมูลที่จุดผิดปกติ แต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

แผนภูมิควบคุมสร้างได้ง่ายมาก ทำให้มรการใช้แพร่หลาย แต่แผนภูมิที่ใช้ประโยชน์จริง ๆ ถ้าพิจารณาดูให้ดีจะพบน้อยมาก

วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

(วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2537)

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือการอ่านหรือการตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุม เพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะแสดงออกให้เป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิต โดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราจะได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In-Controlled) ได้ต่อไป

ต่อไปนี้คือข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญเพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุม

1. อยู่นอกควบคุม พบได้ชัดเจนคือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of Control) อาจจอยู่นอกค่าสูงหรือต่ำก็ได้

2. การรัน (Run) เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเว้นค่ากลาง เราเรียกว่าเกิดรัน ความยาวของเส้นรันแต่ละชุดนั้นนับจากจำนวนจุดในชุดนั้น และรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความหมายได้ว่า ได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้ว ในการผลิตช่วงที่เกิดการรัน

3. การเกิดแนวโน้ม การเกิดจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีกี่สลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้าย ๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า การเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้มจะเคลื่อนไปจากขนาดกำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้ตั้งแต่แรก

4. การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกม่า (3σ) จากค่ากลางออกเป็น 2σ แล้วพบว่ามีจุด 2 จุดใน 3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม 3σ ถือได้ว่าเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the control limits) แล้ว และเป็นการบอกว่ามีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

5. การเกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้ว ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่า คงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นของการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลอาจมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมาจากต่างประชากรกันและเกิดการปะปนกัน

6. การเกิดวัฏจักร มีลักษณะคือ ค่าในเส้นกราฟจะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ มีลักษณะเป็นวงจรวงรอบ หรือวัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อ ๆ ไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)

2.4 การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยเกี่ยวกับสายการประกอบ

Yogathasan และ คณะ (1996) ได้ให้ความหมายของสายงานการประกอบไว้ว่าเป็นการจัดรูปแบบของผังประกอบ ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่าง ๆ ที่เรียกว่าสถานีงาน (Work Station) ในระบบสายงานประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่าง ๆ เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแต่ละหน่วยเข้ามาสู่สถานีงานใด ๆ แล้ว ก็จะเกิดขั้นงานการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีนั้นตามลำดับ เมื่อหมดขั้นตอนการประกอบในสถานีนั้นแล้ว ชิ้นส่วนก็จะเคลื่อนไปยังสถานีต่อไป ในขณะเดียวกันที่สถานีเดิมก็จะมีชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปเข้ามาแทน

งานวิจัยจำนวนมากในหลายปีที่ผ่านมาได้กล่าวถึงสายงานการประกอบ เช่น Hui และ คณะ (1999) ได้ศึกษาในเรื่องผลกระทบของความแปรปรวนของเวลา ต่อการจัดสมดุลสายการผลิตโดยศึกษาการการผลิตเสื้อเชิ้ตของผู้ชาย พบว่าการจัดสมดุลสายการผลิตที่ใช้เวลาที่มีค่าความแปรปรวนจะทำให้ค่า Smooth Index ที่น้อยกว่าแบบที่ไม่ใช้ความแปรปรวนของเวลา ซึ่งค่า Smooth Index ที่น้อยกว่าทำให้ได้การจัดสมดุลสายการผลิตที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จึงสามารถสรุปได้ว่าความแปรปรวนของเวลาการทำงานมีผลต่อการจัดสมดุลสายการผลิต ความแปรปรวนของเวลาทำงานสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกำลังการผลิตได้ โดยจากการศึกษาพบว่าการใช้ความแปรปรวนของเวลาทำงานสำหรับแต่ละสถานีงานให้ผลต่อการจัด

สมดุลการผลิตที่ดีกว่าแบบการใช้ความแปรปรวนของเวลาสำหรับแต่ละงานย่อยสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม

การจัดดุลสมดุลสายงานการประกอบก็เป็นหัวข้อหนึ่งที่มีการศึกษา ตัวอย่างเช่น Nkasu และ คณะ (1995) ได้เสนอโปรแกรม CIMASD ซึ่งเป็นการนำเอาวิธีการจัดสมดุลการผลิตแบบ COMSOAL มาใช้ เพื่อทำการแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตที่อยู่ใต้สภาวะความไม่แน่นอน เช่น มีการเปลี่ยนแปลงของรอบเวลาการผลิต หรือเวลาที่ใช้ในการทำงาน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้มีจำนวนสถานีงานน้อยที่สุด เวลาว่างน้อยที่สุด และรอบเวลาการผลิตที่น้อยที่สุด จากการนำเอา CIMSD ไปประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาแสดงว่า CIMSD สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก ทำให้สามารถประหยัดต้นทุน ซึ่งเป็นประโยชน์ในการวางแผนงาน ออกแบบ และการจัดลำดับงาน, Zhao และ คณะ (2000) นำเอาเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) มาใช้ประยุกต์รวมกับการจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบจำลองปัญหาในการจำลองระบบให้เหมือนระบบจริง และใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งประโยชน์จากงานวิจัยในกรณีศึกษาการประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟขั้นสุดท้ายคือช่วยแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตได้เป็นอย่างดี และสามารถทำให้ลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ, ประยุทธ์ (2535) ได้ทำงานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการจัดสมดุลการผลิตแบบผสมซึ่งได้ประยุกต์จากกรณีศึกษาโรงงานจริง และได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ โดยทำการทดลองวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคนิคต่าง ๆ ในการจัดสมดุลการผลิต ซึ่งเทคนิคที่ให้การจัดสมดุลการผลิตที่ดีและง่ายต่อการทำงานจริงคือ COMSOAL โปรแกรมสำเร็จรูปที่พัฒนาขึ้นสามารถทำการจำลองแบบปัญหาแล้วแสดงผลการจัดสมดุลสายการประกอบในรูปแบบภาพจำลองการเคลื่อนไหว ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถจำลองและตรวจดูสถานะของสายการประกอบที่จัดขึ้นที่เวลาใด ๆ ระหว่างการผลิตได้ ผลจากการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับวิธีการอื่นพบว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า หรือเทียบเท่าวิธีการเหล่านั้นสำหรับโรงงานผลิตโทรทัศน์

2.4.2. งานวิจัยเกี่ยวกับซิกซ์ ซิกม่า

การประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติในการแก้ปัญหาทางอุตสาหกรรม โดยย้อนกลับไป Deming (1982) ได้นำเสนอหลักการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมคุณภาพโดยใช้เทคนิคของ Shewharts ในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง Deming เป็นอาจารย์ถ่ายทอดหลักสถิติกับกลุ่มวิศวกรในโรงงานประกอบอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทำสงคราม อย่างไรก็ตามก็ไม่เป็นที่แพร่หลายในยุโรป แต่ประสบความสำเร็จอย่างมากในญี่ปุ่น แนวคิดของ Deming กล่าวถึงบทบาทของแต่ระดับการบริหารในองค์กร ซึ่งแต่ละฝ่ายจะมีบทบาทที่แตกต่างกันไป และเกื้อหนุนซึ่งกันและกัน Groebner และ คณะ (1994) กล่าวไว้ในหนังสือชื่อว่า “Essential of business statistics: A Decision

making approach" ว่าในโลกของธุรกิจ หลักการทางสถิติมีบทบาทสำคัญอย่างมาก ทำอย่างไรจะใช้หลักการทางสถิติอย่างมีระบบและประสิทธิภาพ เพื่อเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ การเข้าใจความหมายของการวัดในโลกธุรกิจ อย่างน้อยจะต้องรู้สองสิ่งต่อไปนี้ สิ่งแรกคือ ความสามารถในการวัดของกระบวนการที่เป็นอยู่ และสิ่งที่สองคือจะต้องสามารถเปรียบเทียบกับการวัดอื่นที่จะสามารถเปรียบเทียบกันได้

Forrest (1999) อ้างใน Six Sigma Quality ซึ่งกล่าวไว้ในหัวข้อ "How GE Manages it" โดยกล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electric (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ Six Sigma Quality ดังต่อไปนี้ "เริ่มต้นคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้"

1. พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้
2. ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง
3. คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน
4. มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมแซม และชิ้นส่วนที่ต้องทำการตรวจสอบ
5. มีความผิดพลาดทางบัญชี ขนส่งไม่ตรงตามเวลา รวมทั้งผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป
6. ประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่ประสบความสำเร็จ

มีหลายงานวิจัยได้ประประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม เช่น

การประประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาลดของเสียจากการผลิต ตัวอย่างเช่น Yam Hong See (1999) ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียของกระบวนการหยอดกาวที่ Flip-chipโดยใช้หลักการของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งเป็นกระบวนการเพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับรอยต่อระหว่างชิ้นส่วนของ Flip-chip โดยปัญหาที่เกิดขึ้นคือ หากทำการหยอดกาวปริมาณมาเกินไปจะทำให้โอกาสไปเลอะพื้นที่สำคัญของตัวงาน เช่น Tool hole มีมากขึ้น แต่ถ้าปริมาณกาวน้อยเกินไปจะทำให้ความแข็งแรงของรอยต่อนั้นน้อยลง ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญสองประการที่ทำให้เกิดของเสียขึ้น ผลจากการปรับปรุงกระบวนการหยอดกาวด้วยวิธีทางซิกซ์ ซิกม่า สามารถที่จะลดของเสียจาก 1,800 DPPM เหลือประมาณ 550 DPPM และทำให้บริษัทซีเกทสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากของเสียได้ 21,246 ดอลลาร์สหรัฐ นวลพรรณ (2542) ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านและบันทึกโดยใช้แนวทางของ ซิกซ์ ซิกม่า โดยหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่าอัตราว่าส่วนของ

ข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์สามารถลดลงจาก 31,600 DPPM หรือเมื่อเทียบในค่าของ Sigma Quality Level สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็นที่ระดับ 3.91 และสามารถลดค่าความเสียหายและได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพได้ถึง 163,999 ดอลลาร์สหรัฐภายในระยะเวลาสองไตรมาส

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้เช่น TinKing Ang (1999) ทำการศึกษาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดจากการใช้ขนาดของแพลแลทเป็นครึ่งหนึ่งจากขนาดเดิม ด้วยวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า เป้าหมายโดยการลดน้ำหนักของแพลแลทจากเดิม 16.5 กิโลกรัม เหลือ 8 กิโลกรัมต่อแพลแลท เนื่องจากน้ำหนักทั้งหมดมีความแปรผันโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่ง หลังจากการดำเนินการปรับปรุง สามารถที่จะลดน้ำหนักของแพลแลทเหลือ 7 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นค่าขนส่งที่สามารถประหนัดได้เท่ากับ 124,970 ดอลลาร์สหรัฐต่อปี

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า มาปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน เช่น พิมพ์ชนก (2550) นำเอาแนวคิดลีน ซิกซ์ซิกมา มาใช้ในการลดเวลานำในการผลิตของโรงงานเลนส์แว่นตากรณีศึกษา โดยเริ่มทำการวัดและเก็บรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือทางคุณภาพ เช่น แผนภูมิกลุ่มเชื่อมโยง ผังความสัมพันธ์ แผนผังเมทริกซ์ รูปตัวเอกซ์ จนทำให้ได้แนวทางการแก้ปัญหาโดยนำหลักการบริหารการผลิตแบบลีน ซิกซ์ซิก มาใช้ เช่น การผลิตแบบดึง การควบคุมด้วยสายตา เป็นต้น ผลที่ได้คือ ผลิตภาพเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.14 เท่า งานระหว่างทำลดลง 70% ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลานำลดลง 34% และความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.32 เป็น 1.32

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า เพื่อลดความแปรปรวนในการผลิต สุเมธ (2544) ศึกษาการลดความแปรปรวนในการตั้งวาล์วของเครื่องยนต์ โดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกม่า จากการศึกษาพบว่าการวัดระยะวาล์วในปัจจุบันซึ่งใช้ฟีลเลอร์เกจนั้นไม่ผ่านเกณฑ์การวิเคราะห์ระบบการวัด จึงทำการพัฒนาระบบการวัดแบบใหม่ ภายหลังจากเริ่มปฏิบัติตามระบบหารวัดใหม่ ทำการเก็บข้อมูลระยะวาล์วพลว่าโอกาสการเกิดของเสียเฉลี่ยระหว่างระยะวาล์วไอดีและไอเสียลดลง 113,289 DPPM หรือ 61.71% เทียบกับก่อนปรับปรุง