บทที่ 2

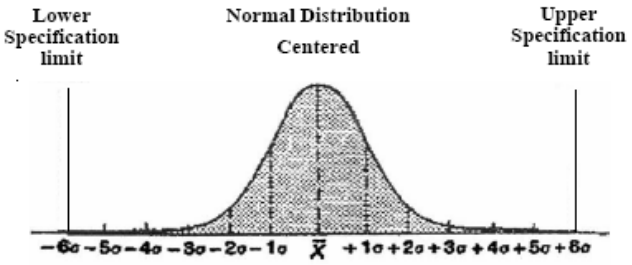
ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีซิกส์ซิกมา

ซิกส์ซิกมา (Six Sigma, 6σ) หมายถึง ระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตที่ยอมให้มีของเสียในระบบได้เพียง 3.4 ชิ้นต่อการผลิตสินค้าล้านชิ้นหรือที่เรียกว่า 3.4 พีพีเอ็ม (Parts Per Million, PPM) และนอกจากนี้ยังเป็นเครื่องมือช่วยธุรกิจให้สามารถแก้ปัญหาคุณภาพของระบบของการปฏิบัติการได้อีกด้วย (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2552) ซิกส์ซิกมามีที่มาจากการประยุกต์ความรู้ทางด้านสถิติมาใช้ ซึ่งจุดกำเนิดของวิธีซิกส์ซิกมาเริ่มขึ้นจากบริษัทโมโตโรลา (Motorola) ได้มีการพัฒนาและสร้างโครงการเพื่อปรับปรุงคุณภาพของสินค้าภายใต้การนำของ เจ แฮรี (Harry, 1998) และในปี ค.ศ.1988 บริษัทโมโตโรลาได้ตีพิมพ์และเปิดเผยวิธีใหม่ในการปรับปรุงคุณภาพของสินค้าโดยเรียกวิธีดังกล่าวว่า “วิธีซิกส์ซิกมา”

สัญลักษณ์ซิกมา (Sigma, σ) เป็นตัวอักษรในภาษากรีกที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เป็นตัวเลขที่ใช้วัดความแปรปรวนหรือการกระจายตัวของข้อมูล (Distribution) ซึ่งเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (Mean) ในหลักการของซิกส์ซิกมาจะนิยามให้ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบเป็นการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) หรือการกระจายเป็นรูประฆังคว่ำทั้งหมด ค่าเฉลี่ยที่จุดกึ่งกลางของการกระจายตัวคือ ค่าที่ต้องการ (Target Value) ส่วนซิกมาคือหนึ่งช่วงของความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่วัดจากจุดกึ่งกลางดังกล่าว และจะมีขอบเขตของการยอมรับได้อยู่ 2 ส่วนคือ ขอบเขตจำกัดบนหรือค่าที่มากที่สุดที่ยอมรับได้ (Upper Specification Limit, USL) และขอบเขตจำกัดล่างหรือค่าที่น้อยที่สุดที่ยอมรับได้ (Lower Specification Limit, LSL) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติจริงๆ ทางสถิตินั้นที่ระดับหกซิกมาจะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขตของการยอมรับเท่ากับ 0.002 พีพีเอ็ม เท่านั้นดังแสดงดังภาพที่ 2.1 แต่หลักการซิกส์ซิกมาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียที่ 3.4 พีพีเอ็ม เนื่องจากในขณะที่บริษัทโมโตโรลาทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้นได้พบว่า ไม่มีระบบการผลิตใดเลยที่จะไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก นั่นคือ เราไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกเพื่อไม่ให้ส่งผลถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลได้ ซึ่งระบบที่ไม่มีความแปรปรวนเลยจึงเป็นเพียงระบบในอุดมคติ (Ideal System) ดังนั้น โมโตโรล่าจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ในกระบวนการผลิตเพื่อหาความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอันส่งผลถึง

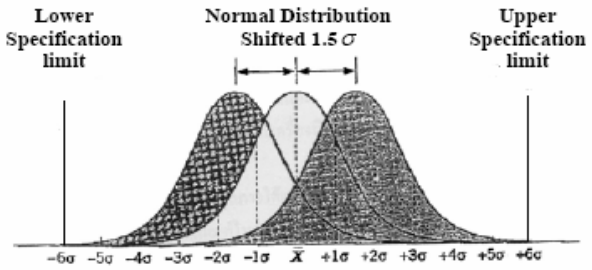
การคลาดเคลื่อนของค่ากึ่งกลาง ซึ่งได้ข้อสรุปจากการวิเคราะห์คือ ค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลอันเนื่องจากปัจจัยภายนอกมีค่าอยู่ในช่วง 1.4-1.6 เท่าของซิกมา จึงนำค่าเฉลี่ยคือ 1.5 เท่าของซิกมาเป็นค่าความเบี่ยงเบนของค่ากึ่งกลางข้อมูลที่ยอมรับได้นำมาใช้ในทฤษฎีซิกส์ซิกมา ซึ่งค่า 3.4 พีพีเอ็ม จึงเป็นค่าความผิดพลาดที่ 4.5 เท่าของซิกมาตามหลักสถิตินั่นเอง ดังแสดงดังภาพที่ 2.2



Spec Limit	Percent	Defective ppm
±1σ	68.27	317300
±2σ	95.45	45500
±3σ	99.73	2700
±4σ	99.9937	63
±5σ	99.999943	0.57
±6σ	99.9999998	0.002

ภาพที่ 2.1

ขอบเขตจำกัดบนและขอบเขตจำกัดล่างที่ระดับ 6 ซิกมา



Spec Limit	Percent	Defective ppm
±1σ	30.23	667700
±2σ	69.13	308700
±3σ	93.32	66810
±4σ	99.3890	6210
⊥5σ	99.97670	233
±6σ	99.999660	3.4

ภาพที่ 2.2

ค่าความคลาดเคลื่อน 1.5 เท่าของซิกมา

หลักการหรือแนวคิดของซิกส์ซิกมามีพื้นฐานมาจากแนวความคิดในเชิงสถิติภายใต้สมมติฐานที่ว่า

1. ทุกสิ่งทุกอย่างคือ กระบวนการ

2. กระบวนการทุกกระบวนการมีความแปรปรวนแบบหลากหลาย (Variation) อยู่ตลอดเวลา

หัวใจสำคัญของซิกส์ซิกมาขึ้นอยู่กับสมมติฐานที่ว่าถ้าเราสามารถนับหรือวัดจำนวนดีเฟค (Defect) หรือสิ่งที่มีตำหนิ บกพร่อง ผิดพลาดหรือเสียของผลิตผลที่ได้จากกระบวนการเราก็สามารถหาวิธีที่จะขจัดจำนวนดีเฟคบนผลิตผลให้น้อยที่สุดเท่าที่จะน้อยได้

คำว่าอัตราดีเฟค (Defect Rate) คือ อัตราส่วนระหว่างผลผลิตที่มีตำหนิ ผิดพลาด บกพร่องหรือเสียต่อจำนวนผลผลิตทั้งหมด ซึ่งในบางกรณีอาจจะใช้เปอร์เซ็นต์ดีเฟค ซึ่งเท่ากับ 100 คูณด้วยอัตราดีเฟค แต่ถ้าประสิทธิภาพของกระบวนการสูงอัตราดีเฟคที่หาได้จะมีค่าน้อยมาก ในกรณีเช่นนี้จะใช้จำนวนดีเฟคต่อจำนวนหนึ่งล้านผลผลิต อัตราดีเฟคในระดับซิกมาต่างๆ สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

จำนวนดีเฟคในหลากหลายระดับ

ขอบเขตข้อกำหนด (LCL & UCL)	ค่าเฉลี่ย = เป้าหมาย		ค่าเฉลี่ย = เป้าหมาย± 1.5σ		Sigma Level
	%ของผลผลิตที่ดี	จำนวนดีเฟคในหนึ่งล้านชิ้น	%ของผลผลิตที่ดี(1.5σ Shift)	จำนวนดีเฟคในหนึ่งล้านชิ้น	
± 1σ	68.27	317,300	30.28	697,700	1
± 2σ	95.45	45,500	69.13	308,700	2
± 3σ	99.73	27,00	93.32	66,810	3
± 4σ	99.9937	63	99.3790	6,210	4
± 5σ	99.999943	0.57	99.97670	233	5
± 6σ	99.9999998	0.002	99.99660	3.4	6

2.2 **ขั้นตอนการทำงานของซิกส์ซิกมา** (Six Sigma Methodology)

ขั้นตอนในการปฏิบัติเพื่อบรรลุถึงความสามารถของกระบวนการในระดับซิกส์ซิกมา คือหลักการที่เรียกว่า DMAIC มาจาก Define–Measure–Analyze–Improve–Control ซึ่งมีความหมายดังนี้

1. Define คือ ขั้นตอนของการนิยามหรือกำหนดปัญหา เลือกโครงการที่จะทำการปรับปรุงหรือออกแบบ ทั้งนี้เน้นความต้องการของลูกค้าเป็นหลักด้วย เพื่อให้โครงการที่เลือกจะทำนั้นเป็นเรื่องสำคัญจริง ทำแล้วคุ้มค่า ตรงประเด็น และไม่เสียเวลาเปล่า

2. Measure คือ ขั้นตอนการวัดประสิทธิภาพและความสามารถของกระบวนการเพื่อทำให้เข้าใจสภาพของกระบวนการที่มีหรือใช้อยู่ในปัจจุบันและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หลังจากที่ได้กำหนดประเด็นปัญหาไว้อย่างชัดเจน

3. Analyze คือ ขั้นตอนการวิเคราะห์ (จากข้อมูลที่วัดมาได้) เพื่อหาหรือพิสูจน์ตัวแปรสำคัญที่สุดในกระบวนการ (Key Process Input Variable, KPIV) ที่เป็นต้นตอสาเหตุของปัญหา (Key Process Output Variable, KPOV) ที่นิยามไว้ในขั้นตอนนี้ถือว่าสำคัญมากเพราะถ้าหาตัวแปรไม่เจอหรือหาผิดก็ไม่อาจจะปรับปรุงหรือปรับปรุงผิดที่

4. Improve คือ ขั้นตอนของการปรับปรุง หลังจากที่เราจับตัวแปรที่มีสำคัญได้แล้ว เราก็ลงมือแก้ไข ปรับปรุง เพื่อขจัดหรือควบคุมสาเหตุและตัวแปรที่วิเคราะห์ได้

5. Control คือ ขั้นตอนของการควบคุม เพื่อให้กระบวนการนั้นนิ่ง หมายถึง อยู่ภายใต้การควบคุมอย่างสม่ำเสมอ

รายละเอียดกระบวนการ วัตถุประสงค์และตัวอย่างเครื่องมือที่นิยมนำมาใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการตามหลักการของซิกส์ซิกมาสามารถสรุปโดยรวมดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2
ขั้นตอนและตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการซิกส์ซิกมา

กระบวนการ	วัตถุประสงค์	ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้
นิยามหรือกำหนดปัญหา (Define)	1. ระบุว่าใครคือลูกค้า 2. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้า 3. ระบุขอบเขตของโครงการ และจัดตั้งทีม 4. ระบุกระบวนการ (Micro-process mapping)	1. Process mapping. 2. CT matrix
การวัด (Measure)	1. ระบุความสามารถของกระบวนการ 2. ตรวจสอบความถูกต้องของระบบการวัด 3. ระบุปัจจัยป้อนเข้าที่เป็นไปได้ 4. ระบุเป้าหมายของโครงการ	1. Process mapping 2. C&E analysis 3. 7QC tools 4. FMEA 5. Gage R&R 6. Graphical technique
การวิเคราะห์ (Analyze)	1. ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่เป็นไปได้ 2. ระบุสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา	1. Process mapping 2. Graphical technique 3. Multi-Vari study 4. Hypothesis testing 5. Correlation & Regression
การปรับปรุง (Improve)	1. ระบุเป้าหมายของปัจจัยป้อนเข้า 2. ระบุขอบเขตของปัจจัยป้อนเข้าที่ยอมรับ 3. ทดลองยืนยันผลที่ได้	1. Process mapping 2. DOE 3. Simulation 4. Optimization
การควบคุม (Control)	1. จัดทำระบบควบคุมกระบวนการ 2. นำสู่การปฏิบัติเพื่อรักษาระดับความสามารถของกระบวนการให้คงอยู่ในระดับที่ปรับปรุงไว้	1.Control plans 2.SPC 3.Gage control plan 4.PM 5.Poka Yoke /Mistake proofing

2.3 คณะทำงานของซิกส์ซิกมา

โครงการซิกส์ซิกมา ประกอบด้วยคณะทำงานดังนี้

1. สเตียริงคอมมิตตี (Steering Committee) คือ คณะกรรมการซึ่งมาจากคณะผู้บริหารและผู้บริหารจากหน่วยงานต่างๆ ทำหน้าที่กำหนดกรอบหรือขอบเขตในการดำเนินการ สนับสนุนทรัพยากรต่างๆ ที่จำเป็น ระบุและคัดเลือกโครงการหรือกระบวนการ ให้การสนับสนุนกับแชมเปี้ยน (Champion) หรือสปอนเซอร์ (Sponsor) ในการดำเนินโครงการต่างๆ ประเมินความก้าวหน้าการดำเนินโครงการ แบ่งปันประสบการณ์ที่เป็นเลิศให้กับองค์กร วางแผนรองรับผลกระทบต่างๆ ที่อาจตามมาอย่างคาดไม่ถึง ติดตามและทบทวน เพื่อสนับสนุนและป้องกันการสับสน

2. แชมเปี้ยน หรือสปอนเซอร์ คือ ผู้บริหารระดับสูง (Executive-Level Manager) ทำหน้าที่ขจัดอุปสรรค ให้รางวัลหรือค่าตอบแทน ตอบปัญหา อนุมัติโครงการ บริหารการเปลี่ยนแปลง กำหนดวิสัยทัศน์ของโครงการ กำหนดเกณฑ์ของโครงการ และสนับสนุนทรัพยากร ได้แก่ คน เงิน เวลา สถานที่ กำลังใจ และความชัดเจนในหน้าที่

3. มาสเตอร์แบล็คเบลท์ (Master Black Belt) คือ ผู้ชำนาญการด้านเทคนิคและเครื่องมือทางสถิติ (Statistical Expert) เป็นผู้ที่ได้รับการอบรมเข้มข้น แล้วอบรมและสร้างระดับสายดำขึ้นมามากมาย ถ่ายทอดวิสัยทัศน์โครงการ บริหารโครงการและทรัพยากร ช่วยคัดเลือกโครงการที่สอดคล้องกับกลยุทธ์ กระตุ้นและสอดส่องดูแลทุกโครงการ และได้รับการรับรอง (Certified) ว่าสมควรเป็นมาสเตอร์แบล็คเบลท์

4. แบล็คเบลท์ (Black Belt) คือ ผู้บริหารโครงการหรือผู้ประสานงาน ทำหน้าที่เป็นผู้นำในการลงมือเปลี่ยนแปลง อบรมวิชาซิกส์ซิกมาให้ครบ เป็นหัวหน้าทีม สอนใช้เทคนิคและเครื่องมือในการทำอย่างเหมาะสม กำหนดรายละเอียดของแผน ประสานงานและกำหนดการประชุมทีม รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล ประสานงานกับฝ่ายสารสนเทศ ติดตามงานและวัดผลงาน ควบคุมงบประมาณประสานงานกับฝ่ายการเงินและบัญชี เตรียมการนำเสนอผลงานของทีม ดูแลและให้คำแนะนำแก่ระดับสายเขียว มีผลงาน 4-6 โครงการต่อปี จนได้รับการรับรองว่าสมควรเป็นระดับสายดำ

5. สมาชิกในทีม (Team Member) อาจแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับสายขาว (White Belt) และ ระดับสายเขียว (Green Belt) ทำหน้าที่ทำงานตามโครงการตามแผนที่วางไว้ สื่อสารกับคนที่ไม่ได้อยู่ในทีม เก็บข้อมูล และเข้าประชุม

6. ผู้จัดการกระบวนการ (Process Owner) ทำหน้าที่ให้ความร่วมมือและสื่อสารความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ อนุมัติการแก้ไขเปลี่ยนแปลงกระบวนการ เลือกทีมงาน สร้างขวัญกำลังใจ กระตุ้นและสร้างความรับผิดชอบและปฏิบัติตามวิสัยทัศน์ของผู้บริหาร

2.4 กระบวนการทางสถิติที่ใช้ในกระบวนการซิกส์ซิกมา

2.4.1 การคัดเลือกจำนวนครั้งหรือขนาดการทดลอง (Replicates)

การคำนวณจำนวนครั้งหรือขนาดการทดลองที่เหมาะสมของตัวแบบผลกระทบคงที่ (Fix Effect Model) สามารถทำได้โดยใช้เส้นโค้งแสดงคุณลักษณะ (Operating Characteristic, OC-Curve) จากสูตร

$$\varnothing^2 = \frac{n\sum \tau_i^2}{a\sigma^2} \quad \text{หรือ} \quad \varnothing^2 = \frac{nD^2}{2a\sigma^2}$$

ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดอำนาจการทดสอบ (Power of Test, 1-β) สำหรับปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Reject H_0)

2. คำนวณค่า $\tau = \mu_i - \bar{\mu}$

3. กำหนดค่า n แล้วคำนวณ $\varnothing^2$ นำค่า $\varnothing$ ไปเปิดกราฟเส้นโค้งแสดงคุณลักษณะเพื่ออ่านค่า β แล้วคำนวณ 1-β ถ้า 1-β น้อยกว่าอำนาจการทดสอบที่ต้องการ ทำการเพิ่ม n ทีละหนึ่งจนกระทั่งอำนาจการทดสอบมีค่ามากกว่า

กรณีกำหนด μ_i ไม่ได้หรือยากจะกำหนดเป็น D (ความแตกต่างของ μ_i)

2.4.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis, MSA)

ระบบการวัดมีความสำคัญต่อการยืนยันผลการตรวจสอบคุณภาพอย่างมาก ถึงแม้ว่าระบบการผลิตจะมีความถูกต้องแต่ถ้าระบบการวัดมีความผิดพลาด ก็อาจส่งผลต่อการตัดสินใจที่คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) จึงเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อแยกแยะแหล่งของความผันแปรต่างๆ และดำเนินการปรับปรุง ในการวิเคราะห์จะสนใจในการวิเคราะห์ความถูกต้อง และการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดแล้วพยายามปรับให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ซึ่งความแม่นยำของการวัดจะประกอบไปด้วย

ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) หมายถึง ความแตกต่างของระบบการวัดภายใต้เงื่อนไขต่างกัน

กรรมวิธีในการวิเคราะห์ระบบการวัดนั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบวิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือ GR&R (Gauge Repeatability and Reproducibility) การวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์สามารถจำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1. การวัดแบบตัวแปรค่า (Variable) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณซึ่งอาจอยู่ในรูปของน้ำหนัก ความยาว ปริมาตร หรือหน่วยอื่นๆ ที่สามารถวัดได้ ตัวอย่างการวัดแบบตัวแปรค่า เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อรถยนต์ ขนาดจอภาพคอมพิวเตอร์ และระดับอุณหภูมิที่ทำให้อาหารสุก เป็นต้น

2. การวัดแบบคุณสมบัติ (Attribute) เป็นการวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ โดยจำแนกออกเป็นลักษณะต่างๆ เช่น “ดี–เสีย” “ถูก–ผิด” หรือ “ชำรุด–ไม่ชำรุด” เป็นต้น ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การประเมินผลในระยะสั้น (Short Method) และการประเมินผลในระยะยาว (Long Method) โดยแนวความคิดของการประเมินผลในระยะสั้นนั้นอาศัยการจำแนกชิ้นสิ่งตัวอย่างที่มีลักษณะทั้งดี ไม่ดีและก้ำกึ่ง (Marginal) ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานทำการตรวจสอบเพื่อจำแนกผลว่าผ่านหรือไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตรวจสอบซ้ำมีคุณภาพตรงกับความจริงหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบอกถึงความถูกต้องในการตรวจสอบ โดยจะแบ่งลักษณะความถูกต้องออกเป็น 2 แบบ คือ ความลำเอียงของลูกค้า (Consumer Bias) หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มในการที่จะตรวจสอบแล้วสรุปผลว่าไม่ผ่าน สำหรับงานดี และความลำเอียงของผู้ผลิต (Producer Bias) หมายถึง การที่พนักงานตรวจสอบมีแนวโน้มที่จะสรุปผลว่าผ่านสำหรับงานที่ไม่ดี การประเมินผลระบบการตรวจวัดในระยะสั้น ประเมินด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

$$\% \text{ การทำซ้ำของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการทดสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100$$

$$\% \text{ ความไม่ลำเอียงของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}} \times 100$$

% ประสิทธิผลการทำซ้ำ= จำนวนจำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบเหมือนกัน x 100
จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ

% ประสิทธิผลความไม่ลำเอียง= จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกันx100
จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ

2.4.3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การประเมินความสามารถของกระบวนการ จะดำเนินการผ่านค่าดัชนีหรือค่าอัตราส่วนของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process Potential Capability) และความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process Performance Capability) โดยความสามารถของกระบวนการจะแบ่งเป็นแบบระยะสั้น (Short Term, ST) เป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการภายในสภาวะเดียวกัน (Within Condition) โดยมิได้คำนึงถึงความผันแปรต่าง ๆ และระยะยาว (Long Term, LT) เป็นการประเมินความสามารถของกระบวนการรวมถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นระหว่างเงื่อนไข (Between Condition) เช่น ความผันแปรระหว่างวันที่ทำการผลิต ความผันแปรระหว่างแผนก ความผันแปรระหว่างพนักงาน ความผันแปรระหว่างล็อตของวัสดุ ซึ่งการประเมินนี้จะสามารถบอกได้ว่าการจัดการในกระบวนการนั้นดีเพียงใดเมื่อเทียบกับความต้องการของลูกค้า ผ่านตัวชี้วัดต่างๆ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3
แนวความคิดการประเมินความสามารถของกระบวนการ

ตัวชี้วัด	การศึกษาภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ (Short Term)	การศึกษาภายใต้สภาพจริงของกระบวนการ (Long Term)
ความสามารถด้านกระบวนการ	C_p,C_R	P_p,P_R
ความสามารถด้านสมรรถนะ	C_{pk},C_{pm}	P_{pk},P_{pm}

ดัชนีที่นิยมนำมาใช้ในการชี้วัดความสามารถของกระบวนการประกอบด้วย

1. ดัชนีแสดงศักยภาพของกระบวนการ (Process Potential Index, Cp)

$$C_p = \frac{UCL - LCL}{6\sigma}$$

เมื่อ σ คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะสั้นของกระบวนการ

2. ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index, Cpk)

$$C_{pk} = min\left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right]$$

เมื่อ σ คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะสั้นของกระบวนการ

3. ดัชนีแสดงสมรรถนะของกระบวนการสถิติ (Process Performance Index, Pp, Ppk)

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

เมื่อ σ คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาวของกระบวนการ

$$P_{pk} = min\left[\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right]$$

เมื่อ σ คือ ความเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาวของกระบวนการ

การคำนวณระดับซิกมาโดยใช้โปรแกรมมินิแทปกรณีคิดจากจำนวนของเสีย เช่น การปรับปรุงของเสีย มีขั้นตอนดังนี้

1. รู้จำนวนของเสีย เช่น 22 ชิ้น

2. รู้จำนวนของการผลิตทั้งหมด เช่น 1,050 ชิ้น

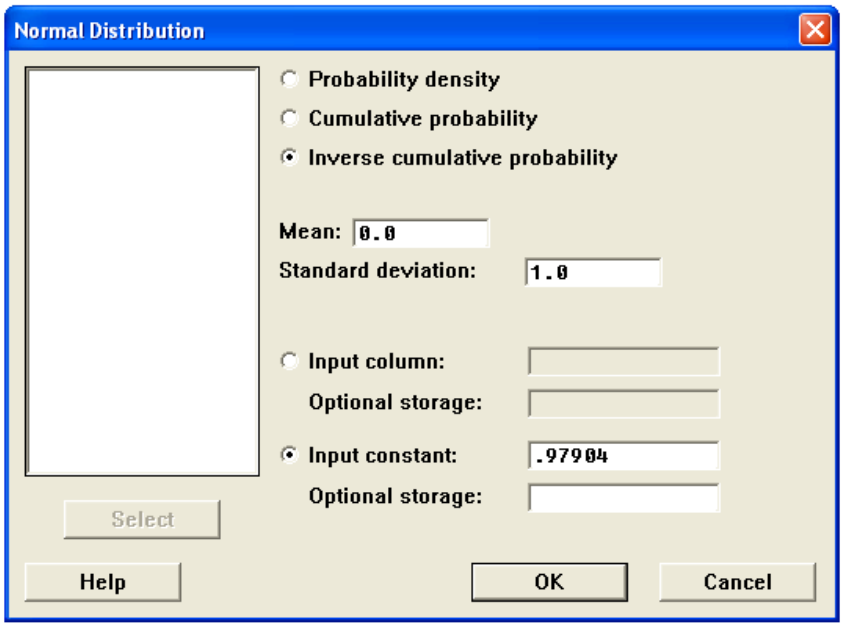
3. คำนวณหาค่าสัดส่วนของเสีย เช่น 22/1,050 = 0.0209

4. นำ 1 ลบกับสัดส่วนของเสีย เช่น 1-0.0209 = 0.97904

5. เข้าในมินิแทป

Cal > Probability Distribution > Normal

และทำการกรอกข้อมูลเพื่อประมวลผล ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3

ตัวอย่างการใส่ค่าในโปรแกรมมินิแทปเพื่อประมวลผลหาระดับซิกมา

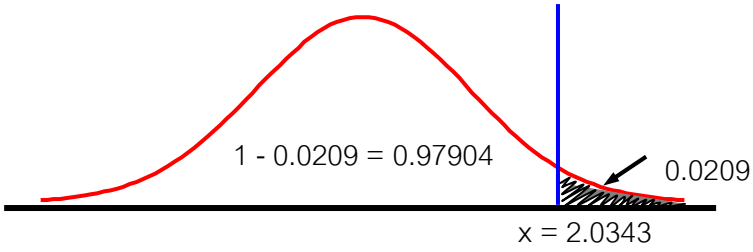
จะได้ค่าออกมาดังนี้

```
Inverse Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 0 and standard deviation = 1

P( X <= x )         x
    0.97904   2.03431
```

โดยเมื่อคิดเทียบกับเส้นโค้งปกติจะพบว่า

- สัดส่วนของดี จะอยู่ด้านซ้ายมือ

- สัดส่วนของเสีย จะอยู่ด้านขวามือ



ดังนั้นระดับซิกมา = 2.0343+1.5 = 3.534

การเปรียบเทียบระดับซิกมาและดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4

การเปรียบเทียบระดับซิกมาและดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ

Sigma	Cpk
1.50	0.50
3.00	1.00
3.50	1.17
4.00	1.33
4.50	1.50
5.00	1.67
6.00	2.00

2.4.4 การตั้งสมมติฐานและการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)

คือการทดสอบเพื่อสรุปหรือพิสูจน์ข้อความซึ่งเป็นสมมติฐานเกี่ยวกับระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษาว่าเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ ในการทดสอบสมมติฐานนั้นจะแบ่งข้อสมมติออกเป็นสองส่วนหลักเรียกว่าสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) และสมมติฐานอื่นหรือสมมติฐานรอง (Alternate or Alternative Hypothesis)

1. สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis, H_0) ประกอบด้วยข้อสมมติหรือข้อความที่ต้องการพิสูจน์ว่าเท็จ (Disprove) หรือข้อความที่ต้องการปฏิเสธ ข้อความที่ระบุในสมมติฐานหลักจะเป็นบทกลับหรือส่วนกลับของสมมติฐานอื่นหรือสมมติฐานรองเสมอ

2. สมมติฐานรอง (Alternate Hypothesis, H_a หรือ H_1) ประกอบด้วยข้อสมมติฐานหรือข้อความที่ต้องการพิสูจน์ว่าจริง (Prove) หรือต้องการยอมรับ *ยกเว้น* กรณีที่พิสูจน์ว่าเท่ากัน เครื่องหมายเท่ากัน เครื่องหมายเท่ากับจะปรากฏในสมมติฐานหลัก เนื่องจากวิธีการในการทดสอบจะต้องทำการกำหนดระดับการทดสอบ (Significance Level หรือ Type I Error, α) จึงจำเป็นต้องทราบค่าพารามิเตอร์ใน H_0

การทดสอบสมมติฐานแบ่งเป็น 2 แบบ คือ

1. การทดสอบทางเดียว (One-Tailed or One-Sided Test) คือ การทดสอบสมมติฐานที่เครื่องหมายที่ระบุในสมมติฐานรอง คือ เครื่องหมาย > หรือ <

2. การทดสอบสองทาง (Two-Tailed or Two-Sided Test) คือ การทดสอบสมมติฐานที่เครื่องหมายที่ระบุในสมมติฐานรอง คือ เครื่องหมาย $\neq$

ในการทดสอบสมมติฐานจำเป็นต้องทราบบริเวณวิกฤตหรือบริเวณปฏิเสธ H_0 (Critical Region or Rejection Region) คือบริเวณที่มีพื้นที่รวมเท่ากับ α และตำแหน่งของบริเวณบนการแจกแจงสถิติที่ใช้ทดสอบระบุตามเครื่องหมายในสมมติฐานรอง

- ถ้าเครื่องหมายใน H_1 คือ > บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ด้านขวาและมีพื้นที่เท่ากับ α

- ถ้าเครื่องหมายใน H_1 คือ > บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ด้านซ้ายและมีพื้นที่เท่ากับ $1-\alpha$

- ถ้าเครื่องหมายใน H_1 คือ $\neq$ บริเวณปฏิเสธ H_0 จะอยู่ด้านซ้ายและขวา แต่ละด้านจะมีพื้นที่เท่ากับ $\alpha/2$

ค่าที่แบ่งขอบเขตบริเวณวิกฤต จะเรียกว่า ค่าวิกฤติ (Critical Value) ในการสรุปผลจะทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบตกในบริเวณปฏิเสธ H_0 (พื้นที่ขนาดเท่ากับ α)

ค่า P-Value คือ ระดับนัยสำคัญที่น้อยที่สุด หรือโอกาสที่น้อยที่สุดที่จะสามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ในการทดสอบสมมติฐาน เมื่อสมมติฐานนั้นถูกต้อง

1-(P-Value) คือ ระดับความเชื่อมั่นที่แท้จริงของการทดสอบสมมติฐานนั้นๆ

การสรุปผลเมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณ จะทำการปฏิเสธ H_0 เมื่อค่า P-Value < α

2.4.5 การวิเคราะห์ความผันแปร (Analysis of Variance)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประ ชากรมากกว่า 2 ชุดขึ้นไปโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ค่าความแปรปรวนของข้อมูลที่เกิดขึ้นทั้งหมด สามารถแยกได้เป็นตามแหล่งกำเนิดเป็นวิธีการใหญ่ๆ ได้ 2 แหล่ง คือ

1. ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between Groups) เป็นผลมาจากการได้รับTreatment ที่แตกต่างกัน

2. ค่าความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within Groups) เป็นผลตอบสนองของ Subject ที่แตกต่างกันซึ่งอยู่ใน Treatment เดียวกัน

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความแปรปรวน มีดังนี้

1. กำหนดสมมติฐานเป็นกลาง (H_0) และสมมติฐานตรงข้าม (H_1) ของการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยจะต้องคาดการณ์เองว่าจะกำหนดไว้อย่างไร

2. กำหนดระดับนัยสำคัญ (a) เช่น .05, .01 หรือ .001 ตามความต้องการของผู้วิจัยและแนวโน้มของความเป็นไปได้

3. คำนวณหาค่า F จากสูตรที่กำหนดให้ โดยพิจารณาเลือกใช้สูตรตามเงื่อนไขของสูตรกำหนดไว้

4. เปิดตาราง F เพื่อหาค่าวิกฤติของ F ตามระดับนัยสำคัญ

5. เปรียบเทียบค่า F ที่คำนวณได้กับค่าที่ได้จากการเปิดตาราง โดยถ้าค่า F ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าวิกฤติที่ได้จากการเปิดตาราง แสดงว่าค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติ ก็จะปฏิเสธ H0 และยอมรับ H1

6. สรุปผลที่ได้

การวิเคราะห์ความแปรปรวน จำแนกออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว หรือการออกแบบอย่างสุ่มสมบูรณ์ (One-way ANOVA หรือ Complete Randomize Design, CRD) เป็นการศึกษาผลกระทบของปัจจัยเพียงปัจจัยเดียว ซึ่งจำนวนระดับที่สนใจศึกษาของปัจจัยนี้เท่ากับ a ระดับ เพื่อดูว่าระดับที่แตกต่างกันของปัจจัยนั้น จะมีผลกระทบต่อค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนอง (Y's) อย่างมีนัยสำคัญ

หรือไม่สมมติฐานหลักจะกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของประชากรแต่ละกลุ่มมีค่าเท่ากันส่วนสมมติฐานรองกำหนดให้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ ที่แตกต่างกันเขียนเป็นสมมติฐานทางสถิติได้ดังนี้

Ho : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \ldots \mu_a$

H_1 : มี μ อย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างกัน

หรือ

Ho : $\tau_i = 0$

H_1 : $\tau_i \neq 0$

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5

การวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณีวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว

Source (แหล่งที่มา)	d.f. (องศาเสรี)	Sum Square (ผลบวกกำลังสอง)	Mean Square (ค่าเฉลี่ย SS)	F ค่าสถิติ
Treatment (วิธีปฏิบัติ)	a-1	SSA	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
Error (ความผิดพลาด)	N-a	SSE = SST-SSA	$MSE = \frac{SSE}{N-a}$	
Total (ทั้งหมดที่ปรับแล้ว)	N-1	SST		

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง หรือ การสุ่มสมบูรณ์ในและกลุ่ม (Two-way ANOVA หรือ Randomized Block Design, RBD) เป็นการศึกษาผลกระทบของปัจจัยสองปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองที่ระดับต่างกัน โดยเรียกปัจจัยหนึ่งว่า วิธีปฏิบัติ ปัจจัยที่สองคือปัจจัยกลุ่ม ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนของการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6

การวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณีวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง

Source (แหล่งที่มา)	d.f. (องศาเสรี)	Sum Square (ผลบวกกำลังสอง)	Mean Square (ค่าเฉลี่ย SS)	F ค่าสถิติ
Treatment (วิธีปฏิบัติ)	a-1	SSA	MSA	$F = \frac{MSA}{MSE}$
Block (กลุ่ม)	b-1	SSB	MSB	$F = \frac{MSB}{MSE}$
Error (ความผิดพลาด)	N-a-b+1	SSE	MSE	
Total (ทั้งหมดที่ปรับแล้ว)	N-1	SST		

การเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison)

ในการทดสอบ F– test จะเป็นการทดสอบโดยรวม (Over all test) ซึ่งเป็นการทดสอบว่าจะมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต (Significant) ก็จะบอกเพียงว่ามีค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 1 คู่ที่มีค่าแตกต่างกันแต่จะไม่บอกว่าเป็นคู่ใด ซึ่งเราจะต้องทำการทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post hoc test) โดยวิธีการเปรียบเทียบพหุคูณ (Multiple comparison) ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการของ Duncan ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. คำนวณค่า $S_{\overline{Yi.}} = \sqrt{\frac{MSE}{n}}$
2. คำนวณค่า R จากการเปิดตาราง $R_p = r_\alpha(p,f)S\overline{Y_{i.}} : p = 2,3...a$ โดยที่ α = ระดับนัยสำคัญ และ f = องศาเสรีของค่าผิดพลาด (Error)
3. เรียงลำดับของค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $S_{\overline{Yi.}}$ ในแต่ละระดับจากน้อยไปหามาก
4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวอย่างในแต่ละระดับหรือ $S_{\overline{Yi.}}$ จากค่าที่น้อยที่สุดกับค่าที่มากที่สุดจนถึงค่าก่อนมากที่สุด

5. การตัดสินใจ

: ถ้าคู่ไหนมากกว่า Rp แสดงว่า $\mu_i \neq \mu_j$

: ถ้าคู่ไหนน้อยกว่า Rp แสดงว่า แสดงว่า $\mu_i = \mu_j$

2.4.6 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE)

กระบวนการในการเก็บข้อมูลตัวอย่างในทางวิทยาศาสตร์คือ การดำเนินการทดลองและแผนการในการเก็บตัวอย่างก็คือ การวางแผนการทดลอง หรือการออกแบบการทดลองนั่นเอง ตัวแปรที่ถูกวัดในการทดลองเรียกว่า ตัวแปรตอบสนอง ส่วนหน่วยตัวอย่างที่ใช้วัดตัวแปรตอบสนองก็คือ หน่วยทดลอง ตัวแปรอิสระในการทดลองมีลักษณะเป็นได้ทั้งตัวแปรเชิงคุณภาพและตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตอบสนองเรียกว่า ปัจจัย และค่าต่าง ๆ ของปัจจัยที่กำหนดขึ้นในการทดลองเรียกว่า ระดับของปัจจัย ถ้าในการทดลองหนึ่งมีเพียง 1 ปัจจัยเท่านั้น ระดับของปัจจัยที่กำหนดขึ้นในการทดลองเรียกว่า ทรีทเมนต์ แต่ถ้าในการทดลองหนึ่งมีปัจจัยที่สนใจศึกษาหลายตัวทรีทเมนต์หาได้จากการคอมบิเนชัน (Combination) ของระดับของปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการทดลองหนึ่ง การออกแบบการทดลองเป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับตั้งค่าสภาวะของกระบวน การให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ โดยการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่องและทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรนำเข้า (Input Variables) ในระบบหรือกระบวนการที่สนใจศึกษาเพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้ (Outputs or Responses) จากกระบวนการหรือระบบนั้น โดยตัวแปรนำเข้าจะถูกจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable Variables or Factors) หรือตัวแปรที่สามารถออกแบบได้ (Designs Variables or Factors) และกลุ่มที่ไม่สามารถควบคุมได้ เรียกว่า ตัวแปรที่รบกวนระบบ (Uncontrollable or Noise Variables (Factors)) การกำหนดตัวแปรที่ควบคุมได้และไม่ได้ขึ้นอยู่กับระบบแต่ละระบบ ซึ่งโดยหลักแล้วตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้หรือตัวแปรรบกวนมักจะเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิภายนอก หรือส่วนของอุปกรณ์หรือระบบที่ยากแก่การควบคุม เนื่องจากในการควบคุมต้องใช้ความระมัด ระวังสูง เพราะเมื่อชำรุดอาจส่งผลถึงค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ส่วนตัวแปรที่ควบคุมได้ เช่น ที่มาของวัตถุดิบ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต พนักงานที่ควบคุม อุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น ในทุกกระบวนการสามารถบันทึกไว้เพื่อประโยชน์การวิเคราะห์ต่อไป ข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีโดยทั่วไปมักเป็นแบบการลองผิดลองถูกหรือใช้การทดลองปรับตั้งค่าของกระบวนการทีละค่า

(One-Factor-At-A-Time) ทั้งนี้รูปแบบของการทดลองที่นิยมใช้กันในปัจจุบันสรุปได้ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7

เปรียบเทียบลักษณะ เวลา ความถูกต้องและงบประมาณที่ใช้ในการทดลองแบบต่าง ๆ

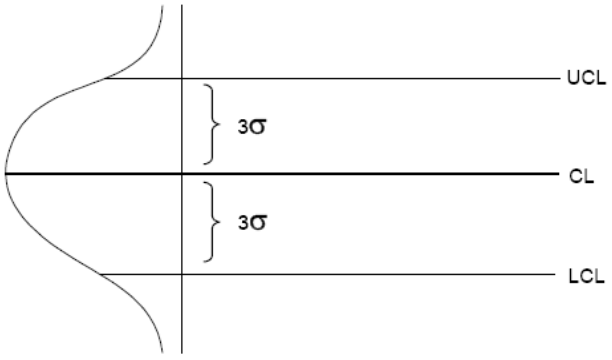
รูปแบบการทดลอง	ลักษณะการทดลอง	เวลาในการวิเคราะห์	ความถูกต้อง	งบประมาณ
Single Factor	การทดลองสำหรับหนึ่งปัจจัย โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่คาดว่ามีผล กระทบสูงสุดต่อปัญหา	รวดเร็ว	ปานกลาง	น้อย
Factorial Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองแบบเต็มรูปแบบ	ใช้เวลานาน	มากที่สุด	มาก
2^K Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยและเป็นการทดลองแบบเต็มรูปแบบแต่กำหนดระดับของแต่ละปัจจัยอยู่ที่ปัจจัยละ 2 ระดับเท่านั้น	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
2^{K-P} Design	การทดลองที่มีมากกว่าหนึ่งปัจจัยแต่ไม่ทำการทดลองแบบเต็มรูปแบบทั้งหมด (ลดรูป)	รวดเร็ว	น้อย	น้อย

โดยทั่วไปแล้วการทดลองแบบ One-Factor-At-A-Time จะให้ผลของการเข้าสู่จุดหมายที่เราต้องการของกระบวนการได้ช้ามากและสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลสูงและยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของความสัมพันธ์ร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง ข้อดีของเทคนิคการออกแบบการทดลอง คือให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสูง โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา ชนิดของรูปแบบการทดลองนั้นมีให้เลือกอยู่อย่างหลากหลาย ซึ่งหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าเราควรที่จะเลือก

รูปแบบการทดลองแบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับเกณฑ์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ เวลาที่มีให้เพื่อการวิเคราะห์ ระดับความถูกต้องในการวิเคราะห์ งบประมาณที่มีให้ในการออกแบบการทดลอง เป็นต้น

2.4.7 **แผนภูมิควบคุม** (Control Chart)

เป็นแผนภูมิกราฟที่ใช้เพื่อควบคุมกระบวน การผลิต ลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟของสิ่งที่ต้องการควบคุม เขียนเทียบกับเวลาวัตถุประ สงค์หลักของแผนภูมิควบคุมคือ การควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้รู้ว่า ณ เวลาใดที่มีปัญหาด้านคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาพปกติ จากหลักการทางสถิติที่ว่า ข้อมูลที่วัดได้จากกระบวนการผลิตจะมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีค่า
พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) โดยมีโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่ค่าสังเกตที่วัดได้จะอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่ากับ 0.9974 สามารถนำหลักการดังกล่าวมาสร้างกราฟแผนภูมิควบคุม ซึ่งประกอบด้วยเส้นสำคัญ 3 เส้น คือ เส้นแกนกลาง (Central Line, CL) เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต ซึ่งคำนวณได้โดยนำค่าจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย ขีดจำกัดควบคุมด้านบน (Upper Control Limit, UCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่ามาก ขีดจำกัดควบคุมด้านล่าง (Lower Control Limit, LCL) เป็นเส้นที่มีระยะห่างจากเส้นแกนกลางเท่ากับ 3σ ทางค่าน้อย ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4
กราฟแสดงองค์ประกอบของแผนภูมิควบคุม

จากภาพที่ 2.4 ขีดจำกัดควบคุมด้านบนและล่าง แสดงถึงขอบเขตของความแปรผันที่อยู่ในระดับคุณภาพมาตรฐานที่ผู้ผลิตยอมรับได้ ซึ่งอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ เท่านั้น ดังนั้น หากค่าสังเกตที่

วัดได้กระจายอยู่ภายในขอบเขตดังกล่าว ก็แสดงว่ากระบวนการผลิตยัง อยู่ภายใต้การควบคุม (In Control) สินค้าที่ผลิตได้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐาน ในทางกลับกัน หากความแปรผันมีมากเกินไป ทำให้ค่าสังเกตที่วัดได้อยู่นอกเส้นขีดจำกัดทั้ง 2 ก็แสดงว่า กระบวนการผลิตนี้ อยู่เหนือการควบคุม (Out of Control) หรือสินค้าดังกล่าวไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานการผลิต นั่นเอง

แผนภูมควบคุมเป็นเทคนิคเชิงสถิติที่มีความสำคัญอย่างมากและมีรูปแบบต่างๆ หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะการควบคุม โดยสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) และแผนภูมิควบคุมตามลักษณะ หรือแผนภูมิควบคุมชนิดแอตตริบิวสต์ (Attribute Control Chart)

1. แผนภูมิควบคุมชนิดแปรผัน (Variable Control Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ เช่น การวัดปริมาตรของน้ำอัดลมที่บรรจุในภาชนะ การวัดความยาวของตะปูเหล็ก และการทดสอบอายุการใช้งานของหลอดไฟ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบตัวแปรที่นิยมใช้งานมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X bar-Chart) และแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R–Chart)

2. แผนภูมิควบคุมชนิดแอตตริบิวสต์ (Attribute Control Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ กล่าวคือ เป็นการจำแนกผลิตภัณฑ์ออกเป็นประเภท “ดี” หมายถึง ได้มาตรฐาน หรือ “เสีย”หมายถึง ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติมี 2 ประเภทที่นิยมใช้งาน คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (P–Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่อง (C–Chart) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียดังนี้

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion Defective Control Chart, P–Chart) เป็นการตรวจสอบคุณภาพที่มีพิจารณาสัดส่วนของสินค้าที่เสียหรือไม่ได้มาตรฐานว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ โดยเมื่อกำหนดให้ P เป็นสัญลักษณ์แทนสัดส่วนของเสีย ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$P = \frac{x}{n}$$

โดยที่ x หมายถึง จำนวนของเสียจากตัวอย่าง

n หมายถึง ขนาดของตัวอย่าง

และสามารถหาค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสีย ($\bar{P}$) ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{k} Pi}{k}$$

โดยที่ $\bar{P}$ หมายถึง สัดส่วนของเสียจากตัวอย่างที่ i

k หมายถึง จำนวนตัวอย่าง

สามารถสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียได้จากสูตรดังนี้

$$CL_p = \bar{P}$$

$$LCL_p = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$UCL_p = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

ในกรณีที่แต่ละตัวอย่างมีขนาดไม่เท่ากัน ค่า n ในสูตรข้างต้นจะต้องเป็นค่าเฉลี่ย

2.5 เครื่องมือในการปรับปรุงคุณภาพที่ใช้ในกระบวนการซิกส์ซิกมา

2.5.1 แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) หรือแผนภูมิขั้นตอนการผลิต (Flow Process Chart) จะแสดงลำดับขั้นตอนการผลิต และความสัมพันธ์ระหว่างจุดงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิเคราะห์ทราบว่าปัญหาคุณภาพจากจุดงานใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อจุดงานอื่น เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

2.5.2 ใบรายการตรวจสอบ (Check Sheet) เป็นการเก็บข้อมูลอย่างง่ายในรูปแบบตาราง ซึ่งภายในตารางจะระบุขั้นตอนการผลิตและช่องสำหรับใส่เครื่องหมายเพื่อเก็บจำนวนครั้งของเหตุการณ์ต่างๆ ที่ได้จากการสังเกต ยกตัวอย่างเช่น ใบรายการตรวจสอบข้อบกพร่องของสินค้า จะรวบรวมความถี่ของข้อบกพร่องแยกตามลักษณะที่พบในแต่ละวันหรือแต่ละเดือน เป็น

2.5.3 แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) บางครั้งเรียกว่า แผนภูมิอิชิกาวา (Ishikawa Chart) หรือ แผนภูมิเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลที่เกิดขึ้น โดยทางขวามือของแกนนอนหรือหัวปลา (Fish Head) แสดงผลกระทบหรือปัญหาที่เกิดขึ้น (Effect) ส่วนสาเหตุหลักของปัญหาก็จะแสดงอยู่บนแกนนอนที่มี

ลักษณะเหมือนก้างปลา (Fish Bone) โดยมีสาเหตุย่อยแตกแขนงออกจากสาเหตุหลักต่อไป แผนภูมิก้างปลาช่วยให้ผู้วิเคราะห์มองเห็นสาเหตุที่แท้จริง และแก้ปัญหาได้ถูกต้องตรงจุดมากขึ้น

2.5.4 แผนภูมิแท่งหรือฮีสโตแกรม (Bar Chart or Histogram) มีลักษณะเป็นกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติกับปริมาณของคุณสมบัตินั้น โดยแกนนอนใช้แทนค่าที่ต้องการวัด และแกนตั้งแทนความถี่ของข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะนำมาใช้ตรวจสอบการกระจายของข้อมูลว่า มีค่าเกินจากเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่

2.5.5 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) เป็นการนำข้อมูลจากฮีสโตแกรมมาพล็อตตามลำดับความถี่ของการเกิดปัญหา โดยเรียงลำดับจากปัญหาที่มีความถี่สูงสุดไปยังความถี่ต่ำสุด แผนภูมิพาเรโตช่วยให้ผู้วิเคราะห์ตัดสินใจเลือกปัญหาที่จะแก้ไขได้ โดยพิจารณาเลือกปัญหาที่มีความถี่สูงสุดเป็นอันดับแรก

2.5.6 การวิเคราะห์ผลกระทบต่อความล้มเหลว (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA) เป็นกระบวนการวิเคราะห์เพื่อมุ่งหาโอกาสการเกิดความผิดพลาดของกระบวนการ และมุ่งที่จะลดโอกาสดังกล่าวให้ได้มากที่สุด ซึ่งประกอบด้วยการแยกแยะขั้นตอนของกระบวนการโดยละเอียด (Process) ปัญหาหรือข้อผิดพลาดใดๆ ที่มีโอกาสจะเกิดขึ้น (Failure Mode) ผลกระทบ (Effects) ตลอดจนการป้องกัน และ/หรือการแก้ไข (Action) ข้อมูลที่สำคัญเป็นจุดวิกฤติบนตาราง FMEA คือ Risk Priority Number (R.P.N) หรือ ตัวเลขลำดับความสำคัญ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้แบ่งแยกระดับความเสี่ยงของความล้มเหลว และแสดงให้เห็นความเร่งรีบในการจัดการกับความล้มเหลวนั้น ค่า RPN เป็นผลมาจากส่วนประกอบ 3 ตัว คือ Severity (S) เป็นความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากความล้มเหลว Occurrence (O) เป็นโอกาสที่จะเกิดขึ้นจากสาเหตุนั้นว่าบ่อยเพียงใด และ Detection (O) เป็นความสามารถในการตรวจจับและป้องกันไม่ให้เกิดความล้มเหลวขึ้นได้ดีเพียงใด ดังนั้นค่า RPN เป็นดังนี้

$$RPN = S \times O \times D$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธิติมา พงษ์สังกา (2551) ศึกษาการประยุกต์ใช้แนวทางซิกส์ซิกมาเพื่อลดของเสียในการผลิตเขียงไม้ยางพารา โดยของเสียที่เกิดมากที่สุดมาจากกาวเยิ้ม วัตถุประสงค์คือต้องการลดของเสียจากกาวเยิ้มจาก 7.5 ให้เหลือ 3.75 เปอร์เซ็นต์ การดำเนินการวิจัยได้ทำการศึกษาปัจจัยที่สนใจได้แก่ อุณหภูมิในการอบ ความชื้นในการอบ เวลาในการอบ ระยะเวลาในการปล่อยให้กาว

แห้งในอากาศและปริมาตรกาวที่ใช้ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิต ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงเศษส่วนของ 2^K แฟคทอเรียล โดยสามารถลดปัญหางานเสียกาวเยิ้มลดลงจาก 7.5 เป็น 2.23 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ประมาณ 2 ล้านบาทต่อปี

ณัฐเจตน์ เกษกมล (2550) ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมาเพื่อพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตยางรถยนต์เพื่อให้เกิดกระบวนการผลิตที่เกิดผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องน้อยที่สุด โดยดัชนีชี้วัด คือ เปอร์เซ็นต์ยางรถยนต์ที่บกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตต่อหนึ่งเดือน และมุ่งแก้ปัญหาเฉพาะปัญหาข้อบกพร่องหลักในกระบวนการผลิต จากผลการปรับปรุงพบว่าสามารถลดปัญหายางรถยนต์ที่บกพร่องลงจาก 0.12 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 0.04 เปอร์เซ็นต์

วสันต์ พุกผาสุก (2550) ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมาเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นและปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมียม โดยมีเป้าหมาย คือ การลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลง 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปัญหาที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุดมากที่สุดคือการเกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงาน ปัญหาดังกล่าวทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำกลับไปทำใหม่ หรือจำหน่ายในราคาต่ำลง จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อโอกาสการเกิดของเม็ดหรือตามดในกระบวนการชุบโครเมียม มีดังต่อไปนี้ คือ วิธีการล้างชิ้นงาน ค่าพีเอชบ่อนิเกิลเงา อุณหภูมิบ่อนิเกิลเงา ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า และการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบผิวชิ้นงานก่อนชุบโครเมียม การปรับปรุงกระบวนการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบ 2^k แฟคทอเรียล ที่มีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง และผลจากการปรับปรุงพบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

สมอุษา วรรณฤมล (2547) ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมาเพื่อลดของเสียในอุตสาหกรรมผลิตฮาร์ดดิสก์ โดยปัญหาของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูงคือปัญหากาวบริเวณกิมบอลของผลิตภัณฑ์รุ่นสไปกาส ซึ่งส่งผลกระทบต่อต้นทุนซึ่งแปรผันตามกับจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องโดยเริ่มจากขั้นตอนการตรวจวัด เพื่อค้นหาตัวแปรที่อาจเกิดผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องเนื่องจากอาการกาวบริเวณกิมบอลของผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสต์รุ่นสไปกาสโดยการระดมสมองจากทีมงาน โดยใช้เครื่องมือพื้นฐานทางสถิติและกราฟ เพื่อช่วยในการวิเคราะห์เช่น จากขั้นตอนการตรวจวัดสามารถสรุปตัวแปรที่อาจเกิดผลกระทบได้ดังนี้ ทิศทางการโก่งของแผงวงจร การลดความโก่งของแผงวงจร แผงวงจรบิด ขนาดของหยดกาว เวลาที่ใช้พักกาว และระยะเวลาในการใช้กาว และวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรหลักที่มีผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ที่

บกพร่อง และทำการปรับปรุง โดยผลการปรับปรุงสามารถลดอัตราส่วนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจาก 2.83 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 0.66 เปอร์เซ็นต์หรือลดลงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545) ศึกษาการประยุกต์ใช้วิธีการซิกส์ซิกมาในการลดของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตกระป๋อง โดยการปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นอาศัยหลักการทางสถิติวิศวกรรมเพื่อการยืนยันผลการทดลอง และจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหาตามแนวทางของซิกส์ซิกมาในระยะเวลา 4 เดือน พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ลดลงจาก 4,400 DPM เป็น 2,849 DPM หรือปรับปรุงจากระดับ 2.85 ซิกมาเป็นที่ระดับ 2.986 ซิกมา ผู้วิจัยให้ข้อเสนอแนะว่าการแก้ไขปรับปรุงปัญหาดังกล่าวทำเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาทั้งหมดจึงยังไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้ ทั้งนี้ในแต่ละวันจะ มีของเสียที่เกิดจากการตรวจสอบเฉลี่ย 1,200 DPM หากลดการตรวจสอบที่ไม่จำเป็นลงจะส่งผลให้ของเสียลดลง 48 ได้อีก 50% โดยการประมาณการจะสามารถลดลงเหลือประมาณ 2000 DPM หรือเท่ากับ 3.092 ซิกมา ซึ่งหากมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องประมาณ 6 เดือน จะทำให้ความผันแปรในกระบวนการผลิตลดลงอีก 1.5 ซิกมาเป็นผลทำให้สัดส่วนของเสียลดลงอยู่ที่ระดับ 4.592 ซิกมา