บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการลดจำนวนข้อบกพร่องบนผืนงาน รวมทั้งนำเอาเครื่องมือทางวิศวกรรมทางด้านการควบคุมคุณภาพมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการวิเคราะห์ตามหลักการ DMAIC ของซิกซ์ ซิกม่า นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษางานวิจัยในอดีต เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

White (1992) กล่าวไว้ว่า ซิกซ์ ซิกม่า เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ และเป้าหมายของซิกซ์ ซิกม่า คือการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยกำจัดสิ่งที่สูญเปล่าและโอกาสที่ทำให้เกิดการสูญเปล่า และซิกซ์ ซิกม่าเป็นค่าการวัดในรูปแบบทางสถิติ ซึ่งบอกถึงการเบี่ยงเบนไปจากเป้าหมาย และได้กล่าวถึงการกำจัดข้อบกพร่องเพื่อให้เป็นศูนย์ และข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการต้องไม่เกินปริมาณ 3.4 ชิ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้น โดยมีเป้าหมายอีกด้านหนึ่งคือ การลดการผันแปร (Variation) โดยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จขององค์กรและความพึงพอใจของลูกค้า ส่วนวัสชัย ลิมปนวาร (2544) ได้ให้ความหมายของซิกซ์ ซิกม่าไว้ว่า ซิกซ์ ซิกม่า เป็นแนวคิดการจัดการธุรกิจที่นำสมัย สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายองค์กร ทั้งการผลิตและการบริการ โดยการปรับปรุงองค์กรอย่างต่อเนื่อง รวดเร็ว และเห็นผลชัดเจน โดยเน้นที่ผู้บริหารกำหนดเป้าหมายและสนับสนุนความรู้ที่เพียงพอแก่พนักงานในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงแก้ไข โดยมุ่งหวังให้ปรับปรุงความสามารถของกระบวนการทำงานให้ดีขึ้น ส่งผลให้ความผิดพลาดในการผลิตและบริการน้อยที่สุด นอกจากนี้ Antony and Banuelas (2001) ได้กล่าวสนับสนุนว่าซิกซ์ ซิกม่าเป็นกลยุทธ์ในการปรับปรุงทางธุรกิจ โดยปรับปรุงความสามารถในการเพิ่มผลกำไร กำจัดสิ่งที่ไร้ประโยชน์ ลดต้นทุนที่ไม่สร้างคุณภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพในทุกหน่วยงาน

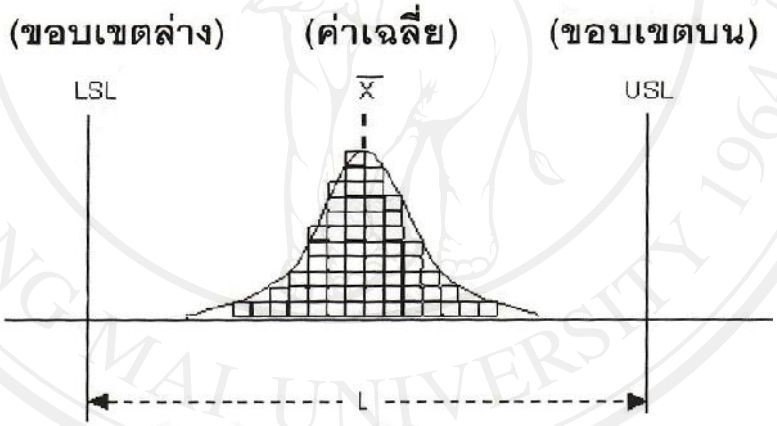
ดังนั้นเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า จึงเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพในองค์กรทั้งภาคการผลิตและบริการอย่างต่อเนื่อง รวดเร็วและชัดเจน โดยนำเอาเครื่องมือคุณภาพต่างๆ และวิธีทางสถิติมาใช้ เพื่อลดข้อบกพร่อง (Defect) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆโดยมุ่งเน้นให้เกิดความผิดพลาดน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่สุด เพื่อให้องค์การมีต้นทุนในการผลิตต่ำสุดและได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ซึ่งจะทำให้องค์การประสบความสำเร็จและสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้า

วิธีการซิกซ์ ซิกม่าได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ในบริษัทโมโตโรล่า ในช่วงปี ค.ศ. 1985 โดยมุ่งเน้นที่การลดต้นทุนและปรับกระบวนการทำงานให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ที่บริษัทวางไว้ นอกจากนี้ ปัจจุบันบริษัทชั้นนำหลายบริษัททั่วโลกได้เล็งเห็นประโยชน์และได้นำมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ บริษัท General Electric บริษัท Sony บริษัท Allied signal และบริษัท Eastman Kodak เป็นต้น ผลจากการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า ทำให้บริษัทสามารถลดต้นทุนได้นับหลายร้อยล้านบาท

ซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma) มีสัญลักษณ์ที่ใช้ทางสถิติคือ Sigma (σ) ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งถ้าค่าซิกม่ายิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการสูง ทำให้มีพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับสเปคน้อยลง นั่นคือมีของเสียที่อยู่นอกเหนือขอบเขตที่ยอมรับได้น้อยลง อธิบายได้ดังรูป 2.1 และรูป 2.2 ดังนี้

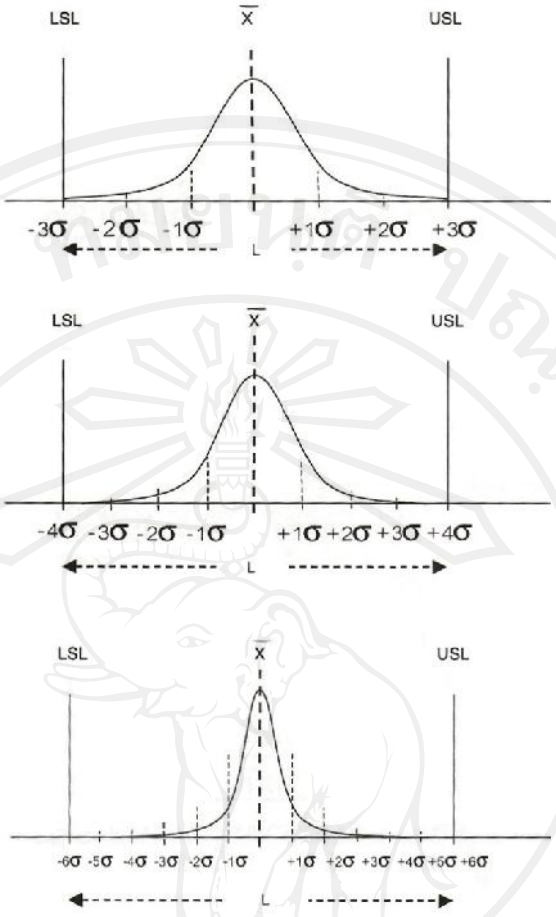


รูป 2.1 ฮิสโตแกรมแสดงให้เห็นการกระจายของข้อมูล ซึ่งเกิดจากการผันแปร

ที่มา : วรภัทร์ ภู่เจริญและคณะ, 2546

จากรูปที่ 2.1 แสดงถึงการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ โดยตามหลักทางสถิติความกว้างของฐานจะเท่ากับ $\pm 3\sigma$ เมื่อมีการกระจายหรือความผันแปรของข้อมูลน้อยๆ รูปกราฟจะยิ่งแคบ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือ Sigma ก็จะยิ่งแคบลง ส่วน LSL (Lower Specification Limit) และ USL (Upper Specification Limit) หมายถึงข้อกำหนดเฉพาะด้านล่างและด้านบนนั่นเอง และจากรูปสมมติความกว้างของข้อกำหนดเฉพาะ (USL-LSL) เท่ากับ L

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.2 ค่าเบี่ยงเบนซิกซ์ ซิกม่า

ที่มา : วรภัทร์ ภู่เจริญและคณะ, 2546

รูป 2.2(a), 2.2(b) และ 2.2(c) แสดงให้เห็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะ โดยทฤษฎีทางสถิติได้คำนวณของเสียหรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดไว้ดังตาราง 2.1

เมื่อพิจารณารูปที่ 2.2(a) จะเห็นว่าความกว้างของโค้งระฆังคว่ำมีค่าเท่ากับ $\pm 3\sigma$ ตามหลักทางสถิติของการกระจายแบบปกติ จะมีขนาดพอดีกับความกว้าง หรือพิกัดของข้อกำหนด (L) โดยสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นของข้อมูลที่อยู่ภายในพิกัดของข้อกำหนด ได้เท่ากับ 99.73% จึงเท่ากับมีโอกาสที่ข้อมูลจะออกนอกพิกัดข้อกำหนดถึง 2700 หน่วยในหนึ่งล้านหน่วย (ppm) และมีค่า Cp (ค่าความสามารถของกระบวนการเทียบกับข้อกำหนด) เท่ากับ 1.00 แต่เมื่อพิจารณารูป 2.2(b) และรูปที่ 2.2(c) จะเห็นว่าค่า σ แคบลงจน L เท่ากับ $\pm 4\sigma$ และ$\pm 6\sigma$ ตามลำดับ โดยเฉพาะรูปที่ 2.2(c) ที่แสดงแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งพิจารณาจากค่า L ที่เท่ากับ $\pm 6\sigma$ และตามตาราง 2.1 ถ้าค่า L เท่ากับ $\pm 6\sigma$ จะมีโอกาสที่ข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดถึง 99.9999998% โดยจะมีข้อมูลที่ออกนอกข้อกำหนด ซึ่งหมายถึงของเสียหรือข้อบกพร่องเพียง 0.002 ppm เท่านั้น และมี Cp สูงถึง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

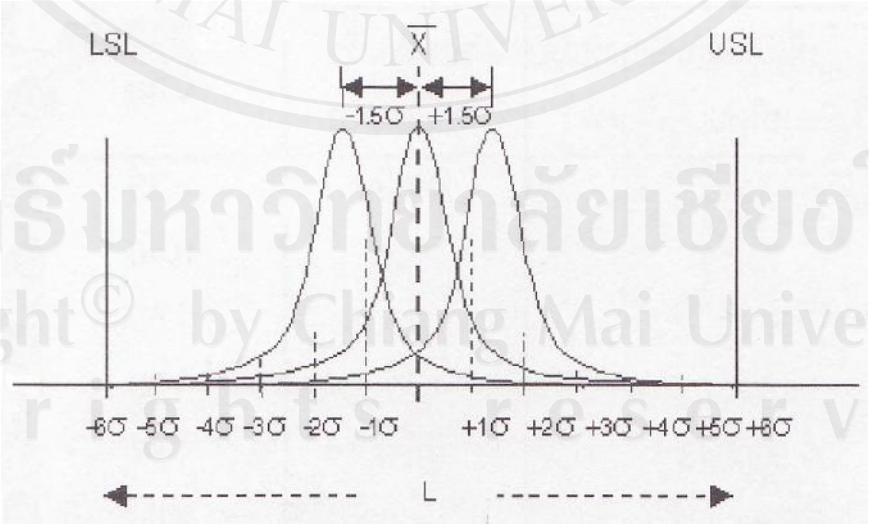
2.00 ในกรณีนี้จะเปรียบเทียบได้เฉพาะเมื่อค่าเฉลี่ยของข้อมูลอยู่ตรงกลางพิกัดข้อกำหนดพอดี ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากมาก ดังนั้นหากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยที่เลื่อนออกมาจากค่ากลางพิกัดข้อกำหนดประมาณ $\pm 1.5\sigma$ ความสัมพันธ์ของระดับซิกม่า กับจำนวนของสินค้าหรือบริการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจะแสดงได้ดังรูป 2.3 และตาราง 2.2 ระดับของ $\pm 6\sigma$ นั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ไม่เกิน 3.4 ppm

ตาราง 2.1 แสดงจำนวนของเสียหรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

พิกัดข้อกำหนด (Spec.Limit)	% ของข้อมูลที่เป็นตามข้อกำหนด (พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ Spec.Limit)	ของเสียหรือข้อบกพร่อง	Cp
± 1 Sigma	68.27	317,300	0.33
± 2 Sigma	95.45	45,500	0.66
± 3 Sigma	99.73	2,700	1.00
± 4 Sigma	99.9937	63	1.33
± 5 Sigma	99.999943	0.57	1.67
± 6 Sigma	99.9999998	0.002	2.00

หมายเหตุ Cp (Process Capacity Index) คำนวณได้จาก (USL-LSL)/ 6σ

ที่มา : วรภัทร์ ภู่เจริญและคณะ, 2546



รูป 2.3 กราฟแสดงค่าเบี่ยงเบนที่เลื่อนไป $\pm 1.5\sigma$

ที่มา : วรภัทร์ ภู่เจริญและคณะ, 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 แสดงจำนวนของเสียหรือข้อบกพร่องที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด เมื่อค่าเบี่ยงเบนเลื่อนไป $\pm 1.5\sigma$

พิกัดข้อกำหนด (Spec.Limit)	% ของข้อมูลที่เป็นตามข้อกำหนด (พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ Spec.Limit)	ของเสียหรือข้อบกพร่อง
± 1 Sigma	30.28	697,700
± 2 Sigma	69.13	308,700
± 3 Sigma	93.32	66,810
± 4 Sigma	99.3790	6,210
± 5 Sigma	99.97670	233
± 6 Sigma	99.999660	3.4

ที่มา : วรภัทร์ ภู่เจริญและคณะ, 2546

ดังนั้นจุดประสงค์หลักของซิกซ์ ซิกม่า ก็คือต้องการลดความผันแปร เพื่อให้ได้ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยๆ ซึ่งหมายความว่า สินค้าหรือบริการที่ได้จะมีคุณภาพที่สม่ำเสมอใกล้เคียงกัน และเป็นไปตามความต้องการหรือความคาดหวังของลูกค้ามากขึ้น นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ซิกซ์ ซิกม่าภายในองค์กรยังช่วยให้บริษัทสามารถตรวจสอบปัญหาภายในบริษัทด้วยข้อมูลที่แม่นยำและเชื่อถือได้ แล้วทำการวิเคราะห์ปัญหาโดยหลักสถิติเพื่อการปรับปรุงและควบคุมไม่ให้ปัญหานั้นๆเกิดขึ้นซ้ำอีก

2.2 หลักการของซิกซ์ ซิกม่าและเครื่องมือที่ใช้

แนวทางในการปฏิบัติที่เป็นที่นิยมเพื่อบรรลุถึงความสามารถของกระบวนการในระดับซิกซ์ ซิกม่าและยอมรับกันทั่วโลกประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.2.1 การกำหนดปัญหา (Define Phase) เป็นขั้นแรกของการประยุกต์แนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดทีมงาน เพื่อทำการระดมความคิด และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน โดยอาจจะพิจารณาจากปริมาณของเสียในปัจจุบัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องมือที่ใช้

1) การระดมสมอง (Brainstorming)

การระดมสมอง คือ การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิกในทีม เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา จึงนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีของการทำซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งมักจะเริ่มจากการระดมสมองหรือการสร้างให้เกิดแนวความคิด เพื่อทำรายการทางเลือกของงานหรือทางแก้ไขตามปกติ โดยจะย่อรายการที่ตอนแรกจัดทำไว้ยาวมาก นำมาทำการระดมสมองในทีมอีกครั้ง เพื่อเขียนรายการมาตรการที่เป็นไปได้และผลที่ตามมาจะได้ทางแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์

2) แผนผังพาเรโต (Pareto Diagram)

เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ ในรูปแบบกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกับปริมาณ โดยสาเหตุอาจเป็นชนิดหรือประเภทของข้อบกพร่อง ส่วนปริมาณเป็นจำนวน ปริมาตร ความถี่ เป็นต้น ส่วนประกอบมี 3 ส่วน คือ แกนตั้งซ้ายมือเป็นแกนแสดงปริมาณ แกนตั้งขวามือเป็นแกนแสดงเปอร์เซ็นต์สะสมจากแท่งแรกไปจนแท่งสุดท้าย แกนนอนแสดงสาเหตุ ชนิด ปริมาณที่สนใจศึกษา หลักการพาเรโตจะช่วยแบ่งกลุ่มโดยแยกประเภทและเปรียบเทียบข้อมูลจากส่วนที่มากที่สุดไปยังส่วนที่น้อยที่สุด อีกทั้งยังแสดงประเด็นปัญหาที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบที่มากที่สุด ทำให้วิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ในส่วนน้อย แต่เป็นประเด็นที่มีผลกระทบมากที่สุดนั้นได้ แผนผังพาเรโตใช้หลักการที่เรียกว่า กฎ 80-20 คือ 80% ของปัญหาทั้งหมด จะเกิดขึ้นมาจากสาเหตุเพียงเล็กน้อย คือ 20% จากสาเหตุทั้งหมด ทำให้จัดลำดับความรุนแรงของปัญหา และใช้ในการตัดสินปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3) แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)

เป็นรูปภาพของขั้นตอนการทำงานอย่างละเอียดทุกขั้นตอนที่เกิดขึ้นภายในองค์กร เพื่อระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) เครื่องมือนี้เปรียบได้กับการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ทำให้ทราบสาเหตุที่แท้จริงของการเกิดสิ่งผิดปกติหรือความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะได้นำมาวิเคราะห์ในเชิงสถิติได้

4) แผนผังการไหลในกระบวนการ (Flow Process Chart)

แผนผังการไหลในกระบวนการ คือ การแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนย่อยๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำงาน เพื่อที่จะให้เห็นภาพชัดยิ่งขึ้น และง่ายต่อการจัดการประโยชน์จากการใช้แผนผังการไหลในกระบวนการ คือ สามารถกำจัดงานที่ไร้ประสิทธิภาพ และงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มออกไปได้ (วันรัตน์, 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 การวัดผลและรวบรวมข้อมูล (Measure Phase) คือการวัดกระบวนการที่เกี่ยวข้องในสถานะปัจจุบัน เพื่อกำหนดปัจจัยป้อนเข้า ที่จะส่งผลกระทบต่อเป้าหมายที่ต้องการศึกษา ระบุตัวแปรที่สงสัยว่าจะเป็นสาเหตุของการเกิดปัญหา วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล วัดประสิทธิภาพของเครื่องมือที่จะใช้วัดผล และกำหนดเป้าหมายอย่างชัดเจน เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

เครื่องมือที่ใช้

1) การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement Systems Analysis : MSA)

การวิเคราะห์ความถูกต้องและความแม่นยำของระบบการวัดเป็นการทำให้มั่นใจว่าการวัดนั้นเชื่อถือได้ ซึ่งนับว่ามีความสำคัญมาก เพราะความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัดจะนำไปสู่การป้องกันและแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิต ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ การวิเคราะห์ความแม่นยำมีความสำคัญในระบบการวัด สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำ หรือที่เรียกว่า Gauge Repeatability & Reproducibility (Gauge R&R) โดยความหมายของ Repeatability คือ ความแตกต่างของการวัดโดยใช้ชิ้นงานเดียวกัน ส่วน Reproducibility คือ ความแตกต่างของพนักงานที่แตกต่างกัน วิธีการวิเคราะห์จะขึ้นกับชนิดของข้อมูล ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ ข้อมูลแบบผันแปร (Variable Data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าจากเครื่องมือหรืออุปกรณ์ และข้อมูลแบบนับ (Attribute Data) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถของพนักงานในการตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ เช่นรอยขีดข่วน การเสียรูปของชิ้นงาน เป็นต้น โดยมีผลลัพธ์จากการประเมินเป็นผ่าน(Pass)/ไม่ผ่าน (Fail) หรือ ดี (Good)/เสีย (Not Good) ในการศึกษา Gauge R&R บางครั้งจะไม่สามารถลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ ดังนั้นจึงต้องเลือกชิ้นงานให้อยู่ในล๊อตการผลิตที่ใกล้เคียงกัน

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการวัดข้อมูลแบบนับ และในการศึกษาจะทำการประเมินผลระบบการตรวจสอบในระยะสั้น ซึ่งมีกระบวนวิธีในการประเมินผลดังนี้

1. ทำการเลือกพนักงานผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นบุคคลที่มีความสามารถเป็นพิเศษในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ดี/เสีย และลูกค้าให้การยอมรับในผลการตรวจสอบดังกล่าว

2. ให้กำหนด “ลอตมาตรฐาน (standard lots)” สำหรับใช้ในการตรวจสอบเพื่อประเมินความสามารถของระบบการตรวจสอบ จากการศึกษาของกิติศักดิ์ (2546) ได้อธิบายว่า Fasser and Brettner (1992) แนะนำให้ลอตมาตรฐานในการตรวจสอบประกอบด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดีจำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด โดยมีสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดีอีก 1 ใน 3 ของสิ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างทั้งหมด และอีก 1 ใน 3 เป็นสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพก้ำกึ่งหรือมาร์จินัล (marginal) โดยงานก้ำกึ่งนี้ควรจะประกอบด้วยงานดีแบบก้ำกึ่ง (marginal conformity) และงานไม่ดีแบบก้ำกึ่ง (marginal nonconformity) อย่างละครึ่งๆ

3. ทำการเลือกพนักงานวัดหรือพนักงานตรวจสอบงานมา 2-4 คน โดยพนักงานที่เลือกมาจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในงานตรวจสอบคุณภาพ และได้ผ่านการฝึกอบรมมาอย่างดีพร้อมผ่านการสอบประเมินผลแล้ว

4. ทำการกำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างงาน และจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ โดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนของพนักงานทดสอบ ซึ่ง Fasser and Brettner (1992, p.204) ได้แนะนำดังตาราง 2.3

5. ให้สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมาคนหนึ่งแล้วให้ตรวจสอบตัวอย่างงานแบบสุ่มเพื่อประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่างว่า “ผ่าน (Good-G)” หรือ “ไม่ผ่าน (No Good-NG)” พร้อมกับบันทึกผลในตารางทดสอบ

6. ทำการสุ่มพนักงานมาอีก แล้วดำเนินการเหมือนขั้นตอนที่ 5 ทำเช่นนี้ไปจนครบการประเมินผลจากพนักงานทุกคน

7. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆ ดังนี้

$$\%\ \text{รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (2.1)$$

$$\%\ \text{ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (2.2)$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (2.3)$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานที่ตรวจสอบ}} \quad (2.4)$$

8. ดำเนินการตัดสินใจจากสมการ (2.1) ถึง (2.4) โดยที่ว่า ถ้าหากค่า % รีพีททะบิลิตี้ของพนักงานตรวจสอบ (% appraiser score) ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ให้ทำการอบรมพนักงานใหม่ รวมถึงการประเมินผลพนักงานใหม่ เพื่อปรับปรุงรีพีททะบิลิตี้ให้ดีขึ้น และถ้า % ความไม่ไบอัสของพนักงานตรวจสอบ (% attribute score) มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดแล้วจะต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่ หรือมิฉะนั้นจะต้องกำหนดให้ชิ้นงานได้รับการตรวจสอบโดยผู้ชำนาญการเฉพาะเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับ % ประสิทธิผลด้านรีพีททะบิลิตี้ของการตรวจสอบ (% screen effective score) และ % ประสิทธิผลด้านไบอัสของการตรวจสอบ (% attribute screen effective score) ถ้าหากมีค่าไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดแล้ว มีความจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุจากดัชนีข้างต้น แล้วทำการแก้ไขให้ถูกต้อง

การวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบ

การวิเคราะห์ผลของระบบการตรวจสอบ จะดำเนินการทดสอบเช่นเดียวกับการประเมินผลระบบการตรวจสอบทุกประการ เพียงแต่จะทำการพิจารณาถึงการทดสอบสมมติฐานความมีประสิทธิผลของพนักงานทีละคู่ คือ

H_0 : พนักงานทดสอบไม่มีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

H_1 : พนักงานทดสอบมีผลต่อค่าวัดจากระบบการตรวจสอบ

ในการวิเคราะห์ระบบการวัด จะอาศัยตารางไขว้ (Cross tabulation) แสดงผลการทดสอบของพนักงานแต่ละคู่ โดยแนวความคิดของการทดสอบสมมติฐานจากตารางไขว้จะพิจารณาจากผลการตรวจสอบที่ให้ผลเหมือนกันของพนักงานทั้งสองคน โดยอาศัย Coken's Kappa หรือสัมประสิทธิ์ Kappa และ Kendall's (Kappa and Kendall's coefficient) ดังสมการ (2.5)

$$\text{Kappa} = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \qquad (2.5)$$

เมื่อ p_o = ผลรวมของค่าสัดส่วนของค่าสังเกตในแนวทแยงมุม

P_e = ผลรวมของค่าสัดส่วนคาดหมายในแนวทแยงมุม

โดยที่ค่าสัดส่วนคาดหมายจะหาได้จากเงื่อนไขที่ว่า ถ้า H_o เป็นจริงจะได้ว่าผลการตรวจสอบของพนักงานทั้งสองคนจะเป็นอิสระต่อกัน ค่าสัดส่วนที่คาดหมายจึงได้มาจากโอกาสที่พนักงานแต่ละคนตรวจสอบได้ผลดังกล่าวมาคูณกัน

สัมประสิทธิ์ Kappa จะมีความหมายต่อเมื่อข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบของพนักงานทั้งสองคนมีจำนวนประเภทของข้อมูลเท่ากันและเหมือนกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์ Kappa จะวัดถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างกันของพนักงานทั้งสองที่ตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน ซึ่ง AIAG, 2002 ได้แนะนำเกณฑ์ไว้ดังนี้

Kappa $\geq$ 0.75 ผลการตรวจสอบพ้องกันดีมาก

Kappa $\leq$ 0.40 ผลการตรวจสอบไม่พ้องกัน

นอกเหนือจากการวิเคราะห์ระบบการตรวจสอบด้วยสัมประสิทธิ์ Kappa แล้ว ผู้วิเคราะห์อาจวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานตรวจสอบแต่ละคนได้ โดยการพิจารณาถึงความมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิผลของพนักงานแต่ละคน (operator effectiveness index; O_E) ดัชนีการตรวจสอบที่ปฏิเสธผิดพลาด (false alarm index; I_{FA}) และดัชนีการตรวจสอบที่ยอมรับผิดพลาด (index of a miss; I_{MISS}) โดยที่นิยามว่า

$$O_E = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ชี้บ่งได้อย่างถูกต้อง}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะถูกต้อง}} \quad (2.6)$$

$$I_{FA} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ปฏิเสธผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะปฏิเสธผิดพลาด}} \quad (2.7)$$

และ

$$I_{MISS} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ยอมรับผิดพลาด}}{\text{โอกาสทั้งหมดที่จะยอมรับผิดพลาด}} \quad (2.8)$$

AIAG (2002, p.132) แนะนำการใช้เกณฑ์ตัดสินใจสำหรับ O_E, I_{FA} และ I_{MISS} ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 เกณฑ์การตัดสินใจผลการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานทดสอบ

การตัดสินใจ	O_E	I_{FA}	I_{MISS}
ยอมรับพนักงานทดสอบ	$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
ยอมรับแบบก้ำกึ่ง (marginal accept)	$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
ปฏิเสธพนักงานทดสอบ (ต้องมีการปรับปรุง)	$\leq 80\%$	$\geq 90\%$	$\geq 10\%$

2.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze Phase) ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุปัญหา โดยอาศัยวิธีการทางสถิติวินิจฉัยเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง แล้ววิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญเพื่อไปทำการทดลองในขั้นตอนถัดไป

เครื่องมือที่ใช้

1) แผนภาพแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

แผนภาพแสดงเหตุและผล หรือเรียกอีกอย่างว่า แผนภูมิก้างปลา (Fish Bone Diagram) คือแผนภาพที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างมีระบบ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นำมาใช้ในการระดมสมองเพื่อแยกแยะและเลือกปัจจัยอันเป็นสาเหตุของปัญหาหรือผลกระทบ เครื่องมือนี้จะช่วยจัดกลุ่มและหาความสัมพันธ์ของสาเหตุและแหล่งของปัญหาที่เป็นไปได้ ในการเลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยของสาเหตุ ควรเลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในรูปแบบหรือขนาดที่สามารถวัดได้ เพราะผลสรุปจากแผนภาพเหตุและผลนี้จะถูกนำไปใช้ในการแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิตต่อไป

2) เทคนิคของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการผลิต (FMEA)

FMEA เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์จากการออกแบบกับแผนการผลิต เพื่อให้มั่นใจว่าผลที่ได้จะเป็นไปตามความต้องการและคาดหวังของลูกค้า มักจะใช้ก่อนกระบวนการผลิตจะเริ่มต้น โดยจะทำหน้าที่ดังนี้

- ระบุถึงแหล่งหรือต้นตอของความเสียหายในกระบวนการผลิต
- ประเมินผลกระทบความเสียหายที่มีผลต่อลูกค้า
- ระบุสาเหตุของความเสียหายจากการผลิตและประกอบ
- ระบุตัวแปรที่มีความสำคัญ
- กำหนดการแก้ไข
- ควบคุมป้องกันและตรวจสอบความเสียหาย

วัตถุประสงค์ของ FMEA คือทำให้ทราบปัญหาความล้มเหลวตั้งแต่เริ่มต้น

- เพื่อจะได้ออกแบบและวางแผนควบคุมได้อย่างถูกต้อง
- เพื่อลดความเสี่ยงในการผลิต เช่น ผลิตไม่ได้ เกิดของเสียมาก เกิดอันตรายในระหว่างการผลิต ใช้แล้วมีปัญหาด้านความปลอดภัย ใช้งานแล้วพังง่ายเกินไป ไม่ทนทาน เป็นต้น
- เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์และช่วยเหลือในการทำแผนภูมิควบคุม

ประโยชน์ของ FMEA ของกระบวนการ

- ช่วยในการวิเคราะห์กระบวนการผลิต และกระบวนการประกอบใหม่
- ลดเวลาในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และต้นทุน
- เพิ่มความต้องการในการพิจารณาลักษณะของข้อบกพร่อง ที่มีสาเหตุจากการผลิตหรือกระบวนการประกอบ
- บ่งชี้ความไม่ถูกต้องของกระบวนการ เพื่อให้วิศวกรได้มุ่งเน้นการควบคุมเพื่อลดโอกาส (Occurrence) ของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง หรือเป็นวิธีในการเพิ่มความสามารถในการดักจับ (Detect) ผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจากการผลิตหรือบริการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประเภทของ FMEA

FMEA มีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและการประยุกต์ใช้ของแต่ละองค์กร ประเภทที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายได้แก่

1. Design FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากความล้มเหลวนั้นในการใช้งานผลิตภัณฑ์ โดยผู้ออกแบบจะต้องคำนึงว่าในการใช้งานจริงนั้นจะเกิดความล้มเหลว (Failure) แบบใดขึ้นบ้าง และจะส่งผลกระทบไปยังชิ้นส่วนอื่นๆอย่างไร

2. Process FMEA เป็นการวิเคราะห์ลักษณะความล้มเหลวและผลกระทบที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หรือกระบวนการประกอบผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ยังมีประเภทอื่นอีก เช่น Product FMEA System FMEA เป็นต้น

ขั้นตอนทั่วไปในการวิเคราะห์ FMEA

1. ระบุผลิตภัณฑ์หรือองค์ประกอบของระบบ หรือส่วนของกระบวนการ
2. ทำรายการ Mode ของความล้มเหลวแต่ละส่วนนั้น
3. กำหนดผลที่แต่ละ Mode ของความล้มเหลวจะมีต่อส่วนต่างๆ ในข้อ 1.
4. ทำรายการสาเหตุที่เป็นไปได้ของแต่ละ Mode ของความล้มเหลว

5. ให้ประเมิน Mode ของความล้มเหลวนั้นเป็นตัวเลข มีสเกล 1-10 เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย โดยคะแนนที่นำมาประเมินนั้นอาจจะใช้ประสบการณ์หรือใช้ข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือร่วมกับวิจารณญาณ เพื่อกำหนดค่าดังกล่าวโดยจะกำหนดให้กับสิ่งต่างๆ ดังนี้

- โอกาสในการเกิดความล้มเหลว (Occurrence : O)
- ความร้ายแรงหรือความวิกฤตของความล้มเหลวนั้น (Severity : S)
- ประสิทธิภาพในการค้นพบความเสียหายนั้นก่อนจะถึงมือลูกค้า (Detection : D)

6. คำนวณผลคูณของ O × C × D ซึ่งจะเรียกค่านี้ว่า RPN (Risk Priority) ให้ทำการคำนวณทุก Mode ของความล้มเหลว ค่า RPN จะแสดงถึงความเร่งด่วนเมื่อเทียบกับ Mode อื่นๆ

7. ให้ระบุการดำเนินการแก้ไข โดยจัดลำดับความสำคัญตามค่า RPN

ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อลดปริมาณของเสียนี้ เทคนิคหนึ่งที่จำนำมาใช้ จะได้แก่ เทคนิคของ Process FMEA ซึ่งจะเข้ามาช่วยเป็นเครื่องมือที่จะนำไปชี้ถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น หรืออาจจะเกิดขึ้น และการเตรียมการเพื่อรองรับเหตุการณ์ต่างๆ หรือป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นอีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การพิสูจน์สมมติฐานโดยการทดสอบความมีนัยสำคัญด้วยเครื่องมือทางสถิติ (Hypothesis Testing)

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ เป็นอีกเครื่องมือหนึ่งที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา โดยรูปแบบของการตั้งสมมติฐานที่กำหนดขึ้นในการทดสอบมีอยู่ 2 รูปแบบคือ สมมติฐานทางเลือกแบบทางเดียว และสมมติฐานทางเลือกแบบสองทาง ซึ่งสมมติฐานทางสถิติยังแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

- สมมติฐานที่เป็นกลางหรือสมมติฐานที่ไม่มีนัยสำคัญ (Null hypothesis), H_o
- สมมติฐานอื่นที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ (Alternative hypothesis), H_1

ในการวิจัยจะตั้งสมมติฐานทางการวิจัยเพื่อคาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้า แล้วจึงเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยจะทำการแปลงสมมติฐานทางการวิจัยให้เป็นสมมติฐานทางสถิติก่อน แล้วจึงทดสอบได้ด้วยวิธีการทางสถิติ จะกำหนดทั้ง Null hypothesis และ Alternative hypothesis โดยตั้งให้สอดคล้องกับสมมติฐานทางการวิจัย และในการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ H_oที่ตั้งเอาไว้ มักเกิดความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจได้ ซึ่งการตัดสินใจดังกล่าว จะมีความคลาดเคลื่อนได้ 2 ประเภท คือ

- ความคลาดเคลื่อนประเภท ที่ 1 (Type I Error) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการปฏิเสธ H_o ทั้งที่ H_o เป็นจริง ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าเท่ากับ α (อัลฟา)

- ความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 (Type II Error) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการยอมรับ H_o ทั้งที่ H_o เป็นเท็จ ความน่าจะเป็นในการเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 2 มีค่าเท่ากับ β (เบตา)

ค่า α และ β คือ ค่าความน่าจะเป็นซึ่งคือ ค่า**ระดับนัยสำคัญทางสถิติ** ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ก่อนทำการทดสอบสมมติฐานนั้นเอง

2.2.4 การปรับปรุงเพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ (Improve Phase) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะเมื่อทราบถึงพารามิเตอร์ของกระบวนการที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาแล้ว จะทำการหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ดังกล่าว ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการดำเนินการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment, DOE) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและตัวแปรตอบสนองที่ต้องการ โดยประกอบด้วยขั้นตอนของการกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดที่อาจส่งผลกระทบต่อการทดลอง การกำหนดขั้นตอนของการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล การทำการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามแผนที่วางไว้ และการวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง จากนั้นทำการทดสอบยืนยันผล เพื่อนำเอาผลที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง

เครื่องมือที่ใช้

1) Nonparametric Test

การทดสอบสมมติฐาน ที่การแจกแจงของประชากรมีการแจกแจงแบบปกติ หรือใกล้เคียงปกติ จะใช้สถิติพารามิเตอร์ คือ Z หรือ t หรือ F เป็นตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ แต่ถ้าประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติและตัวอย่างมีขนาดเล็กจะไม่สามารถใช้การทดสอบที่อาศัยพารามิเตอร์ได้ จึงต้องใช้วิธีการทดสอบที่เรียกว่า Nonparametric Test

หลักเกณฑ์การใช้การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์

1. ข้อมูลที่อยู่ในรูปลำดับที่หรืออยู่ในรูปความถี่
2. ประชากรมีการแจกแจงแบบไม่ปกติหรือไม่ทราบรูปแบบการแจกแจงของประชากร
3. ตัวอย่างมีขนาดเล็ก (ต่ำกว่า 30)

การทดสอบที่ไม่ใช้พารามิเตอร์มีอยู่หลายวิธี แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงบางวิธีเท่านั้น ได้แก่

1. การทดสอบเกี่ยวกับประชากรเดียวโดยใช้วิธี Wilcoxon Singed-Rank Test
2. การทดสอบความแตกต่างของสองประชากร
   2.1 โดยตัวอย่างแต่ละชุดสุ่มจากประชากรที่เป็นอิสระต่อกัน
   ใช้วิธี Mann-Whitney U-Test
   2.2 โดยประชากรจับคู่กัน
   ใช้วิธี Wilcoxon Singed Rank Test for Matched Paired Deference
3. การทดสอบความแตกต่างของ K ประชากร ($K \geq 3$)
   3.1 เมื่อตัวอย่างแต่ละชุดเป็นอิสระต่อกัน
   ใช้วิธี Kruskal-Wallis H Test
   3.2 เมื่อตัวอย่างแต่ละชุดไม่เป็นอิสระต่อกัน
   ใช้วิธี Friedman Fr Test for a Randomized Block Design

<u>กรณีการสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน</u> ใช้การทดสอบของ แมน-วิทนีย์ (The Mann-Whitney U -Test) เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้ทดสอบประชากร 2 กลุ่มที่การสุ่มตัวอย่างเป็นอิสระกัน ซึ่งในการทดสอบต้องพิจารณาวัตถุประสงค์ด้วยเพื่อจะได้ทราบว่าจะต้องทำการทดสอบแบบทางเดียวหรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สองทาง เช่นถ้าต้องการทราบว่าข้อมูล 2 ชุดต่างกันหรือไม่ ก็จะเป็นการทดสอบแบบสองทาง ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. พิจารณาข้อมูลและตั้งสมมติฐานให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

   กรณีทดสอบ 2 ทาง Ho : $M_1 = M_2$ $H_1 : M_1 \neq M_2$

   กรณีทดสอบทางเดียว

   Ho : $M_1 = M_2$

   $H_1 : M_1 > M_2$ หรือ $M_1 < M_2$

2. คำนวณค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

   สร้างตารางคำนวณ

- โดยให้ลำดับที่ ของตัวอย่างทั้งสองชุด เสมือนว่าเป็นชุดเดียวกัน โดยให้เรียง จากน้อยไปหามาก ถ้ามีข้อมูลที่มีลำดับที่เท่ากันให้หาค่าเฉลี่ยเป็นลำดับที่
- หาผลรวมลำดับที่ ของตัวอย่างแต่ละชุด ได้ T_1 และ T_2

  คำนวณหาค่า U จากสูตร

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - T_1 \qquad (2.9)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - T_2 \qquad (2.10)$$

- กรณีทดสอบทางเดียวจะเลือก U1 หรือ U2 ให้พิจารณาที่ H_1

  ถ้า ตั้ง H_1 : $M_1 > M_2$ ตัวทดสอบคือ $\mathbf{U_1}$

  ถ้า ตั้ง H_1 : $M_1 < M_2$ ตัวทดสอบคือ $\mathbf{U_2}$

- กรณีทดสอบ 2 ทางให้ใช้ U = Min (U_1 ,U_2) คือเลือกค่า U ที่ต่ำระหว่าง U_1 และ U_2

3. เปิดตารางค่า Uo จากตาราง Mann-Whitney โดยพิจารณาจาก n และ α เมื่อทดสอบทางเดียว แต่ถ้าทดสอบสองทางให้เปิดตารางที่ n และ $\alpha/2$

4. หาเขตปฏิเสธและสรุปผล ซึ่งเขตปฏิเสธขึ้นอยู่กับสมมติฐาน H_1

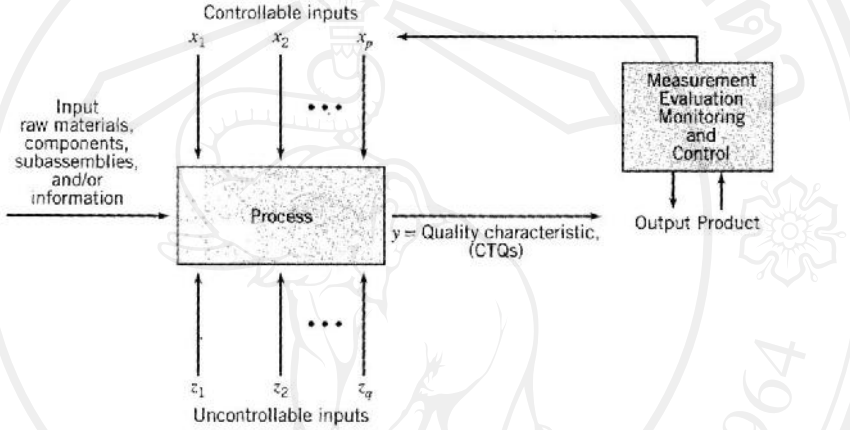
2) การออกแบบการทดลอง (Design of Experiments)

การทดลอง คือ ชุดของการทดสอบสิ่งที่เราต้องการศึกษา กล่าวคือ การที่ตั้งใจเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้าจะมีผลต่อผลตอบที่เราสนใจอย่างไร

การออกแบบการทดลอง (Design and Analysis of Experiment: DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติขั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการออกแบบการทดลองแบบ ลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า โดยทั่วไปแล้วการออกแบบการทดลองแบบนี้จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่เราต้องการช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของผลกระทบร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง โดยปกติแล้วการทดลองถูกนำมาใช้เพื่อการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการทำงานของกระบวนการและระบบ ซึ่งทั้งกระบวนการและระบบ สามารถที่แทนด้วยแบบจำลอง ตามรูป 2.4



รูป 2.4 แบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ (Montgomery, 2009)

จากรูป 2.4 จะเป็นได้ว่ากระบวนการคือ การรวมเอาคน งาน เครื่องจักร วิธีการ และทรัพยากรอื่นๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเปลี่ยนปัจจัยนำเข้าไปสู่ปัจจัยนำออกที่มีผลตอบออกมาในรูปแบบหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งเราสามารถเห็นได้ ตัวแปรกระบวนการบางชนิด 1 2, ,..., x เป็นตัวแปรที่เราสามารถควบคุมได้ ในขณะที่ตัวแปรบางตัว 1 2, ,..., z เป็นตัวแปรที่เราไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองอาจเกี่ยวข้องกับ

1) การหาปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อผลตอบ y
2) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y ได้ตามค่าที่ต้องการ
3) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อทำให้ค่า y น้อยที่สุด
4) การหาวิธีการตั้งค่า x ที่มีผลต่อค่าผลตอบ y เพื่อผลของตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ 1 2, ,...,z มีผลกระทบน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยจุดประสงค์ของการออกแบบการทดลองเพื่อ

1. บ่งชี้ว่าปัจจัยใด (X) มีผลกระทบต่อผลตอบในกระบวนการ (Y)
2. สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่าง ผลตอบ และปัจจัยที่ศึกษา โดยรวมเฉพาะปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

หลักการพื้นฐานที่สำคัญของการออกแบบการทดลองประกอบด้วยหลัก 3 ประการ เพื่อช่วยให้ผลการทดลองมีความถูกต้อง เที่ยงตรงและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1. การทดลองซ้ำ (Replication) คือการทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกันมากกว่า 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองเพิ่มมากขึ้น และยิ่งทำการทดลองเพิ่มมากขึ้นเท่าใด ก็จะได้ข้อมูลจากการทดลองเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น เพื่อยืนยันความถูกต้องของผลการทดลองและเพิ่มความเที่ยงตรง แม่นยำของข้อมูลมากยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลให้การวิเคราะห์และผลการสรุปจากการทดลอง มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น โดยการทดลองซ้ำมีประโยชน์คือช่วยให้ผู้ทดลองสามารถประมาณค่าความผิดพลาดในการทดลองได้ ซึ่งใช้สำหรับเปรียบเทียบกับผลของปัจจัยที่สนใจศึกษาได้

2. การสุ่ม (Randomization) คือการจัดลำดับในการทดลองให้เป็นแบบสุ่ม โดยการสุ่มสามารถช่วยลดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งการสุ่มจะช่วยกระจายความผิดพลาดในการทดลองที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ไปสู่ทุก ๆ การทดลองด้วยโอกาส และขนาดเท่า ๆกัน เพื่อให้ความผิดพลาดในการวิเคราะห์ผลเกิดขึ้นน้อยที่สุด

3. การควบคุม (Blocking หรือ Control) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงแม่นยำในการทดลอง โดยป้องกันการรบกวนจากปัจจัยภายนอก (Noise, Nuisance, Factors) และลดความผิดพลาดในการทดลอง โดยบล็อกเดียวกันหมายถึงการควบคุมสภาพในการทดลองให้มีสภาพใกล้เคียงกันมากที่สุด เช่น วัสดุที่ใช้ทดลองควรมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ใช้เครื่องจักรเครื่องเดียวกัน ผู้ทดลองคนเดียวกัน วิธีการทดลองเดียวกัน ในช่วงเวลาทดลองใกล้เคียงกัน โดยเปลี่ยนแปลงเฉพาะเงื่อนไขของปัจจัยที่สนใจศึกษาเท่านั้น

แนวทางในการออกแบบการทดลอง

วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เกี่ยวข้องในการทดลองจะต้องมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บได้นั้นอย่างไร ขั้นตอนในการดำเนินการอาจจะทำได้ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. ทำความเข้าใจถึงปัญหา ในขั้นตอนนี้ผู้ทดลองจะต้องพยายามพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และจะต้องหาข้อมูลนำเข้าจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกการตลาด ผู้บริหาร ลูกค้า และแผนกบุคคล ปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับผลวิเคราะห์คำตอบของปัญหานั้นๆ ด้วยเหตุนี้เองการออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมีการทำงานเป็นทีม

2. เลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต ผู้ทดลองต้องเลือกปัจจัยที่จะนำมาเปลี่ยนแปลงในระหว่างทำการทดลอง กำหนดขอบเขตที่ปัจจัยเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลง และกำหนดระดับ (Level) ที่จะเกิดขึ้นในการทดลอง จะต้องพิจารณาด้วยว่าจะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ ณ จุดที่กำหนดให้อย่างไร และจะวัดผลตอบได้อย่างไร ดังนั้นในกรณีเช่นนี้ผู้ทดลองจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการอย่างมาก ซึ่งความรู้นี้อาจจะได้มาจากประสบการณ์และความรู้จากทางทฤษฎี มีความจำเป็นที่เราจะต้องตรวจสอบดูว่า ปัจจัยที่กำหนดขึ้นมาทั้งหมดนี้มีความสำคัญหรือไม่ และเมื่อวัตถุประสงค์ของการทดลองคือการกรองปัจจัย (Screening) เราควรจะกำหนดให้ระดับต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อยๆ การเลือกขอบเขตของการทดลองก็มีความสำคัญเช่นกัน ในการทดลองเพื่อกรองปัจจัย เราควรจะเลือกขอบเขตให้มีความกว้างมากๆ หมายถึงว่าขอบเขตที่ปัจจัยแต่ละตัวจะเปลี่ยนแปลงได้ควรมีค่ากว้างๆ และเมื่อเราได้เรียนรู้เพิ่มขึ้นว่า ตัวแปรใดมีความสำคัญและระดับใดที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เราอาจจะลดขอบเขตลงมาให้แคบลงได้

3. เลือกตัวแปรผลตอบ ในการเลือกตัวแปรผลตอบ ผู้ทดลองควรจะแน่ใจว่าตัวแปรนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่กำลังศึกษาอยู่ บ่อยครั้งที่ค่าเฉลี่ยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (หรือทั้งคู่) ของกระบวนการจะเป็นตัวแปรผลตอบ เป็นไปได้ว่าในการทดลองหนึ่งอาจจะมีผลตอบหลายตัวและมีความจำเป็นอย่างมากที่เราจะต้องกำหนดให้ได้ว่า อะไรคือตัวแปรผลตอบ และจะวัดตัวแปรเหล่านี้ได้อย่างไร ก่อนที่จะเริ่มดำเนินการทดลองจริง

4. เลือกการออกแบบการทดลอง ถ้ากิจกรรมการวางแผนก่อนการทดลองทำได้อย่างถูกต้อง ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนที่ง่ายมาก การเลือกการออกแบบเกี่ยวข้องกับการพิจารณาขนาดของตัวอย่าง (จำนวนการทำซ้ำ) การเลือกลำดับที่เหมาะสมของการทดลองที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล และการตัดสินใจว่า ควรจะใช้วิธีบล็อกหรือใช้การสุ่มอย่างใดอย่างหนึ่งหรือไม่ ในการเลือกการออกแบบ จำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองอยู่ตลอดเวลา ในการทดลองทางวิศวกรรมศาสตร์ส่วนมากจะทราบตั้งแต่เริ่มต้นแล้วว่า ปัจจัยบางตัวจะมีผลต่อผลตอบที่เกิดขึ้น ดังนั้นจะหาว่าปัจจัยตัวใดที่ทำให้เกิดความแตกต่าง และประมาณขนาดของความแตกต่างที่เกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. ทำการทดลอง เมื่อทำการทดลอง ผู้ทดลองจะต้องติดตามดูกระบวนการทำงานอย่างระมัดระวัง เพื่อให้แน่ใจว่าการดำเนินการทุกอย่างเป็นไปตามแผน ถ้ามีอะไรผิดพลาดเกิดขึ้นเกี่ยวกับวิธีการทดลองในขั้นตอนนี้ จะทำให้การทดลองที่ทำนั้นใช้ไม่ได้ ดังนั้นการวางแผนในตอนแรกจะมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จที่จะเกิดขึ้น

6. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ การนำเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อว่าผลลัพธ์และข้อสรุปที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง ถ้าการทดลองได้ถูกออกแบบไว้เป็นอย่างดี และทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ วิธีการทางสถิติที่จะนำมาใช้นั้นจะเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน ข้อได้เปรียบของวิธีการทางสถิติก็คือ ทำให้ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจมีเครื่องมือช่วยที่มีประสิทธิภาพ และถ้านำเอาวิธีการทางสถิติมาผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรม ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ และสามัญสำนึก จะทำให้ข้อสรุปที่ได้ออกมานั้นมีเหตุผลสนับสนุนและมีความน่าเชื่อถือ

7. สรุปและข้อเสนอแนะ เมื่อได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้ทดลองจะต้องหาข้อสรุปในทางปฏิบัติและแนะนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น นอกจากนี้แล้วการทำการทดลองเพื่อยืนยันผล (Confirmation Testing) ควรจะทำขึ้นเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อสรุปที่เกิดขึ้นอีกด้วย

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แบบ 2^k กรณีที่มี k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับกรณีที่มี k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วยจำนวนระดับตามข้อมูล โดยแต่ละระดับอาจเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่นอุณหภูมิ ความดันหรือเวลา เป็นต้น หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร หรือคนงาน เป็นต้น และใน 2 ระดับนี้จะแทนด้วยระดับ “ สูง ” และ “ ต่ำ ” ของแต่ละปัจจัย สำหรับออกแบบการทดลองแบบนี้จะประกอบด้วยข้อมูล $2 \times 2 \times 2 \times 2 \ldots\ldots \times 2 = 2^k$ ข้อมูล ดังนั้นจึงเรียกการออกแบบลักษณะนี้ว่าการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ซึ่งการออกแบบชนิดนี้มีประโยชน์มากต่อการทดลองในช่วงแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่ต้องการตรวจสอบ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุด ที่สามารถจะทำได้ เพื่อศึกษาถึงผลของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างงสมบูรณ์ โดยใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล เพื่อกรองปัจจัยที่มีอยู่เป็นจำนวนมากให้เหลือน้อยลง เนื่องจากแต่ละปัจจัยของการออกแบบการทดลองแบบ 2^k ประกอบด้วย 2 ระดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3) การป้องกันความผิดพลาดในการทำงาน (POKA YOKE)

Poka Yoke คือ “ระบบป้องกันความผิดพลาด” เป็นรากฐานมาจากภาษาญี่ปุ่น คำว่า Poka คือ ความผิดพลาดจากการไม่เอาใจใส่ ส่วน คำว่า Yoke คือ ป้องกัน/ไม่ให้เกิด/หลีกเลี่ยง หรือที่ เรียกกันแพร่หลายว่า ระบบป้องกันความผิดพลาดจากการพลั้งเผลอ หรือใช้คำว่า Mistake Proof แนวความคิดนี้ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการผิดพลาดของการทำงานในสายการผลิตของ โรงงานในเรื่องของอุปกรณ์ โดยทฤษฎีของ Poka Yoke จะขึ้นอยู่กับหลักการ Zero-Defect โดยระบบ Poka Yoke นี้จะ ควบคุมให้งานในกระบวนการมีความถูกต้องเท่านั้นที่จะสามารถผ่านกระบวนการและไปสู่กระบวนการต่อไป

ระบบ Poka Yoke ทำการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการเกิดของเสียด้วยแนวทางอย่างใดอย่างหนึ่งใน 2 แนวทางนี้

1. ระบบควบคุมจะหยุดเครื่องจักรทันทีเมื่อมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น หรือจับยึดชิ้นงานที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการโดยสมบูรณ์ เอาไว้ไม่ให้ถูกส่งต่อไป

2. ระบบเตือน จะส่งสัญญาณไปยังผู้ปฏิบัติงานเพื่อหยุดเครื่องจักรหรือแก้ไขปัญหา

ความมากน้อยของจำนวนอัตราของของเสียที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่กับระบบการตรวจสอบ (Inspection) ที่ถูกเลือกนำไปใช้ควบคู่กับระบบ Poka-Yoke

- Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบที่ต้นเหตุ (Source inspection systems) จะมี ประสิทธิภาพสูงสุด และมีความเป็นไปได้มากที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายของ Zero defects

- Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล (Informative inspections) แบบ self-check methods จะสามารถลดจำนวนของเสียลงได้ และมีโอกาสที่จะบรรลุเป้าหมายของ Zero defects ได้ถ้าสาเหตุของการเกิดของเสียถูกแก้ไข

- Poka-Yoke ที่ใช้ควบคู่กับการตรวจสอบแบบเก็บข้อมูล (Informative inspections) แบบ successive check methods จะไม่สามารถควบคุมการเกิดของเสียที่เกิดเป็นครั้งคราวได้ วิธีนี้สามารถลดจำนวนของเสียลงได้ และมีโอกาสที่จะบรรลุเป้าหมายของ Zero defects ได้ถ้าสาเหตุของการเกิดของเสียถูกแก้ไข

2.2.5 การควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ (Control) ขั้นตอนนี้เป็นการควบคุมและสร้างระบบป้องกันความผิดพลาด โดยจัดทำแผนการควบคุมและการติดตามในกระบวนการประกอบกับกำหนดเป็นมาตรฐานในการทำงาน โดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ได้จากการวิเคราะห์ผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องมือที่ใช้

1) แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินความสามารถของกระบวนการหรือตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้เป็นตัวเลข เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อดำเนินการอยู่ในระดับที่พอใจ โดยมีข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและจะต้องควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน แผนภูมิควบคุมสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยปกติความผันแปรหรือการเปลี่ยนแปลงอาจเกิดขึ้นได้เสมอในการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ สาเหตุโดยธรรมชาติ (Chance causes) เป็นความแปรปรวนที่เกิดจากอุบัติเหตุหรือโดยบังเอิญ และสาเหตุที่ระบุได้หรือกำจัดได้ (Assignable causes) เป็นความแปรปรวนที่สามารถตรวจพบและแก้ไขด้วยวิธีที่เหมาะสม ดังนั้นวิธีการควบคุมคุณภาพจึงใช้หลักการและวิธีการทางสถิติ เพื่อการวัดขนาดของความแปรปรวนที่เกิดโดยบังเอิญ และตรวจหาความแปรปรวนที่เกิดโดยความตั้งใจ โดยยึดหลัก กฎของความน่าจะเป็น (Law of probability) เพราะฉะนั้นถ้าชิ้นงานที่ตรวจวัดมีค่าเฉลี่ยอยู่นอกเขตที่ควบคุม แสดงว่ามีข้อผิดพลาดที่เกิดจาก assignable cause ที่ต้องได้รับการแก้ไข เพื่อให้คุณภาพของงานกลับมาเป็นปกติ

วัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุม

1. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจติดตามกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมหรือไม่ หากค่าความแปรปรวนของตัวแปรที่วัดไม่เป็นปกติ ต้องทำการค้นหาและขจัดสาเหตุอันเป็นสาเหตุที่ระบุได้หรือกำจัดได้ (Assignable causes) ออกไป
2. เพื่อใช้ในการกำหนดข้อกำหนดคุณภาพผลิตภัณฑ์ ประเมินกระบวนการผลิตและเปลี่ยนแปลงวิธีการตรวจสอบ
3. เพื่อสร้างมาตรฐานในการผลิต หรือเป็นหลักให้กับบุคคลที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุมคุณภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผนภูมิควบคุมช่วยให้องค์กรลดปัญหาของเสียในระยะยาวและช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิต รวมถึงลดของเสียอันเกิดจากความผันแปรตามปกติ การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการจัดทำต้องมีความระมัดระวังเพราะแผนภูมิควบคุมนี้จะแตกต่างกันออกไป หากมีการจัดกลุ่มของข้อมูลผิด การเก็บข้อมูลจึงควรรัดกุมและขนาดของข้อมูลต้องมากพอที่จะแยกแยะสาเหตุของ

ของเสียที่เกิดจากสภาพที่ผิดปกติได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง ในการสร้างแผนภูมิควบคุม จำเป็นต้องสมมติว่าความแปรปรวนเฉลี่ยจากการที่ทำการวัดค่าออกมาในช่วงเวลาหนึ่งๆ ควรมีค่าเดียวกันตลอด เพื่อว่าถ้าต้องการรักษาระดับคุณภาพเฉลี่ยให้เป็นเวลายาวนาน ก็สามารถจะควบคุมได้

แผนภูมิควบคุมแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบตัวแปร (Control Chart for Variable) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบตัวแปรที่นิยมใช้งานมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (Xbar –Chart) และแผนภูมิควบคุมพิสัย (R–Chart)

2. แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ (Control Chart for Attribute) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ กล่าวคือ เป็นการจำแนกผลิตภัณฑ์ออกเป็นประเภท “ดี” หมายถึงได้มาตรฐาน หรือ “เสีย” หมายถึงไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งอาจเกิดจากผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องหรือรอยตำหนิ เป็นต้น แผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดแบบคุณสมบัติ มี 2 ประเภท คือ แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p–Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องเมื่อกลุ่มตัวอย่างย่อยมีขนาดเท่ากับ 1 หน่วย (c–Chart) และ แผนภูมิควบคุมจำนวนข้อบกพร่องเมื่อกลุ่มตัวอย่างย่อยไม่ใช่ 1 หรือมีจำนวนไม่เท่ากัน (u-Chart)

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แผนภูมิควบคุม u–Chart เนื่องจากเป็นการตรวจสอบคุณภาพโดยนับจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการกำหนดราคาขายของสินค้า และผลกำไรที่กิจการจะได้รับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการให้มากที่สุด

แผนภูมิ u-Chart สามารถหาค่าเฉลี่ยของจำนวนข้อบกพร่อง (u) ได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$u = \frac{c}{n} \quad \text{และ} \quad \bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n} \tag{2.11}$$

เมื่อ c คือจำนวนรอยตำหนิที่พบในกลุ่มตัวอย่างใดๆ

n คือจำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างใดๆ

u คือจำนวนรอยตำหนิเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยตัวอย่าง

$\bar{u}$ คือจำนวนรอยตำหนิเฉลี่ยต่อการตรวจสอบทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ u คือ

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.12)$$

$$CL = \bar{u} \quad (2.13)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad (2.14)$$

ส่วนแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อบกพร่องที่วัดผลจากความยาวของผืนงานที่ตัดเนื่องจากเกิดข้อบกพร่องนั้น ได้เลือกใช้แผนภูมิควบคุม I-MR Chart (Individual-X and MR chart) นำมาใช้ในกรณีที่ไม่สามารถแบ่งกลุ่มข้อมูล เนื่องจากเงื่อนไขของแต่ละงานแตกต่างกัน ไม่สะดวกในการเฉลี่ยข้อมูลจากกลุ่มย่อย ข้อมูลมีการเคลื่อนที่แบบลูกคลื่น หรือการเก็บข้อมูลสามารถทำการเก็บได้หนึ่งค่าต่อหน่วยผลิต (n=1) ดังนั้นการแสดงค่าของข้อมูลจึงต้องแสดงด้วยค่าจริงที่เกิดขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนไป โดยการคำนวณการเคลื่อนที่และค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ได้ดังสมการ (2.15)

$$MR_j = \left| x_j - x_{j-1} \right| \quad (2.15)$$

$$\overline{MR} = \frac{1}{m-1}\sum_{j=1}^{m} MR_j \quad (2.16)$$

การคำนวณค่าขีดจำกัดบนและล่างของแผนภูมินี้จะเริ่มด้วยการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยอ้างอิงจากค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่คือ $\sigma = \overline{MR}/d_3$ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและล่างของแผนภูมิด้วยค่าต่อเนื่องด้วยสมการ

$$UCL = \bar{x} + 3\sigma \quad (2.17)$$

$$LCL = \bar{x} - 3\sigma \quad (2.18)$$

คำนวณหาค่าขีดจำกัดบนและล่างของแผนภูมิค่าการเคลื่อนที่ด้วยสมการ

$$UCL = \overline{MR} + 3d_3\sigma \quad (2.19)$$

$$LCL = MAX\left| 0, \overline{MR} - 3d_3\sigma \right| \quad (2.20)$$

โดยค่าตัวแปร d_2 และ d_3 คือค่าที่เปิดได้จากตารางอ้างอิงที่ n=2

2) มาตรฐานการปฏิบัติงาน (Performance Standard)

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน(2529:53) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเป็นผลการปฏิบัติงานในระดับใดระดับหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นเกณฑ์ที่น่าพอใจ หรืออยู่ในระดับที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ทำได้ การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงาน จะเป็นลักษณะข้อตกลงร่วมกันระหว่างผู้บังคับบัญชากับผู้ใต้บังคับบัญชาในงานที่ต้องปฏิบัติ โดยจะมีกรอบในการพิจารณากำหนดมาตรฐานหลายๆ ด้านด้วยกัน อาทิ ด้านปริมาณ ด้านคุณภาพ ด้านระยะเวลา ด้านค่าใช้จ่าย หรือพฤติกรรมของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องมาจากมาตรฐานของงานบางประเภทจะออกมาในรูปของปริมาณ ในขณะที่บางประเภทอาจออกมาในรูปแบบของคุณภาพองค์การจึงจำเป็นต้องกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานให้เหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของงานประเภทนั้นๆ

2.3 การทอลวดตาข่าย

การทอลวดตาข่ายเป็นการนำเส้นลวดหลายเส้น (จำนวนเส้นขึ้นอยู่กับช่องหรือตาที่ต้องการ) มาสานเรียงกันอย่างมีระเบียบด้วยเครื่องทอแบบสลับกันออกมาเป็นผืนงาน โดยในการทอลวดจะประกอบด้วยลวดสองแนวคือ แนววาฟ เป็นลวดแนวตั้งที่มีทิศเดียวกับเครื่องทอ ส่วนแนวเวฟ จะเป็นแนวขวาง รูป 2.5 เป็นตัวอย่างงานลวดตาข่ายที่นำไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ ซึ่งนำไปใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น ตะแกรงกันแมลง กรองสี กรองน้ำ กรองลม กรองแป้ง กรองน้ำมัน กรองน้ำตาล กรองเคมี กรองปูน กรองของเสีย กรองโลหะ กรองเครื่องสำอาง งานตกแต่งเฟอร์นิเจอร์ หัวเตาแก๊ส หูฟัง หลอมพลาสติก หลอมของเหลว เป็นต้น

รูป 2.5 งานลวดตาข่ายประเภทต่างๆ (ที่มา : http://www.kwn.co.jp)

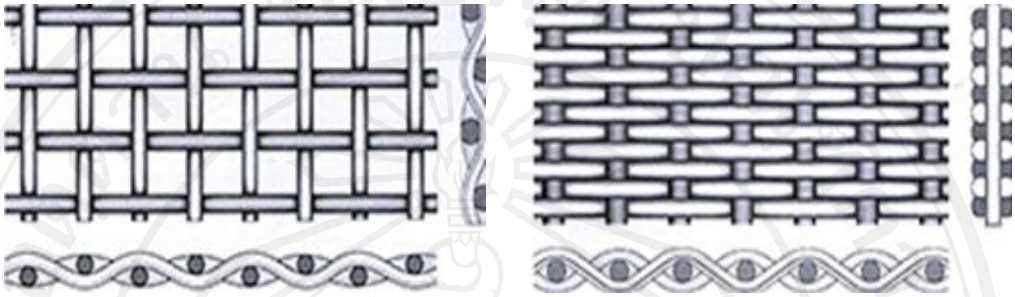
งานทอหลักๆ จะมี 2 ลักษณะ ได้แก่

1. Plain weave ลักษณะการทอจะคล้ายกับการทอผ้าทั่วไป ในขั้นแรกนำเส้นลวดเส้นแรกวางลอดข้างใต้ จากนั้นวางข้ามเส้นต่อไปเรื่อยๆ โดยโครงสร้างจะเป็นแบบลักษณะขึ้น 1 ลง 1 ทั้งลวดในแนวตั้ง และแนวนอน ลักษณะช่องจะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ดังรูป 2.6 (a)

2. Plain Dutch Weave ลักษณะการทอจะคล้ายกับ Plain weave แต่มีการทอเพิ่มขึ้นอีก 1 ชั้น เป็นการทอแบบ 2 ชั้น โดยโครงสร้างจะเป็นแบบลักษณะขึ้น 1 ลง 1 การทอจะใช้เส้นลวด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้านหนึ่งที่มีขนาดใหญ่และระยะห่างมากกว่าเส้นลวดที่ขัดกันในแนวขวาง ส่วนอีกด้านหนึ่งการทอจะใช้เส้นลวดที่มีขนาดเล็ก (ละเอียด) และระยะห่างน้อยจะเรียงชิดกันเส้นต่อเส้น ทำให้ช่องชิดกัน มีความหนาแน่น แข็งแรง และทนทานยาวนาน จึงมีประสิทธิภาพดีมากกว่าการทอแบบ Plain Weave การทอแบบนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ตะแกรงลายเสื่อ" ดังรูป 2.6 (b)



(a) Plain Weave (b) Plain Dutch Weave

รูป2.6 ลักษณะการทอ (ที่มา : http://www.swn.co.th)

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นเทคนิคที่มีความนิยมในการนำมาเป็นแนวทางในงานวิจัย เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตในด้านการลดของเสีย หรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทั้งยังช่วยปรับปรุงและควบคุมคุณภาพในการผลิตได้ด้วย มีงานวิจัยต่างๆ ที่ได้นำเอาหลักการ DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์ อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมขึ้นรูปพลาสติก เป็นต้น

2.4.1 การประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่า ในการลดผลิตภัณฑ์มีตำหนิ

จากการทบทวนวรรณกรรมในอดีตพบว่า มีงานวิจัยที่นำเอาเทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการลดของเสียและลดต้นทุนการผลิตที่เกิดในอุตสาหกรรมการผลิตที่หลากหลาย จะเห็นได้ว่าการนำเอาเทคนิคซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตสามารถลดปริมาณผลิตภัณฑ์มีตำหนิได้ และบางงานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์ในด้านต้นทุนการผลิตด้วย ซึ่งพบว่าเมื่อปริมาณผลิตภัณฑ์มีตำหนิลงได้ ต้นทุนการผลิตก็จะลดลงตามไปด้วย ดังเช่นในงานวิจัยของ ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545), สมอุษา วรรณฤมล (2547), Sameer Kumar et al. (2008) และ Tarek and Aziz (2008) มีหลายงานวิจัยที่ประสบความสำเร็จจากการใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกม่ามาประยุกต์ใช้ แต่ก็มีบางส่วนของงานวิจัยเช่นงานวิจัยของวิเชียร แก้วณะศรียังไม่สามารถลดข้อบกพร่องตาของผืนงานในแนวเวฟที่ไม่สม่ำเสมอบริเวณเริ่มม้วนลงได้ นอกจากนี้การดำเนินการตามขั้นตอนซิกซ์ ซิกม่า ยังทำให้เกิดมาตรฐานการทำงานในกระบวนการผลิต ภายหลังจากการทำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปรับปรุง ในงานวิจัยของ ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) อีกทั้งยังสามารถช่วยให้องค์กรลดปริมาณของเสียหรือข้อบกพร่องจากการทำงานลงได้ด้วยความร่วมมือของพนักงานและผู้เกี่ยวข้องในการปฏิบัติงานให้ทำงานเป็นมาตรฐาน ดังเห็นได้จากงานวิจัยของ วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551) และวุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551) สรุปได้ดังตาราง 2.4

2.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า

การวิจัยตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า ได้มีการนำเอาเครื่องมือทางคุณภาพต่างๆ มาใช้ในแต่ละขั้นตอน จากงานวิจัยที่ได้กล่าวถึงก่อนหน้าพบว่าเครื่องมือหลักๆ ที่สำคัญ ดังนี้ ขั้นตอนการนิยามปัญหา มีการนำ Process map มาใช้ในทุกงานวิจัย มีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาปัญหาของกระบวนการว่าเกิดขึ้นในกระบวนการไหน อย่างไร ประเมินค่าความสูญเสียจากการเกิดปัญหานั้น เมื่อได้ปัญหามาแล้วก็นำมาศึกษากระบวนการที่เกิดปัญหานั้นโดยละเอียดในขั้นตอนการวัดค่า และใช้ GR&R ในการวิเคราะห์ระบบการวัดดังแสดงในงานวิจัยของ ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545), ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) , วิเชียร แก้วณะศรี (2550), Chao-Ton Su et al. (2008) และวุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551) จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยการประเมินหาสาเหตุของปัญหาด้วยการใช้แผนผังเหตุและผลหรือผังก้างปลาดังในงานวิจัยของณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), ภัทรา อายุวัฒน์ (2546), สมอุษา วรรณฤมล (2547), ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550), Sameer Kumar et al. (2008), วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551) และวุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551) นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยของนวลศรี เอิบกมลและสุทธิศักดิ์ สังฆธรรม (2545) ได้ใช้แผนผังเหตุและผลในการหาสาเหตุของการเกิดซองขนมที่แตกหรือฉีกขาด และน้ำหนักของขนมในซองไม่ได้ตามกำหนด จากนั้นร่วมกับแผนภูมิพาเรโตในการหาสาเหตุหลัก จึงพบว่าการที่ฟิล์มเลื่อนออกนอกกรอบและ Bucket feeder หนีบโคนเนื้อขนมคือสาเหตุหลัก จึงได้มีการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหา ผลสรุปว่าการติดอุปกรณ์ตัวล๊อคกับลูกเลื่อนตัวสุดท้ายก่อนที่ฟิล์มจะวิ่งผ่านส่วนที่เรียกว่า Bag former และการเจาะรูตัวค้ำยันใหม่เพื่อเพิ่มระยะห่างระหว่าง Weight Feeder กับ Collating Chute เพื่อให้เนื้อขนมหล่นลงใน Bag Former ได้สะดวกขึ้น และเมื่อได้สาเหตุหลักของปัญหาก็นำมาทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบสมมติฐานของการทดลอง (Hypothesis Testing) ซึ่งเห็นในทุกการวิจัยที่ได้ทำการทบทวนวรรณกรรม เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่มีผลต่องานวิจัย ไปดำเนินการต่อในขั้นตอนการปรับปรุงโดยการออกแบบการทดลอง และต่อเนื่องไปจนถึงขั้นตอนการควบคุมกระบวนการด้วยเครื่องมือทางสถิติ สามารถสรุปได้ดังตาราง 2.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมในการดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์ตามหลัก DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า

ผู้แต่ง (ปี)	กระบวนการและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือหลักที่ใช้	ผลการวิจัยหลังดำเนินการตามหลักการ DMAIC
ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545)	หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนที่ส่งผลต่อครีบระบายความร้อน หาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง	Process map, , GR&R, Cause & Effect Diagram, Hypothesis Testing, FMEA, DOE, SPC	ลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน 1,108,250 บาท ซึ่งคิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดได้จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 19,255 DPPM
ภัทรา อายุวัฒน์ (2546)	หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gramload) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ หาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตเพื่อที่จะทำให้ปริมาณของเสีย อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ ลดลง	Process map, Process Capability Analysis, GR&R, Cause & Effect Diagram, Hypothesis Testing, FMEA, DOE, SPC	สามารถกำหนดค่าของระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gramlod) ของชุดหัวอ่าน ปริมาณของเสียลดลง 91.88 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต
สมอุษา วรรณฤมล (2547)	หาแนวทางในการลดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องในกระบวนการประกอบแผงวงจรกับแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ลงร้อยละ 50	CQT, Cause & Effect diagram, Graphical Analysis, MSA, Process Capability Analysis, Sample Size Calculation, Hypothesis Testing, Cpk, SPC Chart	ลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องจากร้อยละ 2.83 เหลือ 0.66 และค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่องต่อเดือนลดลงจาก 39,150 $ เหลือ 9,276 $ และค่าดัชนีวัดความสามารถ (Cpk) ของมุมมองศาปรับปรุงจาก 1.39 เพิ่มเป็น 2.32 คุณภาพของกระบวนการปรับปรุงจากระดับ 3.5 ซิกม่า เป็น 4 ซิกม่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมในการดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์ตามหลัก DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	กระบวนการและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือหลักที่ใช้	ผลการวิจัยหลังดำเนินการตามหลักการ DMAIC
ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548)	ลดความผันแปรของ Arm Height หัวอ่านฮาร์ดดิสก์ในอุตสาหกรรมการประกอบหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ ซึ่งวัดจากค่า Z score โดยกำหนดเป้าหมายการปรับปรุงให้ค่านี้ไม่ต่ำกว่า 5.5	Key Process Input Variable : KPIV, MSA, Fish Bone Diagram, FMEA, Hypothesis Testing, SPC Chart	ได้ฟิกเจอร์ต้นแบบที่ใช้ทอร์กในการล็อกแบริ่งแทนการใช้ความรู้สึกคน ทำให้ค่า Z score มีค่าเท่ากับ 5.53
วิเชียร แก้วณะศรี (2550)	ลดจำนวนของเสียในอุตสาหกรรมทอลวดตาข่าย	Check Sheet, Pareto, Process mapping, GR&R, Cause & Effect Diagram, Poka Yoke, SPC Chart	ลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non Salable) ข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์และสามารถลดผลิตภัณฑ์ลวดทอที่ไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของลูกค้า (Short Size) ได้
Chao-Ton Su et al. (2008)	ลดผลิตภัณฑ์มีตำหนิใน IMD layer ในกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์	Pareto Chart, Process Map, CTQ, GR&R, Hypothesis Testing, Response Surface Method (RSM)	ลดผลิตภัณฑ์มีตำหนิและของเสีย เพิ่มกำลังการผลิตและอัตราผลผลิตด้วย ซึ่งปริมาณของผลิตภัณฑ์มีตำหนิต่อหน่วย ของขั้นตอน IMD ลดลงจาก 0.045 เป็น 0.0294 ช่วยประหยัดต้นทุนได้ 3.60 ล้านดอลล่าร์
Sameer Kumar et al. (2008)	ลดต้นทุนและปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น โดยลดปริมาณของ warp ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ heat treat ในกระบวนการผลิตเครื่องจักร	Brainstorming. Process Mapping, Fish bone diagrams, Histrograms, Control Chart	ช่วยปรับปรุงคุณภาพและช่วยลดต้นทุนในการผลิตลงได้ ทำให้บริษัทมีกำไรเพิ่มขึ้น 2% ของรายได้ต่อปีของบริษัท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 การประยุกต์ใช้เครื่องมือทางวิศวกรรมในการดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์ตามหลัก DMAIC ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า (ต่อ)

ผู้แต่ง (ปี)	กระบวนการและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	เครื่องมือหลักที่ใช้	ผลการวิจัยหลังดำเนินการตามหลักการ DMAIC
Tarek and Aziz (2008)	ลดอัตราการเกิดของเสียในโรงงานการฉีดขึ้นรูปพลาสติก	SIPOC, MSA, FMEA, P-Control Charts และ Hypothesis Testing	ปริมาณของเสียลดลงจาก 5.2% เหลือ 2.6% ประหยัดต้นทุนได้ 3% ของต้นทุนรวมของยอดขาย
วสันต์ พุกผาสุก และ อรรถกร เก่งพล (2551)	ลดปริมาณของเสียลง 70% และปรับปรุงคุณภาพผิวงานชุบโครเมียม	Process Capability Analysis, Process map, Cause & Effect Diagram, Pareto Diagram, Hypothesis Testing, DOE, RSM, Control Chart	ลดค่าเฉลี่ยของของเสียที่เกิดขึ้นลงได้มากกว่าเป้าหมายในแต่ละเดือน ทำให้มูลค่าการสูญเสียลดลง และหลังจากการปรับปรุงกระบวนการลดความผันแปรของกระบวนการได้ โดยอาศัยคู่มือการปฏิบัติงานและเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ
วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)	เพื่อควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ทดิสก์ ให้มีมาตรฐานและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และลดต้นทุนการผลิตของกระบวนการผลิตส่วนประกอบฮาร์ทดิสก์	Brain Storming, Cause and Effect Diagram, FMEA, MSA, GR& R, Process Capability Analysis, Hypothesis Testing, DOE, Control chart	ลดปริมาณสัดส่วนของของเสียในกระบวนการลงได้ร้อยละ 58.62 และเพิ่มร้อยละของล็อทดีจากร้อยละ 86.30 เป็นร้อยละ 88.61 หรืออยู่ในช่วง 5-6 Sigma และทำการพัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพโดยปรับปรุงกระบวนการทำงานมาตรฐาน (SOP) ในขั้นตอนการติดกาว เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดของเสียขึ้นมาอีก ด้วยความร่วมมือของพนักงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักซิกซ์ ซิกม่า

ขั้นตอนตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า	เครื่องมือที่ใช้	ผู้แต่ง (ปี)
ขั้นที่ 1 การกำหนดปัญหาและขอบเขตงานวิจัย (Define, D)	Process Map	ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545), ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,สมอุษา วรรณฤมล (2547),ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008),Sameer Kumar et al. (2008), Tarek and Aziz (2008), วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551), วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)
ขั้นที่ 2 การวัดผลและรวบรวมข้อมูล (Measure, M)	GR&R	ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545),ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008),วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)
ขั้นที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze, A)	Cause and Effect Diagram	ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,สมอุษา วรรณฤมล (2547),ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Sameer Kumar et al. (2008),วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551), วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)
	Pareto Diagram	วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008),วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.5 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยสำหรับการวิเคราะห์ตามหลักซิกซ์ ซิกม่า (ต่อ)

ขั้นตอนตามหลักการซิกซ์ ซิกม่า	เครื่องมือที่ใช้	ผู้แต่ง (ปี)
ขั้นที่ 4 การปรับปรุงเพื่อขจัดสาเหตุที่วิเคราะห์ได้ (Improve, I)	Hypothesis Testing	ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545),ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,สมอุษา วรรณฤมล (2547),ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008), Tarek and Aziz (2008), วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551), วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)
	DOE	ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545),ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008), วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551), วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)
ขั้นที่ 5 การควบคุมกระบวนการที่มีผลกระทบ (Control, C)	SPC	ธนิยา ลิ่มชูเชื้อ (2545),ภัทรา อายุวัฒน์ (2546) ,สมอุษา วรรณฤมล (2547),ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ (2548), วิเชียร แก้วณะศรี (2550) , Chao-Ton Su et al. (2008),Sameer Kumar et al. (2008), Tarek and Aziz (2008), วสันต์ พุกผาสุก และอรรถกร เก่งพล (2551), วุฒิภูมิ เลิศปรีชากมล (2551)

จากการศึกษางานวิจัยในอดีต ทำให้เราได้ทราบว่า เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าได้นำมาประยุกต์ใช้ในการลดของเสียหรือข้อบกพร่องในอุตสาหกรรมต่างๆ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังทราบถึงการนำเอาเทคนิคและเครื่องมือทางวิศวกรรมมาใช้ในแต่ละขั้นตอนของหลักการซิกซ์ ซิกม่า ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นว่าดำเนินการตามหลักการดีเอ็มเอไอซี ของเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า จะเป็นแนวทางในการลดผลิตภัณฑ์มีตำหนิในการผลิตลวดตาข่าย และปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีมาตรฐานและประสิทธิภาพมากขึ้นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved