

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและแนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า (Six Sigma)

2.1.1 ประวัติของ Six Sigma

เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1990 บริษัท Motorola คิดเทคนิคการบริหารกระบวนการขึ้นมาจากชนิดหนึ่งเรียกว่า ซิก ซิกม่า (Six Sigma) โดยตั้งชื่อตามอักษรกรีกที่มีความหมายทางสถิติคือระดับของความผันแปรของกระบวนการ บริษัท Motorola ได้รับผลสำเร็จที่วัดออกมาเป็นตัวเงินมหาศาลจากการดำเนินงานตามแนวทางซิก ซิกม่า (Six Sigma)

ต่อมาบริษัท GE (General Electric) โดย Jack Welch ปรับเปลี่ยนรูปแบบดั้งเดิมของ Six Sigma ให้เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้น โดยการปรับแก้รูปแบบ Six Sigma ของบริษัท Motorola ให้เป็นลักษณะของ Project Based Approach คือเน้นทำเป็นเรื่องๆ ในระยะแนวทางที่กำหนดไว้ (โดยประมาณ 6 เดือน) นอกจากนี้ยังเพิ่มเติมในส่วนของการบริหารโครงการและแนวทางในการจูงใจให้ผู้บริหารทุกระดับเล็งเห็นความสำคัญของการดำเนินงาน (โดยไม่คิดเพียงว่าเป็นหน้าที่ของวิศวกรในการปรับปรุงกระบวนการ) และยังเพิ่มเติมในส่วนของการวิธีการประเมินผลสำเร็จที่สามารถวัดผลออกมาได้ในรูปของการเงินที่ดีขึ้นของบริษัท ด้วยรูปแบบใหม่ของ Six Sigma จึงได้รับความนิยมมากในบรรดาบริษัททั่วไป กล่าวกันว่าบริษัทจะสามารถลดต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างน้อย 500,000 - 1,000,000 เหรียญสหรัฐ จากการดำเนินโครงการ Six Sigma เพียงแค่ 3-4 โครงการต่อปี

อาจกล่าวได้ว่าการที่ Six Sigma มีชื่อเสียงขึ้นมาได้เป็นเพราะการเข้ามาในจังหวะที่เหมาะสมกับสถานการณ์พอดี เพราะเมื่อประมาณ 7-8 ปีที่ผ่านมาเป็นช่วงเศรษฐกิจของโลกกำลังตกต่ำ โดยเฉพาะบริษัทยักษ์ใหญ่ของสหรัฐอเมริกา พอถึงสิ้นปีหลายบริษัทประกาศผลการดำเนินงานให้ผู้ถือหุ้นทราบ ซึ่งแน่นอนว่าผู้ถือหุ้นหลายรายผลการประกอบการไม่สู้ดีนัก แต่เป็นที่น่าประหลาดใจมาก เพราะท่ามกลางกระแสเศรษฐกิจซบถกลับมีเพียงไม่กี่บริษัทที่ออกมาประกาศว่าตัวเองได้กำไรในปีดำเนินงานนี้ และตอบย้ำอีกว่าการได้รับอานิสงส์จากกำไรที่น่าชื่นใจเช่นนี้ เนื่องจากแนวคิดอันยอดเยี่ยมของผู้บริหารที่นำเทคนิคการปรับปรุงซึ่งมีชื่อเรียกว่า “Six Sigma” มาใช้ในองค์กรและยังสร้างกระแสนิยมของ Six Sigma มากขึ้น เมื่อบริษัทอื่นๆ ดำเนิน

รอยตามบริษัทที่ได้รับผลสำเร็จไปก่อนหน้านี้ต่างก็ได้รับผลสำเร็จเช่นกัน จึงทำให้ชื่อของ Six Sigma เป็นที่รู้จักไปทั่วโลกในเวลาอย่างรวดเร็ว

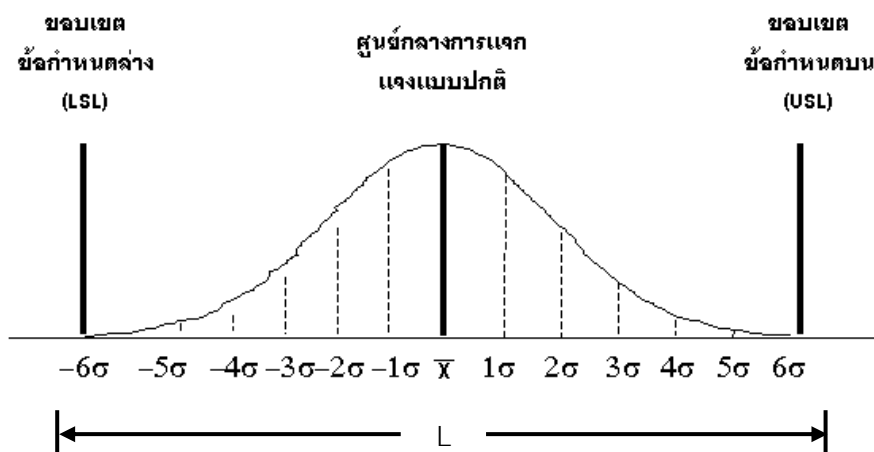
กล่าวโดยสรุป Six Sigma คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางธุรกิจได้เป็นอย่างดี ด้วยเป้าหมายที่ท้าทาย คือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน (เช่นมีของเสีย 3.4 ชิ้นต่อการผลิต 1 ล้านครั้ง หรือการลงบันทึกทางบัญชีที่ผิดพลาดเพียง 3.4 ครั้งต่อ 1 ล้านครั้งของการทำงาน) ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติขั้นสูงที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า Six Sigma เป็นนวัตกรรมการบริหารองค์กรยุคใหม่

ปัจจุบันเทคนิคของ Six Sigma ไม่ได้จำกัดการประยุกต์ใช้เฉพาะกับบริษัทขนาดใหญ่ อย่าง Motorola หรือ GE เท่านั้น แต่นำไปประยุกต์ใช้กับภาคธุรกิจต่างๆ มากมายไม่ว่าจะเป็น SMEs องค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการผลิต ตลอดจนงานบริการ โดยมีลักษณะการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยตามรูปแบบของธุรกิจ

2.1.2 คำจำกัดความของกระบวนการ Six Sigma

กระบวนการซิก ซิกม่า (Six Sigma) ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อหาทางลดข้อบกพร่อง หรือพยายามสร้างระดับคุณภาพให้บรรลุระดับ 6 Sigma ให้ได้ ในช่วงแรกจึงเป็นความพยายามเพื่อลดข้อบกพร่อง หรือลดความสูญเสียลงมาให้เหลือน้อยที่สุดโดยใช้กระบวนการพัฒนาคุณภาพและกลวิธีทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า การพัฒนาเฉพาะด้านการลดความสูญเสีย หรือลดข้อบกพร่องเพียงด้านเดียวไม่สามารถสร้างความประทับใจ หรือสร้างความแตกต่างจากคู่แข่งได้ กระบวนการดังกล่าวจึงได้มีวิวัฒนาการมาเป็นลำดับ คือ นอกจากจะพยายามลดข้อบกพร่องหรือลดความสูญเสียให้เหลือน้อยที่สุดแล้ว ยังต้องหาทางออกแบบและพัฒนาสินค้าหรือบริการให้สามารถสร้างความพึงพอใจสูงสุดอีกด้วย

คำว่า Six Sigma เป็นภาษกรีกที่นักสถิติจะนำมาใช้แสดงถึง ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือ Sigma บอกถึงปริมาณของความผันแปร (Variation) ในกลุ่มตัวอย่าง



ภาพที่ 2.1

การกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution)

ที่มา : ดร.วรภัทร์ ภูเจริญ, 2546. ข้าแห่ง Six Sigma

จากฮิสโตแกรม ภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นการกระจายของข้อมูลแบบปกติ (Normal distribution) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ โดยตามหลักทางสถิติความกว้างของฐานจะเท่ากับ ± 6 Sigma ส่วน LSL (Lower Specification Limit) และ USL (Upper Specification Limit) หมายถึง ข้อกำหนดเฉพาะด้านล่างและด้านบน และจากรูปสมมติความกว้างของข้อกำหนดเฉพาะ (USL-LSL) เท่ากับ L

ตารางที่ 2.1

แสดงการกระจายตัวของ Sigma ภายใต้การแจกแจงปกติ

พิสัยข้อกำหนด (Spec Limit)	% ของข้อมูลที่เป็นตามข้อกำหนด (พื้นที่ที่อยู่ภายใต้ Spec Limit)	ของเสียหรือข้อบกพร่องใน 1 ล้านชิ้น	Cp
± 1 Sigma	68.268940	317300	0.33
± 2 Sigma	95.4499876	45500	0.66
± 3 Sigma	99.7300066	2700	1.00
± 4 Sigma	99.9936628	63	1.33
± 5 Sigma	99.9999426	0.57	1.67
± 6 Sigma	99.9999998	<u>0.002</u>	2.00

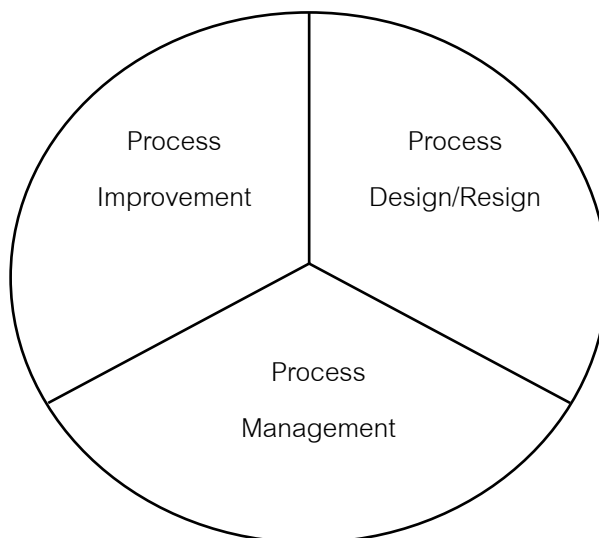
ที่มา : ดร.วรภัทร์ ภูเจริญ, 2546. ข้าแห่ง Six Sigma

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าที่ระดับ Six Sigma มีของเสียเพียง 0.002 ชิ้น จากจำนวนของทั้งหมด 1,000,000 ชิ้นเนื่องจากการกระจายแบบปกติ จะมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือพื้นที่ใต้ส่วนโค้งเท่ากับ ± 6 Sigma ปัจจุบันกระบวนการ Six Sigma ได้พัฒนาต่อไปอีกโดยการเชื่อมโยงเข้ากับกลไกการบริหารการจัดการ และการจัดการเชิงกลยุทธ์ขององค์กร คำจำกัดความของกระบวนการ Six Sigma จึงเปลี่ยนแปลงมาตามลำดับ ดังนั้นคำจำกัดความของกระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จึงผสมผสานระหว่างระบบคุณภาพกับระบบการบริหารจัดการ M. Harry ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า “Six Sigma เป็นวิถีทางแห่งระบบคุณภาพแบบหลายมิติ ประกอบด้วยรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน การจัดการที่เหมาะสม และการตอบสนองภารกิจขององค์กร ซึ่งทำให้ลูกค้าและผู้ผลิตได้ผลตอบแทนทั้งสองฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นด้านอรรถประโยชน์ ทรัพยากร และคุณภาพของผลิตภัณฑ์”

สถาบัน Juran ได้ให้คำจำกัดความไว้อีกมุมมองหนึ่งว่า “Six Sigma เป็นกลยุทธ์ของฝ่ายบริหารในการพัฒนาคุณภาพ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าทำให้เกิดความพึงพอใจสูงสุด และลดความสูญเสียที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจของลูกค้าให้เหลือน้อยที่สุด” จะเห็นว่าทั้งสองคำจำกัดความมีความสอดคล้องกันคือ เป็นวิถีของการจัดการ เป็นกลยุทธ์ของฝ่ายบริหารการจัดการ ดังนั้นสิ่งแรกที่ขอให้ความเข้าใจเบื้องต้นก็คือ กระบวนการพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดโดยอาศัยกระบวนการแบบ Six Sigma เป็นกระบวนการบริหารจัดการ เพื่อให้เกิดคุณภาพสูงสุด และสามารถตอบสนองต่อวิสัยทัศน์ พันธกิจ หรือ ภารกิจขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ใช่เป็นเพียงการเน้นการใช้สถิติมากขึ้นในการพัฒนาคุณภาพแบบหลายคนเข้าใจ

2.1.3 องค์ประกอบของ Six Sigma

จากวิวัฒนาการดังกล่าว Pande (2002) ได้แบ่งกระบวนการ Six Sigma ออกเป็น 3 องค์ประกอบดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2

กระบวนการ Six Sigma ของ Pande (2002)

ที่มา : นพ.สิทธิศักดิ์ พฤษชัยศิริกุล 2546. การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma

องค์ประกอบแรก คือ การปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement) เป็นการค้นหาโอกาสพัฒนาจากกระบวนการที่มีอยู่เดิม เพื่อดูว่ามีปัญหา มีความสูญเสีย มีข้อบกพร่องใดบ้าง หรือมีประเด็นใดที่ยังตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ไม่ดี และนำประเด็นเหล่านั้นมาทำการพัฒนาคุณภาพ โดยพยายามค้นหาสาเหตุหรือต้นตอของปัญหา และหาทางขจัดสาเหตุดังกล่าวทิ้งไป เมื่อพัฒนาจนได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ แล้วก็หาทางควบคุมผลลัพธ์ให้ดำรงอยู่อย่างถาวร ซึ่งกระบวนการพัฒนาแบบนี้นิยมเรียกว่าเป็นการพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดสู่ระดับ 6 Six Sigma (Breakthrough Six Sigma)

องค์ประกอบที่สอง คือ การออกแบบกระบวนการ (Process Design / Resign) ในกรณีที่องค์กรเลือกที่จะออกแบบกระบวนการใหม่ พัฒนาสินค้าใหม่ เพิ่มบริการใหม่ แทนที่จะพยายามปรับปรุงข้อบกพร่องของกระบวนการเดิม หรือคิดว่าการปรับปรุงข้อบกพร่องกระบวนการเดิมไม่เพียงพอที่จะเอาชนะคู่แข่งหรือความต้องการของลูกค้า องค์กรสามารถเลือกที่จะพัฒนาด้วยการออกแบบกระบวนการใหม่ ให้สามารถสร้างพึงพอใจสูงสุดแก่ลูกค้า และมีข้อบกพร่องให้น้อยที่สุด ซึ่งการออกแบบกระบวนการใหม่ให้เกิดคุณภาพสูงสุคนี้นิยมเรียกว่าเป็นการออกแบบเพื่อคุณภาพระดับ 6 Sigma (Design For Six Sigma – DFSS)

องค์ประกอบที่สาม คือ การจัดการกระบวนการ (Process Management) กระบวนการ Six Sigma จะมาสามารถรังสรรค์ผลลัพธ์ได้อย่างเต็มที่และยั่งยืน หากปราศจากการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหารการจัดการ และกระบวนการคุณภาพอย่างเหมาะสม หมายถึงการที่ฝ่ายบริหารจัดการมีการกำหนดทิศทางและกลยุทธ์ขององค์กร การใช้ภาวะผู้นำในการสร้างให้เกิดวัฒนธรรมในการพัฒนาคุณภาพแบบ Six Sigma การค้นหาความต้องการของลูกค้า การค้นหาโอกาสพัฒนาที่เป็นปัญหาหลักขององค์กร การวิเคราะห์และติดตามผลการพัฒนาให้สามารถดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืนในองค์กร ซึ่งอาจเรียกองค์ประกอบที่สามนี้ว่าเป็นภาวะผู้นำเพื่อคุณภาพระดับ 6 Sigma (Six sigma leadership)

จะเห็นว่าการนำกระบวนการ Six Sigma มาใช้ในการพัฒนาองค์กร จำเป็นต้องใช้กลยุทธ์หรือองค์ประกอบครบทั้งสามส่วน จึงจะทำให้เกิดผลตามที่มุ่งหวัง และเชื่อหรือไม่ว่าองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดต่อความสำเร็จคือ องค์ประกอบการบริหารจัดการ ซึ่งพบบ่อยๆ ที่หลายองค์กรล้มเหลวเพราะขาดภาวะผู้นำ การสนับสนุน และการมีส่วนร่วมอย่างมุ่งมั่นของฝ่ายบริหารการจัดการ

หลักการสำคัญของกระบวนการพัฒนาคุณภาพแบบ Six Sigma

- การยึดลูกค้าเป็นจุดศูนย์กลาง

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma พัฒนามาจากการพยายามลดข้อบกพร่องที่ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ดังนั้น การทราบความต้องการและความคาดหวังของลูกค้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญสูงสุดของการพัฒนาคุณภาพแบบ Six Sigma และถูกกำหนดให้อยู่ในขั้นตอนแรกของการพัฒนา เมื่อทราบความต้องการและความคาดหวังที่ชัดเจนของลูกค้าแล้ว จะต้องมีการพยายามสร้างคุณค่าของบริการเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว รวมทั้งการสร้างคุณภาพที่เหนือความคาดหมายของลูกค้า ซึ่งเป็นเป้าหมายหลักที่สำคัญที่สุดของการพัฒนาคุณภาพแบบนี้

- การบริหารจัดการโดยใช้ข้อมูล ข้อเท็จจริง

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma ยึดมั่นอยู่บนกลวิธีทางสถิติและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่แท้จริง ขั้นตอนในการพัฒนาจึงประกอบไปด้วยการวัดผล การรวบรวมข้อมูล ข้อเท็จจริง การวิเคราะห์ข้อมูล การทดสอบสมมติฐาน การสรุปผล และการติดตามผล โดยอาศัยกลวิธีทางสถิติที่เหมาะสมในการช่วยตัดสินใจ ซึ่งหลักการข้อนี้จึงเป็นจุดเด่นที่สำคัญ จนมีคำกล่าวที่ว่า วินัยในการใช้ข้อมูลสารสนเทศ การวิเคราะห์ และกลวิธีทางสถิติเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma

- การมุ่งเน้นกระบวนการ

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จะมุ่งเน้นกระบวนการเป็นหลัก กล่าวคือ จะมองทุกอย่างเป็นกระบวนการ มุ่งเน้นการจัดการและการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้สามารถสร้างผลงานที่เป็นเลิศ เกิดข้อบกพร่องและความสูญเสียให้น้อยที่สุด และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในขั้นตอนของการพัฒนาจึงประกอบไปด้วยการวิเคราะห์กระบวนการ การวัดผลกระบวนการ ตลอดจนการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่อง

- เน้นการจัดการเชิงรุก

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จะไม่ใช่การจัดการแบบระยะสั้นหรือแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่เรียกว่า Fire Fighting แต่จะเป็นการค้นหาปัญหาหลัก ปัญหาที่แท้จริงขององค์กร และนำปัญหานั้นมาหาทางแก้ไขด้วยการพยายามหาสาเหตุที่แท้จริง และหาทางจำกัดต้นตอของปัญหา เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างถาวร ไม่เกิดขึ้นมาซ้ำอีก ในขั้นตอนของการพัฒนาแบบ Six Sigma จึงกำหนดไว้อย่างชัดเจนว่าต้องมีการค้นหาสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหาดังกล่าวทั้งไป นอกจากนี้ในการแก้ปัญหาจะต้องเป็นการแก้ปัญหาเชิงป้องกันเสมอ

- เน้นการแก้ไขปัญหแบบไร้พรมแดน

ในกระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จะยึดปัญหาเป็นตัวตั้ง โดยจะวิเคราะห์ว่าปัญหาดังกล่าวเชื่อมโยง หรือเกี่ยวข้องกับกระบวนการของหน่วยงานใดบ้าง และจัดให้หน่วยงานเหล่านั้นเข้ามามีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญห ซึ่งเป็นการจัดการปัญหาแบบคร่อมสายงานและไร้เส้นแบ่งพรมแดนระหว่างหน่วยงานต่างๆ เพราะหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาหรือแก้ปัญหาในขณะเดียวกันเมื่อทดลองแก้ปัญหตามผลการวิเคราะห์จนได้ข้อสรุปที่ชัดเจนแล้ว ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะต้องมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการทำงานโดยทั่วกัน เพื่อให้ได้ผลงานที่เป็นเลิศของกระบวนการทั้งหมด ขจัดความซับซ้อน และขั้นตอนที่ไม่จำเป็น ตลอดจนมุ่งผลลัพธ์ที่ตกแก่ลูกค้าเป็นหลัก ด้วยหลักการที่สำคัญนี้จะส่งเสริมให้เกิดการทำงานร่วมกันเป็นทีมแบบคร่อมสายงานทั่วทั้งองค์กร

- เน้นภาวะผู้นำและการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหาร

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma ต้องการภาวะผู้นำและการมีส่วนร่วมของฝ่ายบริหารการจัดการเป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนในการกำหนดทิศทางและเป้าหมายขององค์กร การค้นหาปัญหาหลักและโอกาสพัฒนาขององค์กร การจัดโครงสร้างและมอบหมายความรับผิดชอบ การมีส่วนร่วมในฐานะผู้รับผิดชอบหลัก การให้การสนับสนุนปัจจัยและทรัพยากรอย่างพอเพียง การร่วมทบทวนความก้าวหน้าของโครงการเป็นระยะๆ การติดตามผล ตลอดจนการควบคุม

ผลลัพธ์ที่ได้ให้ยั่งยืน ซึ่งหากขาดเสียภาวะผู้นำที่เข้มแข็งและการมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันของผู้บริหารแล้ว ก็จะเป็นการยากที่จะทำให้ได้ผลลัพธ์ตามที่มุ่งหวัง

- การมุ่งเน้นนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์

เนื่องจากการพัฒนาแบบ Six Sigma ตั้งเป้าไว้ที่การสร้างความพึงพอใจสูงสุด การทำให้เหนือความคาดหมายของลูกค้า และสร้างผลงานที่เป็นเลิศ ดังนั้นการมีนวัตกรรม หรือความคิดสร้างสรรค์ใหม่ๆ จึงเป็นหัวใจของการพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการปรับปรุงให้ดีขึ้น หลังทราบความต้องการของลูกค้าและรากเหง้าของปัญหาแล้ว นวัตกรรมจึงเป็นหลักการที่สำคัญอีกประการหนึ่งของกระบวนการ Six Sigma

- การมุ่งเน้นความเป็นเลิศไม่เกรงกลัวต่อการเปลี่ยนแปลง และอดทนต่อความล้มเหลว

สิ่งที่เป็นจุดเด่นอย่างยิ่งของกระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma คือการพยายามเปรียบเทียบผลงานกับสภาวะที่เกือบไร้ข้อบกพร่อง หัวใจสำคัญของการพัฒนาแบบ Six Sigma คือจะต้องมีความมุ่งมั่นในการพัฒนาตนเองอย่างไม่หยุดยั้ง โดยมุ่งเน้นผลลัพธ์ หรือผลงานที่เป็นเลิศ และมุ่งเข้าใกล้สภาวะไร้ข้อบกพร่องให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามบนเส้นทางสู่ความเป็นเลิศ ต้องการเปลี่ยนแปลง ต้องการลองผิดลองถูก มีความล้มเหลวกับความสำเร็จ ดังนั้นนอกจากความมุ่งมั่นสู่ความเป็นเลิศแล้ว หลักการสำคัญอีกประการคือ การไม่เกรงกลัวต่อการเปลี่ยนแปลง และอดทนต่อความล้มเหลวที่ได้รับ และมุ่งพัฒนาตนเองต่อไปอย่างไม่ท้อถอยหรือหมดกำลังใจ และสร้างผลงานให้ดีที่สุด

ความแตกต่างของ Six Sigma

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จะมีความแตกต่างจากกระบวนการพัฒนาคุณภาพแบบทั่วไป กล่าวคือ

1. เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากฝ่ายบริหาร ฝ่ายบริหารจะเป็นผู้คัดเลือกและอนุมัติโครงการ
2. เป็นกลยุทธ์ในการบริหารของฝ่ายบริหาร ดังนั้นฝ่ายบริหารจะมีบทบาทและมีส่วนร่วมอย่างมากต่อความสำเร็จ
3. เป็นรูปแบบการบริหารงานโดยใช้การวางแผนงาน (Project based plan)
4. มีการกำหนดเป้าหมาย และตัวชี้วัดที่ชัดเจน สอดคล้องกับปัญหาและเป้าหมายขององค์กร
5. มีขั้นตอนที่ชัดเจน และเข้มงวด ได้แก่ การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม

6. มีโครงสร้างในการกำกับดูแลและติดตามผลที่ชัดเจน

7. ยึดมั่นความพึงพอใจของลูกค้า เป้าหมายขององค์กร และคุณภาพระดับโลกเป็น

หลัก

8. มีวินัยในการใช้เครื่องมือในการพัฒนาคุณภาพและกลวิธีทางสถิติ

9. ยึดมั่นในข้อมูล ข้อเท็จจริง และผลการวิเคราะห์

จะเห็นได้ว่ากระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma สามารถแก้จุดอ่อนข้างต้นได้ทุกประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเด็นการไม่สารทแก้ไขปัญหาระดับได้นั้น มีตัวอย่างความสำเร็จมากมายของบริษัทระดับโลกเช่น Motorola, General Electric, Eastman, Kodak, Seagate และอื่นๆ ทั้งในการเพิ่มยอดขาย ผลการดำเนินงาน และระดับคุณภาพที่เพิ่มขึ้น

ขั้นตอนของ Six Sigma

หลักการคิดของกระบวนการพัฒนาคุณภาพของ Six Sigma สามารถแสดงด้วยสมการง่ายๆ ดังนี้ หากกำหนดให้ Y แทนปัญหาหรือผลลัพธ์ที่องค์กรต้องการ และ X แทนปัจจัยต่างๆ ที่เป็นสาเหตุ จึงสามารถสร้าง สมการง่ายๆ ได้ดังนี้

$$Y = f(X)$$

$$Y = f(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n)$$

กระบวนการพัฒนาแบบ Six Sigma จึงออกแบบมาโดยประกอบด้วยขั้นตอนง่ายๆ 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.1.3.1 การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define-D)

ขั้นตอนนี้เป็นการช่วยกันคิดถึงประเด็นหรือปัญหาทางธุรกิจ ทั้งหมดที่ตั้งใจจะแก้ไข และจากนั้นทำการเลือกหัวข้อที่มีผลกระทบต่อลูกค้า ระยะนี้จะแสดงขอบเขตที่จะปรับปรุง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า (Critical To Quality, CTQ) วิธีการที่นำมาใช้ในการค้นหาปัญหาของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนนี้คือ Drill Down Tree และเป็นไดอะแกรมที่อธิบายให้รู้ถึงจุดประสงค์ต่างๆ ดังนี้

- ให้รู้ขอบเขตของโครงการ
- ให้รู้ว่า โครงการ นั้นอยู่ตรงจุดไหน หรือไม่อยู่ตรงจุดไหน
- แสดงถึงส่วนอื่นๆ เพื่อการปรับปรุง

การสร้าง Drill Down Tree สามารถสร้างได้ดังนี้

- แดกกกลุ่มของ ผลิตภัณฑ์ หรือ ขั้นตอนในแต่ละโครงการ
- แสดงที่อยู่ของโครงการ ซึ่งเป็นโครงการที่กำลังดำเนินการอยู่

ความรู้เบื้องต้น 5 อย่างที่จำเป็น (Five Major Elements of a Charter)

1. อ้างหลักฐานที่สนับสนุน (Back Ground) อธิบายได้ว่า ทำไมจะต้องทำ โครงการนี้ อะไรจะเกิดขึ้นถ้าไม่ทำโครงการนี้ เหมาะสมกับเป้าหมายของธุรกิจหรือไม่
2. กำหนดปัญหา (Problem Statements) อธิบายได้ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นหรือมีโอกาสจะเกิดขึ้นรวมทั้งผลกระทบ (What, When, Where, How, Impact)
3. มาตรฐาน หรือตัววัดผลลัพธ์ของโครงการ (Primary Matrices) คือผลลัพธ์ที่ต้องการ อะไรคือมาตรวัดของผลลัพธ์นั้น
4. เป้าหมาย และกำหนดเวลาความสำเร็จให้ชัดเจน (Goal and Objective Statement)
5. บทบาท (Roles) กำหนดทีมงานและผู้รับผิดชอบใน โครงการ จำนวนที่เหมาะสม 1-3 คน (อาจมากกว่านี้ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของโครงการ) ต้องนำเสนอโครงการและต้องได้รับอนุมัติจากผู้ให้การสนับสนุนคณะทำงาน หรือเจ้าของโครงการ (Champion) ก่อนจึงจะสามารถดำเนินการต่อไปได้ และต้องเสนอความก้าวหน้าของโครงการให้ผู้ให้การสนับสนุนคณะทำงาน หรือเจ้าของโครงการ (Champion) ทราบเป็นระยะตามความเหมาะสม

2.1.3.2 การวัดและรวบรวมข้อมูล (Measure-M)

เป็นขั้นตอนสำหรับการเรียนรู้ในหัวข้อการตรวจวัด เพื่อระบุถึงลักษณะต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ที่เราสนใจ ทุกครั้งที่เกิด "ของเสีย" ขึ้นในกระบวนการมันทำให้เกิดการเสียเวลามากขึ้นในการตรวจสอบ หรือทดสอบ (T), วิเคราะห์ (A) และการซ่อม (F) สิ่งที่ไม่เป็นตามกำหนดนั้น โดยทั่วไปแล้วกิจกรรมที่ไม่มีมูลค่าเพิ่มเหล่านี้ต้องการเงินทุน, เครื่องจักร, วัสดุ, คน และพื้นที่ทำงาน ดังนั้นทุกครั้งที่อัตราของเสียเพิ่มขึ้นต้นทุนในการผลิตก็จะสูงขึ้นด้วย

วัตถุประสงค์ของ Measurement Phase

1. กำหนดขอบเขตของ "โครงการ"
2. ศึกษา ทำความเข้าใจกระบวนการโดยการใช้เครื่องมือ Process Map, C&E Matrix และ FMEA
3. กำหนดแนวทางปฏิบัติของค่าที่ได้รับ (Output เป็น Y's) และกำหนดแนวทางปฏิบัติการนำเข้า (Input เป็น X's)
4. วัด "ค่ามาตรฐาน (Base line)" ของแนวทางปฏิบัติของค่าที่ได้รับ Output (Y's) ที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมด

ในการคัดเลือกตัวแปร (Factor) ที่สำคัญ เพื่อนำไปวิเคราะห์ใน Analyze ต่อไป พร้อมทั้งคำนวณหา Base Line Capability และประเมินผลระบบการวัด ในขั้นตอนนี้จะต้องทำทั้งหมด 3 หัวข้อคือ

1) ตัวแปรที่สำคัญ (Narrow Factors) เป็นขั้นตอนการคัดเลือกตัวแปร (Factor) ที่สำคัญ ซึ่งจะมีขั้นตอนและเครื่องมือ ดังนี้

1.1) ผังการไหลของขอบเขต (Deployment flow Diagram) เพื่อกำหนดขอบเขต และศึกษาทำความเข้าใจกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง

1.2) แผนผังกระบวนการ และแผนผังก้างปลา (Process Mapping & Fish bone Diagram) สามารถเลือกใช้ Process Map หรือ Fish Bone Diagram อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ถ้ากระบวนการไม่ซับซ้อน และคิดว่าเราเข้าใจกระบวนการน้อยลงแล้ว ก็เลือกใช้ Fish Bone Diagram ก็พอเพียงแล้ว แต่ถ้าเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน และต้องการศึกษาแต่ละขั้นตอนในกระบวนการนั้นให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ควรเลือกใช้ Process Map

1.3) รายละเอียดของกระบวนการ (Detail Map) เพื่อศึกษาแต่ละปัจจัย (Factor) ให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น พร้อมทั้งกำหนดระบบการวัด (Measurement System) ของแต่ละ Factor

1.4) รูปแบบเมทริกซ์ของสาเหตุ และผลกระทบ (Cause & Effect Matrix: C&E Matrix) เพื่อคัดเลือก Factor ที่สำคัญที่สุดจาก Factor ที่เป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอน Analyze ต่อไป

1.5) การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาด ในกระบวนการ (FMEA) นำ Factor ที่คัดเลือกจาก C&E Matrix มาประเมินความเสี่ยง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขแต่ละ Factor ซึ่งอาจจะนำข้อเสนอแนะนี้ ไปวิเคราะห์ใน Analyze Phase ว่าข้อเสนอแนะนี้ได้ผลหรือไม่

2) คำนวณ Base Line Capability: เป็นการคำนวณหาสมรรถภาพกระบวนการ (Process Capability) ของปัจจุบันก่อนดำเนินการปรับปรุง ตัวเลขแสดง Process capability มี 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.1) Cp (Short term) หรือ Pp (Long term) เป็นตัวเลขแสดงการกระจายของข้อมูล โดยเทียบกับ Spec.

1. ถ้าค่า Cp (หรือ Pp) ยิ่งสูง แสดงว่ามีการกระจายของข้อมูลยิ่งน้อย

2.2) Cpk (Short term) หรือ Ppk (Long term) เป็นตัวเลขแสดงค่ากลางของข้อมูล โดยเทียบกับ Spec.

1. ถ้าค่า Cpk (หรือ Ppk) ยังมีค่าใกล้ Cp (หรือ Pp) แสดงว่า Center ของข้อมูลยังเข้าใกล้ Target

2. ถ้าค่า Cpk (หรือ Ppk) เท่ากับ Cp (หรือ Pp) แสดงว่า Center ของข้อมูลเท่ากับ Target

3. ถ้าค่า Cpk (หรือ Ppk) มีค่าติดลบ แสดงว่า Center ของข้อมูลอยู่นอก Specification

2.3) Z-bench (ST) หรือ Z-bench (LT) เป็นตัวเลขที่แสดงโอกาสที่จะเกิดของเสียในกระบวนการโดยเทียบกับ Spec.

1. ถ้า Z-bench = 0 แสดงว่า มีโอกาสเกิดของเสีย 50%

2. ถ้า Z-bench มีค่าติดลบ แสดงว่า มีโอกาสเกิดของเสีย มากกว่า 50%

ถ้าข้อมูลเป็นแบบ Continuous Data ให้ใช้เครื่องมือใน "MINITAB" ในหมวดคำสั่ง "Six Sigma" และข้อมูลเป็นแบบ Discrete Data หรือ Attribute Data ให้ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "L1-Sheet"

3) วิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "Gage R&R ซึ่งมี 2 ประเภท คือ

- Attribute Gage R&R ใช้วิเคราะห์ระบบการวัดที่ข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพ เช่น OK หรือ NG โดยทั่วไป จะยอมรับคะแนน Screen % Efficiency Score VS Attribute ที่มากกว่า 90% แต่ถ้าน้อยกว่า 90% จะต้องไปแก้ไขโดยการฝึกอบรมทบทวน (Retraining)

- Variable Gage R&R ใช้วิเคราะห์ระบบการวัดที่ข้อมูลเป็นข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous Data) จะใช้เครื่องมือที่อยู่ในโปรแกรม MINITAB

1. ถ้าค่า % Tolerance ของ Total Gage R&R น้อยกว่า 30% ถือว่ายอมรับได้

2. ถ้าค่ามากกว่า 30% ถือว่ายอมรับไม่ได้ จะต้องไปแก้ไขระบบการวัดนั้น โดยให้ดูที่ค่า ความสามารถในการทำซ้ำ หรือรีพีทะบิลิตี้ (Repeatability) หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน และด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่านี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น หรือจะพูดได้ว่าเป็นความผันแปรภายในได้เงื่อนไขการวัดเดียวกัน และความสามารถในการทำเหมือน หรือรีโพรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติแล้วจะใช้ค่ารีโพรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่า

ความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว หรือจะกล่าวได้ว่าเป็นความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด

- ถ้าค่า Repeatability มากกว่า Reproducibility มากๆ ให้มุ่งแก้ไขที่ Operator ก่อน
- ถ้าค่า Reproducibility มากกว่า Repeatability มากๆ ให้มุ่งแก้ไขที่เครื่องมือวัด ก่อน
- ถ้าทั้งค่า Reproducibility และ Repeatability พอๆ กันให้พิจารณาแก้ไขทั้งคนและเครื่องมือวัด

- แผนผังกระบวนการ (Process Mapping) ใช้สำหรับบอกให้รู้ว่า X (Input) และ Y (Output) จะใช้ตัวใดแทนค่า

- รูปแบบเมทริกซ์ของสาเหตุ และผลกระทบ (Cause and Effect Matrix) ใช้สำหรับหาความสัมพันธ์ของค่า X และ Y

- การวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA) ใช้สำหรับวิเคราะห์ตัว Input ว่าก่อให้เกิดผลอย่างไรกับ Output เพื่อนำข้อมูลมาเลือกว่า สมควรจะนำข้อมูลไปทำต่อหรือไม่ โดยเลือกข้อมูลที่มีคะแนนสูงสุด

- แผนภูมิพลาเรโต(Pareto Chart) เพื่อแสดงลำดับความสำคัญแต่ละปัจจัยในกระบวนการโดยเปรียบเทียบความถี่ หรือความรุนแรงของแต่ละปัจจัย

- ฮิสโตแกรม (Histogram) เพื่อศึกษาการกระจายของข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนด หรือดูแต่ละช่วงข้อมูลว่า ผิดปกติหรือไม่ แสดงการกระจายของข้อมูลโดยการจัดเรียงเป็นช่วงๆ

- แผนภาพการกระจาย (Dot Plot) เพื่อใช้ดูการกระจายของข้อมูล ตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป เพื่อการเปรียบเทียบ ใช้ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ข้อมูล

- แผนภาพกล่อง (Box Plot) เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการทำความเข้าใจ เรื่องการกระจายของข้อมูล เหมาะสำหรับใช้เปรียบเทียบ ข้อมูลตั้งแต่สองกลุ่มขึ้นไป ใช้ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ข้อมูล

- แผนภูมิควบคุม (Run Chart) เพื่อดูแนวโน้มของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เมื่อต้องการรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและ ตรวจสอบข้อมูลการกระจายแบบสุ่ม (Random) หรือไม่ เมื่อมีการปรับปรุงกระบวนการ

2.1.3.3 การวิเคราะห์ (Analyze-A)

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์จากกระบวนการและข้อมูลที่ได้ว่ามีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง (X) และพิสูจน์ให้ได้ว่าปัจจัยหรือ X ตัวใดเป็นตัวก่อปัญหา (Root cause) ซึ่ง X เจ้าปัญหานั้นอาจมีหนึ่งปัญหาหรือมากกว่าก็ได้ขั้นตอนการวิเคราะห์ สภาวะปัจจุบันจนกระทั่งถึงขั้นที่ระบุปัจจัย

ทั้งหลาย ที่สามารถทอดข้ามช่องว่างไปสู่ค่าเป้าหมายต่างๆ ที่ตั้งเอาไว้ ความสามารถของ
 ขบวนการในปัจจุบันจะถูกตรวจสอบบนพื้นฐานของ "ค่าผลลัพธ์ที่ได้ (Output: Y)" เพื่อที่จะกำหนด
 ตัวเลขเป้าหมาย (Target Value) สำหรับการปรับปรุงต่อไป และเป็นการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยที่
 คัดเลือกจาก Measure Phase มาทำการพิสูจน์ว่า มีความสำคัญหรือไม่ โดยใช้หลักการทางสถิติที่
 เรียกว่า "การทดสอบสมมุติฐาน" (Hypothesis Testing) และใช้ค่า P-Value เป็นเกณฑ์ในการ
 ตัดสินใจ โดยทั่วไปจะกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจ โดยกำหนดค่า "ช่วงความเชื่อมั่น"
 (Confidence Interval) ที่ 95% (0.95) ดังนั้น ค่าแอล-ฟะ (Alpha) α จึงเท่ากับ 5% (0.05) โดยจะ
 กำหนดให้

สมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis: H_0)

สมมุติฐานแย้ง (Alternative Hypothesis: H_a)

ถ้า $P < 0.05$ ยอมรับ H_a

$P > 0.05$ ปฏิเสธ H_a (ยอมรับ H_0)

จากโปรแกรม Minitab จะมีเครื่องมือมากมายที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นการ
 เลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสม จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ว่าเป็นข้อมูลชนิดใด

กรณีที่ 1 หาก X เป็น ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) และ Y เป็น ข้อมูลต่อเนื่อง
 (Continuous data) จะมีขั้นตอนการวิเคราะห์และการเลือกใช้เครื่องมือดังนี้

1. แผนภูมิควบคุม (Run Chart)

- ถ้ามีค่า P-Value > 0.05 (มากกว่า 0.05) แสดงว่า ข้อมูลการกระจายแบบสุ่ม
 (Random) ก็คือ ไม่มีสาเหตุเฉพาะ (Special Cause)

- ถ้าตัวใดมีค่า P-Value < 0.05 (น้อยกว่า 0.05) แสดงว่า ข้อมูลมีความผิดปกติ ข้อมูล
 ไม่มีการกระจายแบบสุ่ม (Random) คือ มีสาเหตุเฉพาะ (Special Cause)

2. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบปกติ (Display Descriptive Static) หรือ Normality Test ถ้า
 P-Value > 0.05 แสดงว่าข้อมูลเป็นแบบการกระจายตัวแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

3. การทดสอบความแปรปรวน (Homogeneity of Variance Test)

ถ้า P-Value < 0.05 ยอมรับ H_a และ Variance แตกต่างกัน (Not equal)

ถ้า P-Value > 0.05 ปฏิเสธ H_a ยอมรับ H_0 และ Variance ไม่แตกต่างกัน (Equal)

กรณีข้อมูลเป็นแบบ Pair ให้ใช้ Pair Test และกำหนด Test Mean = 0

ถ้า P-Value < 0.05 ยอมรับ H_a

ถ้า P-Value > 0.05 ปฏิเสธ H_a

ให้ตีความหมายตาม H_a ที่เลือก

กรณีข้อมูลเป็นแบบ Not Pair ให้เลือกใช้

1-Sample T-Test ถ้ามี 1 Sample โดยเทียบกับค่าคงที่ (หรือ Target)

2-Sample T-Test ถ้ามี 2 Sample

One Way ANOVA ถ้ามีตั้งแต่ 3 Sample ขึ้นไป แต่ต้องมี Variance เท่ากัน

- ถ้า P-Value < 0.05 ยอมรับ H_a

- ถ้า P-Value > 0.05 ปฏิเสธ H_a

ให้ตีความหมายตาม H_a ที่เลือก

กรณีที่ 2 หาก X เป็น ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) และหาก Y เป็น ข้อมูลไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Chi-square-Test จะมีการทดสอบอยู่ 2 แบบ คือ

1. แบบทดสอบภาวะสารรูปสนิทธิ (Goodness of fit test) เป็นการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ สุ่มมานั้นมีการกระจายเป็นไปตามทฤษฎีหรือที่คาดหวังไว้หรือไม่ วิธีการคือจะต้องคำนวณ หาค่า Chi-square (χ^2) ก่อน จากสูตร

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^g \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

ถ้าค่า χ^2 < Critical Value จะแสดงว่ามีการกระจายเป็นไปตามทฤษฎีที่คาดหวังไว้
ค่า Critical Value หาได้จากการเปิดตาราง "Chi-square Distribution" หรืออาจจะหาค่า

P-Value ได้จาก Software "Excel" ก็ได้โดยใช้คำสั่ง =CHIDIST(χ^2 , DF)

2. แบบการทดสอบความเป็นอิสระ (Test of Independence) เป็นการทดสอบก็กลุ่มตัวอย่างก็ได้ที่มีความเป็นอิสระต่อกันใช้เครื่องมือใน Minitab ที่เรียกว่า Chi-square Test ซึ่งจะกำหนด H_o : Equal และ H_a : Not Equal

ถ้า P-Value < 0.05 ยอมรับ H_a คือ แต่ละกลุ่มแตกต่างกัน

ถ้า P-Value > 0.05 ปฏิเสธ H_a ยอมรับ H_o คือ แต่ละกลุ่มไม่แตกต่าง

กรณีที่ 3 หาก X เป็น ข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous data) และ Y เป็น ข้อมูลต่อเนื่อง (Continuous data) เป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูล X และข้อมูล Y ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยใช้เครื่องมือในโปรแกรม Minitab ที่เรียกว่า Regression > Fitted Line Plot ซึ่งจะ

กำหนด

H_0 : ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน (No Relate)

H_a : ตัวแปรมีความสัมพันธ์กัน (Relate)

ถ้า P-Value < 0.05 ยอมรับ H_a คือ X มีความสัมพันธ์กับ Y

ถ้า P-Value > 0.05 ปฏิเสธ H_a ยอมรับ H_0 คือ X ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y

ในเครื่องมือนี้จะมีตัวเลือก (Option) ให้เลือก "Type of Regression Model" ว่าจะเลือกทดสอบ ความสัมพันธ์แบบไหน ซึ่งมีให้เลือก 3 แบบ คือ

- แบบสมการเส้นตรง (Linear)
- แบบสมการกำลังสอง (Quadratic)
- แบบสมการกำลังสาม (Cubic)

อาจจะเลือกทดสอบทั้ง 3 แบบเลยก็ได้ เพื่อให้แน่ใจว่า X มีความสัมพันธ์กับ Y ใกล้เคียงแบบไหนที่สุด บางครั้ง X ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y แบบหนึ่ง แต่จะมีความสัมพันธ์กับ Y อีกแบบหนึ่งก็ได้

ค่า P-Value จะบอกแต่ว่าสัมพันธ์กันหรือไม่สัมพันธ์กันเท่านั้น ถ้าต้องการรู้ว่าสัมพันธ์กันแค่ไหนให้ดูที่ค่า R-square ถ้า R-square ยิ่งสูง แสดงว่ามีความสัมพันธ์ยิ่งมาก (Strong correlation) ซึ่งมีค่าสูงสุด 100%

การตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ (Model Adequacy Checking)

1. การตรวจสอบการกระจายตัวแบบแจกแจงปกติ (Normal Distribution)

โดยการใช้ - การทดสอบแบบไครส์แคร์ (χ^2 -Goodness of Fit Test)

- การทดสอบแบบแอนดิสัน-ดาร์ลิง (Anderson-Darling Test)
- การทดสอบโดยการใช้กระดาษตรวจสอบการแจกแจงปกติ (NOP)

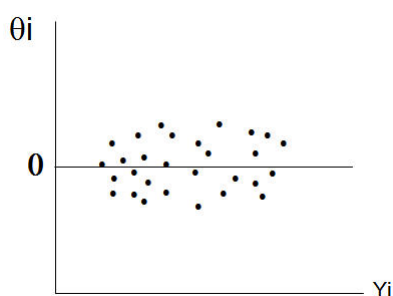
ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติหมายความว่า ข้อมูลแต่ละตัวที่เป็นตัวแปรสุ่มจะต้องมีแนวโน้มที่ค่าจะเข้าหาค่าหนึ่งที่คงที่ แล้วมีการกระจายรอบค่าดังกล่าวในลักษณะสมมาตร ทั้งนี้หากข้อมูลไม่ได้มีรูปแบบปกติแล้ว ก็จะทำให้วิเคราะห์ข้อมูลได้ยาก ดังนั้นถ้าหากข้อมูลไม่ได้เป็นตัวแปรสุ่มปกติแล้ว แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการบวนการอาจไม่ได้กำหนดมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุเพื่อแก้ไขก่อนนำมาวิเคราะห์ต่อไป

2. การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย (Scatter Plot)

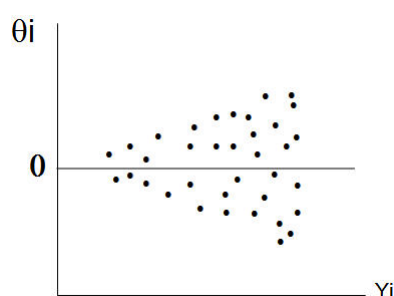
แล้วดูลักษณะการกระจายตัวของจุดที่แทนด้วยข้อมูลบนแผนภูมิ ว่าเป็นอิสระต่อกันหรือมา ข้อมูลมีความเป็นอิสระหมายความว่า ข้อมูลแต่ละตัวที่ใช้ในการสร้างแบบถดถอยจะต้องเป็นอิสระต่อ

กันอันเนื่องมาจากการสุ่มทั้งนี้ถ้าหากข้อมูลไม่มีการสุ่มแล้ว จะทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลทำได้ยาก โดยเฉพาะการหาค่าเฉลี่ยหรือความหมายของตัวแปรตาม ดังนั้นถ้าหากข้อมูลไม่มีการสุ่ม แสดงว่าข้อมูลมีความลำเอียง (Bias) จึงจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุเพื่อแก้ไขก่อนนำมาวิเคราะห์ต่อไป

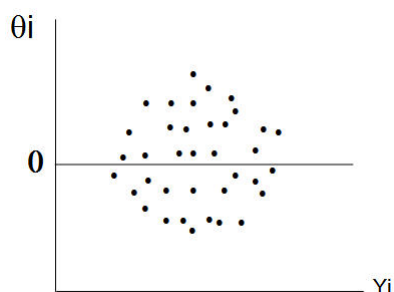
3. การตรวจสอบความเสถียรความแปรปรวน (Variance Stability) โดยใช้แผนภูมิการกระจาย ซึ่งเป็นแผนภูมิการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อน (Residual Plot) ในแต่ละระดับของปัจจัยตัวแปรของการกระจายของข้อมูลที่ออกมา ไม่เป็นลักษณะของการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความแปรปรวน แสดงว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน ซึ่งหมายความว่า ข้อมูลค่าความแปรปรวนที่มีเสถียรภาพแล้ว แสดงว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้ แต่ไม่ได้รับการควบคุม (Assignable Cause) จะต้องค้นหาสาเหตุเพื่อแก้ไขก่อนนำมาวิเคราะห์ต่อไป จะต้องได้รับการเก็บมาจากกระบวนการที่ได้จัดทำเป็นมาตรฐานแล้ว จึงทำให้ความแตกต่างของข้อมูลมี



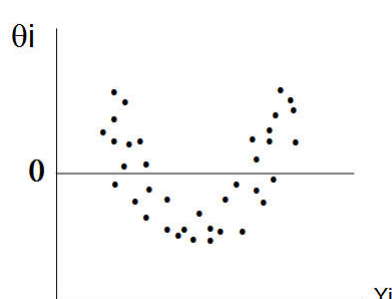
ภาพที่ 2.3ก. แสดงถึงตัวแบบที่ถูกต้อง
(กระจายตัวปกติ)



ภาพที่ 2.3ข. ทรงโทโรง



ภาพที่ 2.3ค. ทรงเส้นโค้งสองเส้น



ภาพที่ 2.3ง. ตัวแบบที่มีใช้เส้นตรง

ภาพที่ 2.3

ตัวแบบสำหรับการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูล

ในการทดสอบความเป็นอิสระของข้อมูล และการทดสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวนนั้น ปกติมักจะทดสอบผ่านแผนภาพการกระจาย ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคาดเคลื่อนกับค่าใดค่าหนึ่งใน 3 ค่านี้

1. ลำดับต่อเนื่องในการเก็บข้อมูล
2. ค่าประมาณการของค่าควรจะเป็นของตัวแปรตาม (Y)
3. ค่าตัวแปรถดถอย (X)

โดยรูปแบบการกระจายจะมีตัวแบบดังภาพที่ 2.3 ซึ่ง ถ้าได้ผลดังรูป 2.3ก.แสดงถึงตัวแบบที่ถูกต้อง (กระจายตัวปกติ) และแสดงว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ และมีความผันแปรคงที่ ในรูปแบบความเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน แต่ถ้าหากเป็นไปตามรูปภาพที่ 2.3ข. ทรงโทโรซิง, ภาพที่ 2.3ค. ทรงเส้นโค้งสองเส้น และ ภาพที่ 2.3ง. ตัวแบบที่มีไขว้เส้นตรง แสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้น จึงมีความจำเป็นที่ต้องได้รับการแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ต่อไป โดยที่รูปภาพที่ 2.3ข. ทรงโทโรซิงและ ภาพที่ 2.3ค. ทรงเส้นโค้งสองเส้น จะแสดงถึงสภาวะที่ไม่มีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ในขณะที่ภาพที่ 2.3ง. ตัวแบบที่มีไขว้เส้นตรง แสดงว่าตัวแบบไม่มีความเหมาะสม

2.1.3.4 การปรับปรุง (Improve-I)

ขั้นตอนนี้เป็น การพยายามใช้นวัตกรรม (Innovation) และความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) ในการจัดสาเหตุของปัญหาหรือ ตัว X เจ้าปัญหาออกจากกระบวนการหรือออกแบบกระบวนการใหม่ ทำให้ได้ผลลัพธ์หรือค่า Y ตามที่องค์กรมุ่งหวังและ เป็นขั้นตอนการนำตัวแปรที่มีนัยสำคัญที่ได้จากขั้นตอน Analyze มาปรับปรุงโดยการทดลอง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแต่ละตัวแปร เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ (Output) ที่ดีที่สุด ดังนั้นสิ่งสุดท้ายที่ได้จากขั้นตอน Improve ก็คือรายละเอียดที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละตัวแปร ในขั้นตอน Improve นี้จะอธิบายถึงวิธีการออกแบบการทดลองซึ่งเรียกตัวย่อทางภาษาอังกฤษว่า DOE ซึ่งย่อมาจากคำว่า Design of Experiment.

DOE (Design of Experiment) คือ การออกแบบแผนการทดลอง เป็นการทดสอบเพียงครั้งเดียวหรือต่อเนื่อง โดยการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่นำไปในกระบวนการ หรือระบบที่สนใจศึกษา เพื่อที่จะทำให้สามารถสังเกตและชี้ถึงสาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการหรือระบบนั้น นอกจากนี้เรายังสามารถนำเทคนิคของ DOE นี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิต หรือ ในเชิงการออกแบบทางวิศวกรรมได้ เช่น ปรับปรุง Process Yield ลดความแปรปรวนทำให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงค่าเป้าหมาย การเลือกใช้วัสดุต่างๆ การเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ออกแบบเป็นกฎเกณฑ์สำคัญของตัวผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบต่อผลการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์นั้น เป็นต้น

รูปแบบของการออกแบบการทดลอง (Type of Experiment Design) มีอยู่หลายชนิด ซึ่งการเลือกจะใช้ชนิดใดขึ้นอยู่กับจำนวน Factor จำนวน Level ระยะเวลาในการทดลอง และงบประมาณที่มีอยู่เป็นต้น

1) การทดลองทีละหนึ่งปัจจัย (One Factor At a Time : OFAT) โดยการเปลี่ยนแปลงทีละปัจจัย (Factor) ในการทดลองแต่ละครั้ง ในการทดลองแบบนี้จะเสียเวลาในการทดลองน้อยครั้งที่สุด เพราะไม่สามารถศึกษาพฤติกรรมของแต่ละ Factor ที่มีผลต่อกันได้ (Interaction)

2) การทดลองทีละหลายๆ ปัจจัย (Screening or Fractional Design) เป็นการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ ปัจจัย (Factor) ไปพร้อมๆ กันโดยทดลองหลายๆ แบบ Combination แต่ไม่ครบทุกแบบเช่น

- Half-fractional ($1/2$ Fractional) คือ ทดลองเพียงครึ่งเดียวของทุกแบบ Combination
- Quarter-Fractional ($1/4$ Fractional) คือ ทดลองเพียงหนึ่งส่วนสี่ของทุกแบบ Combination
- $1/8$ Fractional คือ ทดลองเพียงหนึ่งส่วนแปดของทุกแบบ Combination
- $1/16$ Fractional คือ ทดลองเพียงหนึ่งส่วนสิบหกของทุกแบบ Combination

การทดลองแบบนี้เหมาะสำหรับจำนวน Factor ตั้งแต่ 4 Factor ขึ้นไป และจะให้ข้อมูลที่มากกว่าแบบ OFAT แต่จะน้อยกว่าแบบ Full Fractional Design แบบ Quarter Fractional จะให้ข้อมูลที่น้อยกว่า Half-Fractional และแบบ $1/8$ Fractional ก็จะให้ข้อมูลน้อยกว่าแบบ Quarter Fractional คือยิ่งจำนวนแบบทดลองน้อยลงจะให้ข้อมูลที่น้อยลง ดังนั้นการเลือกแบบใดจึงขึ้นอยู่กับจำนวน Factor และจำนวน Level ระยะเวลาในการทดลอง งบประมาณที่มีอยู่จำนวน Factor จำนวน Level และความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ

3) การทดลองแบบเต็มรูปแบบ และทดลองเพียงครั้งเดียว (Full Factorial without Replication) เป็นการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ Factors ไปพร้อมๆ กันและครบทุกแบบ Combination โดยแต่ละ Combination ทดลองเพียงครั้งเดียว การทดลองนี้เหมาะสำหรับที่มีจำนวน Factors ไม่เกิน 4 ตัวและจำนวน Level ไม่มาก และมีความสามารถทดลองแต่ละ Combination เพียงครั้งเดียว

4) การทดลองแบบเต็มรูปแบบ และทดลองมากกว่า 1 ครั้ง (Full Factorial with Replication) เป็นการทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงหลายๆ Factor ไปพร้อมกัน และครบทุกแบบ Combination และแต่ละ Combination ทดลองมากกว่า 1 ครั้ง การทดลองนี้เหมาะสำหรับจำนวน

Factor ไม่เกิน 4 ตัว และจำนวน Level ไม่มาก และสามารถทดลองแต่ละ Combination ได้มากกว่า 1 ครั้ง การทดลองแบบนี้จะให้ข้อมูลที่ละเอียดมากที่สุด

5) การดำเนินการทดลองโดยใช้เทคนิควิธีพื้นผิวตอบสนอง (Reprocess Surface Methods) เป็นการทดลองที่มากกว่า 1 รอบ ซึ่งจะมีความซับซ้อนในการทดลองมากที่สุด และใช้ระยะเวลาในการทดลองนานที่สุด แต่จะทำให้สามารถหาจุดสูงสุดของผลลัพธ์ที่แท้จริงได้ (Optimum Value)

แบบการทดลองที่ทุก Factor มีเพียง 2 Level เราเรียกว่า 2^k Factorial Design นอกจากแบบการทดลองต่างๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ในแต่ละแบบของการทดลองยังสามารถเลือกการทดลองแบบมี จุดศูนย์กลาง (Center point) หรือ บล็อกกึ่ง (Blocking) ได้อีกด้วย

- จุดศูนย์กลาง (Center point) เป็นการทดสอบ Factor ที่มีเพียง 2 Level ว่าค่ากลางของ 2 Level นี้มีนัยสำคัญหรือไม่

- บล็อกกึ่ง (Blocking) เป็นการทดสอบว่านอกจาก Factor ที่เราเลือกมาทดลอง แล้วนั้นมีตัวแปรอื่นที่สงสัย ว่ามีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ของระบบหรือไม่

6) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นการศึกษาที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เรียกว่าตัวแปรตาม (Dependent variable: Y) ซึ่งเป็นตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอีกตัวหนึ่งซึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระ (Independent variable: X) โดยถ้าตัวแปรอิสระมีเพียงตัวแปรเดียว จะเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple regression analysis) แต่ถ้าตัวแปรอิสระมีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป จะเรียกการวิเคราะห์นี้ว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ในการวิเคราะห์การถดถอย รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระนี้แบ่งได้ 2 กรณี คือ กรณีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง และกรณีความสัมพันธ์ไม่เป็นเส้นตรง สำหรับโปรแกรม Minitab จะแสดงค่าของการตัดสินใจ ได้แก่

- ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า (The Standard error of estimate: S) ถ้า S มีค่าน้อย หรือใกล้เคียงค่าศูนย์แสดงว่า ค่า Y จะอยู่ใกล้เส้นถดถอยมาก ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณนี้มีความเหมาะสมมาก และ ถ้า S มีค่ามากแสดงว่า ค่า Y จะอยู่ไกลเส้นถดถอยน้อย ดังนั้นสมการที่ใช้ประมาณนี้มีความเหมาะสมน้อย

- ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R^2 : R-Sq) เป็นตัวบอกให้ทราบว่า การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม (Y) จะเกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (X) มาน้อยเพียงใด หรือสมการที่หาได้นั้น จะอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ดีและเหมาะสมเพียงใด ถ้า R^2

มีค่าสูง (เข้าใกล้ 1) แสดงว่า ตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในสมการถดถอยนั้นสามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามได้ดี เนื่องจากตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระในสมการถดถอยที่หาได้นั้นมีความสัมพันธ์มากจนเชื่อได้ว่า สมการถดถอยที่หาได้นั้น มีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์ที่เป็นจริง แต่ ถ้า R^2 มีค่าต่ำ (เข้าใกล้ 0) แสดงว่า ตัวแปรอิสระที่มีอยู่ในสมการถดถอยนั้นไม่สามารถใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงตัวแปรตามได้ดี เนื่องจากตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระในสมการถดถอยที่หาได้นั้นมีความสัมพันธ์น้อย

- ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจเชิงซ้อน (R^2 adjusted: R-Sq(adj)) เป็นการเพิ่มตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยจะทำให้ค่า R^2 มากขึ้นทั้งที่ตัวแปรอิสระ X ที่เพิ่มเข้าไปใหม่อาจไม่มีความสัมพันธ์กับ Y เลยก็ได้ จึงมีการปรับค่า R^2 ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น และช่วยให้ทำนายค่า Y มีความผิดพลาดน้อยลง

2.1.3.5 การควบคุมและการขยายผล (Control and Replicate-C)

ขั้นตอนนี้เป็นกรพยายามธำรงรักษาสถิตภาพของการพัฒนาคุณภาพหรือค่า Y ใหม่ให้ได้คงอยู่อย่างถาวรในองค์กรรวมทั้งหาทางขยายผลการทดลองดังกล่าวนี้ไปยังหน่วยงานที่มีความคล้ายคลึงกันของกระบวนการในองค์กรให้มากที่สุดและ เป็นขั้นตอนการหาวิธีการควบคุมเพื่อรักษาแต่ละตัวแปรให้เป็นไปตาม Specification ที่ได้กำหนดให้ไว้ โดยการวางแผนงานที่เรียกว่า การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning) เป็นการกำหนดวิธีการควบคุม (Control Method) ตัวแปร ระยะเวลาในการควบคุม พร้อมทั้งกำหนดผู้รับผิดชอบในการควบคุมหรือผู้ปฏิบัติงาน

1) วิธีการควบคุม (Control Method) มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่ดีที่สุดคือ Mistake Proofing Method หรือในภาษาญี่ปุ่นเรียกว่า "POKA-YOKE" ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถป้องกันความผิดพลาดได้อย่างสิ้นเชิง โดยผู้ปฏิบัติไม่จำเป็นต้องเรียนรู้ หรือมีความชำนาญงานมากนัก

Mistake Proofing Method (POKA-YOKE) อาจจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามประสิทธิภาพของการป้องกันคือ แบบ Prediction Method และ Detection Method

- วิธีการป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ก่อนที่จะเกิดความบกพร่อง (Prediction Method)

- วิธีการป้องกันความผิดพลาด หลังจากความบกพร่องเกิดขึ้นแล้ว แต่สามารถหยุดความบกพร่องนั้นได้ทันที โดยไม่ให้ลุกลามต่อไป (Detection Method)

การหาวิธีการควบคุมแต่ละตัวแปร อันดับแรกควรหาวิธีการควบคุมแบบ Mistake Proofing ก่อน หากไม่สามารถหาวิธีการควบคุมแบบ Mistake Proofing ได้ จึงค่อยหันไปหาวิธีการ

ควบคุมแบบอื่น โดยการสร้างมาตรฐานการปฏิบัติหรือการควบคุม พร้อมทั้งกำหนดความถี่ในการตรวจสอบ

2) กำหนดผู้รับผิดชอบในการควบคุมแต่ละตัวแปร (Responsible Person)

3) วันที่เริ่มควบคุม (Effective Date) กำหนดวันที่ ที่เริ่มควบคุมแต่ละตัวแปร ตามวิธีการควบคุมที่ได้กำหนดไว้

4) ผลจากการควบคุม (Control Result) หลังจากหาวิธีการควบคุมที่เหมาะสมสำหรับแต่ละตัวแปร (Factor) ได้แล้ว ก็จะต้องปฏิบัติตาม Quality Plan (แผนคุณภาพ) ขั้นตอนต่อไปคือ จะต้องมีติดตามผลการควบคุมแต่ละตัวแปรด้วย โดยใช้หลักการของ SPC (Statistic Process Control) ซึ่งจะแสดงผลในรูปแบบของ Control Chart (แผนภูมิการควบคุม) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด และจะต้องเลือกให้เหมาะสมสำหรับแต่ละตัวแปร

Control Chart มี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ Variable Control Chart และ Attribute Control Chart Variable Control Chart คือ แผนภูมิการควบคุมที่ใช้กับตัวแปรที่มีข้อมูลเป็นแบบ ข้อมูลแปรปรวน (Variable Data)

- $\bar{X}$ -R Chart ใช้ในกรณีที่มีปริมาณการผลิตมากๆ ซึ่งจะมีการสุ่มตัวอย่างค่อนข้างมาก โดยการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้ง (Subgroup) จะสุ่มมากกว่า 1 ชิ้นงาน

- I-MR Chart (Individuals and Moving Range Chart) ใช้ในกรณีที่มีปริมาณการผลิตไม่มาก หรือนานๆ จะผลิตที ซึ่งจะมีการสุ่มตัวอย่างไม่มาก โดยการสุ่มแต่ละครั้งเพียง 1 ชิ้นงาน

- Attribute Control Chart คือ แผนภูมิการควบคุมที่ใช้กับตัวแปรที่มีข้อมูลเป็นแบบเชิงคุณภาพ (Attribute Data) สามารถเลือกใช้เครื่องมือการควบคุม เช่น U-Chart, C-Chart, P-Chart, NP-Chart โดยใช้แนวทางการเลือกตามตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.2

การเลือกใช้เครื่องมือการควบคุม Attribute Control Chart

	Constant Lot Size	Variable Lot Size	
Defects	C	U	Poisson Distribution
Defective	NP	P	Binomial Distribution

การตีความหมายใน Control Chart ไม่ว่าจะเป็น Control Chart ชนิดใด จะมีการตีความหมายที่คล้ายคลึงกัน คือ สุดท้ายต้องตีความหมายออกมาให้ได้ว่า Chart นั้นๆ ได้แก่

- อยู่ในการควบคุม (In Control) คือ ผลการควบคุมตัวแปรนี้^{อยู่}ในการควบคุม ซึ่งจะมีแต่ Common Cause เท่านั้น

- อยู่นอกการควบคุม (Out of Control) คือ ผลการควบคุมตัวแปรนี้^{อยู่}นอกการควบคุม ซึ่งจะมีทั้ง Special Cause (ไม่ปกติ) และ Common Cause (ปกติ)

การตีความหมาย Control Chart จากโปรแกรม MINITAB

1) ถ้าไม่มีจุดแดง และหมายเลขสีแดงกำกับอยู่ แสดงว่า Control chart นี้ "In Control"
 2) ถ้าปรากฏจุดแดงและมีหมายเลขสีแดงกำกับอยู่ที่จุดใด แสดงว่า Control Chart นี้ "Out of Control" คือมี Special cause เกิดขึ้นตามลักษณะหมายเลขที่กำกับอยู่ ในโปรแกรม MINITAB จะมีการ Check special cause ทั้งหมด 8 ลักษณะ คือ

1. มี 1 จุด (หรือมากกว่า) อยู่นอก ± 3 Sigma จากเส้นกลาง (One point more than 3 sigma from center line)
2. มี 9 จุดต่อเนื่องอยู่ในข้างเดียวกันของเส้นกลาง (ข้างบนหรือข้างล่าง) (Nine point in a row on same side of center line)
3. มี 6 จุดต่อเนื่องที่ทุกจุดเพิ่มขึ้นตลอด หรือลดลงตลอด (Six point in a row, all increasing or all decreasing)
4. มี 14 จุดต่อเนื่องที่สลับขึ้นและลง (Fourteen points in a row, alternative up and down)
5. มี 2 จุดจาก 5 จุดใน 3 จุดต่อเนื่อง ที่อยู่นอก 2 Sigma จากเส้นกลาง (ข้างเดียวกัน) (Two out of three points more than 2 sigma from center line (Same side))
6. มี 4 จุดจาก 5 จุดต่อเนื่องที่อยู่นอก 1 Sigma จากเส้นกลาง (ข้างเดียวกัน) (Four out of Five points more than 1 sigma from center line (Same side))
7. มี 15 จุดต่อเนื่องอยู่ภายใน ± 1 Sigma จากเส้นกลาง (อยู่ทั้งสองข้าง) (Fifteen points in a row within 1 Sigma of center line (either side))
8. มี 8 จุดต่อเนื่องอยู่นอก 1 Sigma จากเส้นกลาง (อยู่ทั้ง 2 ข้าง) (Eight points in a row more than 1 sigma from center line (either side))

จากโปรแกรม MINITAB สามารถเลือกการทดสอบ Special cause แต่ละลักษณะได้ แต่โดยปกติแล้วจะทดสอบทั้ง 8 ลักษณะโดย Click ปุ่ม TEST ใน Control Chart ของแต่ละชนิด แล้วจึงเลือกหัวข้อ Perform all eight test

ในการตีความหมายใน Control Chart คือ ความหมายของคำว่า In Control หรือ Out of Control จะมีความหมายที่แตกต่างกับคำว่า Within spec หรือ Out of spec กล่าวคือ Control Limit เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณจากค่าจริงที่เกิดจากการควบคุมจริงในช่วงเวลานั้นๆ โดยพื้นฐานอยู่ที่ประมาณ 3 ส่วน Specification เป็นค่าที่กำหนดขึ้นตามหลักวิศวกรรมศาสตร์ของกระบวนการนั้นหรือขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า

การควบคุมตัวแปรที่ดีนั้น จะต้องได้ผลออกมาว่า In control และ Within Specification กล่าวคือ สามารถควบคุมตัวแปรให้อยู่ในการควบคุม มีเสถียรภาพและอยู่ภายใน Specification ที่กำหนด ถ้าผลการควบคุมออกมาไม่ดีก็ต้องกลับไปทบทวนวิธีการควบคุมและหาทางแก้ไข แล้วจึงกลับมาประเมินผลการควบคุมใหม่

หลังจากจบขั้นตอน Control แล้ว ขั้นตอนสุดท้ายสำหรับ Six Sigma Project ก็คือการรายงานผลลัพธ์สุดท้ายของโครงการ (Final Result) โดยแสดงผลลัพธ์สุดท้ายว่าได้เท่าไร เมื่อเทียบกับ Target ซึ่งกำหนดไว้ใน Define Phase พร้อมทั้งคำนวณผลประโยชน์ (Benefit) ที่ได้รับจริงหลังจากการทำโครงการนี้ เพื่อนำเสนอต่อผู้บังคับบัญชา (QE) และผู้ให้การสนับสนุนคณะทำงานหรือเจ้าของโครงการ (Champion) ต่อไป

ซึ่งขั้นตอนทั้ง 5 ขั้นตอนดังกล่าวนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ D-M-A-I-C และจากภาพที่ 2.4 เป็นแผนภูมิแสดงขั้นตอนของ D-M-A-I-C ในรายละเอียดต่างๆ



ภาพที่ 2.4

แผนภูมิแสดงขั้นตอนของ D-M-A-I-C

ที่มา : นพ.สิทธิศักดิ์ พฤษภัตติกุล 2546. การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma

สรุปขั้นตอนของ DMAIC

ระยะ Define (D)

- รายละเอียดตาม Project Chapter
- ผลการวิเคราะห์กระบวนการในภาพรวม (Process Map)
- ผลการวิเคราะห์กระบวนการในรายละเอียดเฉพาะกระบวนการที่สงสัย
- แผนการค้นหาความต้องการของลูกค้าหรือผู้รับบริการ
 - = วิธีการที่ใช้
 - = กลุ่มตัวอย่างและแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้
 - = สถิติที่ใช้
- ผลการหาความต้องการของลูกค้า
- ผลการเรียงลำดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้า
- House of Quality

ระยะ Measure (M)

- ผลการค้นหาวัดความสำคัญของโครงการ พร้อมทั้งแสดงวิธีการที่ใช้ในการค้นหา เช่น CTQ, SIPOC-R, Process Analysis เป็นต้น
- แผนการเก็บข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย
 - = คำจำกัดความของสิ่งที่วัด
 - = แผนการสุ่มตัวอย่าง
 - = วิธีการเก็บข้อมูล
 - = วิธีการประมวลผล และเครื่องมือทางสถิติที่ใช้
 - = วิธีการที่ใช้วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของระบบการวัด (MSA)
- ผลการวัดขนาดของปัญหาตามตัววัดที่กำหนด โดยนำเสนอด้วยรูปแบบและวิธีการที่เหมาะสม เช่น กราฟ , Histogram, Stem and Leaf Plot, Box Plot

- ผลการหาค่า Baseline Six Sigma ของกระบวนการปัจจุบัน
- ผลการคำนวณมูลค่าที่เกิดจากความด้อยคุณภาพ (Cost of Poor Quality)

ระยะ Analysis (A)

- ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ เช่น
 - = ผลการวิเคราะห์ความถี่
 - = ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน
 - = ผลวิเคราะห์โดยใช้ Run Chart, Histogram

= ผลวิเคราะห์โดยใช้ Pareto Diagram

- ผลการวิเคราะห์กระบวนการ เช่น

= Moment of Truth Analysis

= Flow Analysis

= Value Added Analysis

= Time Motion Analysis

- สมมุติฐานของสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยแสดงในรูปผังต้นไม้ ผังความสัมพันธ์

Relation Diagram หรือ Cause & Effect Diagram

- แผนการพิสูจน์สมมุติฐาน ซึ่งประกอบด้วย

= สมมุติฐานหลักและสมมุติฐานรอง

= วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการพิสูจน์

= ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ใช้

= แผนการสุ่มตัวอย่าง

= ผู้รับผิดชอบ งบประมาณ และกรอบเวลา

- ผลการพิสูจน์สมมุติฐาน

- ผลการสรุปสาเหตุที่เป็นรากเหง้าของปัญหา (Root Cause Statement)

ระยะ Improve (I)

- ผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงของกระบวนการ และแนวทางการแก้ไขปรับปรุง (FMEA)

- ผลการวิเคราะห์ความสูญเสีย และความไม่มีประสิทธิภาพของกระบวนการ และ

แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

- ผลการค้นหาทางเลือกในการแก้ไขปรับปรุงที่เป็นไปได้ทั้งหมด

- แผนการทดลองทางเลือก ซึ่งประกอบด้วย

= รูปแบบการทดลองที่ใช้

= สถิติที่ใช้

= ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ใช้

= วิธีการสุ่มตัวอย่าง

= ผู้รับผิดชอบ งบประมาณ และกรอบเวลา

- สรุปผลการทดลองทางเลือก

- ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าคุ้มทุน ซึ่งประกอบด้วยผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่าย เช่น Break-Even Point, Net Present Value, Benefit-Cost Ratio, Internal Return Rate ตามความเหมาะสม

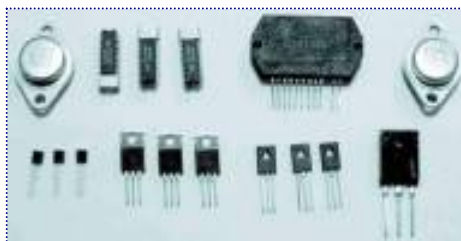
- สรุปทางเลือกที่ใช้จริง
- แผนการสู่การปฏิบัติจริง ซึ่งประกอบด้วย
 - = รายการกิจกรรมที่ต้องดำเนินการ
 - = ผลการวิเคราะห์แรงหนุนและแรงต้าน
 - = กลยุทธ์ที่ใช้ในการนำลงสู่การปฏิบัติ
 - = วิธีการสื่อสารที่ใช้

ระยะ Control (C)

- Process Map และ Flow Chart ของกระบวนการใหม่
- คู่มือ ระเบียบการปฏิบัติ และวิธีปฏิบัติของกระบวนการใหม่
- รายการตัวชี้วัดคุณภาพที่จะใช้ในการควบคุมกระบวนการ
- แผนการควบคุมคุณภาพของกระบวนการใหม่
- Response Plan
- แผนการฝึกอบรม และการประเมินผลการฝึกอบรม
- แผนการเฝ้าระวังกระบวนการ ซึ่งประกอบด้วย
 - = ชนิดของแผนภูมิที่ใช้
 - = แผนการสุ่มที่ตัวอย่างที่ใช้
 - = แบบบันทึกที่ใช้
 - = ความถี่ในการรายงานผล
 - = ผู้รับผิดชอบในการรายงานผล
- ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำโครงการ ซึ่งประกอบด้วย
 - = ผลงานของกระบวนการตามตัววัดหลักที่กำหนด
 - = เก็บข้อมูลที่ได้จากโครงการ

2.2 ทฤษฎีพื้นฐานของอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์กำลัง

ทรานซิสเตอร์กำลัง คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่มีหลักการทำงานคล้ายกับ ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรรขยายทั่วไป แต่มีพิกัดกระแสและแรงดันไฟฟ้าสูงกว่า



ภาพที่ 2.5

ทรานซิสเตอร์กำลัง

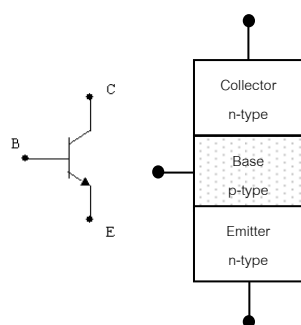
ทรานซิสเตอร์กำลังดังภาพที่ 2.5 สามารถแบ่งได้แบบกว้างๆ เป็น 2 ประเภทคือ

2.2.1 ทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์ (Bipolar Junction Transistor: BJT)

เป็นทรานซิสเตอร์แบบรอยต่อไบโพลาร์(BJT) เรียกสั้นๆ ว่า ทรานซิสเตอร์มี 3 ขั้ว คือ ขั้วเบส, ขั้วอีมิเตอร์ และขั้วคอลเลกเตอร์ ดังภาพที่ 2.6

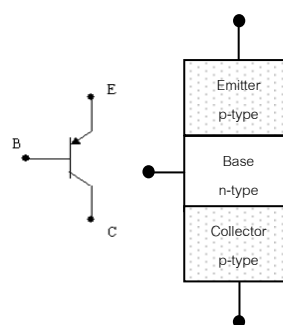
- ประเภทของทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ แบ่งตามโครงสร้างได้เป็น 2 ประเภทคือแบบ NPN และแบบ PNP



โครงสร้างของ

ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN



โครงสร้างของ

ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

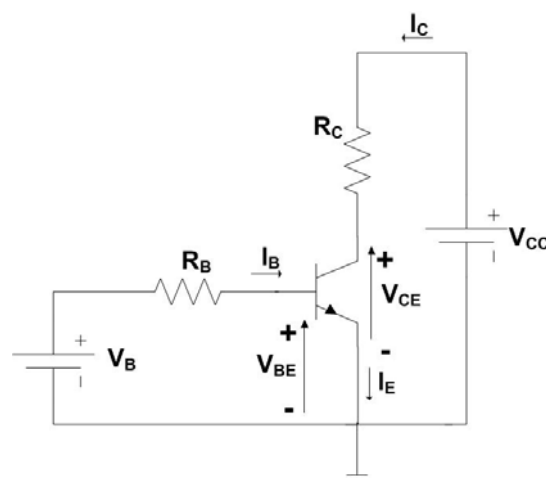
ภาพที่ 2.6

โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และ โครงสร้างของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

ที่มา : มงคล ทองสงคราม.2536. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

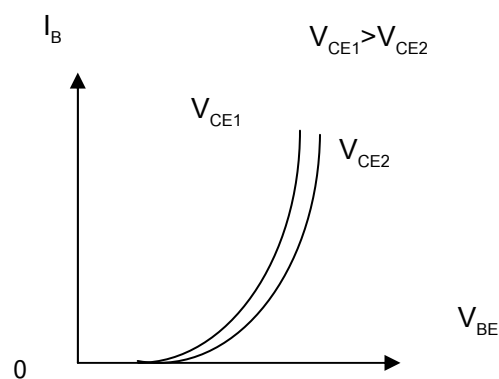
- คุณลักษณะของทรานซิสเตอร์ (Transistor Characteristics)

จากโครงสร้างวงจรพื้นฐานของทรานซิสเตอร์แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ คอลเลกเตอร์ร่วม (Common Collectors) เบสร่วม (Common Base) และอิมิตเตอร์ร่วม (Common Emitter) ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง เรามักใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ การทำงานแบบสวิตช์นี้จะต่อทรานซิสเตอร์ เป็นวงจรอิมิตเตอร์ร่วมดังภาพที่ 2.7



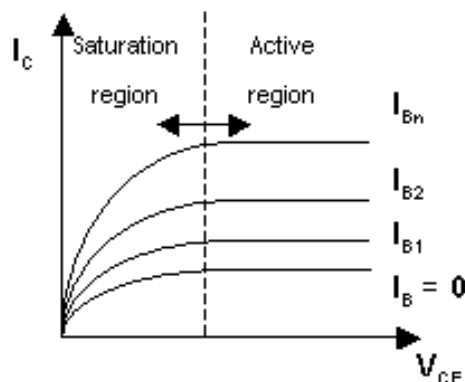
ภาพที่ 2.7

Circuit diagram



ภาพที่ 2.8

Input Characteristics



ภาพที่ 2.9

Output Characteristics

ที่มา : มงคล ทองสงคราม.2536. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

จากภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นคุณลักษณะด้านอินพุตที่เกิดขึ้นจากกระแสเบส (I_B) ร่วมกับแรงดันเบส-อิมิตเตอร์ (V_{BE}) ส่วนภาพที่ 2.9 แสดงคุณลักษณะด้านเอาต์พุตของกระแสคอลเลกเตอร์ (I_C) ร่วมกับแรงดันคอลเลกเตอร์อิมิตเตอร์ (V_{CE}) จะเห็นได้ว่า ทρανซิสเตอร์ที่บริเวณทำงาน 3 บริเวณคือ บริเวณคัตออฟ (Cutoff Region) บริเวณแอคทีฟ (Active Region) และบริเวณการอิ่มตัว (Saturation Region)

บริเวณคัตออฟ รอยต่อทั้งสองได้รับไบอัสกลับ ซึ่งจะทำให้กระแสที่ไหลผ่านขั้วทั้งสามของทรานซิสเตอร์มีค่าใกล้ศูนย์

บริเวณแอคทีฟ รอยต่อคอลเลกเตอร์-เบสได้รับไบอัสกลับ และรอยต่อเบส-อิมิตเตอร์ที่ได้รับไบอัสตรงบริเวณนี้ ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณ นั่นคือ I_C ถูกขยายด้วยอัตราขยายกระแสไฟฟ้า (β) บริเวณอิ่มตัว รอยต่อทั้งสองได้รับไบอัสตรง

บริเวณทำงานที่ใช้ขณะทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์คือบริเวณคัตออฟและบริเวณการอิ่มตัว กล่าวคือบริเวณการอิ่มตัว ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ปิดวงจร ส่วนบริเวณคัตออฟ ทรานซิสเตอร์จะทำงานเหมือนสวิตช์เปิดวงจร

- ประโยชน์และการใช้งานของทรานซิสเตอร์กำลัง

- คุณลักษณะในการสวิตช์ (Switching Characteristics)

ทรานซิสเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยชั้นของสารกึ่งตัวนำ p-n ซึ่งมีพาหะข้างน้อยปรากฏอยู่ที่บริเวณรอยต่อ (ซึ่งพิจารณาเป็นคาปาซิเตอร์) พาหะข้างน้อยเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการทำงานที่เป็นสวิตช์ของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะไม่เปิดในทันที กล่าวคือ ขณะที่แรงดัน

อินพุต V_B เพิ่มจากศูนย์ถึง V_1 และ I_B กระแส I_C จะไม่ไหล ในทันทีเวลาที่กระแสยังไม่ไหลนี้เรียกว่า ช่วงเวลาดีเลย์ (Delay Time : t_d) ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มการสวิตช์ที่อินพุตจนถึง 10% ของค่าสถานะคงที่ (Steady State : I_{CS}) การดีเลย์นี้เกิดจากการอัดประจุคาปาซิแตนซ์ที่บริเวณรอยต่อ B-E จนกระทั่งมีค่าถึงแรงดันไบอัสตรง V_{BE} (ประมาณ 0.7V)

หลังจากการดีเลย์ I_C จะเพิ่มถึงสถานะคงที่ (I_{CS}) โดยใช้เวลากว้างในช่วงเวลาขาขึ้น (Rise Time): t_r ซึ่งเป็นเวลาที่ I_C เพิ่มจาก 10% ถึง 90% ของ I_{CS} ช่วง t_r นี้ขึ้นอยู่กับเวลาคงที่ (Time Constant) ซึ่งมีคาปาซิเตอร์ที่บริเวณรอยต่อเป็นตัวกำหนดถ้ากำหนดให้ t_{on} เป็นเวลาในการเปิด (Turn – on Time) จะเขียนสมการได้ดังนี้ $t_{on} = t_d + t_r$ เมื่อแรงดันอินพุตมีชั่วกลับเป็นตรงข้าม นั่นคือจาก V_1 เป็น $-V_2$ และ I_B เปลี่ยนเป็น $-I_{B2}$; I_C ยังไม่สามารถเปลี่ยนสถานะได้ในทันที แต่ต้องใช้เวลาในการย้ายประจุที่มีสภาพอิมิต์ออกจากขั้วเบสโดยใช้เวลาระยะหนึ่งเรียกว่าช่วงเวลาสะสม (Storage Time : t_g) ซึ่งเป็นช่วงเวลาแรงดันอินพุตกลับชั่วเป็นตรงข้ามแล้วจนถึง I_C ลดลงถึง 90 % ของ I_{CS}

เมื่อย้ายประจุส่วนนี้ออกหมดแล้ว ประจุคาปาซิเตอร์บริเวณรอยต่อ B-E จะถูกอัดจนมีค่าถึงแรงดันอินพุต $-V_2$ ส่วน I_B จะลดลงเป็นศูนย์โดยใช้เวลากว้างในช่วงเวลาขาลง (Fall Time; t_f) ซึ่งเป็นช่วงเวลา I_C ลดจาก 90% ถึง 10% ของ I_{CS} ช่วง t_f นี้ขึ้นอยู่กับเวลาคงที่ซึ่งมีค่าคาปาซิเตอร์ของรอยต่อ B-E (ขณะได้รับไบอัสกลับ) เป็นตัวกำหนด

ถ้ากำหนดให้ t_{off} เป็นเวลาในการปิด (Turn- off Time) จะเขียนสมการได้ดังนี้

$$t_{off} = t_s + t_f$$

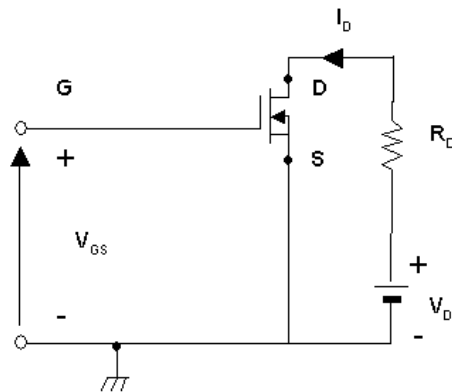
ส่วนเวลาที่กระแส I_C ลดจาก 10 % ของ I_{CS} เป็น 0 เราเรียกว่า ช่วงเวลาปิด (Off-Time)

2.2.2 มอสเฟตกำลัง (Power Mosfet)

จากหลักการพื้นฐาน ทำให้ทราบว่าทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทใช้กระแสในการควบคุมกล่าวคือ ต้องใช้ I_B ในการควบคุมการไหลของ I_C สำหรับมอสเฟตกำลัง เป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม

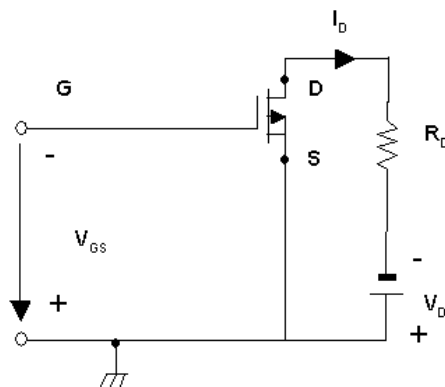
● ประเภทของมอสเฟต

มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ที่มี 3 ขั้ว คือ ขั้ว ซอร์ส (Source: S) เดรน (Drain: D) และเกท (Gate: G) แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion MOSFET) เรียกสั้นๆ ว่า ดีมอสเฟต และ มอสเฟตแบบเอนฮานซ์เมนต์ (Enhancement MOSFET) หรือเรียกว่า อีมอสเฟต แต่ละประเภทยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แชนแนล P (N-Channel) และแชนแนล P (P-Channel)



ภาพที่ 2.10

N-channel depletion-type MOSFET



ภาพที่ 2.11

P-channel depletion-type MOSFET

ที่มา : มงคล ทองสงคราม.2536. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

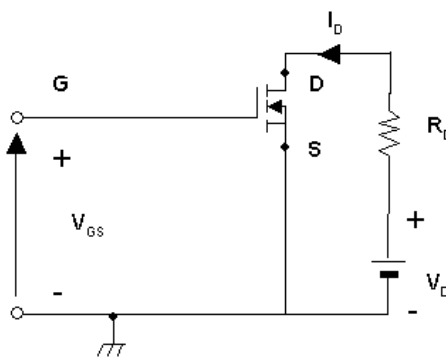
โครงสร้างของดีมอสเฟตแบบแชนแนล N ในภาพที่ 2.10 ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P ซึ่งสร้างจากซิลิคอนและเรียกว่าแผ่นผลึกฐาน P (P-type Substrate) โดยขั้ว D และขั้ว S ต่อกับบริเวณที่มีการกระตุ้นหรือโด๊ปให้เป็นบริเวณสารกึ่งตัวนำ N (N-doped Region ; n^+) สารกึ่งตัวนำ n ทั้งสองส่วนนี้ต่อกับวัสดุผิวนอกที่เป็นโลหะ (Metal) โดยมีซิลิคอนไดออกไซด์ (SiO_2) กั้นระหว่างแชนแนล N กับขั้ว G [ซิลิคอนไดออกไซด์เป็นฉนวนประเภทไดอิเล็กทริก (Dielectric)]

ถ้าแรงดันเกต-ซอร์ส (V_{GS}) มีค่าเป็นลบอิเล็กตรอนบางส่วนในแชนแนล N สร้างบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) ภายในชั้นออกไซด์ ทำให้แชนแนลแคบลง ความต้านทานจาก

ขั้วเดรนไปซอร์ส (R_{ps}) เริ่มมีค่าสูง เมื่อ V_{GS} มีค่าเป็นลบเพียงพอ แชนแนลจะหายไป R_{DS} จึงมีค่าสูงมาก และไม่มีกระแสไหลจากขั้วเดรนไปซอร์สนั้นคือ $I_{DS} = 0$ ระดับ V_{GS} นี้เรียกว่า แรงดันพินช์ออฟ (Pinch-off Voltage; V_P)

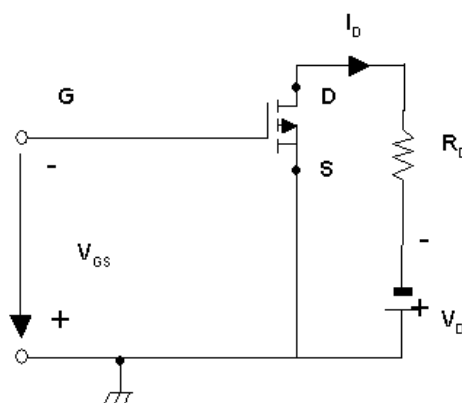
ในทางตรงข้าม ถ้า V_{GS} เป็นบวก แชนแนลจะกว้างขึ้นเป็นผลให้ I_{DS} มีค่าเพิ่มขึ้น อันเนื่องจาก RPS มีค่าลดลง

หลักการที่กล่าวนี้ใช้ได้กับตีมอสเฟตแบบแชนแนล P ดังภาพที่ 2.11 โดยขั้วของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนขั้วตรงข้ามกับกรณีตีมอสเฟตแบบแชนแนล N



ภาพที่ 2.12

N-channel enhancement-type MOSFET



ภาพที่ 2.13

P-channel enhancement-type MOSFET

ที่มา : มงคล ทองสงคราม.2536. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

อิมอสเฟตแบบแซนแนล N นั้นไม่มีแซนแนล ดังภาพที่ 2.12 ถ้า V_{GS} เป็นบวกแรงดันเหนี่ยวนำจะดึงดูดอิเล็กตรอนจากแผ่นผลึกฐาน P และรวบรวมไว้ที่ผิวภายในชั้นออกไซด์ ถ้า V_{GS} มากกว่าหรือเท่ากับค่าแรงดันธรสโวลด์ (Threshold Voltage; V_T) จึงมีกระแสไหลจากเดรนไปซอร์ส (I_{DS})

หลักการที่กล่าวมานี้ใช้ได้กับอิมอสเฟตแบบแซนแนล P ดังภาพที่ 2.13 โดยข้อของ V_{DS} , I_{DS} และ V_{GS} เปลี่ยนเป็นข้อตรงข้ามกรณี อิมอสเฟตแบบแซนแนล N

- คุณสมบัติของมอสเฟต (Mosfet Characteristic)

ได้กล่าวในตอนต้นแล้วว่า มอสเฟตเป็นอุปกรณ์ประเภทใช้แรงดันในการควบคุม และมีอิมพีแดนซ์อินพุตสูงมาก ข้อเกตจะดึงกระแสรั่วไหลต่ำมากแค่ nanoampere) และเราทราบว่า ทรานส์คอนดักแตนซ์ (Transconductance ; g_m) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ I_D ต่อแรงดันเกต (V_G) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะการถ่ายโอนของมอสเฟต

คุณลักษณะในการถ่ายโอนของอิมอสเฟตแบบแซนแนล N และแบบแซนแนล P มีบริเวณการทำงาน 3 บริเวณคือ

(1) บริเวณคัตออฟ (Cutoff Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{GS} \leq V_T$

(2) บริเวณพินช์ออฟหรือบริเวณอิ่มตัว (Pinch-off or Saturation Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{DS} \leq V_{GS} - V_T$

(3) บริเวณที่เป็นเชิงเส้น (Linear Region) เกิดขึ้นเมื่อ $V_{DS} \geq V_{GS} - V_T$

ในบริเวณที่เป็นเชิงเส้น I_D จะเปลี่ยนตามสัดส่วนของ V_{DS} และเนื่องจาก I_D มีค่าสูงขณะที่ V_D มีค่าต่ำ อิมอสเฟตจึงใช้บริเวณที่เป็นเชิงเส้นนี้สำหรับแสดงประสิทธิภาพในการสวิตช์

สำหรับอิมอสเฟต แรงดันเกตหรือแรงดันอินพุต อาจเป็นบวกหรือลบก็ได้แต่อิมอสเฟตตอบสนองกับแรงดันบวกเพียงอย่างเดียว ตามปกติมอสเฟตกำลังมักเป็นประเภทอิมอสเฟต

- ประโยชน์และการใช้งานของมอสเฟตกำลัง

เนื่องจากมอสเฟตกำลังมีความเร็วในการสวิตช์สูงมาก (เป็น Nanosecond) จึงเหมาะกับการแปลงผันที่มีความถี่สูงและมีกำลังไฟฟ้าต่ำ แต่อย่างไรก็ตามอิมอสเฟตจะมีปัญหาในการคายประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Discharge) ภายในตัวเอง จึงต้องบำรุงรักษาเป็นพิเศษ นอกจากนี้การป้องกันมอสเฟตขณะเกิดฟอลต์ แบบลัดวงจร (Short Circuit Fault) ยังทำได้ค่อนข้างยาก

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นวงจรรวม (The Use of DMAIC Process in Printed Circuit Board Assembly Industry)

นายทรงศพร สกุลพิพัฒน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. จิรรัตน์ ธีระวราพฤษ

ปีการศึกษา พ.ศ. 2551

ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้กระบวนการ DMAIC ในอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นวงจรรวม โดยผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาคือ แผ่นวงจรรวมที่ใช้ควบคุมบันไดเลื่อน งานวิจัยนี้เริ่มจากการศึกษาผลได้ของกระบวนการผลิตแต่ละกระบวนการ พบว่า กระบวนการ SMT (Surface Mount Technology) เป็นกระบวนการที่ให้ผลได้ต่ำที่สุด ดังนั้นกระบวนการ SMT จึงเป็นเป้าหมายในงานวิจัย ซึ่งกระบวนการ SMT นั้นมีกระบวนการย่อยที่สำคัญคือ กระบวนการปาดตะกั่ว กระบวนการหยิบและวางชิ้นงาน และกระบวนการหลอมละลาย หลังจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบ พบว่า ของเสียมีสาเหตุมาจากกระบวนการปาดตะกั่ว กระบวนการหลอมละลาย และกระบวนการหยิบและวางชิ้นงานตามลำดับ และพบว่า กระบวนการหยิบและวางชิ้นงานเป็นสาเหตุของของเสียน้อยมาก ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาเฉพาะกระบวนการปาดตะกั่วและกระบวนการหลอมละลายเท่านั้น โดยจะศึกษาเรียงลำดับคือ กระบวนการปาดตะกั่วและกระบวนการหลอมละลาย โดยกำหนดเป้าหมายของผลได้กระบวนการ SMT เท่ากับ 99.10% จากการศึกษาค่าปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่วที่เหมาะสม พบว่าแรงดันสกรูจีที่ 7 kgf (kilogram Force) และความเร็วสกรูจีที่ 30 มิลลิเมตรต่อวินาที เป็นค่าที่เหมาะสมและได้ผลสำเร็จเท่ากับ 99.77% มีค่ามากกว่าเป้าหมายที่ได้ตั้ง สำหรับผลการวิจัยการปรับปรุงกระบวนการหลอมละลายแสดงให้เห็นว่า การปรับตั้งเครื่องหลอมละลายไม่มีผลกระทบต่อผลได้ของกระบวนการ SMT ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงได้กำหนดแผนการควบคุม คือการกำหนดค่าการปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่วเพียงอย่างเดียว และได้ดำเนินการผลิตจริงที่การควบคุมการปรับตั้งเครื่องปาดตะกั่วเหลวเป็นระยะเวลาหนึ่งเดือนต่อมา พบว่าผลได้ของกระบวนการ SMT มีค่าเท่ากับ 99.28%

2.3.2 การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ (Implementation of DMAIC for an Continual Improvement: A Case Study of Ceramic Sanitary Ware Manufacturing Company)

นางสาวอัมพวรรณ จีระภาวงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง

ปีการศึกษา 2551

ศึกษาเรื่อง การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุกัณฑ์ เซรามิกส์ โดยใช้แนวทางการวิเคราะห์แก้ปัญหาแบบซิกซิกม่า ตามขั้นตอนที่เรียกว่า DMAIC โดยในกรณีของอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้น มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเป็นปริมาณสูงมาก จึงเลือกศึกษากระบวนการบดทราย โดโลไมท์และพิชเชอร์ ซึ่งเป็นวัตถุดิบตั้งต้นของการผลิตสุกัณฑ์ และมีค่าไฟฟ้าในการบด เป็นจำนวน 8.2 ล้านบาทต่อปี การศึกษา จำเป็นจะต้องหาปัจจัยที่สามารถนำมาอธิบายผลการบด ซึ่งวัดเป็นการกระจายขนาดอนุภาคที่มีขนาดต่ำกว่า 10 ไมครอน จากการศึกษากระบวนการบดพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลประกอบด้วย 1) ส่วนผสมลูกบดที่ขนาดต่างๆ 2) สัดส่วนลูกบดต่อปริมาตรหม้อบด 3) สัดส่วนวัตถุดิบต่อปริมาตรหม้อบด 4) ความหนาแน่น 5) ความเร็วรอบหม้อบด และ 6) เวลาบด จากนั้นใช้เทคนิคการหาสภาวะ การบดที่ดีที่สุด (process optimization) โดยการออกแบบการทดลองทางสถิติ (Design of Experiment) แบบ 2^k factorial with counterpoint และสร้างสมการ multi-factors linear regression model ข้อสรุปของการทดลองที่ได้นำไปสู่การลดพลังงานในการบดลง 28% โดยใช้สภาวะการบดที่ปริมาณวัตถุดิบ 39% และเติม ลูกบด 38% ของปริมาตรหม้อบด และใช้เวลาบด 5.75 ชั่วโมง ลดลงจากเวลาเดิมที่ 8 ชั่วโมง การทดลองยังส่งผลให้ได้คุณภาพการบดสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการกระจายอนุภาคที่มีความสม่ำเสมอมากขึ้น

2.3.3 ต้นทุนคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์ลักษณะ

ข้อบกพร่องและผลกระทบ : กรณีศึกษากระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

(Quality Costs through the Process Improvement by Using the FMEA Technique: A Case Study of a Printed Circuit Board Assembly's production)

นายเจษฎา นันทนาท

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดนุพันธ์ วิสุวรรณ

ปีการศึกษา 2551

ศึกษาเรื่องต้นทุนคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์ลักษณะ ข้อบกพร่อง และผลกระทบ: กรณีศึกษากระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนคุณภาพในการ ปรับปรุงกระบวนการ

ผลิต ของกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) โดยจะพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพสามด้าน อันประกอบไปด้วยต้นทุนการป้องกัน (Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ (Appraisal Costs) และต้นทุนความบกพร่อง (Failure Costs) งานวิจัยเริ่มจากการหาต้นทุนคุณภาพของกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตัวอย่าง ก่อนที่จะปรับปรุง และตลอดการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยวิธีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ซึ่งจะทำให้การปรับปรุงทั้งสิ้น 2 ครั้ง (ระยะเวลาตั้งแต่ ธันวาคม 2549 - ธันวาคม 2550) ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนคุณภาพโดยรวมลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 10.5017% เมื่อเทียบกับยอดขาย เหลือ 7.1848% ต่อยอดขายหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตครั้งที่ 1 และ เหลือเพียง 5.6941% ต่อยอดขายหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตครั้งที่ 2 ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานพบว่าในระยะแรกนั้นต้นทุนคุณภาพประเภทต้นทุน ในการป้องกันมีไม่มาก ในขณะที่ต้นทุนข้อบกพร่องกลับมีค่าค่อนข้างสูง หลังจากเริ่มนำวิธีการ FMEA ซึ่งเป็นวิธีการที่เน้นในเชิงป้องกันอีกทั้งยังเป็นวิธีการพัฒนาคุณภาพกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องมาใช้ในการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่า ต้นทุนข้อบกพร่องลดลงอย่างมากและ ต่อเนื่องในขณะที่ต้นทุนในการป้องกันเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นในอัตราที่น้อยกว่าการลดลงของต้นทุน ข้อบกพร่อง ในส่วนของต้นทุนในการประเมินนั้นลดลงได้ไม่มากซึ่งเป็นเพราะมีต้นทุนคงที่ไม่สามารถลดได้เป็นองค์ประกอบอยู่ในต้นทุนการประเมิน งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าวิธีการ FMEA ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องโดยเน้นในส่วนของการป้องกัน เป็นวิธีการที่สามารถลดต้นทุนคุณภาพโดยรวมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้การลงทุนที่ไม่มาก ดังนั้นวิธีการ FMEA จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับองค์กรที่มีความสนใจที่จะลดต้นทุนคุณภาพในสายการผลิต

2.3.4 การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับแผนภูมิควบคุมคุณภาพโดยอาศัยกลวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Determining Quality Control Chart Parameters in The Context of Response Surface Methodology)

นางสาวสุธาสินี โพธิจันทร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ชนัน เหลืองไพบูลย์

ปีการศึกษา 2550

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาก่อร่างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงผันแปร โดยมีเป้าหมายคือ การกำหนดระดับของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัยที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมมีค่าต่ำที่สุดโดยผ่าน

กระบวนการสร้างฟังก์ชัน ค่าใช้จ่ายรวม ให้อยู่ในรูปของพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม นั่นคือ ขนาดตัวอย่าง ความถี่ห่างของช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่าง และสัมประสิทธิ์สำหรับขอบเขตควบคุม จากนั้นใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ด้วยกลยุทธ์การหาคำตอบแบบมีเหตุมีผล (Heuristic Algorithms) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์สำหรับแผนภูมิควบคุม โดยวิธีการพื้นผิวตอบสนองที่เลือกมาใช้ในที่นี้คือ วิธีการซิมเพล็กซ์ปรับขนาด (Modified Simplex Method, MSM) โดยได้ทำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

ผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า ระดับคุณภาพของกระบวนการ มีผลต่อค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น มากกว่าความเสียหายที่เกิดจากการสุ่มตรวจสอบและหาสาเหตุที่ระบุได้ กล่าวคือ กระบวนการที่มีคุณภาพอยู่ในระดับสูง จะมีค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้น น้อยกว่ากระบวนการที่มีคุณภาพอยู่ในระดับต่ำ ไม่ว่ากระบวนการนั้นจะมีความเสียหายที่เกิดจากการสุ่มตรวจสอบและหาสาเหตุที่ระบุได้มากหรือน้อยก็ตาม ซึ่งได้ผลในลักษณะเดียวกันทั้งแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นระหว่างแผนภูมิควบคุมทั้ง 2 ประเภทพบว่ามีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก และจากการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย และแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย พบว่า กระบวนการที่มีคุณภาพอยู่ในระดับสูงจะได้ผลลัพธ์ของค่าพารามิเตอร์สำหรับแผนภูมิควบคุมที่มากกว่ากระบวนการที่มีคุณภาพอยู่ในระดับต่ำ ทั้งค่า (n) (h) และ (k1) และในทำนองเดียวกัน สำหรับกระบวนการที่มีความเสียหายน้อยในการสุ่มและตรวจสอบจะได้ผลลัพธ์ของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับค่า (n) และ (k1) ที่มากกว่ากระบวนการที่มีความเสียหายมาก แต่สำหรับค่า (h) นั้นกระบวนการที่มีความเสียหายน้อยในการสุ่มและตรวจสอบจะได้ค่าน้อยกว่ากระบวนการที่มีความเสียหายมาก และเมื่อพิจารณาจากความเสียหายที่เกิดจากการหาสาเหตุที่ระบุได้ พบว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุมไม่มีความแตกต่างกันมากนักระหว่างกระบวนการที่มีความเสียหายน้อย และกระบวนการที่มีความเสียหายมาก และสำหรับค่าที่เหมาะสมของ (k2) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย นั้น จากผลการทดลองพบว่า ได้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันระหว่าง กระบวนการที่มีคุณภาพอยู่ในระดับสูงและระดับต่ำ และได้ผลลัพธ์ในลักษณะเดียวกันระหว่างกระบวนการที่มีความเสียหายมาก และมีความเสียหายน้อยในการสุ่มตรวจสอบและหาสาเหตุที่ระบุได้