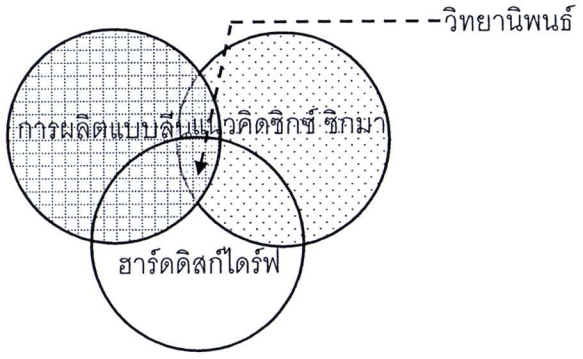
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการทำงานวิจัย โดยขอบเขตองค์ความรู้ประกอบเข้าด้วยกัน 3 ส่วนคือ การผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) แนวคิดซิกซ์ ซิกมา (Six sigma) และฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Hard Disk Drive; HDD) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 ขอบเขตของการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

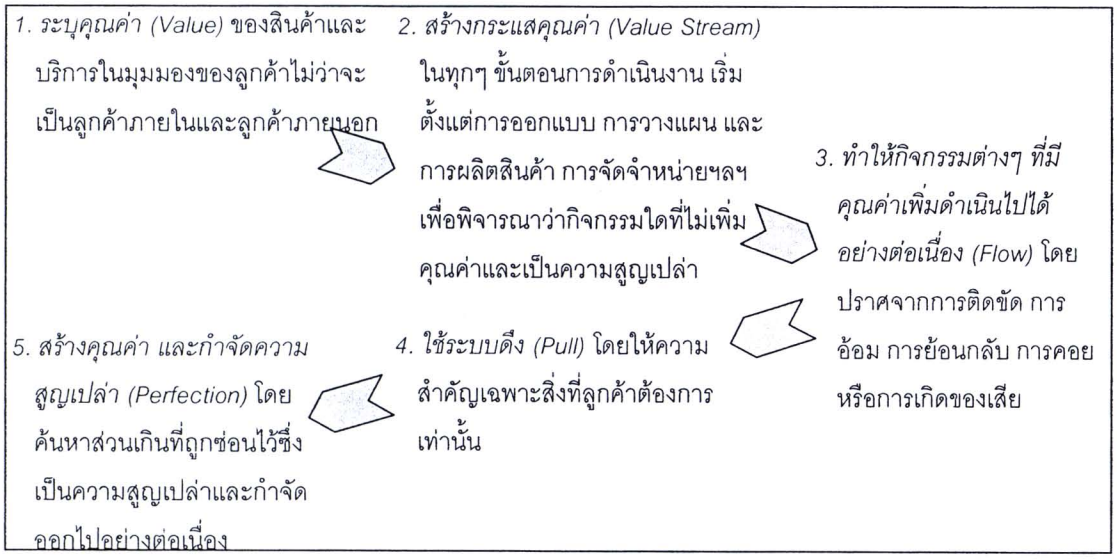
2.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และทฤษฎีฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2.1.1 แนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing)

เป็นเครื่องมือในการจัดการกระบวนการที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้แก่องค์กร โดยการพิจารณาคุณค่าในการดำเนินงานเพื่อมุ่งตอบสนองความต้องการของลูกค้า มุ่งสร้างคุณค่าในตัวสินค้าและบริการ และกำจัดความสูญเสียที่เกิดขึ้นตลอดทั้งกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลกำไรและผลลัพธ์ที่ดีทางธุรกิจในที่สุด ในขณะเดียวกันก็ให้ความสำคัญกับการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพควบคู่ไปด้วย

คำว่า "ลีน" (Lean) ถ้าเปรียบกับองค์กรจะหมายถึง องค์กรที่ดำเนินการโดยปราศจากความสูญเสียในทุกๆ กระบวนการ มีความสามารถในการปรับตัว ตอบสนองความต้องการของตลาดได้ทันท่วงที และมีประสิทธิภาพเหนือคู่แข่งขัน

การผลิตแบบลีน คือ วิธีการที่มีระบบแบบแผนในการระบุและกำจัดความสูญเสียหรือสิ่งที่ไม่เพิ่มคุณค่าภายในกระแสคุณค่าของกระบวนการ โดยอาศัยการดำเนินตามจังหวะความต้องการของลูกค้าด้วยระบบดึง ทำให้เกิดสภาพการไหลอย่างต่อเนื่อง ราบเรียบ และทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างคุณค่าให้แก่ระบบอยู่เสมอ โดยแบ่งเป็นขั้นตอนหลักได้ 5 ขั้นตอน ดังแผนภาพในรูปที่ 2.2 (เกียรติขจร โฆมานะสิน, 2549)



รูปที่ 2.2 แผนภาพแนวคิดของระบบการผลิตแบบลีน

แนวคิดการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just in Time; JIT) หรือการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยไทอิจิ โอโนะเป็นแนวคิดที่กล่าวถึงการผลิตสิ่งที่ต้องการในปริมาณที่ต้องการ และในเวลาที่ต้องการ เป็นแนวคิดหนึ่งที่คำนึงถึงการลดความสูญเปล่า ซึ่งส่งผลถึงเวลานำที่ลดลง โดยมีองค์ประกอบหลายส่วน กล่าวคือ การมีทรัพยากรที่ยืดหยุ่น การควบคุมการผลิตด้วยบัตร การผลิตปริมาณน้อย การเตรียมการก่อนการผลิตอย่างรวดเร็ว การจัดระดับการผลิตอย่างสม่ำเสมอ คุณภาพ ณ แหล่งผลิต การบำรุงรักษาทั่วทั้งการผลิต และเครือข่ายผู้ส่งมอบ เมื่อองค์ประกอบที่กล่าวมาได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมแล้ว จะสังเกตได้ว่านอกจากจะสามารถลดเวลานำได้ แนวคิดการผลิตแบบทันเวลาพอดียังช่วยในการลดระดับพัสดุคงคลัง ปรับปรุงคุณภาพ ลดต้นทุน ลดความต้องการใช้พื้นที่ เพิ่มผลิตภาพ เพิ่มความยืดหยุ่น สร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับผู้ส่งมอบ ทำให้สามารถจัดตารางการผลิต และควบคุมกิจกรรมต่างๆ ได้ง่ายขึ้น เพิ่มกำลังการผลิต ใช้ทรัพยากรมนุษย์ได้คุ้มค่ามากขึ้น รวมถึงสามารถสร้างผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย (Russell and Taylor, 2003)

ยังมีแนวคิดที่พยายามพัฒนาระดับคุณภาพในด้านการตอบสนอง โดยคำนึงถึงเวลาเป็นหลักลักษณะเดียวกับลีน โดย Suri ในปี 1999 อธิบายถึงแนวคิดการผลิตเพื่อการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Quick Response Manufacturing; QRM) ว่าเป็นแนวความคิดที่ไม่มีการผ่อนผันในการลดเวลานำในทุกลักษณะที่อาจจะเกิดขึ้นได้ของกระบวนการ โดยเสนอแนวทางในการลดเวลานำด้วยการผลิตแบบเซลล์ (Cellular manufacturing) การคำนึงถึงกำลังการผลิต และปริมาณการผลิตในแต่ละครั้ง (Capacity and lot sizing decisions) การวางแผนวัสดุและการวางแผนการผลิต การควบคุมวัสดุ นอกจากวิธีการลดเวลานำจากกระบวนการแล้ว Suri ยังเสนอแนวคิดการจัดการสำนักงานเพื่อการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Quick Response Office Cell; Q-ROC) โดยหลักการส่วนใหญ่ยังมีลักษณะเดียวกันกับหลักการการผลิตแบบเซลล์ แต่เพิ่มเติมในส่วนของการทำงานหลายหน้าที่ของพนักงาน การฝึกอบรมข้ามสายงาน การจัดพนักงานให้เหมาะสม และวงจรการทำงานแบบปิด

1) ตัววัดประสิทธิภาพตามแนวคิดลีน

ในแนวคิดลีน ตัววัดที่สำคัญคือ เวลานำรวม (Total lead time) ซึ่งอธิบายและคำนวณได้โดยกฎของลิตเติ้ล (Little's Law) (George and Maxey, 2005)

$$\text{เวลานำรวม} = \frac{\text{จำนวนของชิ้นงานที่ยังอยู่ในกระบวนการ}}{\text{อัตราเฉลี่ยการสร้างชิ้นงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา}}$$

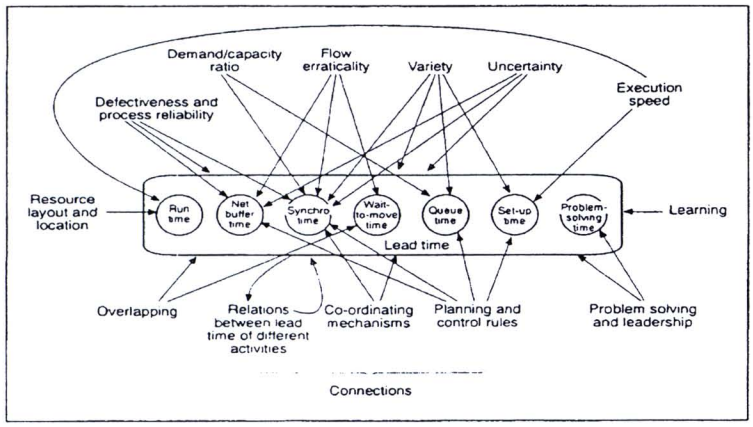
เวลานำรวม คือ เวลาที่นับเริ่มตั้งแต่ชิ้นงานเข้าสู่ระบบจนกระทั่งออกจากระบบ ส่วนจำนวนของชิ้นงานที่ยังอยู่ในกระบวนการ (Work in Process; WIP) คือ จำนวนของชิ้นงานที่เข้าสู่ระบบและยังไม่ได้ออกจากระบบ ชิ้นงานนี้อาจหมายถึง วัตถุดิบ คำสั่งซื้อ ลูกค้า รายการประกอบหรืออะไรก็ได้ และอัตราเฉลี่ยการสร้างชิ้นงานต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Average completion rate) คือ อัตราเฉลี่ยของการสร้างชิ้นงานเสร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด

2) แนวความคิดเกี่ยวกับเวลานำ (Lead time) ในการผลิต

Russell and Taylor, 2003 จำแนกเวลานำออกเป็น 4 ส่วน คือ เวลาปฏิบัติการ เวลาเคลื่อนย้าย เวลารอคอย และเวลาเตรียมการก่อนการผลิต เขายังเสนอวิธีการที่สามารถลดเวลาปฏิบัติการ โดยการลดจำนวนชิ้นส่วน และเพิ่มประสิทธิภาพ หรือความเร็วในการผลิต ลดเวลาเคลื่อนย้าย โดยจัดให้เครื่องจักรอยู่ใกล้กัน สร้างวิธีการเคลื่อนย้ายให้ง่าย และสะดวกขึ้น การจัดเส้นทางมาตรฐาน รวมถึงการกำจัดกระบวนการเคลื่อนย้าย ลดเวลารอคอย โดยวางแผนวัสดุ จัดสรร

พนักงาน และเครื่องจักร กำหนดกำลังการผลิตอย่างเพียงพอ และลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต ซึ่งมักจะเป็นปัญหาคอขวดของกระบวนการทั้งหมด หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นส่วนที่มีปัญหาเกิดขึ้นมากที่สุด

Bartezzaghi, Spina and Verganti, 1994 ได้นำเสนอแบบจำลองเวลานำ แรงขับด้านเวลาของกระบวนการทางธุรกิจ โดยจำแนกเวลานำเป็น 7 ส่วน ได้แก่ เวลาการผลิต เวลาเตรียมการก่อนการผลิต เวลารอคอย เวลารอเพื่อเคลื่อนย้าย เวลารอจังหวะเดียวกัน เวลาแก้ไขปัญหา และเวลารอคอยระหว่างกระบวนการ และจำแนกแรงขับด้านเวลา ออกเป็น 11 ปัจจัย อันได้แก่ ความเร็วในการปฏิบัติการ ความไม่แน่นอน ความหลากหลาย การไหลที่ไม่มีกฎเกณฑ์ อัตราส่วนของความต้องการต่อกำลังการผลิต การเกิดข้อบกพร่องและความเชื่อถือได้ของกระบวนการ ผังและการจัดตำแหน่งของทรัพยากร การคาบเกี่ยวของกระบวนการ การแก้ไขปัญหาและภาวะผู้นำ การเรียนรู้ และการติดต่อ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย คือ กลไกการประสานงาน กฎเกณฑ์การวางแผนและการควบคุม และความสัมพันธ์ระหว่างเวลานำของกิจกรรมที่ต่างกัน



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับด้านเวลา และองค์ประกอบของเวลานำ

แม้แนวคิดของ Bartezzaghi, Spina and Verganti, 1994 จะจำแนกเวลานำอย่างละเอียดกว่าแนวคิดของ Russell and Taylor, 2003 แต่แนวคิดในการจำแนกเวลานำออกเป็น 4 ส่วน คือ เวลาปฏิบัติการ เวลาเคลื่อนย้าย เวลารอคอย และเวลาเตรียมการก่อนการผลิต ดูจะเป็นแนวคิดที่แพร่หลาย และได้รับความนิยมมากกว่า

แนวทางในการลดเวลานำในการผลิต

Russell and Taylor, 2003 ได้เสนอแนวคิดในการลดเวลานำ โดยจำแนกเวลานำเป็น 4 ส่วน

- **แนวทางในการลดเวลาปฏิบัติการ**

การศึกษาการทำงานเป็นเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการลดเวลาปฏิบัติการ โดยนิยามของการศึกษาการทำงาน คือ การศึกษาวิธี และการวัดผลงาน ซึ่งใช้ในการศึกษากระบวนการทำงานและองค์ประกอบต่างๆ เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้น และใช้ประโยชน์ด้านการพัฒนามาตรฐานของการทำงานและเวลาทำงาน รวมไปถึงการใช้เครื่องมือส่งเสริมจูงใจบุคคลากร นำไปสู่การเพิ่มผลผลิต (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

แนวทางที่นิยมนำมาใช้ปรับปรุงการทำงานเพื่อลดเวลาปฏิบัติการแนวทางหนึ่ง คือ หลักการของ ECRS เพื่อการปรับปรุง ซึ่งได้แก่ การกำจัด (Eliminate; E) การผสมผสาน (Combine; C) การจัดลำดับใหม่ (Rearrange; R) และการทำให้ง่าย (Simplify; S) (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

1. การกำจัด (Eliminate; E) ทำโดยการไล่หาจุดประสงค์ อันทำให้สามารถกำจัดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นออกได้ รูปแบบนี้มีประสิทธิผลสูงสุดในการปรับปรุงงาน

2. การผสมผสาน (Combine; C) ทำโดยการผสมผสานองค์ประกอบของงานหลายประการเข้าด้วยกัน ช่วยให้ลดขั้นตอนของงานบางส่วนลงได้

3. การจัดลำดับใหม่ (Rearrange; R) ซึ่งการโยกย้ายสับเปลี่ยนลำดับขององค์ประกอบของงานอาจสร้างโอกาสกำจัดงานบางส่วน หรือโอกาสการผสมผสานใหม่

4. การทำให้ง่าย (Simplify; S) เมื่อพิจารณาถึงการกำจัด การผสมผสานและการจัดลำดับใหม่อย่างรอบคอบแล้ว ควรพยายามจัดการองค์ประกอบของงานส่วนที่เหลืออยู่ให้เป็นงานที่ง่ายที่สุดเท่าที่จะทำได้

นอกจากหลักการ ECRS แล้ว การใช้เครื่องมือเข้าช่วยในการทำงาน ก็สามารถลดเวลาปฏิบัติงานได้ ตัวอย่างเช่น การนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือเครื่องมือที่ทันสมัย เข้ามาช่วยในการลดเวลา และข้อจำกัดจากการใช้หลักการ ECRS (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

- แนวทางในการลดเวลาเคลื่อนย้าย

ปัญหาของเวลาในการเคลื่อนย้ายเกี่ยวข้องโดยตรงกับการวางผังส่วนการผลิต ซึ่งไม่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น การจัดส่วนงานที่มีความเกี่ยวข้องกันสูงอยู่ห่างจากกัน ทำให้การติดต่อสื่อสาร การส่งต่อข้อมูล หรือการปฏิบัติงานอื่นๆ เป็นไปได้ยาก การพยายามจัดผังส่วนให้บริการ โดยคำนึงถึงเส้นทางการบริการจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยลดเวลาในการเคลื่อนย้ายได้

หลักการสำคัญขั้นพื้นฐานสำหรับการวางผังโรงงานในอุตสาหกรรมการผลิต ประการแรกคือ ความสัมพันธ์โดยจัดหาความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ โดยเริ่มจากกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์มากมาหาน้อย กิจกรรมใดมีความสัมพันธ์มากก็ให้อยู่ใกล้กัน ประการที่สองคือ เนื้อที่โดยพิจารณาเกี่ยวกับเนื้อที่ต่างๆ ทั้งจำนวน ชนิด และรูปร่าง หรือรูปทรงของเนื้อที่ของกิจกรรมต่างๆ ที่ได้กำหนดในผังโรงงาน และประการสุดท้ายคือ การปรับตำแหน่งที่ตั้ง โดยปรับหรือจัดตำแหน่งของกิจกรรมต่างๆ ให้ได้อย่างเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ

อีกแนวทางหนึ่งที่อุตสาหกรรมการผลิตเริ่มนำเข้ามาใช้ คือ การวางผังการผลิตแบบเซลล์ ซึ่งจัดแบ่งสินค้าที่ผลิตออกเป็นหมวดหมู่ จากนั้นจึงจัดเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับการผลิตสินค้าแต่ละกลุ่มไว้ในหน่วยผลิตย่อยที่เรียกว่าเซลล์ โดยการผลิตสินค้าแต่ละรายการจะสามารถดำเนินการได้จนแล้วเสร็จภายในหนึ่งเซลล์ (วันชัย ริจิรวนิช, 2541)

การวางผังการผลิตแบบเซลล์ ช่วยให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย ในขณะที่สามารถควบคุมความสูญเปล่าให้เกิดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ การจัดอุปกรณ์และสถานีงานตามลำดับที่เอื้อต่อการไหลของวัสดุและส่วนประกอบต่างๆ ตลอดทั้งกระบวนการ ด้วยการขนส่งให้น้อยที่สุดหรือใช้เวลาน้อยที่สุด

- แนวทางในการลดเวลารอคอย

เนื่องจากในการผลิตไม่สามารถสร้างงานไว้สะสมจำนวนมากเพื่อใช้ในยามที่มีความต้องการสูง เนื่องจากจะทำให้มีปัญหาสินค้าคงคลังตามมา ประเด็นสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาจึงเป็นเรื่อง ประสิทธิภาพของทรัพยากรในการให้บริการ ซึ่งส่งผลโดยตรงกับเวลาในการรอคอย (Waiting time) (Zeithaml and Bitner, 2000)

เทคนิคที่นำมาใช้จึงเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของทรัพยากรในการผลิต ซึ่งมีทั้งการวางแผนทรัพยากร ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากร เพื่อให้ได้ปริมาณงานตามที่ต้องการ การจัด

สมดุลสายการทำงาน เพื่อลดรอบเวลาการทำงานให้น้อยที่สุด โดยเป็นการกระจายงานให้แต่ละหน่วยการบริการอย่างเหมาะสม เทคนิคอีกส่วนที่นำมาใช้คือการจัดตารางและลำดับการทำงาน เพื่อให้สามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ (Russell and Taylor, 2003)

- แนวทางในการลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับ Setup time คือ ลูกค้าในปัจจุบันต้องการผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายในปริมาณที่จำกัด กล่าวคือ ลูกค้ามีความคาดหวังในผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง ราคาที่เหมาะสม และสามารถหาได้ในเวลารวดเร็ว นั่นหมายความว่าผู้ผลิตจะต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดในปริมาณน้อย ทำให้เกิดการ Setup บ่อยครั้ง จากความจำเป็นดังกล่าว การลด Setup time จึงเป็นเรื่องที่ผู้ผลิตให้ความสนใจมากขึ้น

Setup time มักจะเป็นสาเหตุของปัญหาคอขวด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้เครื่องจักรในการผลิตสินค้าหลายแบบ เนื่องจากในกระบวนการผลิต จะต้องทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องจักร หรือทำการตั้งค่าต่างๆ เพื่อให้ตรงกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิต เทคนิค SMED (Single Minute Exchange of Dies) ซึ่งคิดค้นโดย Shigeo Shingo ถูกนำมาใช้เพื่อลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิต เทคนิค SMED ประกอบด้วย 4 หลักการ คือ

1. แยก Internal setup ซึ่งจะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อหยุดเครื่องจักรแล้วเท่านั้น ออกจาก External setup ซึ่งสามารถทำได้แม้ในระหว่างที่เดินเครื่องจักรอยู่ ซึ่งจากการแยก Setup ทั้ง 2 ประเภทออกจากกัน จะทำให้เราสามารถทำ External setup ในระหว่างที่เครื่องจักรยังเดินอยู่ และเมื่อเครื่องจักรหยุด สิ่งที่เหลือจะมีเพียง Internal setup เท่านั้น จากการปฏิบัติตามหลักการนี้สามารถลดเวลาเตรียมการก่อนการผลิตได้ 30-50%

2. แปลง Internal setup เป็น External setup เช่นในงาน Setup บางงานที่สามารถปรับเปลี่ยนให้ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรเดินอยู่ เช่น ใช้อุปกรณ์เสริมหรือใช้วิธีการที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ทำการ Setup ในขณะเครื่องจักรเดินอยู่ได้

3. ปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อการ Setup ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เราสามารถลดเวลาที่ต้องเสียไปกับ External setup โดยการจัดบริเวณทำงานให้เหมาะสม จัดวางอุปกรณ์ เครื่องมือต่างๆ ใกล้กับบริเวณที่ใช้งาน และดูแลรักษาสภาพของเครื่องจักร อุปกรณ์ให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดีเสมอ

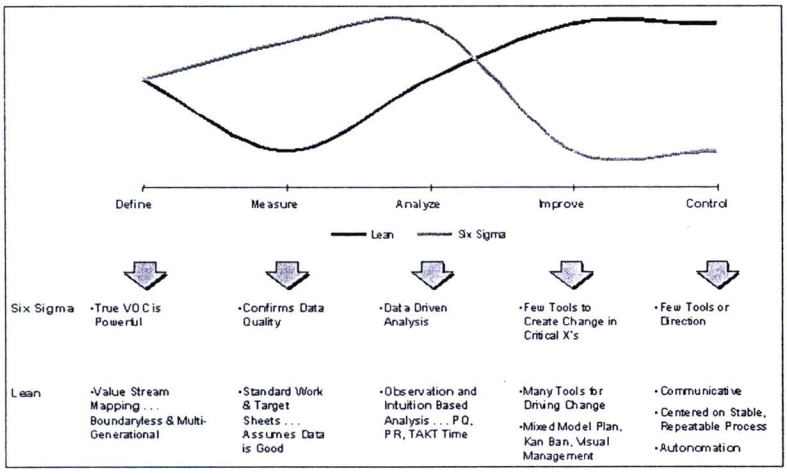
สำหรับการลดเวลาที่ต้องเสียไปกับ Internal setup อาจทำได้โดยการทำให้การตั้งค่าต่างๆ ทำได้ง่าย หรือกำจัดการปรับแต่งหากเป็นไปได้ (Russell and Taylor, 2003)

ประเด็นสำคัญเกี่ยวกับการนำเอาเทคนิค SMED ไปใช้ คือ SMED เป็นเทคนิคที่คิดค้นขึ้นมาเพื่อใช้แก้ไขปัญหาคอขวด ซึ่งจะเกิดจากการที่กำลังการผลิตของเครื่องจักร หรือทรัพยากรที่ใช้กิจกรรมนั้นมีไม่เพียงพอ การนำเอาเทคนิค SMED ไปใช้ในกิจกรรมที่ไม่เกิดปัญหาคอขวด ซึ่งมีกำลังการผลิตเหลือเฟือจะไม่ช่วยให้กระบวนการผลิตทั้งระบบรวดเร็วขึ้นแต่อย่างไร (Hohmann, 2003)

3) **แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกมา** (Lean six sigma)

George, 2003 เสนอแนวความคิดใหม่เกี่ยวกับลีน โดยให้คำจำกัดความว่า ลีน (Lean) คือ กลุ่มของหลักการซึ่งใช้เร่งความเร็วกระบวนการใดๆ โดยลดความสูญเปล่าทุกรูปแบบ โดยเสนอในรูปแบบการใช้ร่วมกับวิธีการซิกซ์ ซิกมา (Six sigma method)

ซึ่งในงานวิจัยของ Norman and et al., 2003 ได้นำเสนอแผนภูมิแสดงอำนาจของวิธีการซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดแบบลีน โดยสรุปแนวคิดได้ว่า วิธีการซิกซ์ ซิกมา (Six sigma method) มีประโยชน์อย่างมากในระยะของการระบุปัญหา (Define) การวัดและเก็บข้อมูล (Measure) และการวิเคราะห์ข้อมูล (Analyse) ส่วนแนวคิดแบบลีน (Lean approach) มีประโยชน์อย่างมากในระยะของการระบุปัญหา (Define) การปรับปรุง (Improve) และการควบคุม (Control) หรืออาจกล่าวได้ว่า วิธีการซิกซ์ ซิกมา เป็นวิธีการที่อาศัยข้อมูลเป็นตัวผลักดัน ในขณะที่แนวคิดแบบลีน มีความเป็นรูปธรรมจึงสามารถผลักดันตัวเองเพื่อไปสู่ทางแก้ปัญหาได้รวดเร็วกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2.4 ผลจากการวิจัยนี้ยืนยันว่าการผสมผสานกันของ 2 วิธีการดังกล่าวทำให้เกิดแนวทางที่มีประสิทธิผลในการแก้ปัญหา



รูปที่ 2.4 แผนภูมิอำนาจของซิกซ์ ซิกมา และแนวคิดแบบลีน

2.1.2 **แนวคิดซิกซ์ ซิกมา** (Six sigma)

ซิกซ์ ซิกมา คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ (Breyfogle, 1999)

Sigma หรือ σ เป็นอักษรกรีกโบราณ ในทางสถิติใช้แทนความหมายระดับความผันแปรของกระบวนการ หรือเรียกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD)

การที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมาจะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จุดของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมานี้จะประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการ คือ การนิยามปัญหา (Define phase) การวัดสภาพของปัญหา (Measure phase) การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา (Analyze phase) การปรับปรุงแก้ไข (Improve phase) และการควบคุมเพื่อรักษาสภาพภายหลังการปรับปรุง (Control phase)

1) ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการตามแนวคิดซิกซ์ ซิกมา

กระบวนการมาตรฐานของซิกซ์ ซิกมาประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ซึ่งทั้ง 5 ขั้นตอนสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตนี้ มีพื้นฐานมาจากขั้นตอนที่เสนอโดย W. Edwards Deming คือ Plan, Do, Check และ Action (P-D-C-A) แต่มีข้อแตกต่างกันก็คือขั้นตอนต่างๆ ใน D-M-A-I-C เหล่านี้ไม่ได้เป็นรูปแบบที่เรียงตัวกันอย่างเส้นตรงโดยแท้จริง กล่าวคือเมื่อกลุ่มสมาชิกเริ่มทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล ฯลฯ อาจทำให้สามารถค้นพบกับปัญหาและกระบวนการต่างๆ ที่เป็นสาเหตุของปัญหาที่ไม่ได้คาดคิดว่าจะมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต สิ่งที่ค้นพบนี้จะทำให้เราสามารถที่จะพิจารณาแก้ไขเป้าหมายของโครงการใหม่ได้ แม้ว่าการทดลองจะได้ผลลัพธ์ออกมาแล้วก็ตาม หรือหลังจากที่ทำการทดสอบผลลัพธ์แล้วก็ตาม ทางกลุ่มผู้ทดลองควรที่จะทำการวิเคราะห์ผลเพิ่มต่อไป

โดยทั่วไปกลุ่มผู้ทำการทดลองสามารถที่จะบันทึกความก้าวหน้าของโครงการโดยอ้างอิงกับวงล้อ D-M-A-I-C ได้ แต่ในแต่ละขั้นตอนจะเป็นกิจกรรมที่สามารถทำซ้ำภายในตนเองได้ โดยยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอน มีดังรูปที่ 2.5

การวัดสภาพของปัญหา (Measure)

เป็นขั้นตอนถัดจากการนิยามปัญหา ซึ่งจะทำการวัดผล ศึกษาเกี่ยวกับรายละเอียดของกระบวนการผลิตในทุกๆ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย เพื่อให้เกิดความเข้าใจกระบวนการ ณ ปัจจุบัน โดยขั้นตอนนี้ต้องบันทึกกระบวนการ กำหนดเครื่องมือ ตำแหน่ง และวิธีการวัดสมรรถนะของกระบวนการ เพื่อนำไปสู่การเข้าใจธุรกิจและเป็นกลไกในการเชื่อมโยงไปสู่งานอื่นที่สร้างคุณค่า เป็นการกำหนดตัวชี้วัดผลิตภาพ (Productivity measures) ที่สำคัญเพื่อวัดกระบวนการ (Hayler and Nichols, 2548) โดยการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น Throughput, Cycle time, Cost และ Quality เป็นต้น ซึ่งนำไปสู่ Key Process Input Variables (KPIVs) และ Key Process Output Variable (KPOV) โดยอาจมีการระบุในขั้นตอนการนิยามปัญหาและต้องทำให้ชัดเจนขึ้นในขั้นตอนนี้ การเก็บข้อมูลต้องได้รับการวางแผนการเก็บข้อมูลมาอย่างดี มีจำนวนมากเพียงพอ ครอบคลุมผู้ปฏิบัติงานและครบตามช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน ผลการเก็บข้อมูลตรงตามจุดมุ่งหมายของโครงการ การประเมินระบบการวัด (Gauge R&R) การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อได้สะดวก การดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. Process Flow Chart เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของกระบวนการที่ต้องการศึกษา จากนั้นนำไปวิเคราะห์กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาของโครงการ

2. ระบุ Key Process Input Variables (KPIVs) และ Key Process Output Variable (KPOV) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่เราทำการศึกษา

3. ระบุตัววัดความสามารถของระบบ (Measurement system capability)

4. ข้อยกเว้น (Assumption) ใดๆ ที่เกิดขึ้นต้องมีการบันทึกไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์ต่อไปในอนาคต

5. แหล่งที่มาของข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล ผลของข้อมูลควรเพียงพอเพื่อเห็นภาพของกระบวนการ (Montgomery, 2009)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze)

ขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากขั้นตอนการวัดสภาพของปัญหา โดยเน้นที่การปรับปรุงกระบวนการโดยการแยกตัวแปรที่มีความสำคัญที่เป็นไปได้ (ตัวแปรที่ส่งผลต่อคุณภาพให้มีความผันแปรมากที่สุด) ออกมาเพียงเล็กน้อยจากตัวแปรจำนวนมากมาย วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลัก และในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้เองที่ทำให้สามารถทราบรายการของสาเหตุความผันแปรทั้งหมด ซึ่งจะนำไปสู่การทราบรายการของสาเหตุความผันแปรที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพ ซึ่งเรียกสาเหตุหลักนี้ว่า Key Process Input Variables (KPIVs) ซึ่งต้องสามารถระบุให้ชัดเจนว่า อะไรคือ KPIVs ของปัญหาและต้องสามารถเชื่อมโยงกับตัวหลักของกระบวนการ หรือที่เรียกว่า Key

Process Output Variable (KPOV) ให้ได้ ในขั้นตอนการวิเคราะห์นี้มีเครื่องมือที่นำมาใช้มากมาย อันได้แก่ เครื่องมือทางกราฟ (Graphical tools) เครื่องมือทางสถิติ (Statistical tools) และเครื่องมืออื่นๆ (Other tools) การตรวจสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) ผังการกระจาย (Scattering diagram) การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เป็นต้น และเครื่องมือ Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการเรียงลำดับแหล่งของความผันแปร (Variability) หรือความผิดพลาด (Error) ตามผลคูณของความรุนแรง ความถี่ และโอกาสที่เกิดขึ้น หรือ Risk Priority Numbers (RPN)

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. ระบุโอกาสในการปรับปรุงโครงการและการตั้งเป้าหมายการปรับปรุง

2. รวบรวมข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการเลือกแนวทางการปรับปรุงที่สอดคล้องกับ KPOV และเป้าหมายของการดำเนินโครงการที่ได้ตั้งไว้แต่แรก

3. ระบุปัญหาและอุปสรรคที่พบในการดำเนินงาน

4. ประเมินผลการดำเนินงาน ระยะเวลาการดำเนินงาน และทรัพยากร

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve)

ขั้นตอนนี้คือการปรับตั้งค่าสาเหตุหลัก (KPIVs) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นไปตามต้องการ สนับสนุนเป้าหมายของโครงการด้วยการใช้เทคนิคการออกแบบทดลอง (Design of Experiment; DOE) เป็นต้น เพื่อปรับตั้งค่าสภาวะต่างๆ ของกระบวนการให้เป็นไปตามความต้องการ โดยในขั้นตอนนี้ควรมีการทดสอบเบื้องต้นเพื่อทำให้มั่นใจว่าทางเลือกนั้นทำให้เกิดผลที่ต้องการได้จริง

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. รวบรวมวิธีการ แนวทางในการปรับปรุงโครงการ และทางเลือกในการปรับปรุงอื่นๆ ที่เป็นไปได้

2. ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลการทดลอง

3. การวางแผนการนำผลการปรับปรุงไปใช้ให้สอดคล้องกับข้อกำหนดต่างๆ ของบริษัท

การควบคุมและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Control)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งต้องดำเนินการออกแบบระบบควบคุณคุณภาพของกระบวนการเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่ากระบวนการจะไม่ย้อนไปมีปัญหาเหมือนเดิมอีก สามารถนำไปใช้งานได้จริง มีการจัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน การฝึกอบรมวางแผนการตรวจติดตามอย่างเป็นระบบ

สิ่งที่ควรได้จากการดำเนินงานในขั้นตอนนี้คือ

1. แสดงข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุง

2. จัดทำแผนการตรวจติดตามการนำไปปฏิบัติอย่างเป็นระบบ

3. จัดทำมาตรฐานและคู่มือในการปฏิบัติงาน

4. ระบุผลการเรียนรู้และโอกาสการปรับปรุงในโครงการต่อไป

5. ระบุประโยชน์ที่ได้รับจากการปรับปรุงโครงการนี้ ที่ส่งผลหรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อโครงการอื่นๆ ได้ (Montgomery, 2009)

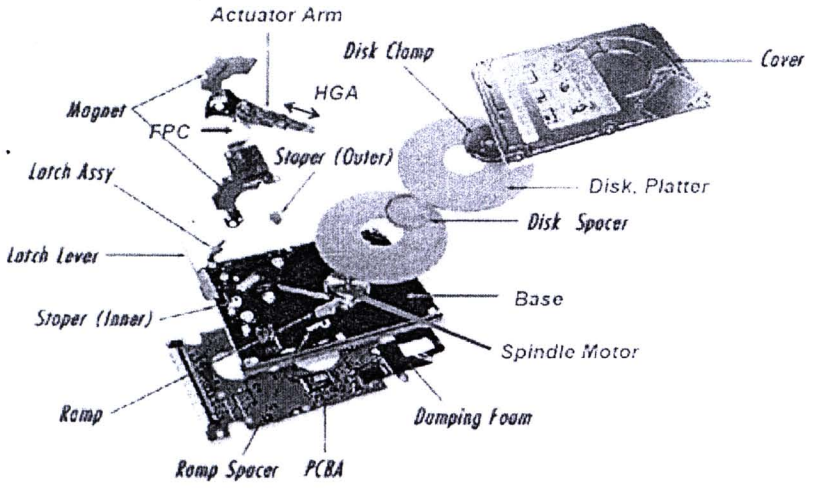
2.1.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้แผ่นจานโลหะกลมเคลือบด้วยสารเคลือบผิวพิเศษ ที่ถูกออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ในรูปแบบทางแม่เหล็กไฟฟ้าได้ ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแผ่นจานแม่เหล็กสองแผ่นหรือมากกว่ามาจัดเรียงอยู่บนแกนเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า Spindle ทำให้แผ่นจานแม่เหล็กหมุนไปพร้อมๆ กัน จากการขับเคลื่อนของมอเตอร์ไฟฟ้าด้วยความเร็วต่างๆ (มีหน่วยรอบต่อนาที เช่น 3600 5400 และ 7200 รอบต่อนาที) แต่ละหน้าของจานแม่เหล็กจะมีหัวอ่านเขียนประจำเฉพาะ โดยหัวอ่านเขียนทุกหัวจะเชื่อมติดกันคล้ายหวี สามารถเคลื่อนเข้าออกระหว่างแผ่นจานแม่เหล็กต่างๆ อย่างรวดเร็ว

1) โครงสร้างของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

โครงสร้างและการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะมีความแตกต่างกันที่ขนาดและความจุ โดยที่ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟรุ่นใหม่ที่ออกมาในท้องตลาดจะเพิ่มประสิทธิภาพความจุ ความไวด้านของการค้นหาข้อมูลและพยายามลดขนาดแผ่นจานแม่เหล็ก (Disk platters) หัวอ่านเขียน (Head stack) และบันทึกให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ เช่น 1.0" หรือ 2.5" เป็นฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่เหมาะสมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบส่วนบุคคล หรือขนาด 3.5" จะเหมาะสมกับคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้กันโดยทั่วไปในสำนักงาน

โครงสร้างภายในของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

1. แผ่นจานแม่เหล็ก (Disk platters) ทำมาจากโลหะที่เป็นอะลูมิเนียมที่มีการขัดผิวและแม่เหล็ก (Magnetic material) ซึ่งประกอบไปด้วย CoC_2 และ CoNi ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำที่เก็บบันทึกข้อมูลไว้ในลักษณะของสนามแม่เหล็ก เทคโนโลยีของแผ่นจานแม่เหล็กจะเป็นปัจจัยสำคัญอย่างมากสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

2. ตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ (Motor Base Assembly; MBA) ซึ่งประกอบไปด้วยมอเตอร์และตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ มอเตอร์จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ในการขับแผ่นจานแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยควบคุมความเร็วรอบให้หมุนได้ตามกำหนด ทั้งนี้เพื่อให้การเขียนและอ่านข้อมูลเป็นไปอย่างแม่นยำและได้ความจุข้อมูลที่มาก ตัวถังของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะเป็นแผ่นโลหะหุ้มโดยรอบและไม่มีรอยรั่วเพื่อป้องกันฝุ่นผงเข้าภายในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สาเหตุที่ต้องป้องกันฝุ่นผงก็คือฝุ่นผงมักจะมีขนาดใหญ่พอที่จะเข้าไปแทรกช่องว่างระหว่างหัวอ่านเขียนกับแผ่นจานแม่เหล็กที่ใช้เก็บข้อมูล เมื่อหัวอ่านเขียนเคลื่อนที่ก็จะเป็นการลากถูฝุ่นผงไปบนผิวของแผ่นจานแม่เหล็ก ทำให้สารแม่เหล็กที่เคลือบผิวเป็นรอยขีดข่วนเสียหาย ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้

3. หัวอ่านเขียน (Head stack) เป็นตัวอ่านเขียนข้อมูลที่ติดอยู่กับ Head arm หัวอ่านเขียนจะทำมาจากวัสดุที่สามารถกำหนดสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าได้ มีขนาดเล็กและมีคอยล์ เพื่อเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กตรงปลายหัว เมื่อทำงานจะแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นสนามแม่เหล็ก เพื่อที่จะเขียนลงไปบนแผ่นจานแม่เหล็ก และในขณะอ่านสัญญาณหัวอ่านจะวิ่งผ่านตำแหน่งที่บันทึกข้อมูลบนแผ่นจานแม่เหล็กเพื่ออ่านสัญญาณแม่เหล็กบนแผ่นกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้า

4. แกนหัวอ่าน (Head arm) เป็นขั้นตอนที่นำ HGA มาประกอบบนตัว Arm เพื่อให้มี HGA หลายๆ ตัวทำหน้าที่เคลื่อนที่เพื่ออ่านและเขียนข้อมูลได้พร้อมๆ กัน เนื่องจากในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะประกอบด้วยแผ่นจานแม่เหล็กหลายแผ่น โดยมีคอยล์และขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ช่วยในการควบคุมการเคลื่อนที่

5. แผงวงจรควบคุม (Printed Circuit Board Assembly; PCBA) เนื่องจากการทำงานของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟจะอยู่ภายใต้การควบคุมของ Controller ฉะนั้นคำสั่งต่างๆ จาก CPU จะถูกส่งผ่าน Interface card เพื่อเป็นตัวกลางในการติดต่อกับฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ

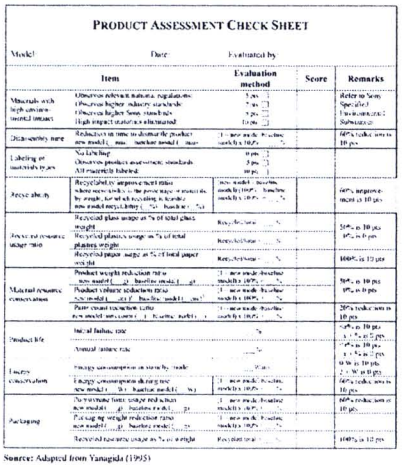
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องมือ เทคนิค และวิธีการที่ใช้ในงานวิจัย

2.2.1 7 QC Tools ที่นำมาใช้ในงานวิจัย

7 QC Tools คือ เครื่องมือคุณภาพ (Quality tools) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ช่วยในการทำความเข้าใจกับปัญหา โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ปัญหา และปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการ เครื่องมือคุณภาพ 7 อย่างนั้นประกอบด้วย ใบตรวจสอบ (Check sheet), ฮีสโตแกรม (Histogram), แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagram), ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram), กราฟ (Graph), แผนภูมิการกระจาย (Scatter diagram) และแผนภูมิควบคุม (Control chart) โดยมีรายละเอียดตามด้านล่าง

1) ใบตรวจสอบ (Check sheet)

เป็นการเก็บข้อมูลอย่างง่ายลงในแบบฟอร์มหรือตารางที่ออกแบบไว้ โดยทำเป็นรายการของขั้นตอนที่มีอยู่ในกระบวนการ เพื่อใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูล สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบหรือการแจงนับได้หลายประเภท เช่น จำนวนครั้งของสัญญาณการที่จะรับโทรศัพท์ ใบตรวจสอบสามารถนำไปใช้ร่วมกับฮีสโตแกรม เพื่อให้มองเห็นลักษณะของข้อมูลได้โดยตรง นำไปวิเคราะห์ปัญหา ปรับปรุงคุณภาพและควบคุมกระบวนการ ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.7



PRODUCT ASSESSMENT CHECK SHEET

Model Date Evaluated by

Item		Evaluation method	Score	Remarks
Materials with high concern (metal, metals)	Observes relevant statutory regulations Observes higher industry standards Observes higher voluntary standards High impact substances eliminated	Yes / No Yes / No Yes / No Yes / No		Refer to Spec. Specified Environmental Substances
Disassembly, sort	Reduction in time to disassemble product	[ ] new model [ ] baseline model [ ] other		60% reduction in 10 yrs
Labeling of materials types	No labeling Observes product environmental standards All materials labeled	Yes / No Yes / No Yes / No		
Recyclability	Recyclable by appropriate methods where such exists – is the preferred material, by weight, for which recycling is feasible	[ ] new model [ ] baseline model [ ] other		60% improvement in 10 yrs
Recycled resource content ratio	Recycled glass usage as % of total glass weight Recycled plastics usage as % of total plastics weight Recycled paper usage as % of total paper weight	Recycled content: ____ % Recycled content: ____ % Recycled content: ____ %		50% in 10 yrs 10% in 5 yrs 100% in 10 yrs
Material resource conservation	Product weight reduction ratio Product volume reduction ratio Paper-based machine types	[ ] new model [ ] baseline model [ ] other [ ] new model [ ] baseline model [ ] other [ ] new model [ ] baseline model [ ] other		50% in 10 yrs 10% in 5 yrs 20% reduction in 10 yrs
Product life	Initial failure rate Annual failure rate Energy consumption during use	____ % ____ % ____ Watts		<5% in 10 yrs 1 - 5% in 5 yrs <5% in 10 yrs 10 % in 10 yrs 2 - 5% in 5 yrs
Energy conservation	Energy consumption during use	[ ] new model [ ] baseline model [ ] other		50% reduction in 10 yrs
Packaging	No toxic/ozone layer impact in new model Packaging weight reduction ratio Recycled raw material usage as % of weight	[ ] new model [ ] baseline model [ ] other [ ] new model [ ] baseline model [ ] other Recycled content: ____ %		60% reduction in 10 yrs 100% in 10 yrs

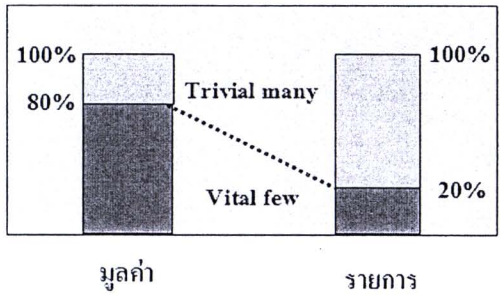
Source: Adapted from Yanagida (1995)

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างใบตรวจสอบแสดงการตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุในการผลิต

2) **แผนภูมิพาเรโต** (Pareto diagram)

แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram) ได้ชื่อมาจาก Vilfredo Pareto นักเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ชาวอิตาลี ซึ่งเป็นผู้ที่คิดวิธีนี้ขึ้นมา และเผยแพร่ในปลายศตวรรษที่ 19 โดยใช้กฎ 80/20 ซึ่งมีที่มาจากการสำรวจพบว่า ในประเทศอิตาลียุคนั้น มีคนรวย 20% คนจน 80% และใน 20% นี้ครอบครองทรัพย์สิน 80% ขณะที่คน 80% ครอบครองทรัพย์สิน 20% ต่อมา ดร.จูรานนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือทางคุณภาพ

แผนภูมิพาเรโตมีลักษณะคล้ายกับกราฟแท่ง หรือฮิสโตแกรม (Histogram) แตกต่างกันที่แท่งของข้อมูลตามแนวแกนนอน มีค่าลดลงตามลำดับ หลักการของแผนภูมิพาเรโต ในการปรับปรุงคุณภาพ คือการหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพ (Quality function) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราหาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อคุณภาพ และนำมาหาค่าตัวเลข หรือร้อยละของผลกระทบนั้น จัดลำดับจากมากไปน้อย นำมาเขียนกราฟโดยให้แกนตั้งด้านซ้าย เป็นค่าจริงของผลกระทบของตัวแปร ส่วนแกนตั้งด้านขวาเป็นค่าสะสมของผลกระทบของตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 หลักการพาเรโต

จากรูปที่ 2.8 การตีความหมายแผนภาพพาเรโต จากปัญหาคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหากนำปัญหามาวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาและความรุนแรงของปัญหา พบว่ามีสาเหตุเพียงไม่กี่ชนิดที่ทำให้เกิดความสูญเสียมาก ในขณะที่สาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาเพียงเล็กน้อยจะมีสาเหตุที่หลากหลายจึงแบ่งจุดบกพร่องออกเป็น 2 ประเภทคือ

- ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก (The vital few)
- ประเภทมากชนิดแต่มีผลน้อย (The trivial many)

3) **ผังแสดงเหตุและผล** (Cause and effect diagram)

ผังแสดงเหตุและผล อาจจะเรียกย่อๆ ว่า ผังก้างปลา หรือถ้าเรียกเป็นภาษาอังกฤษอาจจะใช้ตัวย่อว่า CE Diagram ซึ่งมีนิยามปรากฏในมาตรฐานของญี่ปุ่น หรือ JIS Standards (Japanese Industrial Standards) ในมาตรฐาน JIS ได้ระบุนิยามของผังแสดงเหตุและผลไว้ดังนี้ คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพ กับปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา ทำความเข้าใจผ่านการระดมสมอง ส่วนประกอบผังแสดงเหตุและผลมี 2 ส่วนหลักได้แก่ ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์ (Problem or effect) ซึ่งจะแสดงอยู่ที่หัวปลา และส่วนสาเหตุ (Causes) จะสามารถแยกย่อยออกได้อีกเป็นปัจจัย (Factors) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหา โดยมีทั้งสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย โดยสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ที่ก้างปลาแต่ละก้าง โดยก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง ก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก ส่วนมากการกำหนดกลุ่มปัจจัยบนก้างปลาจะกำหนดโดยใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) เพื่อนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ซึ่ง 4M 1E นี้คือ

- M Man คนงานหรือพนักงาน หรือบุคลากร
- M Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก
- M Material วัตถุดิบหรืออะไหล่ อุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในกระบวนการ
- M Method กระบวนการทำงาน
- Environment อากาศ สถานที่ ความสว่าง และบรรยากาศการทำงาน

วิธีสร้างผังแสดงเหตุและผล

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริงๆ นั้นไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้อย่างถูกต้องคือผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้อย่างถูกต้องเช่นกัน

ขั้นที่ 1. กำหนดลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหา (อาจจะมากกว่า 1 ลักษณะก็ได้)

ขั้นที่ 2. เลือกเอาคุณลักษณะที่เป็นปัญหามา 1 อัน แล้วเขียนลงทางขวามือของกระดาษ พร้อมตีกรอบสี่เหลี่ยม

ขั้นที่ 3. เขียนก้างปลาจากซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากกระดูกสันหลังก่อน

ขั้นที่ 4. เขียนสาเหตุหลักๆ เติมลงบนเส้นกระดูกสันหลังทั้งบนและล่าง พร้อมกับตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อระบุสาเหตุหลัก

ขั้นที่ 5. ในก้างใหญ่ที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหา ให้ใส่ก้างรองลงไป ที่แต่ละปลายก้างรองให้ใส่ข้อความที่เป็นสาเหตุรอง ของแต่ละสาเหตุหลัก

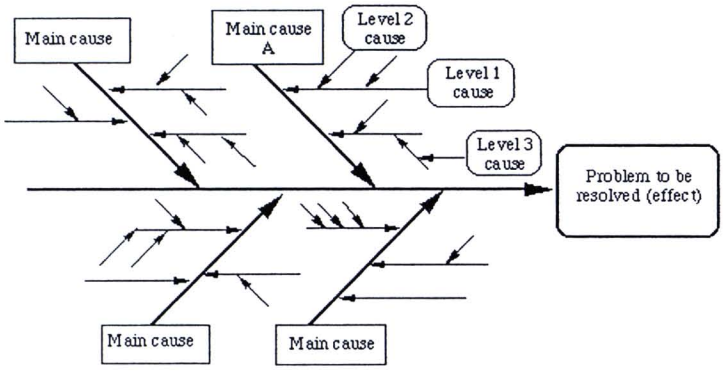
ขั้นที่ 6. ในแต่ละก้างรองที่เป็นสาเหตุรอง ให้เขียนก้างย่อย ที่เข้าใจว่าจะเป็นสาเหตุย่อยๆ ของสาเหตุรองอันนั้น

ขั้นที่ 7. พิจารณาทบทวนว่าการใส่สาเหตุต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันตามระดับชั้นถูกต้องหรือไม่ แล้วใส่ข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบถ้วน

ข้อสังเกตในการนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้

1. ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัว เพื่อจะได้ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา (Setting priority) ก่อนนำไปปฏิบัติต่อไป ควรอาศัยข้อมูลสถิติหรือตัวเลขในการพิจารณาใส่น้ำหนักหรือให้คะแนนความสำคัญของปัจจัยสาเหตุ พยายามเลี่ยงการใช้ความรู้สึกของตนเอง (ยกเว้นกรณีไม่มีข้อมูลสนับสนุนก็อาจจะอาศัยประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้นๆ)

2. ขณะใช้ผังแสดงเหตุและผล ก็ให้ทำการปรับปรุงแต่งเติมแก้ไขอย่างต่อเนื่องด้วย เพราะว่าผังก้างปลาที่เขียนครั้งแรกอาจจะไม่สมบูรณ์ แต่เมื่อนำไปใช้แก้ปัญหาแล้วอาจจะได้ข้อมูลและข้อเท็จจริงมากขึ้นมาอีกมาก และอาจจะไปหักล้างความเข้าใจแต่เดิมก็ได้ การปรับปรุงไปเรื่อยๆ จึงเป็นการบันทึกผลการศึกษาค้นคว้าประกอบการแก้ไขปัญหาในการผลิตที่ดี (Kume, 2544)

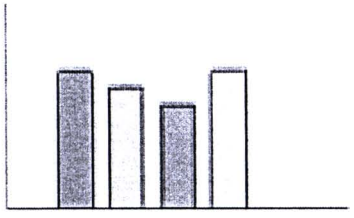


รูปที่ 2.9 องค์ประกอบผังแสดงเหตุและผล

4) **กราฟ** (Graph)

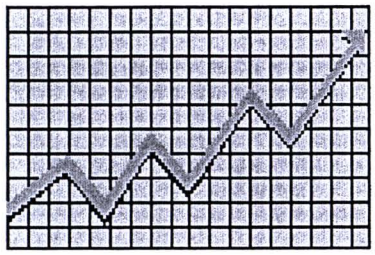
คือ แผนภาพที่แสดงถึงตัวเลขหรือข้อมูลทางสถิติที่ใช้ เมื่อต้องการนำเสนอข้อมูลและวิเคราะห์ผลของข้อมูลดังกล่าว เพื่อทำให้ง่ายและรวดเร็วต่อการทำความเข้าใจ มีหลายชนิดด้วยกัน ได้แก่

กราฟแท่ง ใช้เมื่อมีข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ข้อมูล โดยใช้การเปรียบเทียบที่พื้นที่ของกราฟ และไม่เหมาะสมที่จะใช้ดูแนวโน้มในระยะยาว แต่เหมาะสำหรับข้อมูลในแต่ละช่วงเวลา ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.10 แสดงกราฟแท่ง



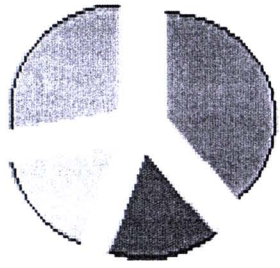
รูปที่ 2.10 กราฟแท่ง

กราฟเส้น ใช้สำหรับดูแนวโน้มการพยากรณ์ในอนาคต หรือทำนายผลจากข้อมูลในอดีตได้ และใช้ในการควบคุมแผนงานให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.11 แสดงกราฟเส้น



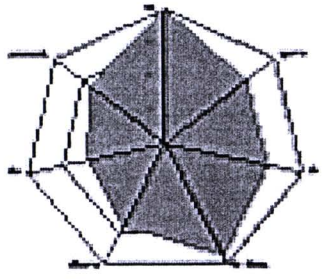
รูปที่ 2.11 กราฟเส้น

กราฟวงกลม พื้นที่ของกราฟเท่ากับ 100% แต่ละส่วนที่แบ่งออกมาจะแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนในแต่ละส่วนประกอบของข้อมูลว่าเป็นกี่ส่วนขององค์ประกอบทั้งหมด ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.12 แสดงกราฟวงกลม



รูปที่ 2.12 กราฟวงกลม

กราฟใยแมงมุม เป็นกราฟรูปหลายเหลี่ยม ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความมากน้อยของแต่ละส่วน โดยกำหนดตำแหน่งจุดลงในแต่ละเส้นแกนของกราฟ ใช้เปรียบเทียบก่อน-หลังการปรับปรุง หรือเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.13แสดงกราฟใยแมงมุม



รูปที่ 2.13 กราฟใยแมงมุม

5) **แผนภูมิควบคุม** (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมเป็นแผนภูมิกราฟแนวนอนที่ใช้ควบคุมการผลิต ลักษณะของแผนภูมิจะเป็นกราฟของสิ่งที่ต้องการควบคุมเขียนเทียบกับเวลา วัตถุประสงค์ของแผนภูมิควบคุมคือการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้รู้ว่า ณ เวลาใดที่มีปัญหาเรื่องคุณภาพทั้งนี้เพื่อการแก้ไขปรับปรุง การวิเคราะห์ความเสถียรภาพของแผนภูมิเพื่อการคาดการณ์นี้ นอกจากจะใช้แผนภาพพาเรโตสำหรับข้อมูลที่จำแนกประเภทแล้ว ถ้าหากข้อมูลดังกล่าวมีพียงประเภทเดียว เช่น ค่าใช้จ่ายรวม ค่าแรงดึงน้ำหนักบรรจุ เป็นต้น มีความจำเป็นจะต้องวิเคราะห์ผ่านแผนภูมิควบคุม (Control chart) กระบวนการผลิตเพื่อให้กลับสู่สภาพปกติ แผนภูมิควบคุมมีความสำคัญเป็นอย่างมากและมีลักษณะต่างๆ หลายรูปแบบแล้วแต่ลักษณะของการควบคุม แผนภูมิควบคุมแบ่งเป็น 2 ประเภท โดยจำแนกตามลักษณะการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ดังนี้

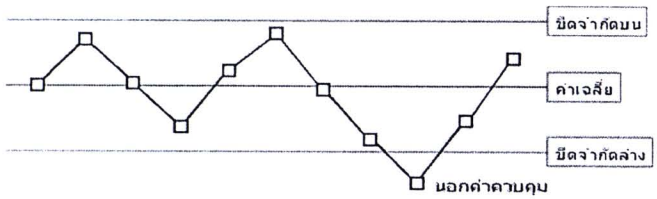
1. แผนภูมิควบคุมประเภทตัวแปร (Control chart for variable) เป็นแผนควบคุมที่ใช้สำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการชั่ง ตวง วัด เป็นค่าที่ต่อเนื่อง เช่น น้ำหนัก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อายุการใช้งาน เป็นต้น แผนภูมิประเภทนี้ที่นิยมกันมากที่สุดมี 2 ชนิด คือ แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (X-Chart) และแผนควบคุมค่าพิสัย (R-Chart) ซึ่งแผนภูมิทั้ง 2 มักใช้ร่วมกัน ทั้งนี้ เนื่องจากเพื่อควบคุมการกระจายการผลิตและควบคุมค่าเฉลี่ย ถ้าเราพิจารณาแผนภูมิจะทราบว่า ค่าการกระจายของกระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุม ก็ต่อเมื่อไม่มีจุดใดของค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยตกอยู่นอกการควบคุม แต่ถ้ากราฟที่ได้จากการลงจุดแล้วออกนอกเส้นควบคุม แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกเหนือการควบคุม จึงต้องดำเนินการตรวจสอบถึงสาเหตุของกระบวนการต่อไป

2. แผนภูมิควบคุมประเภทลักษณะประจำ (Control chart for attribute) เป็นแผนภูมิที่ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการนับ เช่น จำนวนของเสียหรือชำรุด จำนวนรอยตำหนิ แผนภูมิประเภทนี้ มี 2 ชนิด คือ

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (Proportion defective control chart; P-Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวิธีนับจำนวนของเสีย หรือชิ้นงานชำรุดจากสายงานผลิต

- แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ (Control chart for the Number of defective; C-Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยใช้ในกรณีที่ควบคุมคุณภาพทำโดยการนับจำนวนรอยตำหนิของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นแต่ละกลุ่ม เช่น นับจำนวนรอยตำหนิที่

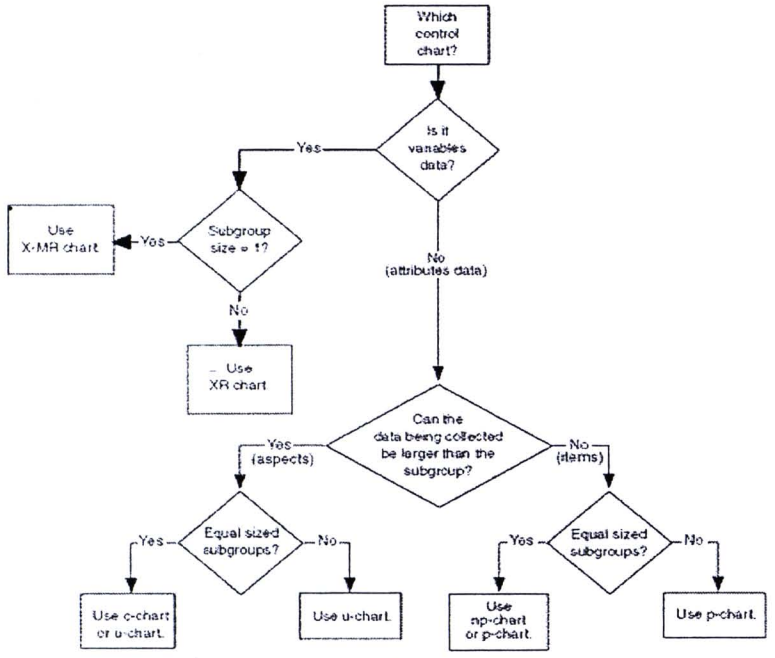
เกิดขึ้นในสังกะสีแต่ละแผ่น นับจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นในแผ่นไม้อัด 20 แผ่น เป็นต้น (Kume, 2544)



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุม

รูปด้านบน แสดงตัวอย่างของแผนภูมิควบคุม โดยเป็นกราฟที่มีจำนวนตัวอย่างที่ผลิตเป็นแกนนอน และมีจำนวนของชิ้นงานที่มีตำหนิเป็นแกนตั้ง มีค่าเฉลี่ยของตัวอย่างที่ผลิตแล้วมีตำหนิเป็นแกนอ้างอิง เช่น สุ่มตัวอย่างที่ผลิตในแต่ละวันขึ้นมา 100 ชิ้น นำมาบันทึกลงบนกราฟทุกวันในช่วงเวลาหนึ่ง จะสามารถหาค่าช่วงของความแปรปรวน ของตัวอย่างที่มีตำหนิออกมาได้ นำมาคำนวณทางสถิติ จะสามารถหาค่าขีดจำกัดบน (UCL) และขีดจำกัดล่าง (LCL) ที่จะใช้ในแผนภูมิ ข้อมูลบนแผนภูมิบางจุด อาจจะมีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าควบคุม (Control limit) ซึ่งเป็นค่าที่อยู่นอกการควบคุม (Out of control) โดยทั่วไป จะเป็นหน้าที่ของผู้จัดการฝ่ายผลิต ที่จะปรับกระบวนการผลิตให้กลับเข้าสู่ระดับเดิม หรือลดจำนวนตัวอย่างที่มีตำหนิลง โดยตรวจสอบสาเหตุที่ทำให้ความแปรปรวนมีค่ามากเกินไป การทดสอบทางสถิติสามารถดูจากลักษณะของแนวโน้มข้อมูลในบางช่วงเวลา ที่อาจมีรูปที่แน่นอนบางอย่าง ที่นำมาประกอบในการปรับปรุงระบบได้ แผนภูมิควบคุมสามารถใช้ในการติดตามตรวจสอบ เพื่อดูแนวโน้มของระบบ หรือใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงในระยะยาว

ในการเลือกใช้ประเภทแผนภูมิจะต้องอาศัยการพิจารณาชนิดของข้อมูลหลังจากการรวบรวมข้อมูล โดยมีเกณฑ์ในการเลือกใช้แผนภูมิควบคุม แสดงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เกณฑ์การเลือกใช้แผนภูมิควบคุม

6) **ฮิสโตแกรม** (Histogram)

คือ กราฟแท่งแบบเฉพาะ โดยแกนตั้งจะเป็นตัวเลขแสดง "ความถี่" และมีแกนนอนเป็นข้อมูลของคุณสมบัติของสิ่งที่เราสนใจ โดยเรียงลำดับจากน้อยไปมากที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการ โดยการสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมที่สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่าง ฮิสโตแกรมเป็นลักษณะกราฟแท่งที่แสดงการแจกแจงของความผันแปร และสิ่งปกติว่ามีการกระจายตัวเป็นลักษณะใด เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) ประโยชน์ของการใช้ฮีสโตแกรมเพื่อวิเคราะห์หาดูความผันแปร สาเหตุและสิ่งผิดปกติของการดำเนินการต่างๆ สิ่งปกติจากผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิเคราะห์เพื่อดูลักษณะธรรมชาติของข้อมูล

เมื่อไรจึงจะใช้แผนภาพฮิสโตแกรม

1.1 เมื่อต้องการตรวจสอบความผิดปกติ โดยดูการกระจายของกระบวนการทำงาน

1.2 เมื่อต้องการเปรียบเทียบข้อมูลกับเกณฑ์ที่กำหนด หรือค่าสูงสุดต่ำสุด

1.3 เมื่อต้องการตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทำงาน (Process capability)

1.4 เมื่อต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าของปัญหา (Root cause)

1.5 เมื่อต้องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระยะยาว

1.6 เมื่อข้อมูลมีจำนวนมากๆ

วิธีการสร้างฮิสโตแกรม

ขั้นตอนที่ 1 เก็บรวบรวมข้อมูล (ควรรวบรวมประมาณ 100 ข้อมูล)

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าสูงสุด (L) และค่าต่ำสุด (S) ของข้อมูลทั้งหมด แล้วนำมาหาค่าพิสัยของข้อมูล (R-Range) ดังสูตรด้านล่าง

$$R = L - S$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าจำนวนชั้น (K) ดังสูตร

$$K = \text{Square root of } (n)$$ โดย n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าความกว้างช่วงชั้น (H-Class interval) ดังสูตร

$$H = R/K$$ หรือ พิสัย / จำนวนชั้น

ขั้นตอนที่ 5 หาขอบเขตของชั้น (Boundary value)

ขีดจำกัดล่างของชั้นแรก = S – หน่วยของการวัด / 2

ขีดจำกัดบนของชั้นแรก = ขีดจำกัดล่างชั้นแรก + H

ขั้นตอนที่ 6 หาขีดจำกัดล่างและขีดจำกัดบนของชั้นถัดไป

ขั้นตอนที่ 7 หาค่ากึ่งกลางของแต่ละชั้น (Median of class interval)

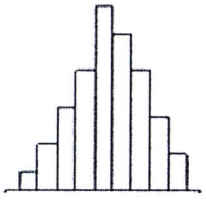
ค่ากึ่งกลางชั้นแรก = ผลรวมค่าขีดจำกัดชั้นแรก / 2

ค่ากึ่งกลางชั้นสอง = ผลรวมค่าขีดจำกัดชั้นสอง / 2

ขั้นตอนที่ 8 บันทึกข้อมูลในรูปตารางแสดงความถี่

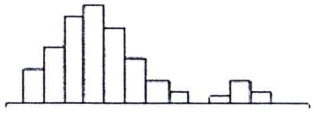
ขั้นตอนที่ 9 สร้างกราฟฮิสโตแกรม เมื่อได้กราฟฮิสโตแกรม เราจะพบว่าฮิสโตแกรมมีลักษณะต่างๆ หลายลักษณะ ดังแสดงด้านล่าง

แบบปกติ (Normal distribution type) รูปทรงในการกระจายตัวจะเป็นรูปทรงระฆังคว่ำ ดังรูปที่ 2.16 กล่าวคือข้อมูลจะมีความปกติของข้อมูล มีค่าค่าหนึ่งอยู่ตรงกลางและมีการกระจายตัวอย่างเป็นสมมาตรซ้ายขวา เนื่องจากความผันแปรอย่างเป็นธรรมชาติ การกระจายของการผลิตเป็นไปตามปกติ ค่าเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ตรงกลาง



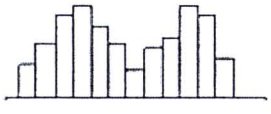
รูปที่ 2.16 ฮิสโตแกรมแบบปกติ

แบบแยกเป็นเกาะ (Detached island type) พบเมื่อกระบวนการผลิตขาดการปรับปรุง/หรือการผลิตไม่ได้ผล โดยอาจพบยอดเล็กๆ นี้ได้ทั้งทางซ้ายและทางขวาโดยอาจมีสาเหตุมาจากมีข้อมูลกระบวนการอื่นมาปะปน หรืออาจมีความผิดพลาดจากการวัด ดังแสดงในรูปที่ 2.17



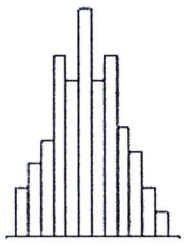
รูปที่ 2.17 ฮิสโตแกรมแบบแยกเป็นเกาะ

แบบระฆังคู่ (Double hump type) พบเมื่อนำผลิตภัณฑ์ของเครื่องจักร 2 เครื่อง / 2 แบบมารวมกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.18



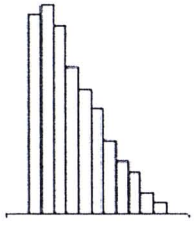
รูปที่ 2.18 ฮิสโตแกรมแบบระฆังคู่

แบบฟันปลา (Serrated type) พบเมื่อเครื่องมือวัดมีคุณภาพต่ำ หรือการอ่านค่ามีความแตกต่างกันไป หรือเกิดเนื่องจากข้อมูลมากและน้อยมีปริมาณแตกต่างกัน เกิดได้เมื่อมีการปัดเศษค่าของแต่ละข้อมูล ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ฮิสโตแกรมแบบฟันปลา

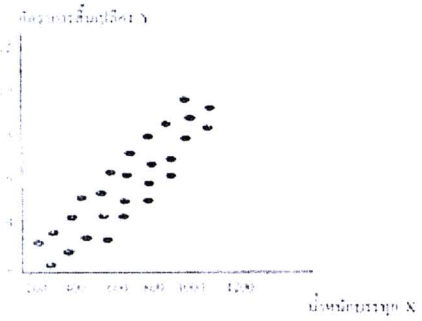
แบบหน้าผา (Cliff Type) พบเมื่อมีการตรวจสอบแบบ Total inspection เพื่อคัดของเสียออกไป มีลักษณะข้อมูลลาดไปทางขวามือหรือเรียกว่าเบ้ขวา ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ฮิสโตแกรมแบบหน้าผา

7) **แผนผังการกระจาย** (Scatter diagram)

คือ เครื่องมือที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ที่ได้ หรือผังที่ใช้แสดงค่าของข้อมูลที่เกิดจากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว ว่ามีแนวโน้มไปในทางใด เพื่อที่จะใช้หาความสัมพันธ์ที่แท้จริงของตัวแปร X คือ ตัวแปรอิสระ หรือค่าที่ปรับเปลี่ยนไป กับตัวแปร Y คือ ตัวแปรตาม หรือผลที่เกิดขึ้นในแต่ละค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของตัวแปร X



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างแผนผังการกระจาย (Scatter diagram)

เมื่อไรจึงจะใช้แผนผังการกระจาย

1. เมื่อต้องการจะบ่งชี้สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ตัวอย่างเช่น ค่าความเหนียวของเหล็ก (ปัญหา, Y) จะมากหรือน้อย มีสาเหตุมาจากปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็ก (สาเหตุที่ 1, X_1) หรือรอยขีดข่วนที่เกิดขึ้นบนผิวเนื้อเหล็ก (สาเหตุที่ 2, X_2)

2. เมื่อต้องการจะตัดสินใจ ว่าผลกระทบ 2 ตัวซึ่งมีความสัมพันธ์กันอยู่ มีปัญหาที่เกิดจากสาเหตุเดียวกันหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าความเหนียวของเหล็ก (ผลกระทบที่ 1, Y_1) และค่าความแข็งของเหล็ก (ผลกระทบที่ 2, Y_2) เกิดจากปริมาณคาร์บอนในเนื้อเหล็ก (สาเหตุ, X)

3. เมื่อต้องการอธิบายความสัมพันธ์ก้างปลา (X) ที่ได้จากการระดมสมอง ว่ามีผลกระทบต่อหัวปลา (Y) หรือไม่ เช่น อัตราการขาดงานของคนงาน เป็นสาเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่บกพร่องมีจำนวนมากขึ้น

4. เมื่อต้องการใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหรือตัวแปร 2 ตัว ที่เราสนใจศึกษาว่าจะมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ เช่น ส่วนสูงมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักหรือไม่

วิธีการสร้างแผนผังการกระจาย

ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบแผ่นบันทึก เพื่อจัดเก็บข้อมูลหรือตัวแปร (X,Y) ที่ต้องการ อย่างน้อย 30 คู่ ตัวแปรที่ว่านี้อาจจะเป็นสาเหตุกับสาเหตุ (X_1, X_2) หรือสาเหตุกับปัญหา (X,Y) ก็ได้ โดยออกแบบเป็นรูปแบบตารางก่อนแล้วนำไปเขียนกราฟ หรือออกแบบเป็นรูปกราฟที่พล็อตข้อมูลได้เลย

ขั้นตอนที่ 2 เขียนกราฟของผังการกระจาย หาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของตัวแปรจากขั้นตอนที่ 1 เพื่อกำหนดสเกลบนแกนแนวนอน (แกน X) และแกนแนวตั้ง (แกน Y) ซึ่งควรเป็นตัวเลขที่ปัดเศษ และหากมีข้อมูล (X,Y) คู่ใดทับกัน ให้ทำวงกลมล้อมรอบจุดที่ทับกัน

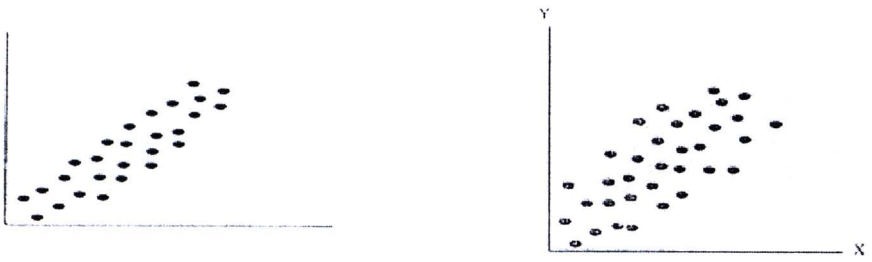
ขั้นตอนที่ 3 เขียนรายละเอียดประกอบรูปกราฟ ประกอบด้วย

- ชื่อของรูปกราฟ (เช่น ชื่อผลิตภัณฑ์, กระบวนการ)
- ชื่อของแกนนอน (X) และแกนตั้ง (Y)

- ชื่อของผู้ปฏิบัติงาน ผู้เก็บข้อมูล และเครื่องจักร
- หน่วยวัดของแกนนอนและแกนตั้ง
- ช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลและวันเดือนปีที่ผลิต/บริการ
- จำนวนข้อมูล (X,Y) ที่จัดเก็บ (n=?)

การอ่านแผนผังการกระจาย

1. แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวก (Positive correlation)

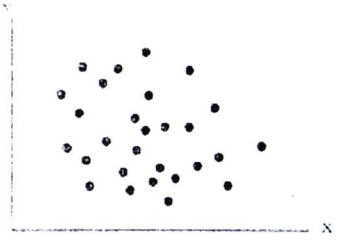


รูปที่ 2.22 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบบวกชัดเจนและแบบบวกไม่ชัดเจน

2. แผนผังการกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบ (Negative correlation)

รูปที่ 2.23 การกระจายที่มีสหสัมพันธ์แบบลบชัดเจนและแบบลบไม่ชัดเจน

3. ผังการกระจายไม่มีสหสัมพันธ์ (Non-Correlation)



รูปที่ 2.24 การเพิ่มหรือลดค่าของ X อาจทำให้ค่า Y เป็นไปได้ทั้งเพิ่มและลด

2.2.2 **แผนผังกระบวนการ** (Process flow chart)

แผนผังกระบวนการ คือ แผนภาพที่แสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของขั้นตอนในกระบวนการ ซึ่งจะบอกถึงลำดับของกิจกรรมแรกที่เริ่มต้นจนถึงกิจกรรมสุดท้ายตามลำดับ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาถึงกระบวนการ ทำให้สมาชิกในกลุ่มมีความเข้าใจในกระบวนการที่ทำการศึกษาโดยละเอียดและเป็นไปในแนวทางเดียวกัน นอกจากนี้ประโยชน์ของผังกระบวนการจะช่วยในการประเมินความสามารถของกระบวนการในแต่ละขั้นตอน ชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนที่เป็นคอขวดของกระบวนการผลิต ชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนหรือกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับผลิตภัณฑ์ (Non value added activities) ซึ่งสามารถที่จะทำการพิจารณากำจัดออกหรือทำการเปลี่ยนแปลง แก้ไข และอธิบายถึงกิจกรรมในการตรวจสอบ ทำให้การวางแผนการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง ไม่เกิดข้อผิดพลาด ในผังกระบวนการจะมีการกำหนดประเภทของกิจกรรมนั้นๆ ด้วยเครื่องหมาย เช่นเดียวกับการศึกษาการทำงาน คือทำงาน (Operation; O) ขนส่งหรือขนถ่ายงาน (Transport; ⇨) รอคอย (Delay; D) ตรวจสอบงาน (Inspection; ▽) และเก็บรักษา (Storage; □) (ธีรกิติ นวรัตน ณ อยุธยา, 2547)

1) **การศึกษาเวลา**

ได้เสนอแนวคิดและหลักการศึกษากระบวนการทำงาน เพื่อใช้ในการปรับปรุงวิธีการทำงานให้ดีขึ้น การศึกษาวิธีการเป็นการเก็บบันทึกอย่างมีขั้นตอน และการตรวจตราอย่างถี่ถ้วนของแนวทางการทำงานที่มีอยู่แล้วและที่จะเสนอแนะขึ้นมาใหม่ การศึกษาวิธีการนี้จะนำไปสู่การพัฒนาและการประยุกต์วิธีการที่ง่ายและมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ (วันชัย ริจิรวนิช, 2545)

ขั้นตอนในการศึกษาการทำงานได้แก่

1) เลือกงานที่จะทำการศึกษา (Select)

2) บันทึกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานที่เลือก (Record)

3) ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์งาน (Examine)

4) ปรับปรุง พัฒนา และกำหนดวิธีการใหม่ (Develop new method)

5) การเปรียบเทียบประเมินผลการปรับปรุงงาน (Evaluate)

6) การประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน (Apply & standardization)

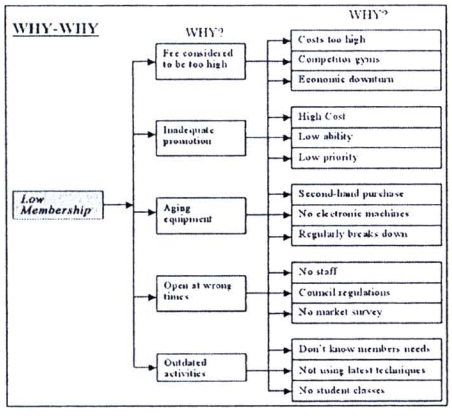
การศึกษาวิธีการทำงานจะพิจารณาประเภทของงาน โดยแยกประเภทของงานในกระบวนการผลิตเป็น 2 ประเภทคือ งานที่สร้างคุณค่า (Value adding) และงานที่ไม่สร้างคุณค่า (Non value adding)

2) การวิเคราะห์วิธีการทำงาน

การพิจารณาตรวจตราข้อมูลวิธีการทำงานที่บันทึกมาเพื่อทำการวิเคราะห์วิธีการทำงาน จะใช้เทคนิคการตั้งคำถาม เพื่อช่วยให้สามารถกำหนดแนวทางในการปรับปรุงวิธีการทำงาน เทคนิคการตั้งคำถามนี้เรียกว่า "6W 1H" สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคำถาม ดังนี้

1) กลุ่ม What, Who, When, Where, How สำหรับการตรวจสอบเป้าหมายและขอบเขตของงานแต่ละกิจกรรม บุคคลที่ทำงานแต่ละกิจกรรม สถานที่ทำงาน ลำดับขั้นตอนการทำงานแต่ละกิจกรรม และวิธีการทำงานแต่ละกิจกรรม ต้องการรู้เกี่ยวกับอะไร (What) ใครเป็นคนรวบรวม (Who) ต้องการรวบรวมเมื่อไหร่ (When) ต้องการรวบรวมข้อมูลจากที่ไหน (Where) ทำอย่าไหร่ (How)

2) กลุ่ม Why, Which เพื่อพัฒนาแนวทางการปรับปรุง โดยตรวจสอบเหตุผลและความเหมาะสมของวิธีการทำงาน Why-Why analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ และมีขั้นตอน โดยการถาม "ทำไม" จนกว่าจบค้นพบต้นตอสาเหตุของปรากฏการณ์ ทำให้กำหนดแนวทางแก้ไขปัญหา และใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานให้สูงขึ้น รูปที่ 2.25 เป็นตัวอย่างการอธิบายวิธีการวิเคราะห์ ค้นหาสาเหตุ เมื่อได้ปัจจัยที่เป็นต้นตอของปรากฏการณ์ จึงนำมาหามาตรการในการแก้ไข (ฮิโตชิ โอกุระและคณะ, 2545)



รูปที่ 2.25 แผนภูมิอธิบายความคิดแบบ Why-Why analysis

ก่อนทำ Why-Why analysis ต้องตรวจสอบสถานที่จริงและดูสภาพงานจริง อันเป็นที่มาของปัญหา เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน และต้องทำความเข้าใจโครงสร้างและหน้าที่ของส่วนที่เป็นปัญหา อาจเขียนออกมาเป็นผังแสดงการไหลของงาน หรือภาพสเกตช์ของส่วนที่เป็นปัญหา

แนวทางในการพิจารณาปัญหามี 2 แนวทาง คือ การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น และการมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี

1) การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการมองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถี่ถ้วน แล้วกำหนดหัวข้อเงื่อนไขที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ปรากฏการณ์นั้นไม่เกิดขึ้น จากนั้นลองสำรวจหัวข้อเงื่อนไขแต่ละอันโดยดูจากของจริง แล้วทำการวิเคราะห์ต่อไปเฉพาะหัวข้อที่คิดว่าผิดปกติ

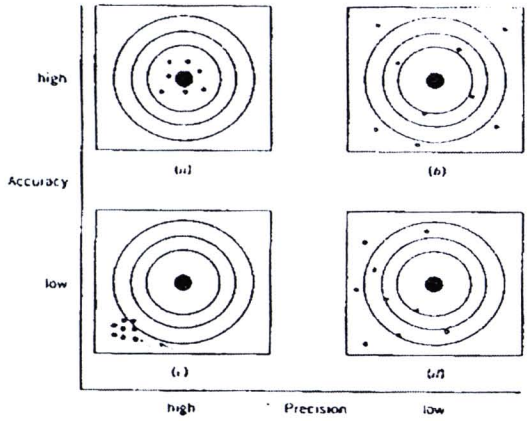
2) การมองปัญหาจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี จะเป็นการวิเคราะห์สาเหตุของปรากฏการณ์อย่างครบถ้วนและทำให้พบต้นตอที่แท้จริงสูงกว่า

2.2.3 **การวิเคราะห์ระบบการวัด** (Measurement System Analysis: MSA)

การวัดเปรียบเสมือนบันไดขั้นแรกที่นำไปสู่การควบคุม และการปรับปรุงคุณภาพ เพราะการควบคุม และการปรับปรุงคุณภาพต้องอาศัยข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และหาสาเหตุในการแก้ปัญหา การตัดสินใจต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลสารสนเทศ (Information) ซึ่งวิเคราะห์ (Analyze) มาจากข้อมูล (Data) เพื่อช่วยในการตัดสินใจได้อย่างถูกต้องเหมาะสมต้องอาศัยข้อมูลที่เที่ยงตรง แม่นยำ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้ เครื่องมือวัด วิธีการวัด และผู้วัด

การวัด (Measurement) ประกอบไปด้วย ความถูกต้อง (Validity) ความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution) ความเที่ยงตรง (Precision) และความแม่นยำ (Accuracy) โดยที่ความถูกต้องเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนา "ระบบการวัด" (Measurement system) และวิธีการวัดต้องสามารถแสดงจำนวน หรือปริมาณที่ผู้ศึกษาสนใจได้ ส่วนความละเอียดของเครื่องมือวัด เช่น ถ้าต้องการวัดน้ำหนักของชิ้นงาน (Parts) ซึ่งมีความแตกต่างกันในหน่วยของกรัม (171, 175, 173 กรัม) ดังนั้นความละเอียดของเครื่องมือวัดต้องละเอียดสามารถวัดได้มากกว่าหน่วยกรัม แต่ต้องละเอียดถึงทศนิยมของกรัม เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการวัด คือวัดตัวอย่างหลายตัวอย่างที่มีขนาดใกล้เคียงกัน แต่ค่าจากการวัดมีค่าเท่ากัน ความเที่ยงตรงเป็นคุณสมบัติของวิธีวัด (Measurement method) หรือเครื่องมือวัด (Measurement devices) หรือระบบวัดจะมีความความเที่ยงตรงมากหรือน้อย พิจารณาจากขนาดของความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยวัดวัตถุชิ้นเดียวกันหลายครั้ง โดยใช้ผู้วัด วิธีวัด เครื่องมือวัด ชุดเดียวกัน ถ้าค่าจากการวัดวัตถุชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้งได้ค่า

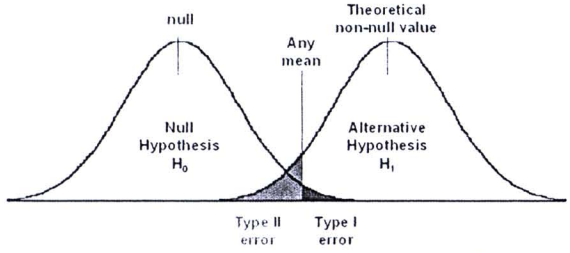
ใกล้เคียงกัน (โดยไม่สนใจว่าค่านั้นจะเป็นค่าที่ถูกต้องหรือไม่) หรือขนาดของความผันแปรในการวัดซ้ำเกิดขึ้นน้อย แสดงว่าระบบการวัดมีความเที่ยงตรงสูง ความแม่นยำ คือความสามารถของระบบวัดที่สามารถวัดได้ค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง หรือค่าจริง หรือในกรณีที่มีการวัดซ้ำ ค่าเฉลี่ยของค่าวัดควรมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.26 องค์ประกอบของระบบวัด (สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์, 2547)

เนื่องจากการควบคุมการผลิตและการควบคุมผลิตภัณฑ์มีความเกี่ยวข้องกับระบบวัดอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนของระบบวัดมีผลกระทบต่อกระบวนการเหล่านี้อย่างมาก โดยแบ่งออกเป็น

1) ผลกระทบต่อการควบคุมผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมีความน่าจะเป็นที่ผลวิเคราะห์จะอยู่ภายในข้อกำหนด ทำให้ตัดสินใจว่าสินค้านั้นดี ก่อให้เกิดความผิดพลาดชนิดที่ I (Type I error) หรือเรียกว่า ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Customer's risk; β) ดังรูปที่ 2.27 และกรณีผลิตภัณฑ์แต่ความคลาดเคลื่อนของระบบวัด ทำให้ผลการวัดอยู่นอกจากข้อกำหนด ซึ่งในทางสถิติเรียกว่า ความผิดพลาดชนิดที่ II (Type II error) หรือเรียกว่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's risk) ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ผลกระทบต่อการตัดสินใจยอมรับผลิตภัณฑ์ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)

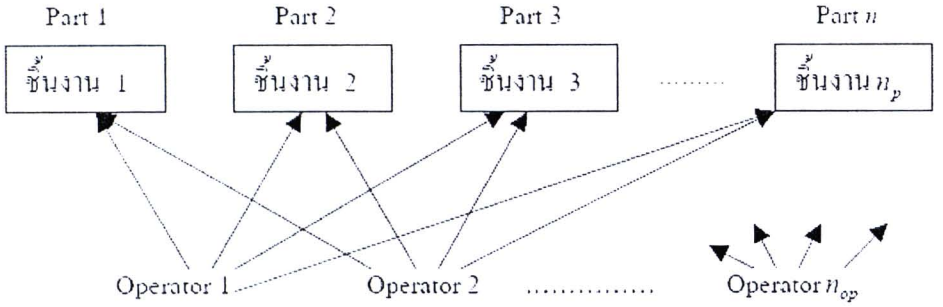
2) ผลกระทบต่อการควบคุมกระบวนการ ในการควบคุมกระบวนการ มีความจำเป็นต้องดำเนินการให้บรรลุตามเงื่อนไขดังนี้

- อยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติ
- กระบวนการอยู่ตรงเป้าหมาย
- ขนาดความผันแปรที่สามารถให้การยอมรับได้

โดยการควบคุมที่มีประสิทธิภาพดี ได้แก่ แผนภูมิการควบคุมกระบวนการ (SPC chart) และดัชนีความสามารถของกระบวนการ ดังนั้นความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากระบบการวัดอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดชนิดที่ I (Type I error) นอกจากข้อมูลจากการควบคุมกระบวนการเกิดออกนอกเขตการควบคุมทั้งที่อยู่ในการควบคุม หรือสัญญาณที่ผิดพลาด (False alarm) และเกิดความผิดพลาดชนิดที่ II (Type II error) กรณีที่มีข้อมูลออกนอกการควบคุมแต่ผู้ควบคุมกระบวนการเห็นว่าอยู่ในการควบคุม

1) การศึกษาระบบการวัด (Gauge R & R measurement system)

- การศึกษาระบบการวัด เพื่อศึกษาความแม่นยำ (Precision) และความเที่ยงตรง (Precision) ของระบบการวัด
- ให้ข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับสาเหตุของ "ความผิดพลาดจากการวัด" (Measurement errors) โดยใช้ผู้วัด (Operators) หลายคน แต่ใช้เครื่องมือและระบบการวัดเดียวกัน
- ผู้วัดแต่ละคนวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นซ้ำทั้งสิ้นจำนวน n_M ครั้งโดยใช้เครื่องมือวัด วิธีวัดวิธีเดียวกันโดยชิ้นงานที่ถูกวัดมีทั้งสิ้นจำนวน n_p ชิ้น และผู้วัดมีทั้งสิ้น n_{op} คน



รูปที่ 2.28 ภาพรวมของการศึกษาระบบการวัด (สันติชัย ชีวสุทธิศิลป์, 2547)

ผู้วัดแต่ละคนวัดชิ้นงานแต่ละชิ้นซ้ำทั้งสิ้น n_M ครั้งโดยใช้เครื่องมือวัด และวิธีวัดเดียวกัน

วิธีการศึกษา "Gauge repeatability and reproducibility"

1. เครื่องมือวัดควรมีการบำรุงรักษา (Maintenance) และปรับแต่ง (Calibration) เป็นประจำ

2. การติดเครื่องหมายเพื่อแสดงหมายเลขชิ้นงาน (Number the parts) ไม่ควรให้ผู้วัดรู้ว่าชิ้นงานที่กำลังวัดคือชิ้นงานหมายเลขใด เพราะอาจเกิดความลำเอียง เนื่องจากผู้วัดต้องวัดชิ้นงานซ้ำหลายครั้ง (หมายเลขชิ้นงาน 1, 2, 3,..., n_p)

- 3. ผู้วัดแต่ละคนจะวัดชิ้นงานทั้งหมดตาม "ลำดับแบบสุ่ม" (Random order) จนครบทุกชิ้นงานตัวอย่าง เรียกว่าครบ 1 รอบ (Cycle) (ไม่วัดเรียงตามลำดับเลข 1, 2, 3,..., n_p)

4. หลังจากวัดชิ้นงานตัวอย่างจนครบทุกชิ้นให้บันทึกค่าที่วัดได้ และเริ่มวัดตามวิธีในข้อ 3 จนครบจำนวนครั้ง หรือรอบ (Repeat the cycle) ที่ต้องการวัดซ้ำ (n_M) สำหรับแต่ละชิ้นงาน

ความสามารถของการวัดซ้ำ (Gauge repeatability)

หรือความผันแปรภายในเงื่อนไขของระบบการวัด หมายถึง ความผันแปรของค่าวัดรอบค่าที่ควรจะเป็น (Expected value) ของระบบการวัดที่ทำการวัดโดยการใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ ซึ่งโดยทั่วๆ ไป ในอุตสาหกรรมหมายถึง ความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation; EV) ทั้งนี้เพราะความผันแปรภายในเงื่อนไขเดียวกันของระบบการวัดมักจะมีผลมาจากตัวอุปกรณ์

ความสามารถในการวัดซ้ำ โดยใช้ผู้วัดคนเดียวกัน (A fixed Operator) ใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน วัดชิ้นงานชิ้นเดียวกันซ้ำหลายครั้ง (n_M = 2 รอบ) เปรียบเทียบความสามารถของการวัดซ้ำของผู้วัดแต่ละคนโดยพิจารณาจากขนาดความผันแปร หรือค่าพิสัย

ความสามารถในการทำซ้ำ (Gauge reproducibility)

หรือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของระบบวัด หมายถึง ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์วัดเดียวกันในการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ซึ่งในอุตสาหกรรมทั่วไปมักจะหมายถึง ความแตกต่างระหว่างพนักงานวัด

ความสามารถของการทำซ้ำโดยใช้ผู้วัดหลายคนเพื่อวัดชิ้นงานเดียวกัน โดยใช้เครื่องมือวัดชุดเดียวกัน ใช้วิธีวัดเดียวกัน (The variability due to different operators using the gage) วัดความสามารถการทำซ้ำโดยพิจารณาความผันแปร (Variation) ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างผู้วัด (จำนวนผู้วัด n_{op} คน)

การประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี คือ

- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range method) ซึ่งเหมาะกับกรณีการทดลองในช่วงสั้นๆ และไม่มีการวัดซ้ำ ข้อดีของวิธีการนี้คือ วิเคราะห์ผลได้ง่าย แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือ ไม่สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้

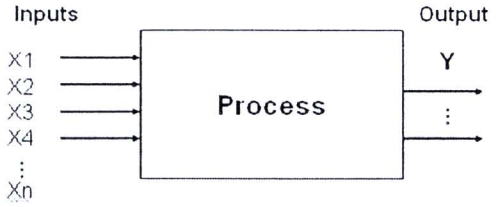
- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and range method) ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองซ้ำ ในแต่ละสิ่งตัวอย่างของพนักงานวัดแต่ละคน ซึ่งวิธีการนี้ทำให้สามารถแยกรีพีททะบิลิตี้ออกจากรีโปรดิวซิบิลิตี้ได้ แต่ไม่สามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Varience; ANOVA) ซึ่งเหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลอง เพื่อพิจารณาว่าพนักงานและชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีททะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ความยุ่งยากในการคำนวณจึงต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Minitab) ช่วยในการคำนวณ (กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2549)

2.2.4 **การออกแบบการทดลอง** (Design of Experiment; DOE)

ในทางปฏิบัติทางอุตสาหกรรม การทดลองที่ได้รับการออกแบบมาจะมีการทำงานอย่างเป็นระบบในการสืบค้นหาตัวแปรในกระบวนการ (Process variable) หรือตัวแปรของผลิตภัณฑ์ (Product variable) หลังจากที่ทำการกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการ หรือองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จึงจะสามารถทำการปรับปรุงเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิต ความน่าเชื่อถือ คุณภาพ และประสิทธิภาพ เนื่องด้วยทรัพยากรมีจำนวนจำกัด ดังนั้นการทดลองแต่ละครั้งจะต้องให้สาระข้อมูลที่สำคัญที่สุด ซึ่งการทดลองที่มีการวางแผนที่ดีจะทำให้ได้สาระข้อมูลที่สำคัญและมีคุณภาพมากกว่าการทดลองที่เกิดขึ้นจากงานที่ไม่ได้รับการวางแผนมาก่อน และโดยเฉพาะการทดลองตามแผนที่วางไว้จะสามารถวิเคราะห์เกี่ยวกับอิทธิพลของปัจจัยที่ต้องการศึกษาได้ดีกว่าด้วย

การออกแบบการทดลอง หรือ Design of Experiment (DOE) เป็นเครื่องมือคุณภาพที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมมานานพอสมควรแล้ว อย่างไรก็ตามเครื่องมือนี้มักไม่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมไทย เนื่องจากมักถูกมองว่าเป็นเครื่องมือคุณภาพชั้นสูง ใช้ยาก ผู้ใช้ต้องมีความรู้ทางสถิติชั้นสูงเป็นอย่างดี คำร่ำลือดังกล่าวอาจจะเป็นเรื่องจริงในอดีต แต่ในปัจจุบันการเรียนรู้เรื่องการออกแบบการทดลองไม่ยากอย่างที่คิด เนื่องจากมีโปรแกรมทางสถิติ (Statistical software) เกิดขึ้นทำให้สามารถคำนวณที่ซับซ้อนทางสถิติได้ การออกแบบการทดลองเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่าของปัจจัยนำเข้า (Input) เข้าสู่กระบวนการผลิต (Process) และมีผลิตภัณฑ์หรือคุณภาพผลิตภัณฑ์เป็นปัจจัยนำออก (Output) โดยมีตัวแปรของกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ (Controllable input factors) ต่างๆ ได้แก่ X_1, X_2, ...X_p ตัวแปรของกระบวนการที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable input factors) หรือบางครั้งเรียกว่า Noise factors ต่างๆ ได้แก่ Z_1, Z_2, ...Z_k เป็นต้น



$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4 \ldots X_n)$$

รูปที่ 2.29 แบบจำลองทั่วไปสำหรับกระบวนการหรือระบบ

จุดประสงค์การออกแบบการทดลองได้แก่

1) การวัดว่าตัวแปรใดมีอิทธิพลของตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y)

2) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y) เข้าใกล้ค่าที่ต้องการมากที่สุด

3) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรตอบสนอง (Output variable; Y) เกิดความผันแปรน้อยที่สุด

4) การวัดว่าตัวแปร X ที่ระดับใดส่งผลให้ ตัวแปรของกระบวนการที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable input factors) เกิดความผันแปรต่ำที่สุด

ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิต การปรับปรุงกระบวนการผลิต และทำให้ทราบว่ากระบวนการผลิตนั้นๆ มีความไว (Sensitive) หรือความทน (Robust) ต่อการเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงไร

วางแผนการทดลองเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ไม่สมเหตุสมผล ดังนั้นการออกแบบการทดลองจึงเกี่ยวข้องกับ การออกแบบการทดลองและการบันทึกข้อมูลเชิงสถิติ โดยหลักการพื้นฐานในการออกแบบการทดลองมี 3 ประการ คือ

- เรพลิเคชัน (Replication) คือการทำการทดลองซ้ำ ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดี คือ ทำให้ผู้ทดลองสามารถประมาณค่าความผิดพลาดในการทดลองได้ โดยตัวประมาณค่าดังกล่าวนั้นใช้เปรียบเทียบว่าการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่

- แรนดอมไมเซชัน (Randomization) คือหลักพื้นฐานในทางสถิติในการออกแบบการทดลอง โดยวัสดุและลำดับการทดลองแต่ละครั้งเป็นไปแบบสุ่มที่มีการกรกระจายเป็นไปแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูล (หรือความผิดพลาด) จะต้องเป็นตัวแปรที่มีการเป็นไปแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การทำการทดลองแบบนี้สามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

- บล็อกกิง (Blocking) เป็นเทคนิคที่เหมาะในการใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลองโดยบล็อกอันหนึ่งอาจหมายถึง วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดเดียวกัน ส่งผลให้การเปรียบเทียบการทดลอง เพื่อศึกษาปัจจัยที่สนใจได้ชัดเจนมากขึ้น

ขั้นตอนในการดำเนินการออกแบบการทดลอง

1) กำหนดปัญหา ซึ่งปัญหาที่มีขอบเขตชัดเจนจะช่วยทำให้การกำหนดตัวแปรที่ถูกต้องเพื่อให้สามารถตอบคำถามได้ตามที่ต้องการ จากนั้นกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนซึ่งจะทำให้มั่นใจได้ว่าการทดลองที่จะทำนั้นสามารถตอบคำถามได้ตรง และสาระข้อมูลที่จะได้มานี้ใช้ได้จริง

2) เลือกปัจจัย ระดับ และขอบเขต โดยผู้ออกแบบการทดลองต้องเลือกปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ระดับ (Level) การเปลี่ยนแปลงของปัจจัย จะควบคุมปัจจัยเหล่านี้ที่จุดกำหนดอย่างไร และวัดผลตอบอย่างไร โดยหากเป้าประสงค์ในการทดลองคือการคัดกรองปัจจัยที่มีผลต่อผลตอบที่ผู้ทดลองต้องการ ระดับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจะกว้าง และเมื่อพบว่าปัจจัยใดมีความสำคัญแล้ว ระดับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยจะลดลง

3) การเลือกตัวแปรผลตอบ เนื่องมาจากการทดลองหนึ่งการทดลองอาจส่งผลต่อตัวแปรผลตอบมากกว่า 1 ตัว ดังนั้นการกำหนดตัววัดและตัวแปรผลตอบที่ต้องการจึงต้องขัดเจนก่อนการทดลอง

4) การสร้างแผนการทดลองเพื่อให้ได้สาระข้อมูลที่ถูกต้อง ในขั้นตอนนี้ควรมีการทบทวนถึงสิ่งต่างๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เช่น หลักการทางทฤษฎี หรือข้อมูลในอดีต ตัวอย่างเช่น คุณต้องการหาว่าปัจจัยใด หรือเงื่อนไขของกระบวนการแบบใดที่มีผลต่อประสิทธิภาพและความแปรปรวนของกระบวนการ หรือทำการหาเงื่อนไขของกระบวนการที่ดีที่สุด

5) ทำการทดลอง โดยกระบวนการทดลองและระบบการวัดจะต้องอยู่ภายใต้การควบคุม โดยหลักทางทฤษฎีทั้งกระบวนการทดลองและระบบการวัดควรจะอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติด้วยการใช้หลักการทางการควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC) ในกรณีที่กระบวนการไม่ได้อยู่ภายใต้การควบคุมแบบสมบูรณ์ แต่อย่างน้อยกระบวนการนั้นๆ ก็ควรที่จะ

สามารถทำซ้ำและให้ค่ากระบวนการแบบเดิม รวมทั้งต้องมีการวัดความแปรปรวนของกระบวนการ ซึ่งถ้าความแปรปรวนของกระบวนการนี้ที่ได้มามีค่ามากกว่าความแตกต่างหรืออิทธิพลที่กำลังพิจารณา ผลการทดลองที่ได้นี้อาจจะไม่ได้ประโยชน์มากนัก

- 6) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ คือการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการทดสอบทางสถิติ เพื่อหาข้อสรุป

7) สรุปและข้อเสนอแนะ ผู้ทดลองต้องสรุปแนวทางการปฏิบัติ และนำแนวทางของกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น และทำการทดลองยืนยันผล เป็นการทำการทดลองซ้ำเพื่อดูว่าค่าที่วิเคราะห์ว่าเป็นค่าที่ดีที่สุดนั้น ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีจริงๆ หรือไม่ (Montgomery, 2009)

2.2.5 การทดสอบสมมติฐาน

เป็นวิธีในการทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ซึ่งสามารถที่จะทดสอบในระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่นำมาพิจารณา ซึ่งตัวสถิติที่ทำการเปรียบเทียบสามารถเป็นไปได้ทั้งค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งเทียบกับค่าเฉลี่ยที่กำหนด ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างหนึ่งกลุ่มเทียบกับค่าความแปรปรวนที่กำหนด และค่าความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการทดสอบสมมติฐานของสัดส่วนของเสียอีกด้วย ซึ่งในแต่ละการทดสอบจะใช้ตัวสถิติสำหรับการทดสอบที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนั้นๆ ในการตัดสินใจด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐานนี้ จะดำเนินการได้ตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1) ตั้งสมมติฐานหลัก (Null hypothesis: H_0) ซึ่งอาจจะเป็นสมมติฐานแบบสองด้าน หรือสมมติฐานแบบด้านเดียว

2) ตั้งสมมติฐานรองหรือสมมติฐานทางเลือก (Alternative hypothesis: H_a)

3) กำหนดค่าความเสี่ยง α (โดยทั่วไปจะกำหนดค่าที่ 0.05)

4) กำหนดวิธีการตัดสินใจ ด้วยการพิจารณาถึงตัวสถิติสำหรับการทดสอบ (Test statistic) ตัวพารามิเตอร์ แล้วพิจารณาถึงการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวสถิติดังกล่าว ด้วยทฤษฎีของการแจกแจงสิ่งตัวอย่าง ซึ่งอธิบายถึงขนาดความผันแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ในระหว่างเงื่อนไขของการทดลองหรือ Reproducibility จากนั้นให้กำหนดช่วงแห่งการปฏิเสธและช่วงแห่งการยอมรับของตัวสถิติภายใต้ค่าความเสี่ยง (α) ที่กำหนด

5) ออกแบบการทดลองด้วยการกำหนดค่าขนาดของสิ่งตัวอย่าง

6) ดำเนินการทดลองภายใต้เงื่อนไขการทดลองที่ได้ออกแบบไว้

7) ตัดสินใจตามวิธีการตัดสินใจที่กำหนด กล่าวคือ ถ้าหากตัวสถิติสำหรับการทดสอบที่ได้จากการคำนวณอยู่ในบริเวณแห่งการยอมรับ ให้ทำการยอมรับสมมติฐานหลัก หรือสรุปว่าไม่มีเหตุผลในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก แต่ถ้าหากตัวสถิติสำหรับการทดสอบ อยู่ในบริเวณแห่งการปฏิเสธให้ทำการปฏิเสธสมมติฐานหลัก

การทดสอบสมมติฐานแบบเปรียบเทียบเป็นคู่ต่อคู่ (Paired test)

เป็นการทดสอบสมมติฐานและหาช่วงเชื่อมั่นของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายใต้เงื่อนไขเดียวกันคู่ต่อคู่ ตัวอย่างเช่น การทดสอบสมมติฐานของความแตกต่างระหว่างเครื่องวัด 2 เครื่องด้วยสิ่งตัวอย่างเดียวกันที่เลือกมา ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานแบบนี้จะได้ผลที่มีความแม่นยำกว่า เพราะได้ควบคุมอิทธิพลจากสาเหตุอื่นๆ ที่สามารถควบคุมได้ เช่น ชิ้นงานเดียวกันและสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมือนกัน

ในการทดสอบสมมติฐานแบบด้านเดียว จะมีการทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

$$H_0 \quad : \quad \mu_d = \mu_0$$

$$H_a \quad : \quad \mu_d < \mu_0$$

ตัวสถิติสำหรับการทดสอบคือ

$$t \quad = \quad \frac{\bar{d} - \mu_0}{s_d / \sqrt{n}}$$

โดย $\bar{d}$ คือ ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม

μ_0 คือ ค่าพารามิเตอร์ประมาณค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม

S_d คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง (d)

คำนวณหาค่า S_d โดย

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(d-\bar{d})^2}{(n-1)}}$$

เปรียบเทียบค่าตัวสถิติการทดสอบที่คำนวณได้กับค่าวิกฤต (Critical value) คือ $-t_{\alpha,\upsilon}$ หรือ $t_{\alpha,\upsilon}$

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สรุปข้อมูลที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

การเกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ข้อมูลมาประยุกต์กับงานวิจัย	รายชื่อผู้แต่งในงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบลีน	การลดและขจัดความสูญเปล่า	Hines and Rich (1997), Arbos (2002), ธิษัณย์ สฤกฎ์ผล (2538), อภิชาติ ลิลิตการตกุล (2540), อัตถากรณ์ สิงห์น้อย (2540), สุรสา มหากันธา (2541), พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์ (2541), ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ (2546)
	การลดเวลาหยุด	วิภาศ จิรภาศ (2543), อนิรุท พัฒนธีระ (2545)
	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	ผจญ ภักดีกุล (2532), จิรวุฒิ ทวิชศรี (2543), โกเมศ เจนอนันต์พร (2543)
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบซิกซ์ซิกมา	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	Stecher (1999), Su et al. (2009), วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544), นพดล เฟื่องขจร (2547), เทพฤทธิ์ นทีรัยไทวะ (2548)
	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	Coronado and Antony (2002), Amheiter and Maleyeff (2005), Lo, Tsai and Hsieh (2009), Das, Roy and Antony (2007), Knowles, Johnson and warwood (2007), นวลพรรณ ใจงาม (2543), ชาญชัย บวรโชคชัย (2545), อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว (2545), ภัทรา อายุวัฒน์ (2546), ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ (2546)

การเกี่ยวข้องกับงานวิจัย	ข้อมูลมาประยุกต์กับงานวิจัย	รายชื่อผู้แต่งในงานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบอื่นๆ	การปรับปรุงกระบวนการ	Kwork and Tummala (1996), Lee and et al. (1999), Sadono and et al. (2002),

ตารางที่ 2.2 ชื่อผู้แต่งในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
1. Hines and Rich	1997	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดกิจกรรมที่ไม่เป็นประโยชน์ในกระบวนการผลิต และเพิ่มคุณค่าของสินค้าสำเร็จรูปหรือการบริการให้กับผู้บริโภคให้มีประสิทธิผล โดยนำ Process activity mapping มาเป็นเครื่องมือในการประเมินและกำจัดความสูญเปล่า ซึ่งเริ่มจากศึกษาการไหลของกระบวนการ การค้นหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ วิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการทำงาน หลังจากได้ข้อมูลก็จะใช้เทคนิค 5W 1H วิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ และใช้หลัก ECRS ในการปรับปรุง
2. Arbos	2002	การลดและขจัดความสูญเปล่า	ได้เสนอแนวคิดแบบลีนไประยุกต์ใช้กับงานบริการในกระบวนการติดตั้งระบบโทรคมนาคม ซึ่งทำการปรับปรุงในเรื่องของการลดปรับเปลี่ยนกระบวนการในการติดตั้งระบบโทรคมนาคม โดยพยายามจัดกระบวนการทำงานที่จากเดิมมีการจัดเรียงขั้นตอนการทำงานที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดรอบเวลาการทำงานที่ยาวนาน ผู้วิจัยได้ปรับเปลี่ยนเป็นการออกแบบกระบวนการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ให้สามารถทำได้ในขั้นตอนเดียวกันให้ได้มากที่สุด เพื่อให้รอบเวลาการทำงานที่สั้นที่สุด ประกอบกับการจัดตั้งทีมงานซึ่งจากเดิมจะใช้พนักงานที่มีทักษะความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านหลายๆ ทีม ซึ่งแต่ละทีมจะสามารถทำหน้าที่ในกระบวนการของตนเองได้เท่านั้น เปลี่ยนเป็นใช้ทีมงานที่มีทักษะหลายด้าน ซึ่งแต่ละทีมสามารถทำงานได้หลายกระบวนการ ทำให้มีจำนวนทีมงานลดลง

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
3. ธิษัณย์ สฤกฏ์ผล	2538	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการลดความสูญเปล่าของเครื่องจักรในสายการผลิตให้กับอุตสาหกรรมผลิตกระป๋องอาหาร โดยประยุกต์วิชาทางวิศวกรรมอุตสาหการ ด้านการศึกษาการทำงาน (Work study) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน จากการศึกษาปัญหาที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าคือ ปัญหาเครื่องจักรเสียและเครื่องจักรหยุดบ่อยๆ ซึ่งไม่ได้เกิดจากแผนที่วางไว้ แนวทางในการปรับปรุงทำโดย การทำแผนปฏิบัติการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน ทำระบบเอกสาร และจัดทำหน้าที่ความรับผิดชอบของพนักงาน ผลจากการวิจัยทำให้เวลาสูญเปล่าของเครื่องจักรในสายการผลิตลดลง
4. อภิชาติ ลิลิตการตกุล	2540	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางในการลดและขจัดความสูญเสียในอุตสาหกรรมการผลิตสบู่ โดยปัญหาของโรงงานตัวอย่างคือ เวลาการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรต่ำ ปริมาณพัสดุคงคลังในนโรงงานมากอันเนื่องมาจากความสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เทคนิคในการทำวิจัยใช้การวิเคราะห์กรรมวิธีการผลิต หลังจากนั้นทำการขจัด รวบรวม สับเปลี่ยน หรือทำให้ง่าย กับขั้นตอนเทคนิคการวิเคราะห์การไหลแล้วทำการจัดตำแหน่งสถานีงานและเส้นทางการไหลใหม่ การปรับปรุงการทำงานของพนักงาน ผลจากการวิจัยทำให้ประสิทธิภาพของพนักงานและเครื่องจักรเพิ่มขึ้น
5. อัตถากรณ์ สิงห์น้อย	2540	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้เพื่อลดความบกพร่องของชิ้นส่วนและเวลาสูญเปล่าในสายการประกอบเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ โดยใช้วิธีการทางวิศวกรรมอุตสาหการเป็นเครื่องมือในการดำเนินการ เช่น การศึกษาการทำงาน เป็นต้น ซึ่งเทคนิคการศึกษาการทำงานจะช่วยในการวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาในด้านทรัพยากรการผลิต ซึ่งมีเครื่องจักร อุปกรณ์ กำลังคน วัตถุดิบ วิธีการทำงานหรือการบริหารงาน แล้วกำจัดสาเหตุของความสูญเสียเหล่านั้น โดยใช้เทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการมาช่วยการดำเนินการลดความสูญเสียจากเวลาสูญเปล่าได้ เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นและลดเวลาสูญเปล่าลง

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. สุรสา มหากันธา	2541	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต โดยลดเวลาสูญเสียในสายการผลิตชิ้นส่วนปั๊มน้ำ -ปั๊มน้ำมันของงเครื่องยนต์ การสูญเสียในสายการผลิตแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ การสูญเสียที่ได้วางแผนไว้ล่วงหน้า การสูญเสียที่ไม่ได้วางแผน การสูญเสียจากการทำงานที่ไม่สมดุลและการสูญเสียจากการผลิตของเสีย จากการวิเคราะห์ปัญหาสาเหตุหลักของการสูญเสียเกิดจากการทำงานที่ไม่สมดุลและการสูญเสียนอกเหนือจากการวางแผน การแก้ไขปัญหาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ การลดเวลาการทำงานของเครื่องจักรหลักเพื่อแก้ปัญหาจากการทำงานที่ไม่สมดุล การลดเวลาที่ไม่ได้เกิดจากการวางแผน ผลจากการปรับปรุงลดเวลาสูญเสียจากการตรวจเช็ค การปรับแต่ง และการเปลี่ยนเครื่องมือตัด
7. พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์	2541	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและประกอบรถบรรทุก ซึ่งความสูญเปล่ามาจากความแปรปรวนด้านคุณภาพระหว่างการผลิต การจัดลำดับการผลิตไม่ดี ความแปรผันในการออกแบบและการผลิต การผลิตชิ้นส่วนไม่ตรงข้อกำหนด และการบริหารที่ไม่เข้มงวด ได้เสนอแนวทางการแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงโครงสร้างองค์กร ควบคุมพัสดุคงคลังด้วยเทคนิค ABC analysis การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ P และ C Control chart ควบคุมความสูญเปล่าทางด้านแรงงาน เสนอแนะมาตรฐานการทำงาน และการปรับปรุงเทคนิคการผลิต
8. ยุทธศักดิ์ บุญศิริเอื้อเฟื้อ	2546	การลดและขจัดความสูญเปล่า	งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบการลดและสร้างมาตรฐานการควบคุมความสูญเปล่าทั้ง 7 ประการ อันได้แก่ การผลิตที่มากเกินไป การรอคอย การขนส่ง กระบวนการที่ไม่เหมาะสม สินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น การเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม และข้อบกพร่องของสินค้า เพื่อนำมาใช้กับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยเริ่มจากการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสูญเปล่าโดยใช้แนวทาง Process activity mapping เปรียบเทียบกับทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ พร้อมหาขั้นตอน และใช้เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ การบริหารพัสดุคงคลัง เครื่องมือคุณภาพและระบบเอกสาร

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
9. วิภาศ จิรภาศ	2543	การลดเวลาหยุด	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการลดและควบคุมเวลาที่เครื่องจักรหลักหยุดในเวลาการผลิตขนมขบเคี้ยว จากการวิเคราะห์สาเหตุมาจากการขาดการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างเหมาะสม โดยการประยุกต์ใช้การบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน เพื่อให้เครื่องจักรหลักในการผลิตสามารถเดินได้อย่างต่อเนื่องเกิดของเสียน้อยลง รวมทั้งเพิ่มความปลอดภัย เครื่องมือในการทำการวิจัยคือการนำหลักการของการบำรุงรักษาเครื่องจักรเชิงป้องกัน มาเปรียบเทียบกับการบำรุงรักษาเครื่องจักรในปัจจุบัน ผลจากการวิจัย ได้ทำการปรับเปลี่ยนระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรจากการบำรุงรักษาเครื่องจักรภายหลังเกิดเหตุขัดข้อง มาเป็นการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
10. อนิรุท พัฒนธีระ	2545	การลดเวลาหยุด	งานวิจัยนี้เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการหยุดสายการประกอบรถยนต์กระบะและลดเวลาหยุดของสายการผลิตต่อปีลงจากการศึกษาปัจจัยหลักมาจากชิ้นส่วนประกอบที่ไม่ได้คุณภาพและลักษณะวิธีการทำงานของพนักงานที่บกพร่อง มาตรการที่ใช้ในการปรับปรุงสายการผลิต คือ การจัดทำเอกสารทางเทคนิคเพื่อใช้เป็นเอกสารในการตรวจสอบชิ้นงาน การใช้ Why-Why analysis เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาเทคนิค Poka Yoke เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงาน และ Kaizen เพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมในสายการประกอบ หลังจากที่นำแนวทางต่างๆ มาประยุกต์ใช้ ทำให้สามารถลดเวลาการหยุดของสายการประกอบลงได้
11. ผจญ ภักดีกุล	2532	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงผลผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตตู้เย็น โดยทำการปรับปรุงระบบงานการประกอบและระบบงานการจัดส่งชิ้นส่วนหลักเข้าสายงานการประกอบ เพื่อลดความล่าช้าในการประกอบและการจัดส่งชิ้นส่วนเข้าสายงาน การดำเนินการวิจัยได้ใช้เทคนิคการศึกษาการทำงาน (Work study) รวมกับเทคนิคอื่นๆ หลังการวิจัยสามารถลดความล่าช้า ลดเวลาการประกอบและการขนส่งลงได้

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
12. จิรวุฒิ ทวิชศรี	2543	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาพการผลิตและวิเคราะห์ปัญหาของโรงงานผลิตปลาบรรจุกระป๋อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต จากการศึกษาพบว่าโรงงานมีอัตราการผลิตต่ำ เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบ กระบวนการผลิตไม่ทันสมัย วิธีการผลิตไม่มีประสิทธิภาพ มีการใช้ประโยชน์จากเครื่องจักรต่ำ แนวทางในการรปรับปรุงแก้ไขปัญหาคือ การปรับปรุงด้านวัตถุดิบนำเข้า ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้นโดยตรง และเพื่อรองรับการเพิ่มของวัตถุดิบในอนาคตจึงมีการปรับปรุงด้านเครื่องจักร วิธีการผลิต แรงงานที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งการจัดผังโรงงานและการขนถ่ายวัสดุ ในการวิจัยนี้พบว่าโรงงานมีผลผลิตเพิ่มขึ้น
13. โกเมศ เจนอนันต์พร	2543	การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	งานวิจัยนี้ได้เพิ่มผลิตภาพการผลิตภายในโรงงานประกอบฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งมีสาเหตุมาจากคนขาดความชำนาญในการปฏิบัติหน้าที่และเวลาการสูญเสียของเครื่องจักรมีมาก การวิจัยเริ่มจากการศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงาน ศึกษาปัญหาและสาเหตุ โดยผู้วิจัยได้เสนอแนวทางการแก้ไขโดยจัดให้มีการฝึกอบรมแก่พนักงานและจัดทำระบบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมาใช้เพื่อแก้ปัญหาภายในโรงงาน ทำให้สามารถลดเวลาหยุดของเครื่องจักรจากการไม่ได้วางแผนลงได้ โดยจากการปรับปรุงทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นและโอกาสทางการขายเพิ่มขึ้น
14. Stecher	1999	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	กล่าวถึงหลักการบริหารธุรกิจของ General Electrick (GE) ที่ประสบความสำเร็จโดยใช้ซิกซ์ ซิกมาด้านคุณภาพ เริ่มต้นด้วยคำถามว่าเราไม่เคยทำสิ่งเหล่านี้ ดังนี้ พยายามผลักดันให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตเกินกว่าขอบเขตที่ได้ตั้งเอาไว้ ยอมรับด้วยเหตุและผลกับลูกค้าถึงความถูกต้อง คัดเลือกชิ้นส่วนที่ได้มาตรฐาน มีของเสียมากมาย มีงานที่ต้องซ่อมและชิ้นส่วนที่ต้องการตรวจสอบ ถูกตำหนิในการชำระ หรือผิดพลาดทางรายการบัญชี หรือขนส่งไม่ตรงตามเวลา รวมทั้งผลิตผลิตภัณฑ์น้อยหรือมากเกินไป และประสบปัญหาว่าการทำการลดต้นทุนในการผลิตไม่เคยประสบความสำเร็จ

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
15. Su et al.	2009	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะปรับปรุงกระบวนการติดสารกึ่งตัวนำลงบนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Circuit board) ในขั้นที่เกี่ยวข้องกับการเกิด metallization ขึ้นระหว่างชั้นของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเกิดกระบวนการ Inter Metal Dielectic (IMD) ซึ่งหากกระบวนการมีปัญหาในขั้นตอนนี้จะก่อให้เกิด การรั่วของกระแสไฟฟ้า และของเสียจากกระบวนการผลิต ทีมผู้วิจัยได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ โดยสามารถลดข้อบกพร่องของชิ้นงาน (Defect Per Unit; DPU) จาก 0.045 DPU เหลือ 0.03 DPU
16. วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร	2544	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	ทำการศึกษาทฤษฎี ปรัชญา และขั้นตอนในการนำระบบซิกซ์ ซิกมามาใช้ปรับปรุงผลิตภาพ รวมถึงกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยบริษัทซีเกทเทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด นำไปใช้ประกอบด้วยแผนการดำเนินงาน กระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรมและเส้นทางของระบบซิกซ์ ซิกมา ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุน ที่ประหยัดได้ประมาณ $353,300 ซึ่งถือว่าประหยัดได้เกินกว่าเป้าที่วางไว้
17. นพดล เฟื่องขจร	2547	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางเพื่อปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมทันตกรรม โดยการหาแนวทางเพื่อลดเวลาที่ผู้ป่วยใช้ในการรับบริการ และเพิ่มความพร้อมในการให้บริการข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้แนวคิดและขั้นตอนของลีน ซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย การนิยามปัญหา การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข ปัญหาที่สำคัญของโรงงานกรณีศึกษา คือ การรอคอยการรักษายาวนาน สาเหตุหลักเกิดจากการจัดสรรจำนวนแพทย์ในแต่ละประเภทไม่สอดคล้องกับจำนวนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการ ซึ่งก่อให้เกิดแถวคอยสะสมเป็นจำนวนมาก จึงได้พิจารณาปรับเพิ่มและจัดสรรจำนวนชั่วโมงทำงานของทันตแพทย์ใหม่ให้สอดคล้องกับความต้องการเข้ารับบริการของผู้ป่วย

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
18. เทพฤทธิ์ นทีรัยไทวะ	2548	การปรับปรุงด้านเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพ	งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ นำเสนอผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน และหาแนวทางลดเวลานำของการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา แนวคิดและหลักการที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ คือ การรวบรวมความสูญเปล่า 7 ประการ ความสูญเสียหลัก 16 ประการ รวมถึงปัญหาและสาเหตุต่างๆ ที่ส่งผลต่อเวลานำของการผลิต มาจัดทำเป็นผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ยาวนาน หลังจากนั้นจะนำแนวคิดเกี่ยวกับระบบการผลิตแบบโตโยต้า ระบบการผลิตแบบลีน และระบบการผลิตเพื่อการตอบสนองที่รวดเร็วมาใช้ในงานวิจัย หลังการนำแนวทางการปรับปรุงแก้ไขไปใช้ พบว่าเวลานำของการผลิตลดลง 24.33% ช่วยให้ปรับปรุงด้านเวลาได้ และนอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
19. Coronado and Antony	2002	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่นำไปสู่ความสำเร็จในการนำ Six Sigma ประยุกต์ใช้ขององค์การต่างๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ทางธุรกิจโดยการเพิ่มกำไร จากการขจัดความแปรปรวนและลดของเสียในกระบวนการรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ โดยการนำเอาเทคนิคและเครื่องมือทางสถิติ เช่น Motorola ได้ใช้จ่ายในการให้ความรู้และอบรมพนักงาน $170 million แต่สามารถที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าใช้จ่ายทางคุณภาพ ได้ถึง $2.2 billions ปัจจัยได้แก่ การประกาศเจตนารมณ์และความมุ่งมั่นของผู้บริหารระดับสูง การเปลี่ยนแปลงวัฒนธรรมองค์กรซึ่งเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของพนักงาน การติดต่อสื่อสาร การจัดโครงสร้างภายในองค์กร Citibank เน้นการทำงานเป็นทีม การทำงานข้ามสายงาน การฝึกอบรม โดยเน้น Belt system เพื่อช่วยทำให้เกิดการทำงานตามหลักการของซิกซ์ ซิกมาทั่วทั้งองค์กร การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่กลยุทธ์ทางธุรกิจ การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่ลูกค้า เพื่อช่วยลดช่องว่างระหว่างความคาดหวังของลูกค้ากับความสามารถของการทำงานที่ทำได้จริง การเชื่อมโยงซิกซ์ ซิกมาสู่ผู้ส่งมอบ การใช้เครื่องมือและเทคนิคต่างๆ ตามหลักสถิติ

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
20. Amheiter and Maleyeff	2005	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง The integration of lean management and six sigma โดยอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างองค์กรที่ใช้ระบบบริหารการผลิตแบบลีน หรือใช้แนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมา เพียงอย่างเดียว กับองค์กรที่ควบรวมการผลิตแบบลีน กับแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมาเข้าด้วยกัน จุดมุ่งหมายของระบบการผลิตแบบลีนจะมุ่งเน้นในเรื่องของการกำจัดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการบริหารการผลิตแบบทันเวลาพอดี แต่ยังขาดการใช้ข้อมูลและเครื่องมือทางสถิติในการช่วยให้การตัดสินใจเป็นไปอย่างมีระบบ ส่วนจุดมุ่งหมายของแนวคิดแบบซิกซ์ ซิกมาจะมุ่งในเรื่องของการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อน โดยอาศัยชุดเครื่องมือทางสถิติเป็นหลักสำคัญในการตัดสินใจ แต่ยังขาดการเรียนรู้ในเรื่องของการลดกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นเมื่อควบรวมกันจะได้ระบบการผลิตที่มุ่งเน้นให้เกิดคุณค่าเพิ่มอย่างสูงสุดในกระบวนการ
21. Lo, Tsai and Hsieh	2009	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	เป็นงานวิจัยเพื่อพัฒนางานขึ้นรูปเลนส์ (Injection molded lenses) โดยทำการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเลนส์ และตรวจสอบคุณภาพของเลนส์ เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดและตรงตามความต้องการของลูกค้า
22. Das, Roy and Antony	2007	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	เป็นงานวิจัยกับอุตสาหกรรมการทอผ้า โดยทำการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องสีผ้าที่แตกต่างไปจากมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งปัญหานี้มีผลกระทบต่อต้นทุนของบริษัทสูงเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะทำการวิจัยปัญหานี้ได้ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตของบริษัทสูงมาก แต่เมื่อผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางการแก้ไขโดยใช้ซิกซ์ ซิกมา ทำให้สามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้
23. Knowles, Johnson and warwood	2007	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ผู้วิจัยได้นำแนวทางซิกซ์ ซิกมาไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ประเภทขนมหวานแบบเม็ด เพื่อแก้ไขปัญหาที่เม็ดของอาหารมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ที่ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับปัญหานี้เนื่องจากปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ ตามมา อีกเป็นจำนวนมาก และมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายทางอ้อม

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
24. นวลพรรณ ใจงาม	2543	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางของการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกมา โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่า อัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 3.36 เป็น 2.91 สามารถลดค่าความเสียหาย และได้รับผลประโยชน์ตอบแทนจากการปรับปรุงคุณภาพ $163,999 ภายในระยะเวลาสองไตรมาส
25. ชาญชัย บวรโชคชัย	2545	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	ทำการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ของแขนจับหัวอ่านโดยนำวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุมมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงได้ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 4,456 DPPM จากข้อมูลหลังการปรับปรุงกระบวนการพบว่า มีปริมาณของเสียเกิดขึ้นประมาณ 997 DPPM ซึ่งคิดเป็น 77.63 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนของเสียที่ลดลงได้ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต
26. อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว	2545	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพ โดยใช้แนวทางซิกซ์ซิกมาเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง อันเนื่องจากข้อบกพร่องต่างๆ ระบบการดำเนินการคุณภาพ ในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจได้ดำเนินงานตามแนวทาง 5 ขั้นตอนของซิกซ์ ซิกมาซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม ผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไข จากการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาในระยะเวลา 4 เดือนที่ผ่านมา พบว่าสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตกระป๋อง ลดลงจาก 4,400 DPPM เป็น 2,849 DPPM

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
27. ภัทรา อายุวัฒน์	2546	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิก ซิกซ์มาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ และนำวิธีการตามแนวซิก ซิกซ์มามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าการรับน้ำหนักกด (Gramload) ของชุดหัวอ่านสำเร็จ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าวในการผลิตที่จะทำให้ปริมาณของเสียลดลง ขั้นตอนการวิจัยจะดำเนินขั้นตอนตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา ทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งหลังจากดำเนินงานวิจัยสามารถกำหนดค่าของระดับของปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าการรับน้ำหนัก กด (Gramload) ของชุดหัวอ่าน และปริมาณของเสียที่ลดได้หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต
28. ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ	2546	การปรับปรุงด้านคุณภาพ	งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพโดยใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมาทั้ง 5 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ การระบุปัญหา การวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุม เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรก (Contamination) ของกระบวนการผลิตหัวอ่าน-เขียนสำหรับคอมพิวเตอร์ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิตมีปริมาณของเสียเท่ากับ 245,153 DPPM ระบบการดำเนินการคุณภาพตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาจะใช้หลักการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติเป็นสำคัญ ในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจผลวิจัยสามารถระบุสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขโดยใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรม ซึ่งขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษาได้ทำการนิยามปัญหา ศึกษาความแม่นยำและความถูกต้องของระบบการวัด การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาทำโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล เชื่อมโยงเพื่อหาความรุนแรงของปัญหาด้วยวิธีการ FMEA หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สาเหตุต่างๆ และปรับปรุงเพื่อลดสัดส่วนของเสียจากคราบสกปรก สุดท้ายคือการจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา โดยทำให้มีตัวควบคุมอย่างชัดเจนในกระบวนการผลิต

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
29. Kwork and Tummala	1996	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ศึกษาเรื่องการควบคุมคุณภาพและปรับปรุงระบบตามหลักการควบคุมคุณภาพโดยรวม แบ่งออกเป็นระดับที่ครอบคลุมถึงการป้องกัน การปรับปรุงแก้ไข การสืบค้นปัญหาต่างๆ ดังนี้ ระดับที่ 1 On-line quality control สามารถใช้งานง่ายในขั้นตอนการผลิตระดับควบคุมกระบวนการ และคุณภาพผลิตภัณฑ์ ระดับที่ 2 Off-line quality support and reviews เป็นผลกระทบระยะยาวไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรงทันที ประกอบด้วยการให้ความรู้และการฝึกอบรม การศึกษาระบบการวัด การบำรุงรักษา การตรวจติดตามเทคนิคการแก้ไขปัญหาต่างๆ ระดับที่ 3 Driving force for quality improvement เป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนปรับปรุงเพื่อระบุหาสาเหตุและวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ประกอบด้วยการเข้าถึงความต้องการของลูกค้า การเทียบเคียงคู่แข่ง การกระจายหน้าที่การทำงานเชิงคุณภาพ (QFD) การวิเคราะห์รูปแบบของการเสียและผลกระทบ (FMEA) การศึกษาความสามารถของเครื่องมือ และกระบวนการ
30. Lee and et al.	1999	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ทำการวิจัยเรื่อง Identifying Wastes: Application of Construction Process Analysis โดยได้ทำการศึกษาการนำเทคนิค CPA (Construction Process Analysis) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำสัญลักษณ์มาตรฐานมาแทนกิจกรรมในกระบวนการผลิต (Operation Process Chart) สามารถนำไปใช้สืบค้นพร้อมบอกจำนวนความสูญเปล่าได้อย่างมีประสิทธิผล และใช้ Process Activity Mapping เป็นเครื่องมือในการช่วยค้นหาความสูญเปล่า ซึ่งเทคนิคนี้จะช่วยได้อย่างมากสำหรับการสืบค้นความสูญเปล่าจากการรอคอย การขนส่ง กระบวนการที่ไม่เหมาะสม และการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม ส่วนความสูญเปล่าจากการผลิตมากเกินไป การจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ไม่จำเป็น และข้อบกพร่อง เทคนิค CPA ไม่สามารถใช้กับความสูญเปล่าดังกล่าวได้อย่างเต็มที่

รายชื่อผู้วิจัย	ปี	เทคนิคที่เกี่ยวข้อง	ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
31. Sadono and et al. •	2001	การปรับปรุงกระบวนการ	ได้ทำการวิจัยเรื่อง Value Stream Mapping from an Industrial Engineering Viewpoint โดยได้ศึกษาการนำเครื่องมือของ Value Stream Mapping (VSM) มาใช้ในการแสดงการไหลของสายธารแห่งคุณค่า (Value Streams) เพื่อที่จะช่วยในการจำแนกแยกแยะประเภทของความสูญเปล่าในกระบวนการปัจจุบัน เพื่อใช้ในการวางแผนการกำจัดความสูญเปล่า จากนั้นจะใช้ Flow Process Chart ในการค้นหา และวิเคราะห์ความสูญเปล่าของโครงสร้างหรือกิจกรรมในการผลิต

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ประกอบด้วย 3 เทคนิค คือ การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบลีน การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดซิกซ์ ซิกมา และการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้แนวคิดแบบอื่นๆ ในงานวิจัยส่วนใหญ่ได้นำเทคนิคการลดและขจัดความสูญเปล่าตามแนวคิดแบบลีน มาประยุกต์กับเครื่องมือเชิงคุณภาพ เช่น ขจัด รวบรวม สับเปลี่ยน และทำให้ง่าย (ECRS) การลดความสูญเปล่า 7 ประการ และ Process activity mapping เป็นต้น (Hines and Rich, 1997) จึงเป็นแนวทางให้ผู้วิจัยนำมาใช้ช่วงเริ่มทำการศึกษาปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการดำเนินการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อค้นหาสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดของเสียประเภท Drive exceeded time limit fail ของกระบวนการเขียนสัญญาณและนำแนวทางในงานวิจัยเหล่านั้นมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเขียนสัญญาณ มีงานวิจัยที่ได้เสนอแนวทางในการปรับปรุงจำนวนของเสียตั้งแต่การศึกษาการทำงาน เพื่อวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสีย แล้วดำเนินการลดความสูญเสียเหล่านั้น (อัตถากรณ์ สิงห์น้อย, 2540) นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยเพื่อปรับปรุงกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรมการผลิต โดยมีจุดมุ่งมายหลัก เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการผลิตให้น้อยลง (Su, Chou and Chen, 2009) ลดการแก้ไขงานจากกระบวนการผลิต (Chen, Li and Cox, 2009) การเพิ่มค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะกระบวนการ (Anand et al., 2007) การปรับปรุงดังกล่าวเป็นแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการทำงานก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุหลักของปัญหาของเสีย โดยพิจารณาในด้านทรัพยากรการผลิต ซึ่งมีเครื่องจักร อุปกรณ์ กำลังคน วัตถุดิบ วิธีการทำงานหรือการบริหารงาน งานวิจัยเล่มอื่นได้นำเทคนิคการใช้ Why-Why analysis เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเทคนิค (อนิรุท พัฒนธีระ, 2545) ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดในการนำเทคนิค Why-Why analysis ดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการหาสาเหตุของปัญหา มีการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาใช้เป็น

ขั้นตอนในการปรับปรุงแผนการดำเนินงาน กระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรม (วีรพจน์ เหล่าโพธิ, 2544) การปรับปรุงดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดเกี่ยวกับการนำซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้กับปัญหาข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งไม่ได้มีข้อมูลออกมาเป็นเชิงตัวเลขที่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกเล่มที่นำแนวทางการปรับปรุงแบบซิกซ์ ซิกมามาใช้กับงานบริการ ซึ่งเป็นงานที่ไม่ได้มีข้อมูลเชิงตัวเลขที่ชัดเจนเช่นกัน (นภดล เฟื่องขจร, 2547) นำซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงความพร้อมในการตอบสนองในอุตสาหกรรมทันตกรรม งานวิจัยนี้ได้ดำเนินตามแนวทางของซิกซ์ ซิกมาตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือการนิยามปัญหา การวัดและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหา การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา การหาแนวทางปรับปรุงแก้ไข และควบคุมให้สามารถแก้ปัญหาได้ในระยะยาว งานวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลานำของการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งทางผู้วิจัยสามารถที่จะนำมาประยุกต์ในงานวิจัยของตนเองได้ โดยตัวอย่างงานวิจัยนี้ได้เสนอผังความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาและสาเหตุที่ส่งผลให้เกิดเวลานำในการผลิตที่ยาวนาน จากนั้นนำแนวคิดความสูญเปล่า 7 ประการ ความสูญเสียหลัก 16 ประการมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุ (เทพฤทธิ์ นทีรัย, 2548) งานวิจัยนี้เป็นแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเวลานำของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟก่อนที่จะนำงานเข้าสู่กระบวนการเขียนสัญญาณ และหาสาเหตุที่ส่งผลต่อเวลานำแล้วทำการปรับปรุงแก้ไข เนื่องจากเวลานำที่ยาวนานของกระบวนการก่อนหน้าการเขียนสัญญาณมีผลต่อการปัญหาของเสียที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการเขียนสัญญาณ มีงานวิจัยที่นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้เพื่อลดของเสียที่เกิดในกระบวนการผลิตอยู่หลายงานวิจัยโดยแต่ละงานวิจัยจะมีแนวคิดที่แตกต่างกัน การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านเขียน (นวลพรรณ ใจงาม, 2543) งานวิจัยที่ลดของเสียที่เกิดจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ก็เป็นการนำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลง (ชาญชัย บวรโชคชัย, 2545) การลดของเสียในโรงงานผลิตกระป๋อง อันเนื่องจากข้อบกพร่องต่างๆ ระบบการดำเนินการคุณภาพในแต่ละขั้นตอนของการสำรวจผลวิจัยเพื่อระบุสาเหตุของปัญหาและแก้ไข (อุษณีย์ ถิ่นเกาะแก้ว, 2545) งานวิจัยที่มุ่งเน้นการเสนอแนวทางการควบคุมคุณภาพเพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการประกอบชุดหัวอ่านสำเร็จ อันเนื่องมาจากข้อบกพร่องต่างๆ และนำวิธีการตามแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต (ภัทรา อายุวัฒน์, 2546) งานวิจัยที่ปรับปรุงข้อบกพร่องอันเนื่องมาจากคราบสกปรกของกระบวนการผลิตหัวอ่านเขียน งานวิจัยนี้ใช้หลักการทางสถิติวิศวกรรมตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นของการศึกษา จนนำไปสู่การจัดมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา (ศิริวดี เอื้ออรัญโชติ, 2546) งานวิจัยที่นำแนวทางซิกซ์ ซิกมามาประยุกต์ใช้เหล่านี้ ล้วนเป็นแนวทางและแนวคิดให้กับผู้วิจัยมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยและเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการพัฒนาระบบการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการเขียน

สัญญาณบนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล รุ่นซาสต้า เพื่อช่วยให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่กำหนดเอาไว้ โดยประยุกต์แนวคิดของลีนมาร่วมในงานวิจัยด้วย การที่แนวทางของซิกซ์ซิกมาเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเนื่องมาจากขั้นตอนของ ซิกซ์ ซิกมามีขั้นตอนเป็นลำดับที่ชัดเจน โดยเริ่มตั้งแต่การคัดเลือกปัญหา (Problem selection) ข้อดีของการนำซิกซ์ ซิกมามาใช้ในการคัดเลือกปัญหา เนื่องจากซิกซ์ ซิกมาจะสนใจในปัญหาที่มีความสอดคล้องกับกลยุทธ์ของบริษัท ปริมาณทรัพยากรที่เหมาะสมต่อการแก้ปัญหา ความคุ้มค่าในการแก้ปัญหาปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ ซึ่งปัญหาที่พบมีจำนวนมากที่น่าสนใจ แต่ซิกซ์ ซิกมาจะช่วยในการเลือกเรื่องที่สำคัญต่อองค์กรมาทำการแก้ปัญหาก่อน การนิยามปัญหา (Define phase) ทีมผู้วิจัยต้องกำหนดขอบเขตงานวิจัยเป้าหมายงานวิจัยพื้นที่หรือกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จในเวลาที่กำหนดและเหมาะสม การวัด (Measure phase) ต้องกำหนดตัววัดที่ใช้เป็นตัวประเมินผลการทำงานวิจัยก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งงานวิจัยแต่ละเรื่องอาจใช้ตัวชี้วัดที่แตกต่างกันออกไปตามความเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย การวิเคราะห์ (Analysis phase) การปรับปรุง (Improve phase) และการควบคุม (Control phase) โดยแต่ละขั้นตอนจะต้องเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมมาช่วยในกระบวนการแต่ละขั้นตอน