

บทที่ 2

ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจที่มีความรุนแรงมาก ต้องมีการแข่งขันกันทุกรูปแบบไม่
ว่าเป็นการสร้างความพึงพอใจให้ลูกค้า การเพิ่มผลผลิต และการลดต้นทุน แทบทุกวิธีถูกนำมาใช้
ในการพัฒนาปรับปรุงองค์กร เพื่อส่งเสริมการเป็นผู้นำทางด้านการค้าในอุตสาหกรรมในส่วนของ
ตน การควบคุมคุณภาพก็เป็นอีกวิธีที่ทุกองค์กรในความสำเร็จเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นวิธีการ
ควบคุมพื้นฐานของการผลิตให้เป็นไปตามมาตรฐาน เพื่อลดการสูญเสียต่าง ๆ

2.1 หลักการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม

2.1.1 การควบคุมคุณภาพ (Quality Control, QC)

เป็นระบบที่ใช้ในการรักษาคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์ และบริการให้เป็นไปตาม
รายละเอียดที่กำหนด การที่จะบรรลุถึงคุณภาพจะต้องมีการควบคุมโดยการเทียบกับมาตรฐาน
หรือรายละเอียด (Specification) ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการตั้งแต่การวางแผน การออกแบบ
ผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ต้องการตามความต้องการที่กำหนดการเลือกกระบวนการผลิตหรือการ
ติดตั้งที่ตรงตามจุดประสงค์ในทุกๆ รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ การเลือกเครื่องมือเครื่องจักรที่
เหมาะสมต่อการผลิต ซึ่งต้องตรงตามรายละเอียดของผลิตภัณฑ์ที่เจาะจงไว้ การแก้ไขในกรณี
ที่ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และการให้บริการ โดยทั่วไปแล้วขอบเขตของการควบคุม
คุณภาพจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. การควบคุมคุณภาพก่อนเริ่มการผลิต (Off-line Quality Control) เป็นการ
เลือกพารามิเตอร์ที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เกิดความเปี่ยงเบนของ
ผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด ดังนั้น ต้องมีการออกแบบกระบวนการผลิตและการออกแบบผลิตภัณฑ์
ภายใต้ทรัพยากรและสภาพแวดล้อมที่มีอยู่ได้อย่างเหมาะสม (อาศัยหลักการออกแบบการทดลอง
และวิธีการของทากูชิ)

2. แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plans)
เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการ เนื่องจากในทางปฏิบัตินั้น เป็นไปได้ยาก
ที่จะทำการตรวจสอบครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงต้องมีการตัดสินใจถึงจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้อง
ชักมาตรวจ และตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์ล็อตนั้น

3. แผนการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plans)

เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หรือการให้บริการ เนื่องจากในทางปฏิบัตินั้น เป็นไปได้ยากที่จะทำการตรวจสอบครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงต้องมีการตัดสินใจถึงจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องชักมาตรวจ และตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์ล็อตนั้น

หลังจากปี พ.ศ.2467 วอลเตอร์ เอ. ชิวฮาร์ต (พ.ศ.2434 - 2510) จากบริษัท เบลเทเลโฟน จำกัด ได้เป็นผู้บัญญัติศัพท์คำว่า ความแปรผันที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Chance Cause) และความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Assignable Cause) และพัฒนาแผนภูมิควบคุมเพื่อเป็นเครื่องมือแยกความผันแปรทั้งสองออกจากกัน โดยอาศัยหลักทางสถิติเพื่อควบคุมผลิตภัณฑ์สำหรับข้อมูลที่เป็นแบบแปรผัน กล่าวคือ ชิวฮาร์ตได้พัฒนาการควบคุมกระบวนการผลิต โดยใช้กลวิธีทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC)

การควบคุมกระบวนการผลิต เป็นการควบคุมให้กระบวนการมีแต่ความแปรผันที่เกิดโดยธรรมชาติ (ความแปรผันประเภทนี้จะมีอยู่ในทุกระบบ ตัวอย่างเช่น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จากการกลึงเพลาลหลายๆ เพลาก็จะเกิดการแปรผันขึ้น แม้ว่าจะควบคุมปัจจัยต่างๆ ของการกลึงแล้วก็ตาม สาเหตุที่เกิดความผันแปรคือ เครื่องมือสึกหลอ หรือคนงานเกิดความล้า เป็นต้น) แต่ถ้ามีความผันแปรที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติอยู่ในกระบวนการ ผู้ควบคุมต้องค้นหาสาเหตุ และกำจัดความผันแปรที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติให้หมดไป

2.1.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ

นอกจากการเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปฏิบัติการแล้วคุณภาพมีความสำคัญที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ชื่อเสียงบริษัท (Company Reputation) คุณภาพจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นถึงการรับรู้สินค้าใหม่ของบริษัทที่ผลิตขึ้น การปฏิบัติงานของพนักงาน ความสัมพันธ์กับผู้จัดหาวัตถุดิบ ซึ่งถ้าพึ่งเพียงแต่การส่งเสริมการขายนั้นไม่ใช่สาระสำคัญของคุณภาพสินค้า
2. ความเชื่อถือของสินค้า (Product Liability) สินค้าที่ได้รับการออกแบบจนถึงการผลิตออกจำหน่ายตามมาตรฐานจะสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคด้านการป้องกันความผิดพลาดเสียหายหรือได้รับอันตรายจากการใช้สินค้านั้น ข้อกำหนดด้านกฎหมาย เช่น พระราชบัญญัติความปลอดภัยในการบริการสินค้า จะก่อให้เกิดข้อบังคับเกี่ยวกับมาตรฐานสินค้าโดยการสั่งห้ามจำหน่ายสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน สินค้าที่เสี่ยงต่อความปลอดภัยในการบริโภค รวมทั้งสินค้าที่ทำให้เกิดอันตรายจากการใช้

3. การก้าวสู่ระดับโลก (Global Implications) ในยุคที่เทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว คุณภาพถือเป็นมาตรฐานสากลที่บริษัทและประเทศต้องแข่งขันกันเป็นอย่างสูง การได้รับการยอมรับว่าสามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพในตลาดโลกได้นั้น การออกแบบและราคาจะต้องเป็นไปอย่างตามความคาดหวังและได้รับมาตรฐานระดับสากล

2.1.3 ต้นทุนคุณภาพ (Cost of Quality)

ต้นทุนคุณภาพสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ต้นทุนการป้องกัน (Prevention Cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ในการลดจำนวนของเสียในการผลิตสินค้าหรือบริการ เช่น การฝึกอบรมโครงการปรับปรุงคุณภาพ
2. ต้นทุนการประเมิน (Appraisal Cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบสินค้า กระบวนการผลิต ชิ้นส่วน และบริการ เช่น การทดสอบ ห้องปฏิบัติการ ผู้ตรวจสอบ
3. ต้นทุนความสูญเสียภายใน (Internal Failure) หมายถึง ต้นทุนที่เป็นผลมาจากการผลิตที่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่สินค้าหรือบริการ ก่อนส่งมอบให้กับลูกค้า เช่น การทำซ้ำของเสีย เวลาที่สูญเสียไป
4. ต้นทุนภายนอก (External Costs) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดขึ้นภายหลังการส่งมอบให้กับลูกค้าเมื่อเกิดความเสียหาย แก่สินค้าหรือบริการ เช่น การทำซ้ำ การส่งสินค้ากลับคืน ค่าเสียหาย การเสียภาพพจน์ต้นทุนสังคม

2.2 การจัดการคุณภาพโดยรวม [Total Quality Management (TQM)]

การจัดการคุณภาพโดยรวมเป็นการเน้นคุณภาพทั่วทั้งองค์กร เริ่มตั้งแต่ผู้จัดหาวัตถุดิบจนกระทั่งถึงลูกค้า เพื่อมุ่งสู่ความเป็นเลิศในการผลิตสินค้า และบริการที่มีความสำคัญต่อลูกค้า ความสำคัญของการจัดการคุณภาพโดยรวมมีผลต่อการตัดสินใจของลูกค้า ความสำคัญของการจัดการคุณภาพโดยรวมมีผลต่อการตัดสินใจในการบริหารการปฏิบัติ 10 ประการ ที่ผู้จัดฝ่ายปฏิบัติการจะต้องระบุและตอบสนองในสิ่งที่ลูกค้าคาดหวัง เพื่อมุ่งสู่การเป็นบริษัทผู้นำในตลาดโลก ผู้เชี่ยวชาญด้านคุณภาพ Dr. Edward Deming ได้นำเสนอหลักสำคัญ 14 ประการ

เกี่ยวกับวิธีการจัดการคุณภาพโดยรวม ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นแนวความคิด 6 ประการของโครงการจัดการคุณภาพโดยรวมที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ (1) การปรับปรุงอย่าง

ต่อเนื่อง (2) การเพิ่มขีดความสามารถของพนักงาน (3) การสร้างมาตรฐานเปรียบเทียบ (4) ระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (5) แนวความคิดของ Taguchi และ (6) ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือจัดการคุณภาพโดยรวม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous improvement)

เป็นการจัดการคุณภาพโดยรวมเป็นกระบวนการปรับปรุงที่ไม่มีที่สิ้นสุด ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่บุคลากร เครื่องมืออุปกรณ์ ผู้จัดการจำหน่าย วัตถุดิบ และระเบียบวิธีการปฏิบัติงาน โดยมีหลักปรัชญาพื้นฐานคือ ทุกๆ ขั้นตอนของการปฏิบัติงานเป็นสิ่งที่ปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ เป้าหมายสุดท้ายคือ ความสมบูรณ์แบบที่ไม่เคยได้รับแต่สามารถแสวงหาได้

2.2.2 การวางแผน-การปฏิบัติ-การตรวจสอบ-การปรับปรุงแก้ไข (Plan-Do-Chek-ACT)

Dr. Walter Shewart ซึ่งเป็นผู้ริเริ่มการจัดการคุณภาพได้พัฒนาตัวแบบที่เรียกว่า วงจร PDCA (การวางแผน การปฏิบัติ การตรวจสอบ และการปรับปรุงแก้ไข) ในการปรับปรุงการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งต่อมา Dr. Deming ได้นำแนวคิดนี้ไปเผยแพร่ที่ประเทศญี่ปุ่นในช่วงเวลาหลังสงครามโลกครั้งที่สอง (ภาพที่ 6.2)

2.3 เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง

ในความเป็นจริงไม่มีสิ่งใดในโลกที่จะเหมือนกันทุกประการ แม้แต่กระบวนการผลิตในโรงงานก็จะพบว่า ชิ้นงานที่ผลิตตามกัน ออกจากเครื่องจักรเดียวกัน ใช้คนคนเดียวกัน และในเวลาใกล้เคียงกัน ก็ไม่มีชิ้นงานใดที่มีขนาดหรือคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ ชิ้นงานที่มีคุณสมบัติผิดจากมาตรฐานที่กำหนดที่จะถูกคัดออกไปเป็นของเสีย และชิ้นงานที่อยู่ในค่าพิสัยความเผื่อหรือข้อกำหนดทางเทคนิคตามมาตรฐาน ก็จะถูกจัดว่าเป็นของดี สาเหตุคือ การแปรผัน (Variation) ในกระบวนการผลิต

2.3.1 การแปรผัน

มีสาเหตุจากปัจจัยสำคัญ 6 อย่างคือ

1. ความบกพร่องที่เกิดจากการกระทำของบุคคล (Man-made)

Error) เกิดจากการขาดความชำนาญ ซึ่งสามารถแก้ไขความบกพร่องดังกล่าวได้ด้วย การส่งพนักงานเข้าฝึกอบรม

2. เครื่องจักรกล (Machinery) เกิดจากการสึกหลอเนื่องจากการใช้งาน แก้ไขโดยการซ่อมบำรุง

3. วิธีการทำงาน (Mathode of Work) ภายใต้กระบวนการผลิตเหมือนกัน แต่มีขั้นตอนการปฏิบัติงานต่างกัน แก้ไขโดยการสร้างมาตรฐานการปฏิบัติงานวัตถุดิบ (Material) แตกต่างกันเพราะมาจากต้นตอที่แตกต่างกัน แก้ไขโดยการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบ

4. เครื่องมือวัด (Measurements) เกิดความคลาดเคลื่อนแก้ไขโดยการสอบเทียบเครื่องมือ

5. สภาพสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิต (Environment) ไม่คงที่แก้ไขโดยการควบคุมเช่นอุณหภูมิไม่คงที่แก้ไขได้ด้วยการติดตั้งระบบปรับอากาศหรือความชื้นสูง แก้ไขได้ด้วยการติดตั้งเครื่องควบคุมความชื้น เป็นต้น

2.3.2 ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพ

ระบุตัวปัญหาให้ชัดเจน

1. การสำรวจหรือการสังเกตหาลักษณะจำเพาะของปัญหา
2. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา
3. การจัดการสาเหตุแห่งปัญหา
4. การตรวจสอบเพื่อสร้างความมั่นใจว่าปัญหาได้รับการป้องกันมิให้เกิดซ้ำ
5. การจัดทำมาตรการป้องกันปัญหาให้เป็นมาตรฐานปฏิบัติ
6. การสรุปผล

ในการควบคุมคุณภาพ ต้องอาศัยกระบวนการควบคุมการผลิต โดยใช้กลวิธีทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC) เป็นเครื่องมือที่ใช้แก้ปัญหาอย่างต่อเนื่อง ให้กระบวนการผลิตไม่เปลี่ยนแปลงและมีสมรรถภาพสูงขึ้น ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC tool) ซึ่งคาโอรุ อิชิคาวา ได้เป็นผู้นิยามเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง แต่ไม่ได้เป็นผู้พัฒนาทุกเครื่องมือ เขาเชื่อว่า 90 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาสามารถแก้ไขได้ โดยการประยุกต์เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง

2.3.3 หน้าที่ของการควบคุมคุณภาพ

2.3.4.1 ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ ใบตรวจสอบ

2.3.4.2 ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ฮิสโตแกรม แผนภาพพาเรโต แผนผังก้างปลา แผนภาพการกระจาย และแผนภูมิควบคุม

2.3.4.3 ใช้ในการแสดงผลของข้อมูล คือ ฮิสโตแกรม และกราฟ

ทั้งนี้การใช้เครื่องมือทั้ง 7 อย่าง จะต้องคำนึงถึงลักษณะ ชนิดของข้อมูลที่ได้ รวมถึงความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เพื่อให้การวิเคราะห์ที่ได้มีประสิทธิภาพขององค์กรที่ประยุกต์ใช้ SPC จะทำให้สภาพแวดล้อมในการทำงานของแต่ละหน่วยงานเกิดการปรับปรุงคุณภาพและผลผลิต (Quality and Productivity) อย่างต่อเนื่อง โดยสภาพแวดล้อมดังกล่าวพัฒนาได้โดยผู้บริหาร

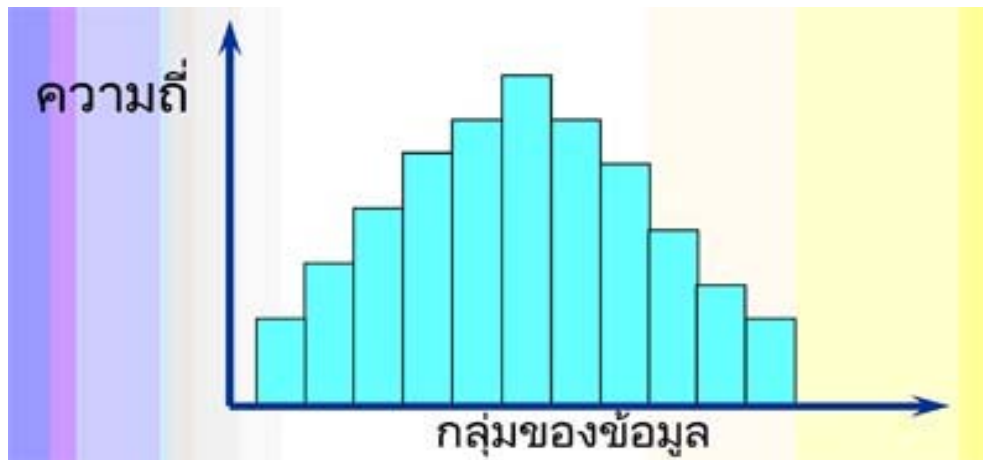
2.4 หลักการการนำไปใช้ และประโยชน์ของเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7อย่าง

2.4.1 ใบตรวจสอบ (Check Sheet)

เป็นเครื่องมือตัวแรกในการแก้ปัญหา ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น เวลาที่สนใจในสถานที่ที่ต้องการศึกษา โดยผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นผู้บันทึกใบตรวจสอบข้อมูลนั้นมีหลายประเภท ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมในการใช้งาน ตั้งแต่การตรวจสอบวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ตลอดจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

2.4.2 ฮิสโตแกรม (Histogram)

เป็นแผนภูมิแท่งแสดงการแจกแจงความถี่ของข้อมูล หลักการในการสร้างอันตรภาคชั้นต้องครอบคลุมจำนวนข้อมูลที่ทำให้การสังเกต ต้องหาจำนวนของอันตรภาคชั้นและความกว้างของแต่ละอันตรภาคชั้นจากนั้นก็นำข้อมูลมาพล็อต คาโอริ อิชิกาวา ได้นำเสนอจำนวนของอันตรภาคชั้นที่เหมาะสมกับข้อมูล ดังแสดงในภาพที่ 2.2 หรือหาจากรากที่สองของค่าที่สังเกต



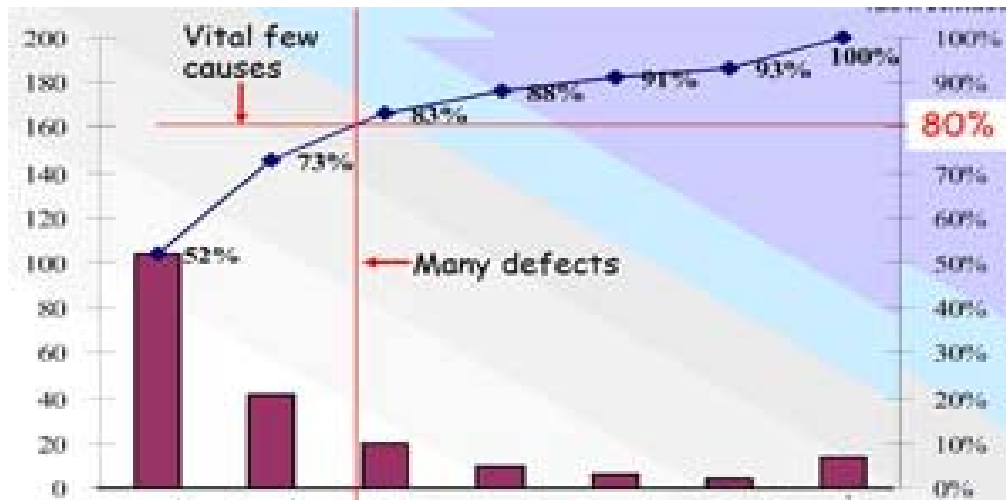
ภาพที่ 2.1

ฮิสโทแกรม (Histogram)

2.4.3 แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

อัลเฟรโด พาเรโต (พ.ศ.2391 – 2466) เป็นนักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลี ได้แสดงผลการวิจัยของเขา ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการกระจายรายได้ของประชากรในยุโรป พบว่ารายได้มากอยู่ในมือของประชาชนกลุ่มน้อย ขณะที่รายได้น้อยอยู่ในมือคนส่วนใหญ่

โจเซฟ จูราน (พ.ศ.2535) เป็นนักเศรษฐศาสตร์ชาวอเมริกัน ยอมรับแนวความคิดดังกล่าวว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายสาขาวิชา และจูรานได้สร้างวลีที่ว่า “ประเภทน้อยชนิดแต่มีผลมาก และประเภทมากชนิดแต่มีผลน้อย (Vital Few and Trivial Many)” จูรานแนะนำให้ใช้ตัวเลขหยาบๆ กับการตัดสินใจในหลักการพาเรโต (Pareto Principle) คือ “80 – 20” ซึ่งหมายความว่า ปัญหาหรือความสูญเสียที่มีความสำคัญมากจำนวน 80 เปอร์เซ็นต์ มักจะมีสาเหตุมาจากประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุทั้งหมด (The Vital Few) ในขณะที่อีกประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของสาเหตุจะมีผลต่อปัญหาที่มีความสำคัญเพียงเล็กน้อยอีกจำนวน 20 เปอร์เซ็นต์ของปัญหาเท่านั้น (The Trivial Many) เช่น ยอดขายกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากยอดสั่งซื้อเพียงไม่กี่บัญชี เป็นต้น ดังนั้น แผนภาพพาเรโตจะเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นถึงว่า ปัญหาที่สำคัญจริงๆ นั้นมาจากไม่กี่สาเหตุ และปัญหาที่มีความสำคัญน้อยเกิดจากสาเหตุมากมาย สรุปว่าในการแก้ปัญหาไม่จำเป็นต้องแก้ทุกสาเหตุให้หมด แต่ให้เลือกแก้เฉพาะสาเหตุหลักที่สำคัญ กล่าวคือ ปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญมาก ก็ควรเร่งแก้ไขก่อน และปัญหาใดเป็นปัญหาสำคัญน้อย ก็ให้แก้ไขทีหลัง จูรานแนะนำให้ใช้ตัวเงินเป็นหน่วยวัด ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.2

แผนภาพพาเรโต (Pareto Diagram)

แผนภาพพาเรโต มีลักษณะเป็นกราฟแท่งที่แบ่งแยกข้อมูลเป็นช่วงๆ จากมากไปน้อย และจากซ้ายไปขวา โดยแกน y มี 2 แกน คือ แกนซ้ายมือแทนความถี่ (เช่น จำนวนจุดบกพร่อง จำนวนคำร้องเรียน หรือจำนวนอุบัติเหตุ เป็นต้น) และแกนขวามือแทนเปอร์เซ็นต์ แกน x แทนสาเหตุ (เช่น ในเรื่องปัญหาของจุดบกพร่องอาจจำแนกสาเหตุได้จาก พนักงาน เครื่องจักร วิธีการทำงาน หรือชนิดของวัตถุดิบ เป็นต้น)

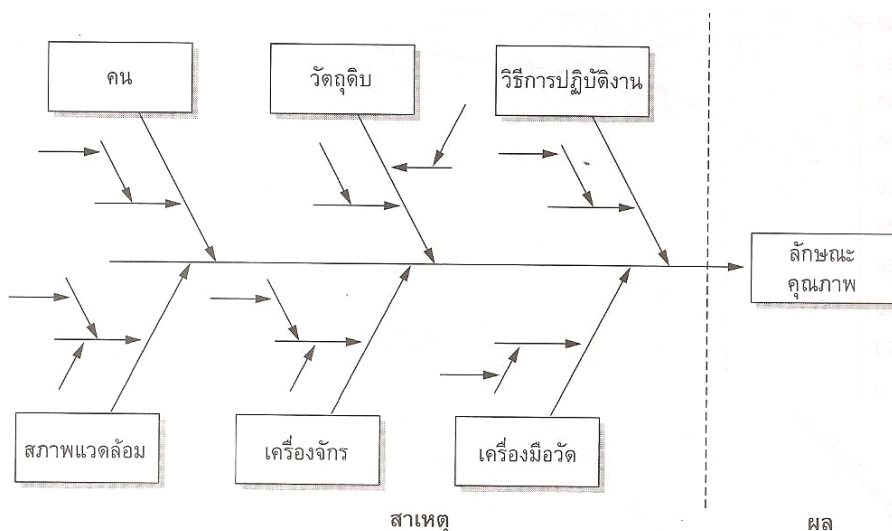
ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต

1. ตัดสินใจว่าจะศึกษาปัญหาอะไร และแยกสาเหตุของปัญหา
2. การออกแบบใบบันทึกข้อมูล
3. ทำการจดบันทึก จากสถานที่ที่ต้องการวิเคราะห์ปัญหา และ
4. คำนวณหายอดรวมและเปอร์เซ็นต์สะสมของแต่ละสาเหตุที่ได้จากการจำแนก

ข้อมูลเขียนแกนนอนและแกนตั้ง แกนนอนเขียนจากสาเหตุที่มีความถี่สูงไว้ด้านซ้าย และสาเหตุที่มีความถี่ต่ำไว้ด้านขวา โดยต้องให้แท่งอื่นๆ (ความถี่ไม่ควรเกิน 20 เปอร์เซ็นต์สะสม) อยู่ด้านขวาสุด ส่วนแกนตั้งเขียนแกนความถี่และแกนเปอร์เซ็นต์ ถ้าหากว่าแกนจำนวน และแกนเปอร์เซ็นต์เกี่ยวข้องกับจำนวนเงิน ก็จะสามารถที่จะใช้แกนตั้งเป็นจำนวนเงินได้ทันที ซึ่งรวมแกนเปอร์เซ็นต์เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ความสูงเท่ากับจำนวนเงินทั้งหมดหรือความถี่ทั้งหมดและเขียนกราฟแท่งที่มีความกว้างเท่ากัน

2.4.4 แผนผังก้างปลา (Fish bone Diagram)

สามารถเรียกได้หลายอย่าง เช่น แผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) หรือแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause – and – Effect Diagram) พัฒนาโดย คาโอรุ อิชิกาวา ในปี พ.ศ.2496 เนื่องจากเขาต้องการพัฒนาเครื่องมือช่วยกลุ่มกิจกรรมคุณภาพ (Quality Circles) ในโรงงาน เพื่อรับมือกับสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อลักษณะคุณภาพของกระบวนการผลิต แผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยพิจารณาสาเหตุ (Cause) ที่มีผล (Effect) โดยตรงกับคุณภาพของปัญหาที่สนใจศึกษา (จำนวนแผนผังก้างปลาจะเท่ากับจำนวนลักษณะคุณภาพที่ทำการศึกษา)



ภาพที่ 2.3

แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram)

จากภาพที่ 2.4 อธิบายแผนผังก้างปลา แสดงถึงลักษณะทางคุณภาพที่ต้องการปรับปรุงอยู่ทางด้านขวา และสาเหตุที่ก่อให้เกิดลักษณะทางคุณภาพอยู่ทางด้านซ้าย สาเหตุหลัก (Major Cause) ที่นิยมวิเคราะห์ คือ คน (Man or People) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machine or Equipment) วิธีการปฏิบัติงาน (Work Methods) วัตถุดิบ (Material) และสภาพแวดล้อม (Environment) บางครั้งสาเหตุหลักอาจวิเคราะห์ถึงการบำรุงรักษา (Maintenance) และเครื่องมือวัด (Measurement) โดยที่ในแต่ละสาเหตุหลักอาจแบ่งเป็นสาเหตุย่อย (Minor Causes) เช่น ถ้า

พิจารณาสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับวิธีการทำงาน แล้วสาเหตุย่อยที่ต้องพิจารณาจึงต้องเกี่ยวข้องกับการฝึกงาน ประสบการณ์ ความสามารถ และลักษณะทางกายภาพ เป็นต้น

เนื่องจากผล คือ ลักษณะคุณภาพที่ต้องการปรับปรุง ดังนั้นแผนผังก้างปลา คือ แผนผังที่ใช้สำหรับการตรวจสอบว่าถ้าลักษณะทางคุณภาพไม่ดีแล้ว สาเหตุไหนที่ต้องถูกกำจัด เพื่อให้ลักษณะทางคุณภาพที่สนใจออกมาดี หรือถ้าลักษณะคุณภาพดีแล้ว สาเหตุไหนที่ส่งผลให้ลักษณะทางคุณภาพดี ซึ่งต้องเรียนรู้เพื่อรักษาสาเหตุนั้นไว้ แผนผังก้างปลา (เส้นและลักษณะมีรูปแบบคล้ายก้างปลา) แทนความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและลักษณะทางคุณภาพ จะประกอบด้วยกระดูกสันหลัง (Back bone) เป็นเส้นตามแกนนอนที่เชื่อมต่อระหว่างสาเหตุหลัก และลักษณะทางคุณภาพ ก้างปลาหลัก (Big Bone) เป็นเส้นที่มีความชันที่เชื่อมต่อกับกระดูกสันหลังกับสาเหตุหลัก และก้างปลาย่อย (Small Bone) เป็นเส้นที่เชื่อมต่อสาเหตุหลักและสาเหตุย่อย

ขั้นตอนการสร้างแผนผังก้างปลา

1. สร้างคณะทำงานโดยรวบรวมบุคลากรที่เกี่ยวข้องเพื่อการระบุปัญหา และการระดมความคิด (Brainstorming) ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางคุณภาพ ในการระดมความคิดควรเขียนปัญหา (ลักษณะคุณภาพ) ลงบนกระดานดำหรือกระดานขนาดใหญ่เพื่อป้องกันการหาย และเขียนปัญหามาบนแผนผังก้างปลาด้านขวาของลูกศรที่แทนกระดูกสันหลังของปลา การระดมความคิดห้ามวิจารณ์ความคิดผู้อื่น ต้องปล่อยให้ผู้อื่นนำเสนอความคิดได้อิสระ ทุกแนวคิดจะถูกเขียนบนแผนผัง การสิ้นสุดกิจกรรมระดมความคิดควรสิ้นสุดเมื่อไม่มีผู้ใดเสนอ แต่ควรแจกสำเนาแผนผังให้กรรมการคิดอย่างน้อยหนึ่งคืน แล้วระดมความคิดอีกครั้งในวันต่อมา ส่วนการประเมินผลแนวคิดจะประเมินหลังการระดมความคิดเท่านั้น

2. ระบุสาเหตุหลัก เขียนแผนผังก้างปลาด้านซ้ายบนก้างปลาหลัก ซึ่งมีหัวลูกศรชี้เข้าหากระดูกสันหลัง ในการระบุสาเหตุหลักอาจประยุกต์ผังพาเรโต ซึ่งได้ระบุสาเหตุหลักของปัญหาไว้แล้ว แต่ถ้าไม่สามารถประยุกต์ ให้กำหนดสาเหตุโดยวิธีการจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุแทน สาเหตุหลักที่สำคัญมี 6 ประการ คือ คน วัสดุ อุปกรณ์ วิธีการทำงาน สภาพแวดล้อม เครื่องจักร และเครื่องมือวัด

3. ระบุสาเหตุย่อยทั้งหมด โดยการระดมความคิดบนก้างปลาย่อย

4. เขียนโครงสร้างความสัมพันธ์ ควรเขียนสาเหตุที่สำคัญอันดับต้นๆ ไว้ที่เส้นก้างปลา และควรเขียนสาเหตุที่มีความสำคัญถัดลงมาไว้ที่เส้นก้างปลาย่อย โดยทำลูกศรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุกำกับไว้ด้วย

5. ประมวลผลเพื่อหาข้อสรุป

ประเภทของแผนผังก้างปลา

1. แผนผังก้างปลาสำหรับวิเคราะห์กระบวนการผลิต (C&E for Process – Analysis Type) การสร้างแผนผังประเภทนี้จะเริ่มจากการเขียนขั้นตอนกระบวนการผลิตก่อน (สาเหตุหลัก) แล้วเชื่อมโยงแต่ละสาเหตุด้วยสาเหตุย่อย เช่น การประยุกต์ในกระบวนการประกอบหรือกระบวนการผลิตทางเคมี

2. แผนผังก้างปลาสำหรับการวิเคราะห์การกระจาย (C&E for Dispersion – Analysis Type) การสร้างแผนผังประเภทนี้ เริ่มจากการกำหนดสาเหตุหลักให้เสร็จก่อนเริ่มต้นระดมความคิด วัตถุประสงค์ของแผนผังประเภทนี้ คือ การวิเคราะห์สาเหตุของการกระจายตัวหรือสาเหตุของการแปรผัน โดยการตั้งคำถามตลอดเวลาว่า “ทำไมการกระจายจึงเกิดขึ้น” และทำอย่างไรการกระจายจึงจะลดลง ข้อดีของแผนผังประเภทนี้ มีรูปแบบแน่นอน ส่วนข้อเสียคือคณะทำงานที่จะสร้างแผนผังจะต้องละเอียดรอบคอบ โดยไม่ลืมหาเหตุ

แผนผังก้างปลาที่สมบูรณ์ต้องได้รับการประเมินจนพบสาเหตุที่แท้จริง กิจกรรมนี้บรรลุผลสำเร็จเมื่อกรรมการแต่ละคนเลือกสาเหตุที่มีผลต่อลักษณะคุณภาพการทำการอาจเลือกสาเหตุที่คิดว่าจะมีผลต่อลักษณะคุณภาพมากกว่า 1 สาเหตุ และไม่จำเป็นต้องเลือกสาเหตุที่เสนอ สาเหตุที่ได้รับการคัดเลือกประมาณ 4 – 5 สาเหตุจะพิจารณาในเรื่องของค่าใช้จ่าย ความเป็นไปได้ และความต้านต่อความเปลี่ยนแปลงจากมติส่วนใหญ่ของกรรมการ จากนั้นจึงแก้ปัญหาจากสาเหตุที่ถูกคัดเลือก เมื่อปัญหาได้รับการแก้ไข ก็จะปรับแก้แผนผังก้างปลาใหม่ และกำหนดเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน พร้อมทั้งทำการอบรมพนักงานที่เกี่ยวข้อง

ประโยชน์ของแผนผังก้างปลา

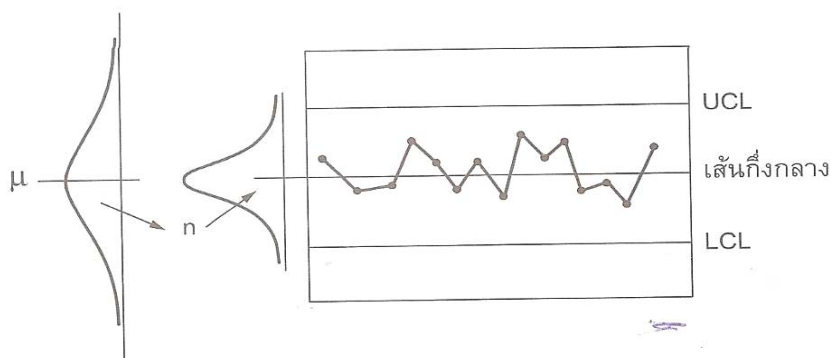
1. แผนผังที่รวบรวมความคิดเห็นของทุกคน เนื่องจากการถามปัญหาต่อทุกคนว่าอะไรเป็นต้นเหตุ (สาเหตุ) ที่ทำให้เกิดปัญหา ด้วยเหตุนี้คนที่เกี่ยวข้องในการสร้างแผนผังก้างปลานี้จะได้ความรู้ใหม่เพิ่มเติม รวมทั้งคนที่กำลังฝึกงานก็จะได้รับความรู้ในการแก้ปัญหาในงานที่จะต้องทำ กล่าวอีกนัยหนึ่ง ยิ่งสมาชิกมีความรู้ความสามารถมากเท่าใด ก็จะทำให้แผนผังก้างปลาที่สร้างขึ้นสมบูรณ์แบบมากขึ้นเท่านั้น

2. เป็นจุดรวมความคิด การแสดงความคิดเห็น หากสมาชิกแสดงความคิดเห็นเสนอแนวคิดที่นอกกรอบประเด็นปัญหาที่ศึกษา จะทำให้ประสิทธิภาพในการค้นหาสาเหตุลดลง แต่การใช้แผนผังก้างปลาจะทำให้สมาชิกทุกคนมีจุดรวมในการคิดร่วมกัน เนื่องจากทราบว่าขณะนี้กำลังอภิปรายกันถึงไหน ส่งผลให้สามารถสรุปข้อคิดเห็นต่างๆ ได้รวดเร็ว

2.4.5 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุมถูกพัฒนาขึ้นเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2467 โดย วอลเตอร์ เอ. ชิว ฮาร์ต ขณะที่เขาทำงานที่เบลล์เทเลโฟนแล็บ แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือคุณภาพอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการเฝ้าติดตามกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการผลิตอยู่ (On – line Process) ดังแสดงในภาพที่

2.5



ภาพที่ 2.4

แผนภูมิควบคุม

จากภาพที่ 2.5 สามารถอธิบายส่วนประกอบของแผนภูมิควบคุมดังต่อไปนี้ แกนนอน (Horizontal Axis) แทนกลุ่มตัวอย่างซึ่งถูกสุ่มด้วยจำนวนที่เท่ากัน แกนตั้ง (Vertical Axis) แทนผลลัพธ์ เช่น น้ำหนักจุด (Solid Circle) แต่ละจุด แทนค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

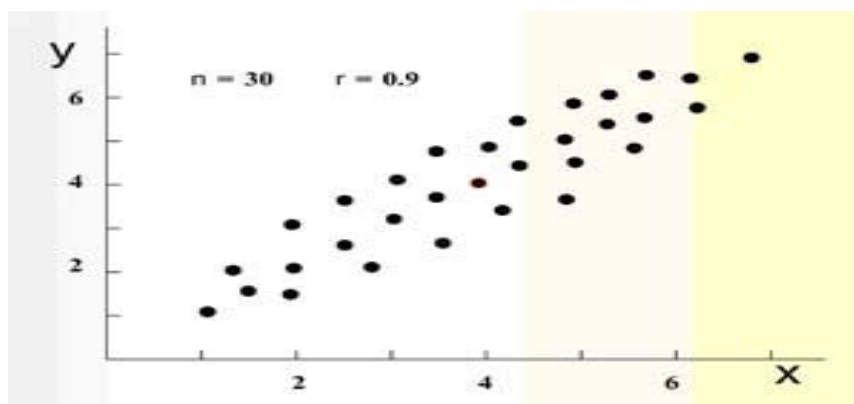
เส้นกึ่งกลาง (Center Line) แทนค่าเฉลี่ยของจุด หรือแทนค่าอ้างอิง (Reference Value) ของข้อมูลในอดีต หรือแทนค่าเป้าหมายของข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ หรือแทนค่าเฉลี่ยประชากร (ถ้าทราบ) เส้นขีดจำกัดควบคุม (Control Limits) ถูกสร้างเพื่อช่วยตัดสินว่า ความแปรผันระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่เกิดขึ้นนั้น มีนัยสำคัญต่อคุณภาพหรือไม่

พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติที่อยู่ระหว่าง $\mu \pm 3\sigma$ จะมีค่าประมาณ 99.7 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ มีกลุ่มตัวอย่างหรือจุดประมาณ 997 จุด จาก 1000 จุด จะตกอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมบนและล่าง แปลความได้ว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้สภาวะการควบคุม แต่หากมีจุดใดจุดหนึ่งตกนอกขีดจำกัดควบคุม แปลความได้ว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกสภาวะการควบคุม แสดงว่าเกิดความแปรผันที่ไม่ได้เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ ในทางปฏิบัติจะใช้แผนควบคุมกับทุกเครื่องจักรต่อหนึ่งลักษณะคุณภาพที่ต้องการควบคุม

เนื่องจากอิทธิพลไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา และทุกกระบวนการผลิต ต้องมีความแปรผันที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ (Change Cause) ซ่อนอยู่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ขณะที่ การประยุกต์แผนภูมิควบคุม จะทำให้ทราบถึงความแปรผันที่ไม่ได้เกิดโดยธรรมชาติ (Assignable Cause) และสามารถจำกัดความแปรผันดังกล่าวได้ การปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องจากความแปรผันของส่วนต่างๆ อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพเท่านั้น ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตตรงตามความต้องการของลูกค้า เพราะผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจะมีความแปรผันน้อยจากค่าเฉลี่ยของขนาด (Nominal Dimension)

2.4.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram) ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ว่ามีความสัมพันธ์เป็นอย่างไร ผลของตัวแปรตัวหนึ่งมีผลกับอีกตัวแปรหนึ่งอย่างไร ลักษณะของแผนภูมิกระจายโดยทั่วไปแสดงเป็นกราฟโดยให้แกน x แทนตัวแปรหนึ่ง และแกน y แทนอีกตัวแปรหนึ่ง จากข้อมูลที่ได้จากการเขียนเป็นจุดลงในกราฟ แล้วดูความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.5

แผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)

2.4.7 กราฟ (Graph)

กราฟเป็นส่วนหนึ่งของรายงานต่างๆ ที่ใช้สำหรับนำเสนอข้อมูล ที่สามารถทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลต่างๆ สะดวกต่อการแปลความหมาย และสามารถให้รายละเอียดการ

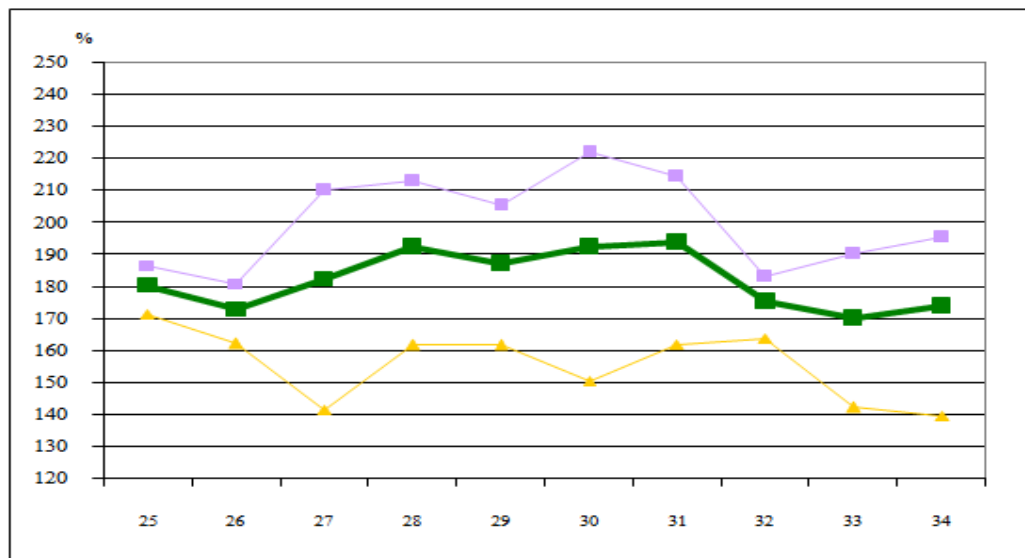
เปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น ทั้งนี้เพราะกราฟทำให้เห็นลักษณะของข้อมูลต่างๆ ได้ทันทีจากเส้น รูปภาพ แท่งเหลี่ยม และวงกลม โดยกราฟมีลักษณะที่จำเป็นคือ ทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่าย อ่านได้อย่างรวดเร็ว หรือสามารถเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละข้อมูลได้ชัดเจน ในเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง กราฟเป็นเครื่องมือที่ง่ายที่สุด เป็นที่คุ้นเคยมากที่สุด และมีโอกาสได้เห็นและได้ใช้เกือบทุกวัน เนื่องจากข้อมูลทุกประเภทสามารถเสนอในรูปของกราฟได้

ประโยชน์ของกราฟ ใช้วิเคราะห์ข้อมูล กราฟจะแสดงความหมายของตัวเลขออกมา และสามารถ

1. ชี้ให้เห็นข้อเท็จจริง ซึ่งเราอาจมองข้ามไปได้หากดูจากตัวเลขโดยตรง ดังนั้นกราฟจึงมีประโยชน์มากกว่าในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งในอดีตและปัจจุบัน เพื่อหาค้นหาสาเหตุและมาตรการในการแก้ไขและปรับปรุง
2. ใช้อธิบายกราฟช่วยให้สามารถอธิบายหรือชี้แจงเรื่องราวหรือเหตุการณ์แก่ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย ดีกว่าการอธิบายโดยใช้ข้อมูลหรือตัวเลขโดยตรง
3. ใช้ควบคุม กราฟที่เขียนอัตราแสดงการหยุดงานหรือของเสียตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งกราฟเป็นอุปกรณ์สำคัญที่จะช่วยให้ทราบว่าอะไรที่ต้องควบคุม
4. ใช้บันทึกข้อมูลที่ได้จัดเก็บสามารถบันทึกเป็นกราฟได้โดยการนำเสนอข้อมูลด้วยกราฟนี้ กราฟที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 32 ประเภท คือ กราฟเส้น กราฟแท่ง และกราฟวงกลม ซึ่งกราฟแต่ละชนิดจะมีประโยชน์ในการทำงานที่แตกต่างกัน

กราฟสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภท

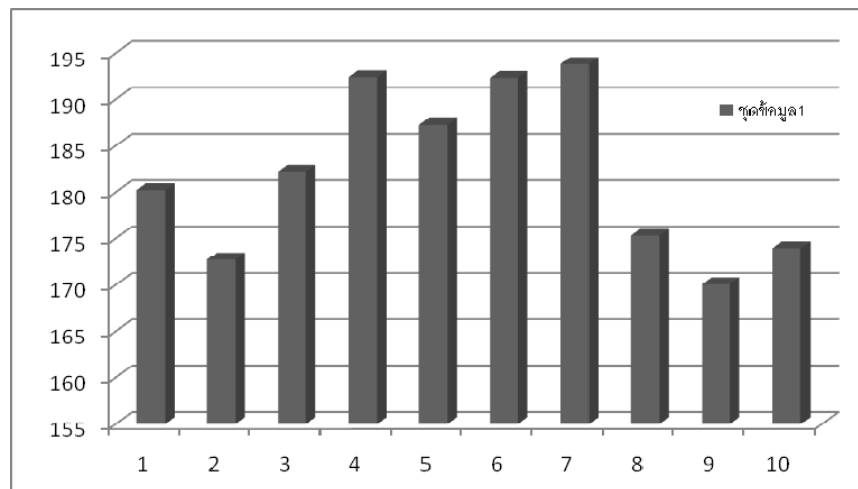
1. กราฟเส้น เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว และใช้สำหรับแสดงแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา หรือใช้สำหรับสังเกตการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป หรือใช้สำหรับการเปรียบเทียบผลก่อนและหลังการแก้ไข ดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 2.6

กราฟเส้น

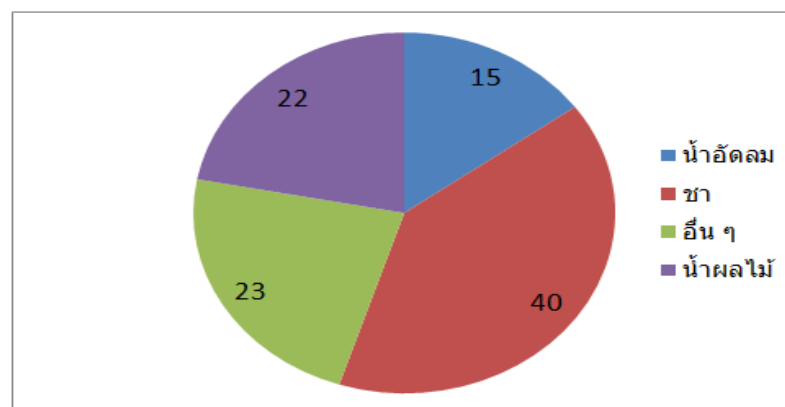
2. กราฟแท่ง จะมีลักษณะเช่นเดียวกับฮิสโทแกรม ประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หลายแท่งที่มีความกว้างเท่ากันอยู่บนแนวนอนหรือแนวตั้งก็ได้ (ช่องระหว่างแท่งจะมีหรือไม่มีก็ได้ แต่ถ้าจะมีช่องว่าง ไม่ควรกว้างกว่าความกว้างของกราฟแท่ง) กราฟแท่งใช้สำหรับการเปรียบเทียบ ปริมาณมาก-น้อย หรือขนาดใหญ่-เล็ก ดังแสดงในภาพที่ 2.11 การนำเสนอควรเรียงจากแท่งสูงไป แท่งต่ำ ยกเว้นกรณีที่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับเวลา และตัวเลขบอกขนาดต้องเขียนด้านซ้าย เมื่อกราฟ แท่งอยู่บนแกน x แต่เขียนตัวเลขบอกขนาดด้านล่างเมื่อกราฟแท่งอยู่บนแกน y



ภาพที่ 2.7

กราฟแท่ง

3. กราฟวงกลม ใช้นำเสนอหรือเปรียบเทียบข้อมูลที่แบ่งเป็นกลุ่มได้ โดยการแบ่งเนื้อที่ของวงกลมออกเป็นส่วนๆ จากจุดศูนย์กลางตามอัตราส่วนของเนื้อหาทั้งหมดในช่วงเวลาหนึ่งๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.13 เช่น อัตราส่วนการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้น นอกจากนี้กราฟวงกลมยังใช้สำหรับการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาทางานได้



ภาพที่ 2.8

กราฟวงกลม

2.5 คุณสมบัติพื้นฐานของขวดพีอีที

ขวดพีอีที (Polyethylene Terephthalate) โครงสร้างประกอบด้วย Crystalline Phases ผังอยู่ใน Amorphous Phase

หลักการพื้นฐานของขวดพีอีทีที่สามารถทนความร้อนได้โดยไม่เสียรูปทรง แต่ปกติทั่วไปเริ่มเสียรูปเมื่ออยู่ได้สภาวะที่ความร้อนเกิน 60 องศาเซลเซียส แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ ทำให้ขวดพีอีทีสามารถทนความร้อนได้มากขึ้นมากกว่า 88 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและเทคนิค มีประโยชน์โดยการนำไปใช้บรรจุกับเครื่องดื่มที่เสี้ง่าย เช่น เครื่องดื่มเกลือแร่ น้ำผลไม้ ชา และอื่นๆ

ลักษณะและสาเหตุที่ทำให้ขวดพีอีทีเกิดการเสียรูปทรง

1. การพองตัวก่อนการหดตัว สามารถเกิดจากอุณหภูมิที่สูงของขวดพีอีทีรวมกับแรงเสียดสีทำให้วัตถุบิดอ่อนตัวทำให้เสียรูปง่าย เกิดจากแรงดันและน้ำหนักของน้ำทำให้มีแรงกระทำต่อผนังขวดทำให้ขวดพองออก เกิดจากการขยายตัวของอากาศใต้ฝาขวดทำให้เกิดการพองตัวและเกิดจากผลของแรงดูดภายในขวดที่เกิดการเย็นตัวของน้ำและการเย็นลงของอากาศใต้ปากขวดทำให้เกิดปรากฏการณ์การหดตัว

2. การเสียรูปจากสภาพแวดล้อม เกิดจากแรงกดดันที่กระทำขณะบรรจุ เช่น แรงกดดันที่เกิดขึ้นขณะปิดฝา การเคลื่อนที่ไปตามสายพานการผลิตของขวดที่บรรจุแล้วขณะที่ยังร้อนอยู่ การเสียรูปที่เกิดจากการสัมผัสอุปกรณ์เคลื่อนย้ายและวางต่างๆ ในสายพาน และบริเวณใต้ปากขวดที่ไม่มีการยึดเมื่อเจอความร้อน พีอีทีบริเวณนี้อาจจะอ่อนตัวทำให้เกิดการเสียรูปได้

3. การหดตัว เกิดจาก Stress ที่หลงเหลืออยู่ เพราะขวดพีอีทีที่มีแรง Stress จากการยืดตัวของ Preform เป็นขวดซึ่งแรง Stress จะถูกทำให้น้อยลงในการเป่าขวดทนความร้อน แต่ถ้าเมื่อใดขวดที่เป่าไม่สามารถคลาย Stress ให้เพียงพอได้เมื่อโดนความร้อนอีกครั้งก็จะเป็นแรงที่ทำให้ขวดเสียรูป เพราะโดยธรรมชาติพีอีทีจะกลับไปเป็นสถานะที่มี Stress น้อยที่สุด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจษฎา นันทนาท (2551) ศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนคุณภาพในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ของกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) โดยจะพิจารณาองค์ประกอบของต้นทุนคุณภาพสามด้านอันประกอบไปด้วยต้นทุนการป้องกัน

(Prevention Costs) ต้นทุนการตรวจสอบ (Appraisal Costs) และต้นทุนความบกพร่อง (Failure Costs) ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนคุณภาพโดยรวมลดลงอย่างต่อเนื่อง จาก 10.5017% เมื่อเทียบกับจากยอดขาย เหลือ 7.1848% ต่อยอดขายหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตครั้งที่ 1 และเหลือเพียง 5.6941% ต่อยอดขายหลังการปรับปรุงกระบวนการผลิตครั้งที่ 2

สุวิมล จันทร์แก้ว (2550) การวิจัยเพื่อจุดประสงค์มุ่งเน้นทางด้านการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิตล้ออูมิเนียมอัลลอยด์ โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบด้านคุณภาพ (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาใช้ในการวิเคราะห์ และปรับปรุงคุณภาพกระบวนการผลิต โดยอาศัยการระดมสมอง ด้วยแผนผังแสดงเหตุและผล ผลลัพธ์จากการปรับปรุงคุณภาพสามารถลดปริมาณของเสียจาก 9.53 เปอร์เซนต์เหลือ 6.15 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นมูลค่าความสูญเสีย 12,150,425 บาทเหลือ 7,253,410 บาทลดปัญหาข้อเรียกร้องของลูกค้าต่อเดือนจาก 0.100 เปอร์เซนต์ลดลงเหลือ 0.027 เปอร์เซนต์ คิดเป็นมูลค่าของเสียที่ถูกคำร้องเรียนต่อเดือนจาก 301,798 บาทลดลงเหลือ 84,640 บาท และทำให้คะแนนดัชนีความเสี่ยงขึ้นา (RPN) ลดลง 25.0-92.9 เปอร์เซนต์ จากค่า RPN ของกระบวนการผลิตก่อนการแก้ไข

ปณณธร เจียรรวานิข (2549) ได้อธิบายถึงการใช้เครื่องมือทางคุณภาพเพื่อลดของเสียในสายการผลิตวอยซ์คอยล์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เป็นส่วนใหญ่เพื่อเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาการทำงาน และใช้ทฤษฎีการออกแบบการทดลองเพื่อหาเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสม ให้กับกลุ่มบริหารงานคุณภาพ จากนั้นทำการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของผลการดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม 2547 โดยใช้อัตราผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุน ผลงานวิจัยแสดงว่าโรงงานสามารถลดของเสียได้ตามเป้าหมาย และมีอัตราผลตอบแทนภายในเฉลี่ยของโครงการเท่ากับ 4.68 เปอร์เซนต์ต่อเดือน และระยะเวลาคืนทุน 3.48 เดือน นอกจากนี้การผสมผสานทฤษฎีควบคุมคุณภาพ การออกแบบการทดลอง และเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม สามารถทำให้ผู้บริหารตัดสินใจลงทุนเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้อง และได้ประสิทธิภาพ

พรเทพ ลากฐะศิริ (2544) งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าสมดุล (Balance) ของเพลากลางและเสนอเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิต เพื่อลดของเสียที่เกิดจากการทดสอบค่าสมดุลเกินจากข้อกำหนด โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ของการใช้แผนภาพแสดงสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อระบุถึงปัจจัยทั้งหมดที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อความสมดุล จากนั้นนำมาเรียงลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย และนำเทคนิคการ

วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบในการผลิต (Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) มาเป็นเครื่องมือระบุปัญหา ผลกระทบที่มีอยู่ 4 ปัจจัยคือ แรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม อัตราการบ่อนลวดของเครื่องเชื่อม ค่าความรวมศูนย์กลางของโยก และค่าทอร์กของการประกอบโยก เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าสมดุลมีค่า 10 กรัม เมื่อสภาวะในการผลิตใหม่ที่ได้ทดสอบเพื่อยืนยันผลและนำค่าเฉลี่ยความสมดุลเหล่านี้ไปเปรียบเทียบกับสถิติพบว่าค่าสมดุลใหม่นี้มีค่าลดลง 14.68 กรัม