



ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

สำหรับทฤษฎีที่กล่าวถึงในบทนี้ ประกอบด้วยทฤษฎีและหลักการพื้นฐานที่ใช้ประกอบการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพในกระบวนการผลิต ได้แก่ เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA) , การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC) , แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) และผังแสดงเหตุและผล หรือผังก้างปลา (Cause and Effect Diagram)

2.1 ทฤษฎีปรับปรุงคุณภาพ

ปัญหามากมายมักจะเกิดขึ้นเพราะความไม่รู้มาตรฐานและถึงแม้จะรู้จักมาตรฐาน แต่อาจล้มเหลวในการปฏิบัติตามมาตรฐานหรือปฏิบัติตามมาตรฐานที่ไม่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่จะพัฒนาขึ้นเมื่อมีการสร้างมาตรฐานใหม่ให้น่าเชื่อถือ สอนคนให้ปฏิบัติตามมาตรฐานและแก้ไขมาตรฐานที่ไม่เหมาะสมนั้น การบริหารโดยใช้มาตรฐานเป็นรากฐานสำหรับการพัฒนากิจกรรมในองค์กร เพื่อปรับปรุงให้ได้ประสิทธิภาพ ต้องมีการทำงานที่น่าเชื่อถือและกิจกรรมทั้งหลายต้องสอดคล้องกับมาตรฐาน ในองค์กรที่ขาดมาตรฐานนั้นจะล้มเหลวในการปรับปรุงคุณภาพทั้งระบบ ระบบที่ขาดมาตรฐานจะอยู่ได้ไม่นานเพราะวิธีการที่ใช้ถูกลืมไปเมื่อมีการเปลี่ยนคนใหม่ แม้แต่ความชำนาญชั้นยอดที่ได้พัฒนากันมากก็ยังสูญหายไปได้หากไม่ได้ถูกเก็บไว้เป็นเอกสาร หากผู้ที่รับผิดชอบได้ย้ายไปที่อื่นแล้ว ความก้าวหน้าทางเทคนิคไม่สามารถพัฒนาได้ หากมีปัญหายู่กับการเอาผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานกลับไปแก้ไข ขณะที่ข้อมูลทั้งหลายอยู่กับวิศวกรแต่ละคนและมีได้กลายเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งความรู้ในองค์กรโดยรวมเลย แต่ในทางตรงกันข้ามการพัฒนาจะเกิดขึ้น รวมทั้งระดับความสามารถทางเทคนิคจะเพิ่มขึ้นเมื่อมาตรฐานได้รับการแก้ไขปรับปรุงโดยใช้บทเรียนจากข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นมาเป็นแนวทาง

อย่างไรก็ตามการมีมาตรฐานโดยตัวของมันเองจะไม่ส่งผลต่อการปรับปรุงในองค์กร โดยจะไม่พบแรงจูงใจในการปรับปรุงในกิจกรรมที่ใช้มาตรฐานควบคุมแต่การปรับปรุงจะเกิดขึ้น เมื่อคนมองหาปัญหาโดยไม่รู้จักหยุดและไม่พอใจต่อสถานการณ์ที่เป็นอยู่ รวมทั้งมีพลังและมีชีวิตชีวาที่จะปรับปรุงสิ่งนี้ขึ้นอยู่กับทัศนคติของแต่ละคนเป็นอย่างมาก

Juran J.M. ได้ให้ความหมายของการบริหารคุณภาพ ไว้ดังนี้ว่าหมายถึงกระบวนการของการที่บ่งและการบริหารกิจกรรมต่างๆ ที่ซึ่งมีความจำเป็นต่อการดำเนินการให้บรรลุจุดประสงค์ด้านคุณภาพขององค์กร (Quality Management is the process of identifying and administrating the

ภาพขององค์กร (Quality Management is the process of identifying and administrating the activities need to achieve the quality objective of an organization.) โดยกระบวนการในการชี้แจง และการบริหารกิจกรรมประกอบด้วย 3 กระบวนการหลัก คือ การวางแผนคุณภาพ (Quality planning) การควบคุมคุณภาพ (Quality control) และ การปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement)

การวางแผนคุณภาพ (Quality planning) หมายถึง กำหนดไว้ซึ่งเป้าหมายที่จะบรรลุสู่ ความคาดหวังของลูกค้าที่กำหนด แล้วทำการจัดสรรทรัพยากรที่มีจำกัดต่อวิธีการที่จะทำให้เกิด ความมั่นใจว่าผลจากวิธีการดังกล่าวทำให้ลูกค้ามีความพึงพอใจ โดยมีขั้นตอนทั่วไปของการวางแผน คุณภาพ ประกอบด้วย

- (1) การชี้แจงลูกค้าซึ่งโดยปกติแล้วจะหมายถึงลูกค้าภายนอก
- (2) พิจารณาถึงความต้องการของลูกค้าโดยประเมินจากผลิตภัณฑ์ ใหม่ที่จะตอบสนองของความ จำเป็น (Need) ของลูกค้า และความคาดหวัง (ที่ครอบคลุม Quality, cost และ service) ของลูกค้าดังกล่าว
- (3) กำหนดคุณภาพในการออกแบบหรือ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยผ่านการแปรความ ต้องการของลูกค้า (อาจเรียกกระบวนการนี้ว่าการแปรหน้าที่ด้านคุณภาพ (Quality function Deployment- QFD)
- (4) การกำหนดเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะได้มาจากนโยบายของผู้บริหารและ เป้าหมาย คุณภาพ (Quality Target) ประกอบกับคุณภาพในการออกแบบตามขั้นตอนที่ 3
- (5) ทำการออกแบบและพัฒนากระบวนการ (กำหนดวิธีการภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด) ที่ จะทำให้คุณลักษณะที่เกิดขึ้นจริงของผลิตภัณฑ์ บรรลุตามเป้าหมายของผลิตภัณฑ์

การวางแผนคุณภาพนี้ถือเป็นกระบวนการต้นน้ำ (Upstream process) ของกระบวนการ บริหารคุณภาพ ดังนั้นถ้าหากการวางแผนคุณภาพได้รับการดำเนินการอย่างไม่สมบูรณ์จะทำให้เป็น สาเหตุสำคัญของความไม่มีคุณภาพด้านความถูกต้องในการผลิต หรือความไร้ประสิทธิภาพด้านคุณ ภาพ(Quality Deficiencies) นอกจากนี้จะพบว่ามาตรการต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement) มักจะเป็นการวางแผนใหม่ (Replanning) เกี่ยวกับคุณภาพเสมอ

การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) หมายถึง การเฝ้าหิณิจผลจากการกระบวนการเพื่อ เปรียบเทียบกับความคาดหวังของลูกค้า ถ้าหากพบว่าผลการดำเนินการตามกระบวนการมิได้เป็น

ไปตามความคาดหวังที่ส่งผลให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจ แล้วจะต้องค้นหาสาเหตุของความไม่พอใจดังกล่าวเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง โดยมีขั้นตอนทั่วไปของการควบคุมคุณภาพประกอบด้วย

- (1) การเลือก " หัวข้อควบคุม " เพื่อจะได้ทราบถึงประเด็นที่จะควบคุม ซึ่งจะหมายถึงความคาดหวังของลูกค้า
- (2) การเลือกหน่วยที่ใช้วัดหรือประเมินหัวข้อควบคุมดังกล่าว
- (3) จัดระบบการวัดหรือการประเมินผล
- (4) จัดทำมาตรฐานของตัววัดผลงาน หรือ มาตรฐานของสมรรถนะ (Standards of Performance)
- (5) ทำการวัดหรือประเมินผลงาน หรือ สมรรถนะที่เกิดขึ้นจริง (Actual Performance) แล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสมรรถนะ
- (6) ในกรณีที่มีความแตกต่างระหว่างสมรรถนะที่เกิดขึ้นจริงกับมาตรฐานของสมรรถนะจะถือว่าเป็น " ปัญหาด้านคุณภาพ "
- (7) ให้อธิบายสาเหตุของปัญหาด้านคุณภาพ เพื่อกำจัดการปรับปรุงต่อไป

การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) มีความหมายเท่ากับการคาดการณ์ " ใหม่ " ของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์เดิมหรือการค้นหา " ความจำเป็น " ของลูกค้าสำหรับการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใหม่ แล้วทำการวางแผนใหม่ ตลอดจนการควบคุมใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายใหม่หรืออาจกล่าวได้ว่า ในขณะที่ " การควบคุมคุณภาพ " เป็นการ " รักษา " สภาพเดิมให้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด แต่ " การปรับปรุงคุณภาพ " เป็นการ " ทำลาย " สภาพเดิมและสร้างระบบใหม่ขึ้นมาเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายใหม่ของคุณภาพ โดยมีขั้นตอนทั่วไปของการปรับปรุงคุณภาพประกอบด้วย

- (1) การชี้แจงโครงการเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ โดยทั่วไปแล้วจะได้มาจากการสำรวจความจำเป็นของลูกค้าภายนอก
- (2) การจัดคณะทำงานเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ (Quality improvement Team) โดยทั่วไปจะกำหนดให้คณะทำงานประกอบด้วยพนักงานระดับจัดการขององค์กรและมักเป็นการบริหารแบบข้ามสายงาน (Cross Functional Team)
- (3) การวินิจฉัยสาเหตุจากระบบ
- (4) พัฒนาวិธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ
- (5) ทวนสอบถึงควมมีประสิทธิภาพของวิธีการแก้ไขสาเหตุจากระบบ

- (6) ทำการประเมินถึงแรงต่อต้านต่อการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปประกอบด้วยแรงต่อต้าน 2 ประการคือ แรงต่อต้านทางสังคม (Social Resistance) และ แรงต่อต้านดังกล่าว
- (7) จัดทำระบบควบคุมขึ้นใหม่ และพิจารณาถึงประโยชน์ที่พึงได้รับ

2.1.1 ข้อแตกต่างระหว่างการวางแผนคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ และการปรับปรุงคุณภาพ

การวางแผนคุณภาพ เป็นการวางแผนเป้าหมายที่เหมาะสมกับกระบวนการผลิต และพยายามค้นหาแนวทางหรือ วิธีการในการดำเนินการให้บรรลุเป้าหมายนั้นๆ ซึ่งผลจากการวางแผนมี 2 ทางคือ

- (1) แผนนั้นสามารถใช้ได้ดีในทางปฏิบัติ
- (2) จากแผนที่ได้วางไว้เมื่อนำไปใช้งานอาจทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นในกระบวนการผลิตได้เช่นกัน ดังนั้นจึงต้องดำเนินการหาวิธีการแก้ไขโดยการทบทวน และทำการวางแผนใหม่

การควบคุมคุณภาพ เป็นการดำเนินการผลิตให้ตรงกับเป้าหมายที่ได้ตั้งปรากฏไว้อยู่แล้ว รวมไปถึงการตรวจติดตามกระบวนการผลิต เพื่อตรวจจับความแตกต่างระหว่างกระบวนการผลิตจริงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมถึงการแก้ไขเพื่อรักษาสถานะของระบบไว้ไม่ให้เกิดความเปลี่ยนแปลงไปจากเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้

การปรับปรุงคุณภาพ เป็นการพิจารณาปรับปรุงกระบวนการผลิตที่มีอยู่เดิม โดยมุ่งความสนใจไปยังปัญหาของความบกพร่อง ขณะที่การวางแผนคุณภาพมุ่งเป้าหมายความสนใจไปยังการค้นหาความต้องการของลูกค้าและดำเนินการตอบสนองความต้องการนั้นๆ การปรับปรุงคุณภาพ มีการวิเคราะห์ต้นหสาเหตุ และหาแนวทางในการกำจัดสาเหตุของปัญหาที่ปรากฏมีอยู่ในกระบวนการผลิตเดิม ในบางครั้งการปรับปรุงคุณภาพอาจต้องมีการดำเนินการวางแผนใหม่ด้วย

2.1.2 ความหมายของการปรับปรุงคุณภาพ

การปรับปรุง (Improvement) หมายถึง การยกระดับเป้าหมายให้สูงขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปจะได้อมาจากการทบทวนผลการปฏิบัติงานเดิม แล้วดำเนินการวางแผนใหม่ (Replanning) และการควบคุมใหม่ (Recontrol) เพื่อให้ได้ผลงานเป็นไปตามเป้าหมายใหม่ที่กำหนด

การปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) คือ กิจกรรมที่เป็นวิธีการ เป็นระบบ และกระทำอย่างต่อเนื่องในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับความบกพร่องทางคุณภาพ มีการตั้งเป้าหมายและมีการชี้แจงอย่างชัดเจนถึงเป้าหมายนั้น มีการวางแผนงานเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ มีการนแผนงานมาปฏิบัติ มีการตรวจสอบผลลัพธ์ และมีการปฏิบัติการแก้ไขเมื่อจำเป็น

กิจกรรมการปรับปรุงที่เป็นระบบซึ่ง เป็นไปตามวงจร PDCA จะประกอบด้วย การวางแผน การนำไปปฏิบัติ การตรวจสอบ และการปฏิบัติการแก้ไข ซึ่งจะเริ่มจากการทำการวางแผนการนำแผนที่วางไว้มาปฏิบัติ ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ และถ้าผลลัพธ์ไม่ได้ตามที่คาดหมายไว้จะมีการทบทวนแผนการเริ่มต้น ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นการปรับปรุงสามารถอธิบายได้อีกแบบหนึ่งคือการทำการวางแผน การกระทำตรวจสอบ และการแก้ไขซ้ำอีก (PDCA) การทำตามวงจร PDCA อย่างตั้งใจและถูกต้องจะช่วยให้เกิดความเชื่อมั่นในการทำงาน เมื่อหมุนวงจร PDCA ซ้ำๆ จะทำให้เกิดการปรับปรุงและทำให้ระดับของผลลัพธ์ สูงขึ้นเรื่อยๆ การกระทำตามวงจร PDCA นี้จะสร้างคุณภาพที่น่าเชื่อถือให้เกิดขึ้น

จากความหมายข้างต้น การปรับปรุงคุณภาพเป็นกระบวนการในการกำจัด ความบกพร่องทางคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เพื่อเป็นการลดช่องว่างระหว่างสิ่งที่ต้องการให้เป็นกับสิ่งที่ เป็นจริง หรือหมายถึง การคาดการณ์ความหมาย "ใหม่" ของลูกค้าสำหรับผลิตภัณฑ์เดิมหรือการค้นหา "ความจำเป็น" ของลูกค้าสำหรับการพิจารณาผลิตภัณฑ์ใหม่ แล้วทำการวางแผนใหม่ตลอดจน การควบคุมใหม่ เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายใหม่ ที่มีความจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปไม่เพียง เฉพาะสินค้าหรือบริการที่ขายให้กับลูกค้าเท่านั้น แต่รวมไปถึง ผลิตภัณฑ์ภายในองค์กร อันได้แก่ ใบสั่งซื้อ ภายในบริษัท เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้น ภายในองค์กร เช่น การจัดหาพนักงานใหม่ การฝึกอบรมพนักงานและการพยากรณ์ยอดขาย การผลิต เป็นต้น

2.1.3 วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพ

วัตถุประสงค์ของการปรับปรุงคุณภาพมีดังนี้

- (1) เพื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความพึงพอใจและความต้องการของลูกค้า
- (2) ขยายส่วนแบ่งทางการตลาดในตลาดเดิมและสร้างตลาดใหม่
- (3) แก้ไข ปรับปรุง และป้องกันข้อผิดพลาดในระยะสั้นโดยมุ่งความสนใจในการหาทางลดอัตราข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต

(4) ภายหลังจากการดำเนินการในระยะสั้นแล้ว ทำการพิจารณาปรับปรุงในระยะยาวโดยมุ่งความสนใจไปยังการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าโดยไม่ให้มีข้อบกพร่อง (Zero defects)

(5) การลดต้นทุน

2.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis : FMEA)

2.2.1 ความหมายของ FMEA

FMEA ย่อมาจากคำว่า Failure Mode and Effects Analysis โดย FMEA เป็นเทคนิคที่วิศวกรส่วนใหญ่ในอเมริกานำมาใช้วิเคราะห์การออกแบบและกระบวนการผลิตต่างๆ FMEA ถูกนำมาใช้อย่างเป็นทางการครั้งแรกในวัตรกรรมของอุตสาหกรรมอากาศยานเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2508 นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาก็นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย FMEA คือ เทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้ และการขจัดปัญหา ความล้มเหลว และข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงาน ของการออกแบบของกระบวนการ และการบริการก่อนที่จะถึงลูกค้าและมีการพิจารณาว่า จะมีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่มีโอกาสเกิดขึ้น โดยข้อบกพร่องนั้นจะมีผลกระทบรุนแรงมากน้อยเพียงใด ข้อบกพร่องแต่ละลักษณะเกิดจากสาเหตุใด และมีระบบในการตรวจจับข้อบกพร่องนั้น ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการถัดไปหรือไม่ มีความยากในการตรวจจับเพียงใด

2.1.2 เป้าหมายในการทำ FMEA

เป้าหมายหลักของ FMEA คือการสร้างระบบในการป้องกันหรือลดโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง กำจัดสาเหตุของข้อบกพร่อง รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อบกพร่องให้พบก่อนถูกล่งเข้าสู่กระบวนการถัดไป ซึ่งยังผลให้การร้องเรียนของลูกค้าต่อสินค้า หรือบริการที่ส่งมอบลดลง ความพึงพอใจของลูกค้าอยู่ในระดับสูงขึ้น ทำให้องค์กรมีศักยภาพการแข่งขันในระดับสากลทั้งในด้านคุณภาพ ราคา การส่งมอบ การบริการ รวมถึงการสร้างขวัญ กำลังใจ และสภาพแวดล้อมในการทำงานอย่างมีคุณภาพ

การนำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบไปใช้งานมีดังนี้

- (1) ใช้เมื่อมีการออกแบบผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตใหม่ เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องโอกาส หรือแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจากการออกแบบ
- (2) เมื่อต้องการหาสาเหตุในการเกิดข้อขัดข้องในระบบที่มีอยู่และหาวิธีแก้ไข
- (3) ช่วยในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เป็นไปได้โดยพิจารณาเลือกค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และประโยชน์ที่ได้จากการเลือกนั้น
- (4) ใช้ในการวางแผนปฏิบัติการเพื่อป้องกันความเสี่ยงในแผนและหาวิธีที่จะหลีกเลี่ยงความเสี่ยงนั้น

2.1.3 ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

1. ต้องมีการแสดงให้เห็นถึงรูปแบบของข้อบกพร่องและความผิดพลาดต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิต และการบริการอย่างชัดเจนและมีการประเมินผล
2. ต้องมีการป้องกันการกระทำ สำหรับการลด หรือขจัดโอกาสของความล้มเหลว ปัญหา และความผิดพลาดนั้นๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก
3. ต้องมีการบันทึกลงในแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกติแล้วอุตสาหกรรมผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์นิยมใช้ FMEA 2 ชนิดคือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และข้อบกพร่องต่างๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้า มาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อเสีย และขจัดหรือลดปัญหาจากการผลิตที่จะส่งต่อไปยังกระบวนการผลิตถัดไป และลูกค้า

2.1.4 รูปแบบของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ จะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของการออกแบบและข้อมูลเป็นตัวกำหนด วิธีดั้งเดิมที่ใช้ในการวิเคราะห์มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ วิธีแรกเป็นการวิเคราะห์โดยการพิจารณาฟังก์ชันการทำงาน (Functional Level Analysis) การวิเคราะห์ด้วยวิธีการนี้จะยึดหลักที่ว่าอุปกรณ์ทุกชิ้นที่ได้รับการออกแบบเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ต้องพิจารณาทุกฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องต่อไป วิธีที่สอง ทำการวิเคราะห์โดยพิจารณาจาก

ระดับอุปกรณ์ (Part Level Analysis) จะต้องเขียนรายชื่ออุปกรณ์และวิเคราะห์หาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ของอุปกรณ์แต่ละตัวออกมา ซึ่งวิธีที่สองนี้จะใช้มากในการวิเคราะห์ระบบที่มีความซับซ้อน สำหรับวิธีที่สามคือ การประยุกต์ทั้งวิธีการวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงาน(Functional Level Analysis) และระดับอุปกรณ์ (Part Level Analysis) เข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อน ถึงแม้ทั้งสามวิธีจะมีการนำใช้ที่ต่างกันแต่ก็มีแนวทางการวิเคราะห์แบบเดียวกัน และสามารถเริ่มต้นทำที่ระดับใดของระบบก็ได้ จากนั้นจึงพัฒนาต่อไปโดยเพิ่มระดับความซับซ้อนโดยการวิเคราะห์ลึกลงไปยังองค์ประกอบแต่ละตัว หรือลดระดับความซับซ้อนโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบในระดับสูงขึ้นไป แต่ส่วนใหญ่แล้วจะเริ่มวิเคราะห์ระบบโดยรวมก่อนแล้วจึงลงไปพิจารณาที่อุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งการวิเคราะห์แบบนี้เป็นการวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-Down Approach) ส่วนการวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน(Bottom-Up Approach) จะเป็นการวิเคราะห์ข้อบกพร่องขององค์ประกอบย่อยของระบบหรือระบบย่อยก่อนแล้วพิจารณาโดยรวมต่อไป

การวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงาน (Functional Level Analysis) จะถูกนำมาใช้เมื่อไม่สามารถจำแนกอุปกรณ์การทำงานได้อย่างชัดเจนหรือเมื่อระบบซับซ้อนมากๆ ต้องใช้การวิเคราะห์แบบบนลงล่างตามความซับซ้อนของระบบวิธีนี้สามารถเริ่มที่ระดับใดของระบบก็ได้ จากนั้นขั้นต่อไปอาจพิจารณาขึ้นด้านบน(Bottom-Up Approach) หรือลงด้านล่าง (Top-Down Approach) ก็ได้โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์โดยการพิจารณาฟังก์ชันการทำงานคือ

(1) ทำการกำหนดระดับที่จะเริ่มวิเคราะห์โดยจะต้องพิจารณาควบคู่กับทรัพยากรที่มีอยู่ด้วยว่าเพียงพอหรือไม่ เช่น ถ้าต้องการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนหลายๆ ระบบ และมีทรัพยากรที่จำกัดควรเลือกการวิเคราะห์ที่ระดับบนๆ คือพิจารณาที่ระบบย่อยหลักๆ ที่สำคัญมากกว่าแทนที่จะไปพิจารณาอุปกรณ์ทุกชิ้นในระบบ

(2) ทำการวิเคราะห์อย่างละเอียด เฉพาะกับระบบย่อยที่มีคะแนนความเสี่ยงสูง(ในขั้นนี้อาจใช้เทคนิคพาเรโตไดอะแกรม) การวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงาน เป็นการกรองระบบย่อยที่มีความสำคัญน้อยออกก่อน ซึ่งกระบวนการกรองนี้ทำให้ สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น โดยนำไปใช้ในการวิเคราะห์รายละเอียดของระบบย่อยที่สำคัญ การกรองหลายๆ ครั้งโดยการวิเคราะห์อย่างละเอียดขึ้นตามลำดับไปจะนำไปสู่การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์(Part Level Analysis) ต่อไป

การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์ (Part Level Analysis) การวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์ จะต้องระบุรายละเอียดของอุปกรณ์ที่จะทำการวิเคราะห์ก่อน โดยเริ่มจากรายการอุปกรณ์ (Hardware List) และ

โดยทั่วไปการวิเคราะห์ระดับอุปกรณ์จะครอบคลุมและละเอียดกว่าการวิเคราะห์ฟังก์ชันการทำงาน ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับอุปกรณ์แต่ละตัวมีดังนี้

- (1) ลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์
- (2) คำบรรยายเกี่ยวกับอุปกรณ์
- (3) รายละเอียดหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์
- (4) รายชื่ออุปกรณ์อื่นๆ ที่ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์นี้และคำอธิบายการใช้งานร่วมกัน

การพิจารณาว่าอุปกรณ์ที่จะวิเคราะห์จะเกิดลักษณะข้อบกพร่องอย่างไรได้บ้าง โดยทั่วไป ส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่างๆ จะเกิดเหตุขัดข้องอย่างไรอย่างหนึ่งในสามอย่าง ได้แก่

- (1) ขัดข้องด้านความต้องการ (Failure on demand) อุปกรณ์ที่เหมาะสมจะเริ่มทำงาน เปลี่ยนสถานะ และหน้าที่ต่างๆ โดยใช้เวลาคงที่ค่าหนึ่ง ข้อขัดข้องในการตอบสนองในเวลาที่ต้องการนี้ เป็นข้อขัดข้องด้านความต้องการ
- (2) ขัดข้องในการติดเครื่อง (Standby failure) บางระบบหรืออุปกรณ์บางชิ้นจะต้องติดเครื่อง (Standby) ไว้ตลอด และจะถูกเรียกให้ทำงานเป็นครั้งคราว ข้อขัดข้องนี้อาจเกิดขึ้นในระหว่างที่ไม่ทำงาน ไม่ทำงานในช่วงที่ถูกสั่งให้ทำ หรือทำให้ระบบอื่น ที่เกี่ยวข้องขัดข้องไปด้วย
- (3) ข้อขัดข้องในการปฏิบัติงาน (Operation failure) ระบบหรือองค์ประกอบที่เริ่มต้นและทำงานอย่างถูกต้องเป็นปกติ แต่มีข้อขัดข้องเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานเป็นครั้งคราว

2.1.5 ขั้นตอนการทำ FMEA

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบแบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์เป็น 17 ขั้นตอนดังนี้

- (1) เลือกหัวข้อที่สนใจจะทำการวิเคราะห์ กำหนดขอบเขตรายละเอียดให้ชัดเจน โดยอาจพิจารณาจากลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วมีผลกระทบต่อบริษัทและลูกค้าสูง หรือ อาจเป็นหัวข้อปัญหาที่มักพบเกิดขึ้นบ่อยๆ
- (2) ระบุวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 4 วิธีคือ การวิเคราะห์แบบบนลงล่าง(Top-Down Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ระบบโดยรวม แล้วจึงแยกพิจารณาในส่วนย่อยของระบบเช่น พิจารณาจากภยันตรายทั้งหมดก่อน หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ ประตูก ระจก คานกันกระแทกตามลำดับ การวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน(Buttom-up Analysis) โดยการวิเคราะห์ระบบย่อยแต่ละส่วนเช่นพิจารณาจากชิ้นเล็กๆ ไปหาชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ วิธีนี้จะตรงกันข้ามกับวิธีแรก การ

วิเคราะห์ระดับชิ้นส่วน (Component Analysis) โดยทำการวิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน แล้วนำข้อกำหนดของชิ้นส่วน(Component specification) มาเป็นตัวกำหนดระดับข้อบกพร่อง และการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน (Function Analysis) โดยทำการวิเคราะห์หน้าที่การทำงานของระบบ พิจารณาข้อบกพร่องที่เกิดกับผู้ใช้ตัวผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ (Product specification) มาเป็นตัวกำหนดข้อบกพร่อง ในขั้นตอนนี้จะมีการพิจารณาการวิเคราะห์ความวิกฤติ ซึ่งเป็นการจัดลำดับผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยทำการเปรียบเทียบกับผลกระทบข้ออื่นๆ โดยจะได้ผลลัพธ์ เป็นค่าเชิงปริมาณ เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญในการแก้ไขข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่อง ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ควรใช้ข้อมูลจริงที่ได้จากการเก็บบันทึกของเสียจากอดีตที่ผ่านมาหรือรายงานของเสียจากลูกค้า โดยลักษณะข้อบกพร่องของระบบ ระบบย่อย หรือ อุปกรณ์ที่มีผลกระทบจากลักษณะบดพร่องรุนแรงที่สุดจะถูกเลือกมาเป็นอันดับแรกในการนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

- (3) กำหนดขอบเขตของข้อบกพร่องที่จะวิเคราะห์ เพื่อเป็นขอบเขตในการตรวจสอบ
- (4) ออกแบบตารางที่เหมาะสมเพื่อทำการเก็บข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างรวมเข้าด้วยกัน เช่น ได้มีการวัดความวิกฤติหรือไม่ และถ้ามีวัดอย่างไร
- (5) ระบุหัวข้อ อุปกรณ์ หรือ ระบบย่อยที่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ โดยการใช้คำถามว่า "ข้อบกพร่องหรือข้อผิดพลาดใดมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ้าง"
- (6) สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤติ โดยกำหนดโอกาสในการเกิดข้อบกพร่องของแต่ละหัวข้ออุปกรณ์ หรือ ระบบย่อยตามที่ได้ระบุไว้
- (7) สำหรับการวิเคราะห์ความวิกฤติให้เขียนรายการข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นได้ ซึ่งหาได้โดยตั้งคำถามว่า "ลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นได้อย่างไรบ้าง"
- (8) กำหนดคะแนนโอกาสที่ข้อบกพร่อง มีโอกาสเกิดขึ้น (P = Probability) โดยผลรวมของโอกาสการเกิดข้อบกพร่องจะเป็น 100 เปอร์เซนต์
- (9) วิเคราะห์หาผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีโอกาสเกิดขึ้น
- (10) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนความรุนแรง จากผลกระทบของข้อบกพร่อง(S = Severity) และทำการให้คะแนนความรุนแรงสำหรับผลกระทบของข้อบกพร่อง
- (11) วิเคราะห์หาวิธีการในการตรวจสอบหาข้อบกพร่อง
- (12) กำหนดเกณฑ์ให้คะแนนโอกาสในการตรวจข้อบกพร่องเหล่านั้น (D = Detect)
- (13) ให้คะแนนโอกาสที่วิธีการตรวจพบข้อบกพร่องว่ามีโอกาสสามารถตรวจพบข้อบกพร่องได้มากน้อยเพียงไร

(14) หากคะแนนความวิกฤติของผลกระทบของข้อบกพร่อง โดยคิดจากคะแนนความวิกฤติของผลกระทบของข้อบกพร่อง = $P \times S \times D$

(15) ดำเนินการพิจารณาคัดเลือกจุดที่จะต้องทำการแก้ไขตามลำดับความสำคัญก่อนและหลัง โดยพิจารณาจากค่าคะแนนความวิกฤติ โดยเลือกจุดที่มีค่าคะแนนความวิกฤติสูงสุดมาทำการแก้ไขก่อน

(16) ดำเนินการหาวิธีการป้องกันเพื่อลดความวิกฤติลง

(17) ติดตามผลปฏิบัติการเพื่อลดความวิกฤติ และทำการทบทวนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.1.6 ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน

Failure Mode and Effects Analysis หรือ FMEA เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอน เหมาะสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริง เพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาจากภายหลัง และเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา โดยทั่วไปแล้ว FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่าง คือ

1. System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงาน การใช้งานมักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นๆ ได้แก่ การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ
2. Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก มักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่างๆ หรือส่วนย่อยๆ เข้าด้วยกันและส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งาน (Function) ตามที่ออกแบบไว้เหมาะสมดีหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหา จะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน
3. Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA แต่จะมักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัด และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA

4. Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับบริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Service FMEA
5. Machinery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่างๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความสะอาด ส่วนส่งกำลัง ส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน ฯลฯ

2.1.7 งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยใช้วิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้า และเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหานั้นซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาเหตุและผลกระทบต่างๆ ก่อนที่การออกแบบ หรือวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้าย ทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA

เริ่มต้นจากหน้าที่ (Function) ใดๆอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่า มีชนิดหรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไร

หลังจากนั้นจะมีการประมาณตัวเลขระดับความเสี่ยง หรือค่า RPN (Risk Priority Number) ให้กับแต่ละปัญหา ซึ่งค่า RPN หาได้จาก

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

O = Occurrence คือระดับความถี่ของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด

S = Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O , S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์

ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหา คือค่า RPN = 1000 ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบบ่อยทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่นกระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าขอยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีการตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

วิธีการกำหนดค่าความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิด และความสามารถในการตรวจจับ ข้อบกพร่อง การให้คะแนนหรือกำหนดค่าความรุนแรงของผลกระทบ โอกาสการเกิด และความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องในกระบวนการที่นิยมใช้กันมี 2 เกณฑ์ คือ ระดับคะแนน 1-5 คะแนน และระดับคะแนน 1-10 คะแนน (ใช้มากในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์) โดยถ้าชิ้นส่วนใด กระบวนการใด ขั้นตอนใด ระบบใด มีความรุนแรงของผลกระทบน้อย โอกาสเกิดข้อบกพร่องต่ำ และมีความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องได้สูง คะแนนก็จะอยู่ในระดับต่ำ 1-2 แต่ในทางกลับกัน ความรุนแรงของผลกระทบมีมาก โอกาสเกิดข้อบกพร่องสูง และมีความสามารถในการตรวจจับข้อบกพร่องได้น้อย คะแนนก็จะอยู่ในระดับสูง 4-5 (สำหรับเกณฑ์ 1-5 คะแนน) และ 8-10 (สำหรับเกณฑ์ 1-10 คะแนน)

การพัฒนาตาราง FMEA METRIX เพื่อให้ได้ตารางที่สามารถแสดงข้อมูลทุกประเภทที่ทีมงานต้องการจะศึกษา โดยจะถูกออกแบบให้อยู่ในรูปตารางที่มีแถวแต่ละแถว แทนประเภทของข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

- (1) ขั้นตอนกระบวนการผลิต
- (2) ฟังก์ชันการทำงานในแต่ละขั้นตอน
- (3) วิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องอันประกอบไปด้วย คำจำกัดความของจุดบกพร่อง ผลกระทบต่อคุณภาพ และสาเหตุของการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง
- (4) การวิเคราะห์ความเสี่ยงอันประกอบไปด้วย ความน่าจะเป็นที่ตรวจพบจุดบกพร่อง ความรุนแรงของผลกระทบ ความน่าจะเป็นที่ตรวจพบและการคำนวณค่าเลขลำดับความเสี่ยง
- (5) ปฏิบัติการแก้ไขป้องกันที่ทีมงานที่เสนอแนะ

จากการพิจารณากระบวนการผลิต จะพิจารณาตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้เพื่อทำการวิเคราะห์ และเติมในตารางจากการทำ FMEA ลักษณะแบบฟอร์มกระบวนการ FMEA มีรายละเอียดดังนี้

- (1) หมายเลข FMEA ระบุหมายเลขเอกสาร FMEA ซึ่งอาจนำไปใช้ในการติดตามต่อไปภายหลัง
- (2) วัสดุ กรอกชื่อและหมายเลขของ ระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบ ของกระบวนการผลิตที่ทำการวิเคราะห์
- (3) ความรับผิดชอบด้านกระบวนการ ใส่ชื่อของฝ่ายและกลุ่ม หรืออาจรวมถึงชื่อผู้ส่งมอบด้วย ด้านกระบวนการผลิตที่ทำการวิเคราะห์

(4) จัดทำโดย กรอกชื่อหมายเลขโทรศัพท์และชื่อบริษัทของวิศวกรผู้รับผิดชอบในการจัดทำกระบวนการ FMEA

(5) ปิ่รุ่น/ผลิตภัณฑ์ กรอกชื่อปิ่รุ่น รวมทั้งสายการผลิตยานยนต์ ที่ทำการวิเคราะห์ซึ่งจะเป็นประโยชน์หรือได้รับผลกระทบจากการออกแบบ

(6) วันที่ทำ ระบุวันที่เริ่มดำเนินการทำการวิเคราะห์กระบวนการ FMEA ซึ่งไม่ควรช้ากว่าวันที่เริ่มดำเนินการผลิตตามกำหนดการ

(7) วันที่ของ FMEA ระบุวันที่จัดทำต้นฉบับ FMEA รวมทั้งวันที่ที่ได้รับการทบทวนครั้งล่าสุด

(8) คณะผู้ทำงานหลัก กรอกรายชื่อบุคคลและแผนกซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบและผู้มีอำนาจหน้าที่ในการกำหนดหรือดำเนินการวิเคราะห์กระบวนการ

(9) หน้าที่ของกระบวนการและข้อกำหนด กรอกรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์ เช่น การกลึงรูปร่าง การเจาะ การเคาะ การเชื่อม การประกอบ เป็นต้น เพื่อเป็นการกำหนดจุดประสงค์ในการวิเคราะห์ ลักษณะข้อความที่ใช้นั้นควรที่จะกะทัดรัดและเข้าใจได้ง่าย ในกรณีที่กระบวนการหรือการปฏิบัติงานที่ทำการวิเคราะห์มีหลายขั้นตอนและมีข้อบกพร่องที่แตกต่างกัน อาจมีความจำเป็นต้องลำดับการปฏิบัติงานแยกออกจากกันตามแต่ละกระบวนการ

(10) ลักษณะข้อบกพร่องด้านศักยภาพ

โดยคณะทีมงานจะต้องทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตแต่ละขั้นตอนว่าจะเกิดความผิดพลาดไม่เป็นไปตามหน้าที่ที่กำหนดในการออกแบบไว้ได้อย่างไร อาจเป็นสาเหตุหนึ่งร่วมกับอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องในหารปฏิบัติงานอันดับก่อนหน้านี้ถัดไป ทั้งนี้โดยกำหนดสมมุติฐานว่าข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนดขึ้นอย่างถูกต้องเหมาะสมทั้งในขั้นตอนการออกแบบ การจัดซื้อวัสดุ และกระบวนการอื่นๆ ก่อนหน้านี้ได้ถูกจัดทำอย่างถูกต้องมาตั้งแต่เบื้องต้นแล้ว

(11) ผลกระทบข้อบกพร่องด้านศักยภาพ

คณะทีมงานต้องทำการหาคำตอบว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไร หากจุดบกพร่องที่ทีมงานได้ระบุไว้ในข้อ 10 ได้เกิดขึ้น โดยจุดบกพร่องหรือลักษณะบกพร่องอย่างหนึ่ง อาจเกิดผลกระทบได้หลายรูปแบบ สิ่งที่สำคัญคือ ทีมงานจะต้องพยายามใช้จินตนาการหรือความคิดในการค้นหารูปแบบของผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องที่มีผลต่อคุณภาพให้ได้มากและครอบคลุมทั้งหมด

(12) ภาวะความรุนแรง (S) คณะทีมงานจะต้องทำการวิเคราะห์และประเมินความรุนแรงที่เกิดจากลักษณะข้อบกพร่อง ที่มีต่อลูกค้า ภาวะความรุนแรงที่กล่าวถึงนี้ควรได้รับการประเมินไว้เป็นสเกลตั้งแต่ " 1 " ถึง " 10 " ดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดจากลักษณะบกพร่อง

ผลกระทบ	ภาวะความรุนแรงและผลกระทบ	ระดับ คะแนน
เต็มไปด้วยอันตรายโดยปราศจากการเตือน	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเครื่องจักรหรือผู้ทำการประกอบ มีระดับความร้ายแรงสูง มีความเป็นไปได้ของความผิดพลาดจะมีผลกระทบกับความปลอดภัยของกระบวนการและหรือไม่เป็นไปตามข้อบังคับทางราชการ ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นโดยไม่มี การเตือน	10
เต็มไปด้วยอันตรายโดยมีการเตือนไว้	อาจทำให้เกิดอันตรายต่อเครื่องจักรหรือผู้ทำการประกอบ มีระดับความร้ายแรงสูง มีความเป็นไปได้ของความผิดพลาดจะมีผลกระทบกับความปลอดภัยของกระบวนการและหรือไม่เป็นไปตามข้อบังคับทางราชการ ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นโดยมีการเตือนไว้แล้ว	9
สูงมาก	ความยุ่งยากส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในสายการผลิตโดย 100% ของผลิตภัณฑ์ที่ตัดคัดออก เครื่องจักรไม่อาจใช้งานได้ เนื่องจากความสามารถในการใช้งานเบื้องต้นสูญเสียไป ลูกค้ายังไม่พอใจมาก	8
สูง	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมีการคัดเลือกและทิ้ง (น้อยกว่า100%) เครื่องจักรทำงานแต่ความสามารถในการปฏิบัติงานของเครื่องจักรจะมีระดับลดลง ลูกค้ายังไม่พอใจ	7
พอสมควร	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดยบางส่วน (น้อยกว่า 100%) ของผลิตภัณฑ์อาจถูกทิ้ง (ไม่มีการคัดเลือก) เครื่องจักรหรือชิ้นส่วนมีการทำงานแต่บางครั้ง ไม่สามารถทำงานได้สะดวก ลูกค้ายังไม่พอใจ	6
ต่ำ	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดย 100% ของผลิตภัณฑ์อาจต้องถูกทำใหม่ เครื่องจักรหรือชิ้นส่วนมีการทำงานแต่บางครั้งความสะดวกในการทำงานมีระดับลดลง ลูกค้ายังไม่พอใจในบางครั้ง	5
ต่ำมาก	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดย 100% ของผลิตภัณฑ์อาจต้องถูกคัดแยกและบางส่วนมีการทำใหม่ ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมาไม่ได้ตามขนาดที่ต้องการ มีการร้องเรียนจากลูกค้าส่วนใหญ่	4
น้อย	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า100%) อาจมีการทำใหม่ในสายงาน แต่ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมาไม่ได้ตามขนาดที่ต้องการ มีการร้องเรียนจากลูกค้าบ้าง	3
น้อยมาก	ความยุ่งยากส่วนน้อยที่เกิดขึ้นในสายการผลิต โดยผลิตภัณฑ์ (น้อยกว่า100%) อาจมีการทำใหม่ในสายงาน แต่สามารถควบคุมคุณภาพได้ ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมาไม่ได้ตามขนาดที่ต้องการ มีการร้องเรียนจากลูกค้าที่ช่างสังเกต	2
ไม่มี	ไม่มีผลกระทบ	1

ที่มา : จากหนังสือ FMEA Manual (Chrysler, Ford and General Motors Supplier Quality Requirement Task force)

(13) การจัดประเภท

คณะที่มงานอาจจะมีการจัดประเภทของระบบ ระบบย่อย หรือส่วนประกอบเพื่อเป็นการชี้บ่งว่าระบบดังกล่าวทำให้เกิด จุดวิกฤติ หรือเป็นจุดสำคัญ ต่อระบบการทำงานเพื่อใช้ในการควบคุม กระบวนการผลิตเพิ่มเติม เมื่อมีการจัดประเภทในกระบวนการผลิตจะต้องแจ้งต่อผู้รับผิดชอบด้านการออกแบบ ทำการแก้ไขเอกสารที่เกี่ยวข้องในเชิงวิศวกรรมต่างๆ เพื่อใช้เป็นจุดควบคุมต่อไป

(14) สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่องด้านศักยภาพและกลไก

การวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดข้อบกพร่อง ถือได้ว่าในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการจัดทำ FMEA เนื่องจากการหาสาเหตุได้อย่างถูกต้องจะสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการระมัดระวังไม่ให้เกิดความสับสนระหว่างสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่อง และผลกระทบของลักษณะข้อบกพร่อง โดยที่มงานจะต้องมีการเขียนสาเหตุทุกสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องอย่างละเอียดออกมาแต่ละข้อ ซึ่งสาเหตุจากคน เครื่องจักร วัตถุดิบ หรือ ขั้นตอนวิธีการทำงาน การวิเคราะห์การเกิดข้อบกพร่อง ถือว่าการผลิตชิ้นส่วนจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนด วิศวกรรม ที่ถูกระบุอยู่ใบบนแบบของชิ้นส่วน สำหรับสาเหตุของข้อบกพร่องโดยทั่วไป อาจมีสาเหตุมาจาก แรงบิดไม่ถูกต้องอาจจะสูงหรือต่ำเกินไป การเชื่อมไม่ถูกต้อง เช่น ค่ากระแส เวลา แรงดัน ความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัด กรรมวิธีการให้ความร้อนไม่ถูกต้อง เช่น เวลา อุณหภูมิ การปิดกั้น การระบายที่ไม่เพียงพอ การหล่อเย็นไม่เพียงพอ ชิ้นส่วนประกอบไม่ครบหรือใส่ชิ้นส่วนผิดตำแหน่ง เป็นต้น

(15) โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น (O)

โอกาสที่ข้อบกพร่องเกิดขึ้น ได้แก่ แนวโน้มหรือโอกาสของสาเหตุที่อาจจะเกิดความเสียหายเกิดขึ้นได้ในระหว่างกระบวนการผลิต หลังจากที่คณะที่มงานได้ทำการหาสาเหตุและผลกระทบอันเกิดจากลักษณะข้อบกพร่องแล้ว คณะที่มงานจะต้องทำการประเมินความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อ ในขั้นตอนนี้คณะที่มงานจะต้องจัดทำสเกลขึ้นมาเพื่อจัดระดับความเสี่ยง โดยปกติแล้ว การกำหนดสเกลที่มีจำนวนระดับมากๆ สมาชิกในที่มงานจะต้องใช้เวลามาในการแบ่งระดับให้กับลักษณะข้อบกพร่องแต่ละข้อ ทำให้กระบวนการวิเคราะห์มีประสิทธิภาพลดลง โดยส่วนใหญ่ในการใช้งานจะใช้แบบสเกล 1-10 ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบให้คะแนนโอกาสเกิดลักษณะข้อบกพร่องระดับ 1 ถึง 10

ความน่าจะเป็นของการเกิดข้อบกพร่อง	โอกาสการเกิด		ระดับ
สูงมาก ส่วนใหญ่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงลักษณะข้อบกพร่องได้เป็นส่วนใหญ่	> 1 ใน 2	> 50%	10
	1 ใน 3	33.33%	9
สูง โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการก่อนหน้าซึ่งมักขัดข้องบ่อยๆ	1 ใน 8	12.5%	8
	1 ใน 20	5%	7
ปานกลาง โดยทั่วไปแล้วสัมพันธ์กับกระบวนการที่คล้ายคลึงกับกระบวนการก่อนหน้าที่เคยมีข้อบกพร่องเกิดบางโอกาสแต่ไม่ใช่ส่วนสำคัญ	1 ใน 80	1.25%	6
	1 ใน 400	0.25%	5
	1 ใน 2000	0.05%	4
ต่ำ ลักษณะข้อบกพร่องเอกเทศสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน	1 ใน 15,000	0.0067%	3
ต่ำมาก มีลักษณะข้อบกพร่องเอกเทศเท่านั้นที่สัมพันธ์กับกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน	1 ใน 150,000	0.00067%	2
ห่างไกล ไม่มีแนวโน้มข้อบกพร่องใดเคยสัมพันธ์กับกระบวนการ	1 ใน 1.5 ล้าน	0.000067%	1

ที่มา : จากหนังสือ FMEA Manual (Chrysler, Ford and General Motors Supplier Quality Requirement Task force)

(16) การควบคุมกระบวนการปัจจุบัน

การควบคุมกระบวนการปัจจุบันเป็นการระบุรายละเอียดที่ต้องควบคุม เพื่อป้องกันมิให้เกิดข้อบกพร่องหรือการตรวจสอบว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้นหรือไม่

(17) โอกาสการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (D)

โอกาสการตรวจพบลักษณะข้อบกพร่อง (Detection) ได้แก่ การประเมินความสามารถของการควบคุมกระบวนการผลิตในปัจจุบันว่ามีประสิทธิภาพเพียงใดซึ่งทีมงานจะต้องทำการประเมินว่าถ้ามีลักษณะข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กระบวนการควบคุมปัจจุบันจะสามารถตรวจพบลักษณะข้อบกพร่องได้มากน้อยเพียงใด โดยการจัดลำดับของโอกาสตรวจพบจะอยู่ในลักษณะตรงข้ามกับการจัดลำดับโอกาสการเกิดลักษณะข้อบกพร่อง และความรุนแรงของผลกระทบจากลักษณะข้อบกพร่อง กล่าวคือ ถ้าโอกาสในการตรวจพบมีน้อย ค่าคะแนนหรือระดับจะมีค่ามาก ดูรายละเอียดได้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ระดับคะแนนโอกาสการตรวจพบข้อบกพร่องจากกระบวนการควบคุม

ระดับการตรวจพบ	แนวโน้มการตรวจพบ	การจัดอันดับ
เกือบจะเป็นไปไม่ได้	ไม่ทราบว่าจะหาการควบคุมใดมาป้องกันความเสียหาย	10
ไกลมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกไกลมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	9
ไกล	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกไกลที่จะป้องกันความผิดพลาด	8
ต่ำมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกต่ำมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	7
ต่ำ	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้ยังอีกต่ำที่จะป้องกันความผิดพลาด	6
พอสมควร	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้มีพอสมควรที่จะป้องกันความผิดพลาด	5
สูงพอสมควร	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้มีสูงที่จะป้องกันความผิดพลาด	4
สูง	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้มีสูงที่จะป้องกันความผิดพลาด	3
สูงมาก	การควบคุมที่ใช้ในเวลานี้มีสูงมากที่จะป้องกันความผิดพลาด	2
เกือบแน่นอน	การควบคุมตอนนี้ค่อนข้างแน่นอนที่ป้องกันความผิดพลาดและความน่าเชื่อถือของการควบคุมการป้องกันเป็นที่รู้จักในกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน	1

ที่มา : จากหนังสือ FMEA Manual (Chrysler, Ford and General Motors Supplier Quality Requirement Task force)

(18) ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงขึ้นนำ (RPN)

ค่าตัวเลขระดับความเสี่ยงขึ้นนำ หรือบางครั้งเรียกว่า Criticality Index นี้จะช่วยให้ทีมงานทราบว่าลักษณะข้อบกพร่องใดที่จะทำให้กระบวนการผลิตประสบความผิดพลาดหรือล้มเหลวได้ การเปรียบเทียบค่า RPN ของลักษณะข้อบกพร่องในแต่ละข้อสามารถทำให้ทีมงานสามารถจัดลำดับลักษณะข้อบกพร่องที่มีความสำคัญจากมากไปหาน้อยในการพิจารณาดำเนินการเลือกลำดับก่อนหลังในการปฏิบัติการแก้ไขได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดภาวะรุนแรงสูงในกระบวนการผลิตที่ทีมงานจะต้องทำการแก้ไขข้อบกพร่องอย่างเร่งด่วน โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงผลลัพธ์ของค่า RPN ที่ได้ค่าระหว่าง 1 – 1000 โดย $RPN = S \times O \times D$

Item		Failure Mode and Effect Analysis										FMEA number	
		DFMEA / PFMEA											
		Process responsibility: _____										Prepared by _____ Page _____ of _____	
		Key data: _____										FMEA issue date _____	
Process/ product name												FMEA update _____ Rev. _____	
Component													

System/ Design/ Process/ Service/ Function	Potential failure mode	Potential failure effect(s)	S E V	C L A S S	Potential cause of failure	O C C	Current action	D E T	R E F N	Recom- mended action	Respon- sibility	Comp letion date	Action results						
													Action taken	S E V	O C C	D E T	R E F N		

ตารางที่ 2.4 แสดงตาราง FMEA มาตรฐาน

2.1.6 ประโยชน์ของการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ

1. ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของกรออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิตและความเชื่อถือ
2. สร้างความมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลว ความผิดพลาดและปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมา ได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อน
3. แสดงรายการของปัญหาหลักต่างๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมา
4. ช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุงหลังจากมีมาตรการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันที
5. เป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต

6. ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคต โดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหา หรือความล้มเหลวต่างๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องราวการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

7. ทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการปรับปรุงและพัฒนาต่างๆ มีผู้รับผิดชอบหรือช่วยให้วิศวกรประจำกระบวนการผลิตสร้างระบบการป้องกันปัญหาที่สามารถประเมินผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

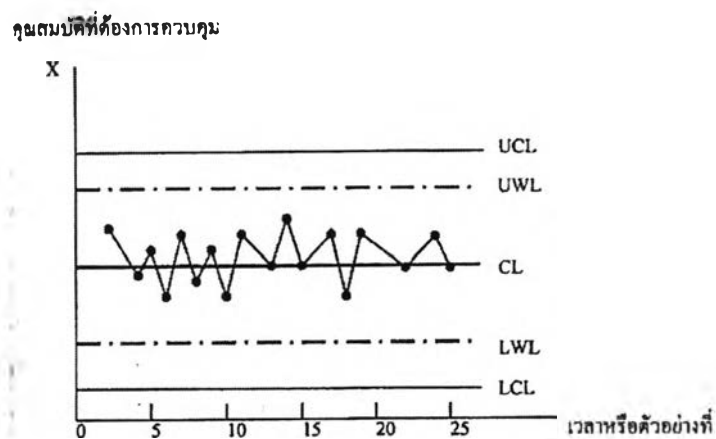
2.3 การควบคุมกระบวนการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC)

2.3.1 ความหมายของควบคุมกระบวนการทางสถิติ

การควบคุมกระบวนการทางสถิติ คือ การนำเอาวิธีการทางสถิติมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมการผลิต เนื่องจากในการผลิตผลิตภัณฑ์ใดๆ ถึงแม้ว่าผู้ผลิตจะทำการควบคุมกระบวนการผลิตได้ดีเพียงใด แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ย่อมเกิดความผันแปรหรือเกิดความแตกต่าง ซึ่งความผันแปรเกิดจากปัจจัยหลายประการ เช่น วัตถุดิบที่ใช้มีคุณภาพแตกต่างกัน การผลิตมีการใช้เครื่องจักรหลายเครื่องหรือเครื่องจักรขาดการบำรุงรักษา หรือความชำนาญของคนงานแตกต่างกัน เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้เกิดความผันแปร ความผันแปรที่เกิดขึ้นบางครั้งเล็กน้อย ผู้ผลิตยอมให้เกิดได้เนื่องจากไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่นนี้ถือว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม แต่ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์เกิดความผันแปรขึ้นมาก จนมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ด้อยคุณภาพ แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมหรืออยู่นอกการควบคุม Dr. Walter Andrew Shewhart ได้คิดค้นแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ขึ้นมาในปี ค.ศ. 1924 โดยอาศัยหลักวิธีการทางด้านสถิติ หน้าที่หลักของแผนภูมิควบคุม คือ เพื่อตรวจสอบความผันแปรของกระบวนการผลิต และเป็นเครื่องมือที่แสดงให้เห็นทราบว่าการผลิตดำเนินไปในลักษณะใด เปลี่ยนแปลงไปจนอยู่นอกการควบคุมหรือยังอยู่ในระดับปกติ แผนภูมิควบคุมนี้ หากผู้ผลิตนำมาใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอจะเป็นการป้องกันปัญหาในด้านคุณภาพได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้ทันเวลาที่ ทำให้ผู้ผลิตทราบสภาวะของกระบวนการผลิตอย่างรวดเร็ว ในกรณีที่กระบวนการผลิตมีปัญหา ก็สามารถหยุดการผลิตและปรับปรุงแก้ไขได้ทันเวลาที่ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพสม่ำเสมอ

2.3.2 หลักการสร้างแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือแผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ (Control Chart for Variable) และแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ (Control Chart for Attribute) โดยแผนภูมิควบคุมแต่ละประเภทก็แบ่งเป็นหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีหลักการสร้างเหมือนกัน คือ ประกอบด้วยเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นกลาง (Center Line: CL) ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) และขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit: LCL) ระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมบนจะเท่ากับระยะห่างจากเส้นกลางถึงขีดจำกัดควบคุมล่าง คือ 3 ซิกม่า (3σ) จึงเรียกแผนภูมิควบคุม 3 ซิกม่า (3σ Control Limit) ในกรณีไม่ทราบค่า σ จะแทนค่าด้วย S ซึ่งก็คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลตัวอย่างจากระบวนการผลิต การคำนวณขีดจำกัดควบคุมจะมีหลักการคำนวณเช่นเดียวกันกับการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วง การสร้างแผนภูมิควบคุมจะเริ่มต้นโดยการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากระบวนการผลิตมาจำนวนหนึ่งด้วยขนาดตัวอย่างที่มากพอสมควร หลังจากนั้นลากเส้นเชื่อมโยงจุดต่างๆ ในแผนภูมิ การวิเคราะห์ว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ จะพิจารณาจากจุดที่กระจัดกระจายอยู่ในแผนภูมิบ่งบอกถึงความผิดปกติใดๆ ในการบวนการผลิตหรือไม่ หากมีลักษณะจุดบ่งบอกถึงความผิดปกติ ผู้ตรวจสอบจะต้องค้นหาสาเหตุและทำการแก้ไขปรับปรุง จนกว่ากระบวนการผลิตจะอยู่ภายใต้การควบคุม



รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่มีขีดจำกัดควบคุมและขีดจำกัดเตือน

2.3.3 ชนิดของแผนภูมิ

ชนิดของแผนภูมิควบคุม (Type of Control Chart) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทโดยพิจารณาจากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุม ดังนี้

1. แผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ (Variable Control Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมกระบวนการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ต้องการควบคุมสามารถวัดค่าได้ด้วยการชั่ง ตวง วัด แผนภูมิประเภทนี้ได้แก่

- แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย (\bar{X} Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์ โดยค่าที่วัดได้อาจเป็นความยาว ปริมาณ น้ำหนัก อายุการใช้งานและบอกให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบว่าอยู่ในสภาพปกติหรือไม่

- แผนภูมิควบคุมพิสัย (R Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความผันแปรหรือค่าการกระจายของคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์ โดยจะใช้ควบคู่กับ \bar{X} Chart เสมอ

- แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยของพิสัย (\bar{R} Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าความผันแปรหรือค่าการกระจายของคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับแผนภูมิ R แต่จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่างของกลุ่มย่อยมากกว่า 12

- แผนภูมิควบคุมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมค่าการกระจายของคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์เช่นเดียวกับแผนภูมิควบคุมค่าพิสัย เพียงแต่จะคำนวณค่าวัดการกระจายด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. แผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ (Attribute Control Chart) เป็นแผนภูมิควบคุมกระบวนการผลิตที่ค่าคุณสมบัตินี้ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมสามารถหาได้ด้วยการแฉกนับ เช่น ดี หรือเสีย ชำรุด หรือไม่ชำรุด บกพร่องหรือไม่บกพร่อง มีตำหนิหรือไม่มีตำหนิ เป็นต้น ซึ่งการพิจารณาค่าคุณสมบัตินี้ของผลิตภัณฑ์ เช่นดี หรือเสียจะทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์หรือเกณฑ์กำหนด (Specification) หรืออาจพิจารณาจากการมองคร่าวๆ แผนภูมิควบคุมประเภทนี้ได้แก่

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย (p Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียในกระบวนการผลิต เช่น สัดส่วนชิ้นงานที่มีรอยเชื่อมทะลุ สัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่แตกหัก เป็นต้น

- แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนของผลิตภัณฑ์เสียในกระบวนการผลิต ซึ่งมีหลักการเช่นเดียวกับแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย

- แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ (c Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นของเสียในกระบวนการผลิต เมื่อจำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยมีค่าคงที่และเท่ากับ 1 หน่วย

- แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย (u Chart) เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิหรือสาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นของเสียในกระบวนการผลิตเช่นเดียวกับ c

Chart แต่จะใช้ในกรณีที่จำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยไม่เท่ากัน หรือจำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มย่อยมีค่ามากกว่า 1 หน่วย

2.3.4 วัตถุประสงค์ของการสร้างแผนภูมิ

วัตถุประสงค์หลักของการสร้างแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

1. เพื่อกำหนดมาตรฐานให้กับผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตได้ ในกรณีที่เริ่มต้นการผลิต โดยยังไม่ทราบค่ามาตรฐานที่กระบวนการผลิตทำได้ ชนยังไม่ทราบว่ากระบวนการผลิตมีค่าเฉลี่ยของค่าคุณสมบัติผลิตภัณฑ์เท่าใด มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่าใด หรือมีจำนวนของเสียโดยเฉลี่ยร้อยละเท่าใด แผนภูมิควบคุมต่างๆ จะช่วยกำหนดค่ามาตรฐานเหล่านี้ได้
2. เพื่อให้ทราบสภาพของกระบวนการผลิตที่ผ่านมาว่าเป็นอย่างไร ในกรณีที่ใช้แผนภูมิควบคุมกับการผลิตดำเนินไปในลักษณะคงที่หรือด้อยคุณภาพลง หรือเมื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้ว กระบวนการผลิตดำเนินไปในลักษณะที่พัฒนาขึ้นหรือไม่ ซึ่งแผนภูมิควบคุมจะบ่งบอกสิ่งเหล่านี้ เมื่อนำแผนภูมิควบคุมของแต่ละช่วงเวลามาเปรียบเทียบกัน
3. เพื่อหาสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในกรณีที่อ่านแผนภูมิแล้วพบว่าจุดผิดปกติเกิดขึ้นในแผนภูมิ ก็จะทำให้ทราบว่ากระบวนการผลิตมีปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การค้นหาค่าสาเหตุ และลักษณะของจุดในแผนภูมิควบคุมที่ผิดปกติบางลักษณะ จะสามารถบ่งบอกได้ว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร
4. เพื่อให้สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้จำนวนตามความต้องการ และสามารถรักษาระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้
5. เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานหรือเกณฑ์กำหนดของผลิตภัณฑ์ ค่าจากแผนภูมิควบคุมจะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีสมรรถภาพหรือมีความสามารถในการผลิตหรือไม่

2.3.5 ความผันแปรในกระบวนการผลิต

ความผันแปรในกระบวนการผลิต หมายถึง ความแตกต่างในคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือความแตกต่างของค่าคุณสมบัติที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์ ซึ่งโดยทั่วไปในการผลิตเราคาดหวังว่า ค่าของคุณสมบัติใดๆที่วัดได้จากผลิตภัณฑ์น่าจะมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งความผันแปรแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. ความผันแปรที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญหรือความผันแปรที่ไม่มีสาเหตุระบุได้ (Chance Variation) เป็นความผันแปรที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่มีความรุนแรง และถือว่าเป็นเรื่องปกติที่จะเกิดขึ้นได้ทุกๆ ไป เช่น ปริมาณการบรรจุน้ำผลไม้กระป๋องในแต่ละลotionซึ่งมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย เส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน 50 ชิ้นมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อยและอยู่ในขอบเขตมาตรฐานควบคุม ความผันแปรชนิดนี้ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิต ซึ่งไม่ถือว่ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม

2. ความผันแปรที่หาสาเหตุระบุได้ (Assignable Variation) เป็นความผันแปรที่มักจะมีรูปแบบของการเกิดและเกิดขึ้นรุนแรง โดยจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ความผันแปรชนิดนี้จำเป็นต้องค้นหาสาเหตุว่าเกิดจากอะไรและต้องแก้ไขโดยด่วน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนมาก การเกิดความผันแปรที่หาสาเหตุระบุได้ในกระบวนการผลิต จะถือว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม (The Process Out of Control) ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจาก 4M คือ เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) คน (Man) และวิธีทำงาน (Method) เช่น อาจเกิดจากความแตกต่างกันของวัตถุดิบ ความบกพร่องในการทำงานของเครื่องจักร ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องจักรเก่าหรือการปรับตั้งเครื่องจักรผิดพลาด ความชำนาญของคนงานที่แตกต่างกัน ความเมื่อยล้า หรือวิธีการทำงานที่แตกต่างกัน เป็นต้น

2.3.6 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุม

การสร้างแผนภูมิควบคุม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. กำหนดคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม เนื่องจากผลิตภัณฑ์บางอย่างมีคุณสมบัติที่ต้องควบคุมหลายประการ เช่น การควบคุมการผลิตชิ้นงานประกอบเครื่องจักรกล อาจมีคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมทั้งความยาวของชิ้นงาน และความยาวของเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน หรือการควบคุมการผลิตอาหารบรรจุกระป๋อง อาจมีคุณสมบัติที่ต้องควบคุมทั้งปริมาณการบรรจุสุทธิ และปริมาณการบรรจุของแต่ละส่วนประกอบต่างๆ ภายในกระป๋อง เป็นต้น ดังนั้นก่อนการสร้างแผนภูมิควบคุมจึงต้องกำหนดคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจไม่ต้องควบคุมทุกคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ควรพิจารณาเลือกเฉพาะคุณสมบัติที่สำคัญ และแผนภูมิควบคุมหนึ่งแผนภูมิจะใช้ควบคุมคุณสมบัติเพียงหนึ่งคุณสมบัติเท่านั้น

2. พิจารณาเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุมที่จะสร้าง ว่าเป็นแผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณหรือแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะ โดยพิจารณาจากค่าของคุณสมบัติที่ต้องการควบคุมว่าเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณลักษณะ

3. วางแผนการเก็บข้อมูลจากการผลิต เช่นการกำหนดขนาดตัวอย่าง การกำหนดความถี่ในการเก็บข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ซึ่งการวางแผนการเก็บข้อมูลต้องพิจารณาจากปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นทุนในการเก็บข้อมูลและการตรวจสอบ อัตราการผลิต ปริมาณการผลิต และสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณา คือจะเก็บข้อมูลอย่างไร จึงจะได้ข้อมูลตัวอย่างที่เป็นตัวแทนที่ดีของข้อมูลทั้งหมด

4. ในกรณีที่ต้องใช้เครื่องวัดหรือเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เช่นเครื่องชั่งน้ำหนัก เครื่องวัดความยาว เป็นต้น ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

5. สร้างแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลหรือใบตรวจสอบ (Check Sheets) โดยในการเก็บข้อมูลควรมีแบบฟอร์มในการบันทึกข้อมูลที่พิมพ์มาเรียบร้อย เพื่อให้ผู้เก็บข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงในแบบฟอร์มได้ง่าย เพื่อความสะดวก ถูกต้อง และง่ายในการจดบันทึก โดยแบบฟอร์มที่ดี ควรออกแบบโดยให้ผู้บันทึกขีดเขียนข้อมูลให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการเก็บข้อมูล

6. เก็บรวบรวมข้อมูลลงในแบบฟอร์มที่สร้างขึ้น

7. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ ได้แก่เส้นกลาง (Center Line :CL) ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper Control Limit: UCL) ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower Control Limit : LCL) หลังจากนั้นทำการสร้างแผนภูมิควบคุม เส้นควบคุมที่ปรากฏในแผนภูมิควบคุมถือว่าเป็นเส้นควบคุมชั่วคราว ซึ่งสร้างขึ้นมาก่อนเพื่อดูว่าสถานการณ์ของกระบวนการผลิตในขณะนั้นเป็นอย่างไร

8. อ่านผลและวิเคราะห์ผลจากลักษณะของจุดที่ปรากฏในแผนภูมิ ถ้ามีลักษณะจุดที่ปรากฏความผิดปกติเกิดขึ้นในแผนภูมิ ที่บ่งชี้ว่าเกิดความผันแปรที่มีสาเหตุระบุได้เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่นมีจุดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบน แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ต้องค้นหาสาเหตุและปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการกำจัดสาเหตุแห่งความผันแปรที่ระบุสาเหตุได้นี้ออกไป หลังจากนั้นทำการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิใหม่จากข้อมูลที่เหลืออยู่หลังจากตัดข้อมูลที่ผิดปกติออกไปแล้ว ทำเช่นนี้ซ้ำๆ จนกระทั่งไม่เกิดจุดผิดปกติขึ้นในแผนภูมิควบคุม

9. เมื่อกระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมแล้ว แสดงว่าสามารถควบคุมความผันแปรในการผลิตให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมตามค่าเส้นกลางในแผนภูมิควบคุมได้แล้ว หลังจากนั้นจะทำการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตที่ได้จริงกับเกณฑ์กำหนดว่า กระบวนการผลิตมีความสามารถในการผลิตหรือไม่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ถ้ากระบวนการผลิตไม่มีความสามารถในการผลิตถึงแม้จะอยู่ภายใต้การควบคุมแล้วก็ตามจะต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือไม่ เช่น พบว่าช่วงกว้างระหว่างขีดจำกัดควบคุมบนและล่างมากกว่าช่วงกว้างของเกณฑ์กำหนดเป็นต้น หลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิตแล้ว จะทำการเก็บข้อมูลตัวอย่างจากการผลิตเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมใหม่อีกครั้ง ดำเนินการซ้ำตามขั้นตอนที่ 7,8 และ 9 จนกระทั่งกระบวนการผลิตได้มาตรฐานตามที่กำหนด จึงจะตกลงใช้แผนภูมิ

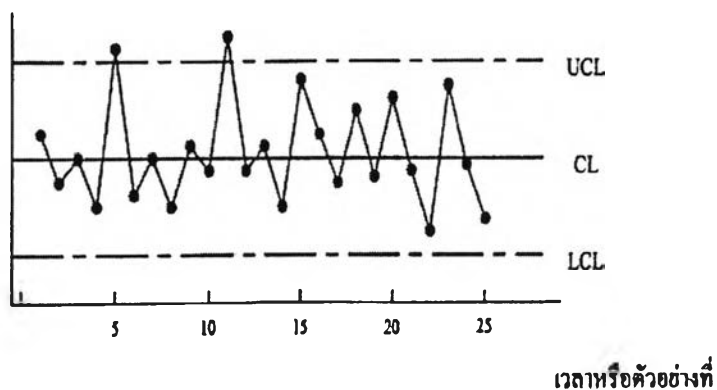
ควบคุมอันนั้นควบคุมกระบวนการผลิตในปัจจุบัน การใช้แผนภูมิในครั้งต่อไปจะเพียงแต่เก็บข้อมูลตัวอย่างจากการผลิตครั้งต่อๆ ไปมา ทำการเขียนจุดลงในแผนภูมิที่สร้างไว้แล้ว หากไม่ปรากฏจุดผิดปกติใดๆ ในแผนภูมิ จะแสดงว่ากระบวนการผลิตยังอยู่ภายใต้การควบคุม

2.3.7 วิธีการอ่านและวิเคราะห์แผนภูมิ

การอ่านและการวิเคราะห์แผนภูมิเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการใช้แผนภูมิควบคุมเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต เพราะจุดต่างๆ ที่ปรากฏในแผนภูมิควบคุม จะเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบว่ากระบวนการผลิตเป็นอย่างไรในขณะนั้น ลักษณะจุดต่างๆ ที่ปรากฏในแผนภูมิควบคุม ถ้าพบว่าทุกจุดอยู่ระหว่างเส้นควบคุมบนและล่างภายในขีดจำกัดเดือน และมีลักษณะขึ้นบ้างลงบ้างใกล้ๆ เส้นกลางอย่างสมดุลทั้งสองข้าง โดยมีลักษณะการกระจายที่เป็นไปตามธรรมชาติ แสดงว่าไม่มีหลักฐานที่จะบอกว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต นั่นคือแสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม แต่ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม ลักษณะจุดที่เกิดขึ้นในแผนภูมิควบคุมที่บ่งบอกถึงการเกิดสิ่งผิดปกติในกระบวนการผลิตมีดังนี้

1. มีจุดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง หากพบว่ามีจุดใดๆ ในแผนภูมิควบคุมตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบนหรือล่าง แสดงว่ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติ จะต้องค้นหาสาเหตุและปรับปรุงแก้ไข ความผิดปกติในลักษณะนี้สันนิษฐานได้ว่าอาจเกิดจาก เครื่องจักร คนงาน กรรมวิธีการผลิตหรือวัตถุดิบ ซึ่งอาจเป็นไปได้ทั้งหมด เช่น อาจเกิดจากการขาดประสบการณ์ในการทำงานของคนงาน เกิดจากกรรมวิธีการผลิตที่ไม่เหมาะสม หรือเกิดจากวัตถุดิบไม่ได้คุณภาพ เป็นต้น

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม

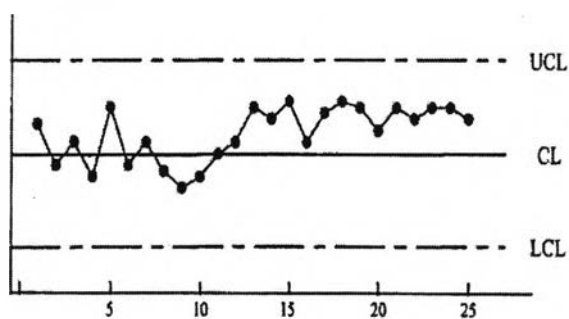


รูป แสดงแผนภูมิควบคุมที่มีจุดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมบน

2.การเกาะกลุ่ม (Run) การเกาะกลุ่มหรือการเกิดรัน คือลักษณะที่เกิดจุดต่อเนื่องกันหลายจุดที่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลางในแผนภูมิ การพิจารณาจำนวนจุดที่ถือว่าเกิดรันพิจารณาได้ 3 กรณี คือ

- มีจุดต่อเนื่องกันตั้งแต่ 8 จุดขึ้นไปทางด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง
- มีจุดอย่างน้อย 12 จุดใน 14 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง
- มีจุดอย่างน้อย 16 จุดใน 20 จุดอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของเส้นกลาง

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม

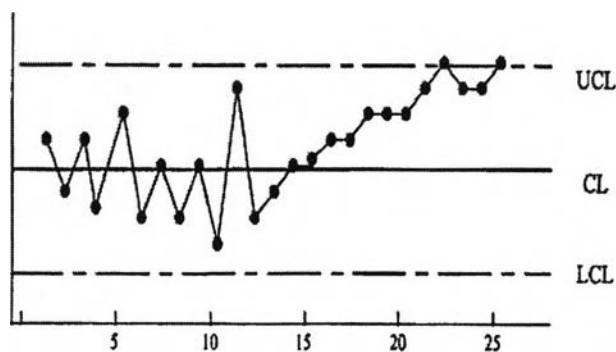


เวลาหรือตัวอย่างที่

รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่เกิดการเกาะกลุ่ม

3.การเกิดแนวโน้ม (Trend) การเกิดแนวโน้ม คือ การเกิดจุดต่อเนื่องกันหลายจุดโดยมีทิศทางขึ้นตลอดหรือลงตลอด ซึ่งแสดงว่าค่าการผลิตที่ปรับตั้งไว้ในตอนแรกเปลี่ยนไป อาจมีสาเหตุมาจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสึกหรอ เป็นต้น

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม

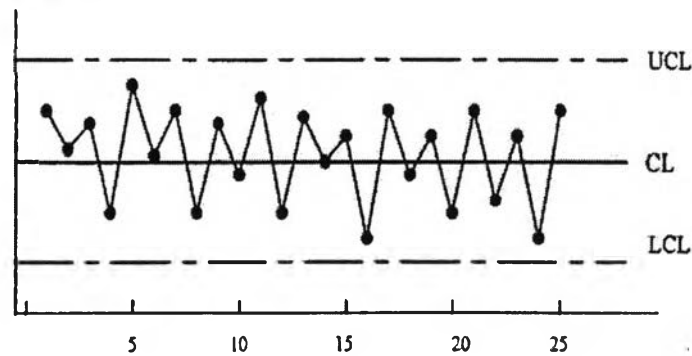


เวลาหรือตัวอย่างที่

รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่เกิดแนวโน้ม

4. การเกิดวัฏจักร (Cycle) การเกิดวัฏจักร คือการเกิดช่วงของจุดที่มีลักษณะขึ้นลงอย่างมีรูปแบบซ้ำๆ กัน เช่น พบว่าในช่วง 4 จุดแรก กราฟมีลักษณะสูงขึ้นและต่ำลงในช่วง 3 จุดถัดมา และมีลักษณะขึ้นลงคล้ายคลึงกันในช่วงต่อๆ ไป เป็นต้น การเกิดวัฏจักรอาจมีสาเหตุการเกิดจากวัตถุดิบหรือคนงาน เช่น ในกระบวนการผลิต ที่เครื่องจักรเปลี่ยนลมหของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตเองอัตโนมัติ อาจเกิดการสะดุดของเครื่องจักรในช่วงแรกหรือช่วงสุดท้ายของวัตถุดิบที่ดึงออกมาจากลมห ทำให้ค่าในการผลิตเปลี่ยนแปลงคล้ายๆ กันในช่วงต้นและช่วงท้ายของลมหวัตถุดิบ หรือในกรณีมีสาเหตุการเกิดจากคนงาน อาจเกิดจากความเมื่อยล้าในการทำงานในช่วงท้ายๆ จึงทำให้ค่าในการผลิตเปลี่ยนไป

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม

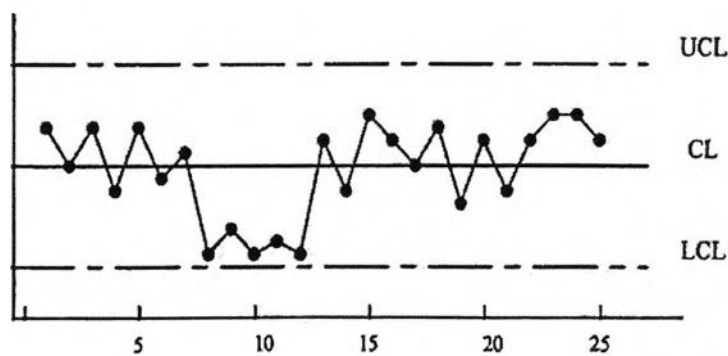


เวลาหรือตัวอย่างที่

รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่เกิดวัฏจักร

5. การเกิดการเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุม คือการที่มี 2 จุดใน 3 จุดที่ติดต่อกันในแต่ละช่วงเกิดการเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุม โดยตกอยู่ระหว่างขีดจำกัดควบคุมและขีดจำกัดเตือนด้านบนหรือด้านล่างในแผนภูมิควบคุม แสดงว่าเกิดการเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุม ซึ่งเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่บ่งชี้ให้ทราบว่าจะเกิดความผิดปกติในกระบวนการผลิต

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม

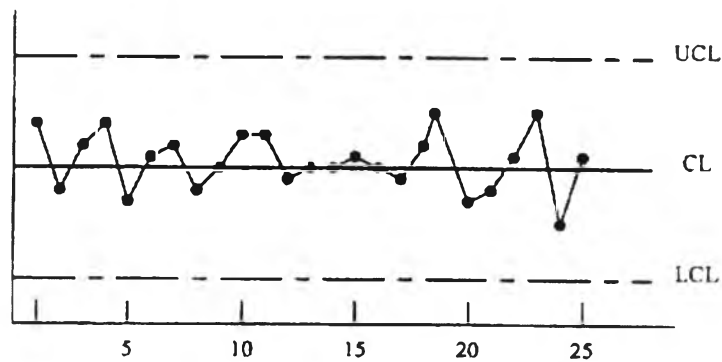


เวลาหรือตัวอย่างที่

รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่เกิดการเข้าใกล้ขีดจำกัดควบคุม

6. การเกิดการเข้าใกล้เส้นกลางของแผนภูมิ คือการที่มีจุด 4 จุดใน 5 จุดที่ติดต่อกันอยู่ใกล้เส้นกลางของแผนภูมิภายในขอบเขต 1 ซิกมา (1 σ Control Limits)

คุณสมบัติที่ต้องการควบคุม



เวลาหรือตัวอย่างที่

รูปแสดงแผนภูมิควบคุมที่เกิดการเข้าใกล้เส้นกลางของแผนภูมิ

2.3.8 การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ

1. แผนภูมิ \bar{X} -R

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิ \bar{X} -R มีดังนี้คือ

1. เก็บข้อมูล โดยทั่วไปจะเก็บมากกว่า 100 ค่าขึ้นไป และควรจะเป็นข้อมูลที่ได้ในขณะที่เครื่องจักรทำงานและไม่มีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนใดๆ ของเครื่องจักรด้วย
2. จัดข้อมูลเป็นกลุ่ม สำหรับกลุ่มนั้นอาจแบ่งตามลำดับของการจัด หรือแบ่งตามวัน ในแต่ละกลุ่มควรมีข้อมูลตั้งแต่ 4, 5, 6, 10 ที่นิยมคือ 5 หลักในการจัดกลุ่มคือ
 - ข้อมูลแต่ละกลุ่มควรจะได้จากค่าเทคนิคเดียวกัน (วิธีเดียวกัน)
 - แต่ละกลุ่มต้องไม่รวมข้อมูลที่มีคุณภาพหรือลักษณะที่แตกต่างกัน จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่มคือ (n) และจำนวนกลุ่มคือ (k)
3. จัดข้อมูลให้เรียบร้อยเพื่อการคำนวณ
4. หาค่า \bar{X} ของแต่ละกลุ่มโดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n(\text{ของแต่ละกลุ่ม})}$$

5. หาค่าพิสัยในแต่ละกลุ่มโดยใช้สูตร

$$R = X_{\text{high}} - X_{\text{low}}$$

6. หาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยทั้งหมด (\bar{X}) โดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{k}$$

7. หาค่าเฉลี่ยของพิสัย \bar{R} โดยใช้สูตร

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}$$

8. คำนวณหาเส้นขีดจำกัดควบคุมโดยใช้สูตรสำหรับแผนภูมิ \bar{X} และ R ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของ A_2, D_4, D_3 ซึ่งเป็นค่าคงที่แสดงในตารางจากหนังสือการควบคุมคุณภาพทางสถิติทั่วไป

- 8.1 แผนภูมิ \bar{X} ประกอบด้วย 3 เส้นคือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL = \bar{X} + A_2 \bar{R}$

เส้นกลาง $CL = \bar{X}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL = \bar{X} - A_2 \bar{R}$

- 8.2 แผนภูมิ \bar{R} ประกอบด้วย 3 เส้นคือ

ขีดจำกัดควบคุมบน $UCL = D_4 \bar{R}$

เส้นกลาง $CL = \bar{R}$

ขีดจำกัดควบคุมล่าง $LCL = D_3 \bar{R}$

9. สร้างแผนภูมิควบคุมโดยใช้กระดาษที่แบ่งเป็นช่วงๆ ที่มีระยะทางแน่นอน เช่นกระดาษกราฟ

- 9.1 แกนตามแนวนอนแบ่งเป็นช่วงเวลาหรือลำดับรุ่น หรือกลุ่มที่

- 9.2 แกนตั้งเป็นค่าของข้อมูล

- 9.3 แผนภูมิ \bar{X} - R สร้างแยกเป็น 2 แผนภูมิโดยมากจะให้แผนภูมิ \bar{X} อยู่ข้างบนและแผนภูมิ R อยู่ข้างล่าง

- 9.4 เส้นกึ่งกลาง (CL) เขียนด้วยเส้นทึบ

- 9.5 เส้นขีดจำกัดควบคุมบนและเส้นควบคุมล่าง เป็นเส้นประทั้ง 2 แผนภูมิเหมือนกัน แล้วเขียนขอบเขตของเส้นควบคุมกำกับไว้ด้วย

- 9.6 นำค่า \bar{X} ของแต่ละกลุ่มไปพล็อตลงในแผนภูมิ \bar{X} และ R ไปพล็อตลงในแผนภูมิ R

2. แผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย (p Chart)

หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Percented Defective Chart ใช้สำหรับควบคุมการผันแปรหรือเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ข้อบกพร่องหรือเสียหาย สมมติจากระบวนการผลิต ถ้าโดยปกติแล้วมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียคือ \hat{p} ถ้า X คือจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ตรวจพบ X จะเป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial distribution) ด้วยพารามิเตอร์ n และ \hat{p} โดย

$$P(X = x) = \binom{n}{x} \hat{p}^x (1 - \hat{p})^{n-x} \quad ; \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $n\hat{p}$ และมีความแปรปรวนเท่ากับ $n\hat{p}(1-\hat{p})$

สัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียในตัวอย่างที่สุ่มมา คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่พบและขนาดตัวอย่าง นั่นคือ $p = \frac{x}{n}$ โดย p จะมีการแจกแจงแบบทวินามด้วยค่าเฉลี่ย \hat{p} และความ

แปรปรวนเท่ากับ $\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}$

2.1 การสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่

ในกรณีที่ไม่ทราบค่า \hat{p} จะประมาณด้วย \bar{p} ซึ่งจำกัดควบคุมของแผนภูมิ p คำนวณได้ดังนี้

เมื่อ

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{nN}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = \bar{p}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

เมื่อคำนวณขีดจำกัดควบคุมแล้วจะสร้างแผนภูมิควบคุม ในกรณีที่คำนวณได้ขีดจำกัดควบคุมล่างมีค่าติดลบ(LCL มีค่าติดลบ) จะปรับให้ค่าเป็นศูนย์ หลังจากนั้นเขียนจุด p ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างลงในแผนภูมิ ทำการอ่านและวิเคราะห์จุดในแผนภูมิเช่นเดียวกับแผนภูมิควบคุมเชิงปริมาณ ในกรณีที่มีจุดตกอยู่นอกขีดจำกัดควบคุมหรือมีจุดที่แสดงความผิดปกติเกิดขึ้น ต้องค้นหาสาเหตุว่าทำไมกระบวนการผลิตจึงผลิตของเสียออกมามากหรือทำไมจึงผิดปกติ เมื่อทราบสาเหตุแล้วจึงทำการตัดจุดผิดปกติออกแล้วปรับปรุงแผนภูมิใหม่ เพื่อหาค่ามาตรฐานที่กระบวนการผลิตทำได้ ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียที่เป็นมาตรฐานของกระบวนการผลิตนั้นๆ และใช้แผนภูมิควบคุมที่ปรับปรุงแล้ว

นี้ควบคุมกระบวนการผลิตในอนาคต หรือประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ เพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ต่อไป

2.2 การสร้างแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่
ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างไม่คงที่มีวิธีการสร้างแผนภูมิ p 3 วิธีดังนี้

วิธีที่ 1 โดยใช้ขนาดตัวอย่างของแต่ละกลุ่มตัวอย่างคำนวณขีดจำกัดควบคุม

ทำการคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแต่ละกลุ่มตัวอย่างโดยทำทุกกลุ่ม จะเป็นวิธีการที่นิยมใช้มากที่สุด เมื่อแทนค่า n ในการคำนวณ จะหมายถึงแทนด้วยขนาดตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม ถ้าเก็บผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบ N กลุ่มตัวอย่าง ก็จะมีขีดจำกัดควบคุม N คู่โดยแต่ละคู่มีค่าดังนี้

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = \bar{p}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}$$

เมื่อ n_i คือขนาดตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ i

วิธีที่ 2 โดยใช้ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย

วิธีนี้จะใช้ขนาดตัวอย่างเฉลี่ยประมาณค่าขีดจำกัดควบคุม ดังนั้นขีดจำกัดควบคุมจะมีค่าคงที่ การคำนวณขีดจำกัดควบคุมทำเช่นเดียวกับกรณีที่ขนาดตัวอย่างคงที่ แต่แทนค่า n ด้วย \bar{n} แผนภูมิ p ที่สร้างโดยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพไม่เทียบเท่าวิธีที่ 1 การคำนวณขีดจำกัดควบคุมทำได้ดังนี้

$$\text{ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย} (\bar{n}) = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{N}$$

เมื่อ n_i คือ ขนาดตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างที่ i

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = \bar{p}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}}$$

วิธีที่ 3 โดยใช้แผนภูมิควบคุมมาตรฐาน

วิธีนี้จะแปลงค่า p_i ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างให้เป็นค่ามาตรฐาน ดังนี้

$$Z_i = \frac{p_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}}}$$

วิธีนี้ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิจะมีเส้นควบคุมกลางเท่ากับ 0 และมีขีดจำกัดควบคุมบนและล่างเท่ากับ +3 และ -3 ตามลำดับ

3. แผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย (np Chart)

แผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียหรือแผนภูมิ np เป็นแผนภูมิที่มีหลักการเดียวกับแผนภูมิควบคุมสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย แต่แผนภูมิ np จะเป็นที่นิยมใช้มากกว่าแผนภูมิ p เนื่องจากในระดับการทำงาน การตีความหมายของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียจะเข้าใจง่ายกว่าความหมายของสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสีย และการคำนวณก็สะดวกและง่ายกว่า เนื่องจากลดขั้นตอนของการคำนวณค่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์เสียหรือค่า p การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิสามารถทำได้ดังนี้

3.1 การสร้างแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย เมื่อขนาดตัวอย่างคงที่

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = \bar{np}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})}$$

เมื่อ $\bar{np} = (\text{ผลรวมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย}) / (\text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง})$

3.2 การสร้างแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่

ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างไม่คงที่ หมายถึงขนาดตัวอย่าง (n) ของแต่ละกลุ่มตัวอย่างมีค่าไม่เท่ากันทุกกลุ่ม การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ np ทำได้เช่นเดียวกับแผนภูมิ p เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่แต่จะมีการคำนวณที่ยุงยากมากกว่า เพราะการคำนวณขีดจำกัดควบคุมต้องคำนวณค่า \bar{np} ซึ่งมีค่าแปรเปลี่ยนตามค่า n ค่าการคำนวณจึงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามค่า n ดังนั้นในกรณีนี้หากใช้แผนภูมิ p ควบคุมกระบวนการผลิตแทนแผนภูมิ np ก็จะสามารถคำนวณได้ง่ายกว่า เนื่องจากแผนภูมิ p มีขีดจำกัดควบคุมขึ้นอยู่กับค่า \bar{p} และการตีความจะเข้าใจง่ายกว่า

4. แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ (c Chart)

แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ หรือ c Chart เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมรอยตำหนิหรือจุดบกพร่องบนผลิตภัณฑ์หนึ่งหน่วย ซึ่งหนึ่งหน่วยอาจหมายถึงพื้นที่ผิวบนผลิตภัณฑ์ 10 ตารางฟุต

หรือความยาวของผลิตภัณฑ์ 10 ฟุต โดยแผนภูมิ c จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่างหรือจำนวนหน่วยของการตรวจสอบคงที่ตลอด โดยถือเป็นขนาดตัวอย่าง 1 หน่วยนั่นเอง

ถ้ากำหนดให้ X เป็นตัวแปรสุ่มแทนจำนวนรอยตำหนิหรือจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย X จะมีการแจกแจงแบบพัวซอง (Poisson Distribution) ที่มีฟังก์ชันความน่าจะเป็นคือ

$$f(x) = \frac{e^{-c} c^x}{x!} ; \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

เมื่อ c คือ จำนวนรอยตำหนิหรือจุดบกพร่องเฉลี่ยของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย และมีค่ามากกว่า 0 โดยค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนเท่ากับ c

ดังนั้นขีดจำกัดควบคุมที่ 3σ Control Limits ของแผนภูมิ c คือ

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = c + 3\sqrt{c}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = c$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = c - 3\sqrt{c}$$

ในกรณีที่ไม่ทราบค่า c อาจทำการเก็บข้อมูลมาตรวจสอบจำนวนหนึ่งก่อน แล้วสร้างแผนภูมิ c โดยการประมาณค่า c ด้วยค่า \bar{c} จาก

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^N c_i}{N} = (\text{ผลรวมจำนวนรอยตำหนิ}) / (\text{จำนวนหน่วยตัวอย่าง})$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$\text{เส้นกลาง} \quad CL = \bar{c}$$

$$\text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$$

5. แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย (u Chart)

แผนภูมิ u หรือแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วย เป็นแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิเช่นเดียวกับแผนภูมิ c แต่จะใช้เมื่อขนาดตัวอย่างที่ตรวจสอบแต่ละครั้งไม่ใช่ 1 หน่วย แผนภูมิ u จะมีหลักการสร้างเหมือนแผนภูมิ c เพียงแต่เมื่อขนาดตัวอย่างไม่เท่ากัน การคำนวณจำนวนรอยตำหนิจะคำนวณต่อหน่วยดังนี้

เมื่อ c คือ จำนวนรอยตำหนิที่พบในกลุ่มตัวอย่างใดๆ

n คือ จำนวนหน่วยตัวอย่างของกลุ่มตัวอย่างใดๆ

u คือ จำนวนรอยตำหนิเฉลี่ยต่อ 1 หน่วยตัวอย่าง

\bar{u} คือ จำนวนรอยตำหนิเฉลี่ยต่อการตรวจสอบทั้งหมด

$$u = \frac{c}{n}$$

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^N c_i}{\sum_{i=1}^N n_i}$$

ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ \bar{u} คือ

$$\begin{aligned} \text{ขีดจำกัดควบคุมบน} \quad UCL &= \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ \text{เส้นกลาง} \quad CL &= \bar{u} \\ \text{ขีดจำกัดควบคุมล่าง} \quad LCL &= \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{aligned}$$

2.4 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart)

2.4.1 ความหมายของแผนภูมิพาเรโต

แผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือสำหรับที่จะตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสถานประกอบการ เช่น จำนวนสินค้าคุณภาพไม่ดี ข้อบกพร่อง คำร้องเรียนจากลูกค้า อุบัติเหตุ เป็นต้น โดยการนำปรากฏการณ์หรือสาเหตุเหล่านั้นมาแบ่งแยกประเภท แล้วเรียงลำดับตามความสำคัญของข้อมูลจากมากมาน้อย โดยแสดงขนาดความมากน้อยด้วยกราฟแท่ง และแสดงค่าสะสมด้วยกราฟเส้น

2.4.2 ขั้นตอนในการจัดทำแผนภูมิพาเรโต

1. กำหนดหัวข้อที่จะทำการสำรวจ แล้วรวบรวมข้อมูลเหล่านั้น
 - กำหนดช่วงระยะเวลาและวิธีการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ช่วงระยะเวลานั้นอาจจะกำหนดเป็นสัปดาห์ หรือเดือน เป็นต้น ให้ตัดตอนเป็นช่วงโดยให้ระยะเวลาสั้นยาวขึ้นกับสภาพที่เกิดปัญหา

- นำใบตรวจสอบ (Check Sheet) มาใช้เพื่อสำรวจปัญหา ไม่เพียงแต่จำนวนของปัญหาแต่ยังสามารถสำรวจสาเหตุและสาเหตุของปัญหาได้ด้วย

2. จำแนกและรวบรวมข้อมูลตามสาเหตุหรือปรากฏการณ์ โดยพยายามจำแนก

- จำแนกและรวบรวมข้อมูลตามสาเหตุ : วัตถุประสงค์ เครื่องจักร ผู้ปฏิบัติงาน วิธีการทำงาน เป็นต้น
- จำแนกตามปรากฏการณ์ : หัวข้อของของเสีย สถานที่ กระบวนการผลิต เวลา เป็นต้น
- จัดแจงข้อมูลให้เหมาะสมแล้วคำนวณปริมาณสะสม (Accumulative)
- ให้เรียงหัวข้อตามลำดับจำนวนข้อมูลที่มีปริมาณมากไปสู่น้อย แล้วเติมจำนวนข้อมูลของแต่ละหัวข้อลงไป ต่อจากนั้นให้เขียน "อื่นๆ" ลงเป็นหัวข้อสุดท้าย
- ทำการคำนวณปริมาณสะสม โดยเริ่มจากหัวข้อที่มีข้อมูลมากแล้วคำนวณไปเรื่อยๆ
 - i. คำนวณเปอร์เซ็นต์สะสม
 - ii. เขียนแกนตั้งและแกนนอนลงบนกราฟ
 - ที่แกนนอนให้เขียนเต็มชื่อหัวข้อโดยเรียงลำดับจากหัวข้อที่มีจำนวนข้อมูลมากไปสู่น้อย โดยเรียงจากซ้ายไปขวา
 - ที่แกนตั้งให้เขียนลักษณะสมบัติที่เรากำลังสำรวจโดยจัดทำสเกลให้สามารถครอบคลุมจำนวนรวมของข้อมูลทั้งหมดได้ ควรกำหนดสเกลและระยะช่องไฟเพื่อให้ขนาดความยาวของแกนตั้งกับแกนนอนนั้นเป็น 1:1 – 2:2 (โดยให้แผนภูมิพาเรโตที่ได้มีขนาดเกือบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส)
 - iii. จัดทำกราฟแท่ง
 - เขียนจำนวนข้อมูลออกเป็นกราฟแท่ง เรียงตามลำดับจากซ้ายไปขวา โดยให้ความกว้างของกราฟแต่ละแท่งเท่ากัน ในกรณีที่เขียนกราฟแต่ละแท่งแยกออกจากกันควรจัดช่องไฟระหว่างแท่งให้เท่ากันด้วย
 - iv. เติมเส้นกราฟค่าสะสม
 - เติมจะดกราฟของค่าสะสมลงทางด้านขวามือของกราฟแท่ง แล้วโยงจุดเหล่านี้ลากเป็นกราฟเส้นตรง โดยเรียกกราฟนี้ว่าเส้นกราฟสะสม
 - v. ลากแกนตั้งขึ้นทางด้านขวาสุด แล้วกำหนดสเกล
 - กำหนดให้จุดเริ่มของกราฟเส้นตรงเป็น "0" (%) แล้วจุดสุดท้ายเป็น "100" (%)

- แบ่งส่วนระหว่าง 0-100% ออกเป็น 5 ส่วนเท่ากันแล้วเติมสเกล 20, 40, 60, 80% (หรืออาจจะแบ่งเป็น 10 ส่วนแล้วเติมค่า 10, 20, 30, ..., 100 ก็ได้)
- vi. เติมข้อความที่จำเป็นลงไป
- หัวข้อเรื่อง ช่วงเวลา จำนวนรวมของข้อมูล ชื่อขบวนการผลิต ผู้จัดทำ เป็นต้น

2.4.3 ชนิดของแผนภูมิพาเรโต

2.4.3.1 แผนภูมิพาเรโตโดยผล แผนภูมินี้เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ด้วยคุณภาพ และใช้หาว่าปัญหาสำคัญคืออะไร

1. คุณภาพ ความบกพร่อง ความผิด ความล้มเหลว คำร้องเรียน คำร้องเรียน ของส่งคืน การซ่อมแซม
2. ราคา มูลค่าสูญเสีย ค่าใช้จ่าย
3. การส่ง มูลภัณฑ์ การขาดแคลนของ การเก็บเงินไม่ได้ การส่งล่าช้า
4. ความปลอดภัย อุบัติเหตุ ความผิดพลาด การเสีย

2.4.3.2 แผนภูมิพาเรโตโดยสาเหตุ แผนภูมินี้เกี่ยวข้องกับความผิดในขบวนการและใช้เพื่อหาสาเหตุสำคัญของปัญหา

1. ผู้ปฏิบัติการ กะ กลุ่ม อายุ ประสบการณ์ ความชำนาญ
2. เครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ การจัดการ รูปแบบ เครื่องมือวัด
3. วัตถุดิบ ผู้ผลิต สถานที่ประกอบการ ลอต ชนิด
3. ระเบียบวิธีการปฏิบัติการ เงื่อนไข ลำดับ การจัด ระเบียบวิธี

2.4.4 ประโยชน์ของแผนภูมิพาเรโต

1. สามารถบ่งชี้ให้เห็นได้ว่าหัวข้อใดมีปัญหามากที่สุด
2. สามารถเข้าใจลำดับความสำคัญมากน้อยของปัญหาได้ทันที
3. สามารถเข้าใจว่าแต่ละหัวข้อมีอัตราส่วนเพียงใดในสวนทั้งหมด
4. เนื่องจากใช้กราฟแท่งบ่งชี้ขนาดของปัญหาทำให้สามารถโน้มน้าวจิตใจได้ดี
5. ไม่ต้องใช้การคำนวณที่ยุ่งยากก็สามารถจัดทำได้

2.5 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

2.5 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

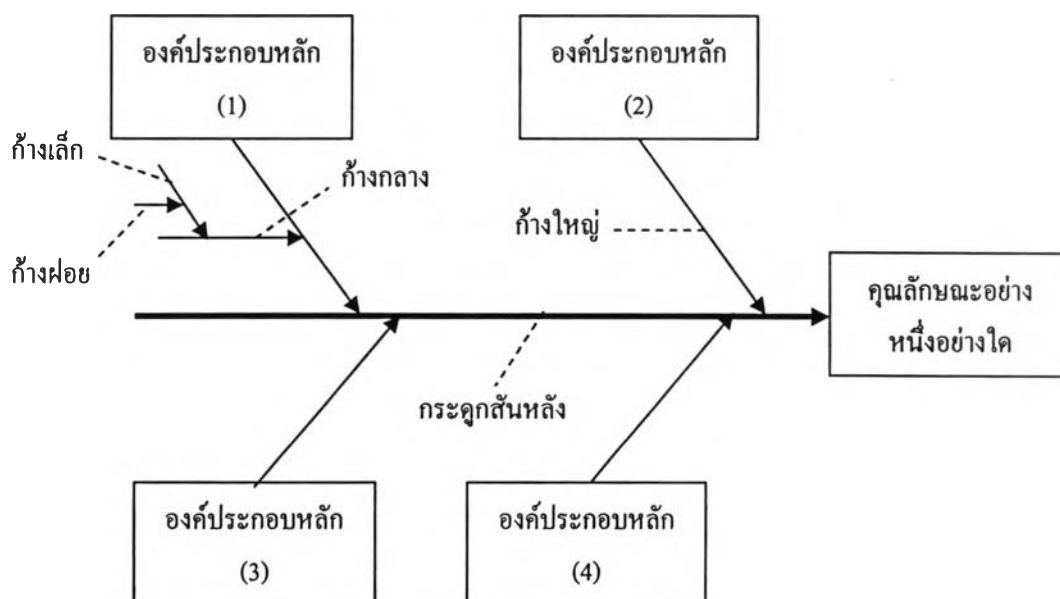
2.5.1 ความหมายของแผนภาพสาเหตุและผล

แผนภาพสาเหตุและผล คือ แผนภาพที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง (ผล) กับองค์ประกอบหรือสาเหตุต่างๆ (เหตุ) ที่มีผลทำให้เกิดคุณลักษณะนั้นๆ ไว้อย่างเป็นระบบ โดยรวบรวมในแผนภาพที่มีลักษณะคล้ายก้างปลาจึงเรียกชื่อกันว่า “ผังก้างปลา” และเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย ผู้ที่คิดค้นขึ้นมาคือ ดร.อิชิกาวา บางครั้งจึงเรียกแผนภาพอิชิกาวา (Ishikawa Diagram)

ผลผลิตหรือผลงานของขบวนการผลิตแต่ละหน่วย ย่อมประกอบขึ้นมาจากองค์ประกอบต่างๆ เหล่านั้น โดยองค์ประกอบหรือสาเหตุหลักโดยทั่วไปไม่ว่าจะอยู่ในหน่วยงานการผลิตหรือสำนักงาน มักจะใช้เหมือนกันคือ

- Man = คน
- Machine = เครื่องมือ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์
- Material = วัตถุดิบ หรือวัสดุ
- Method = วิธีการทำงาน

การรวบรวมองค์ประกอบหรือสาเหตุต่างๆ ให้เป็นระบบในรูปของงานแผนภาพสาเหตุและผล ช่วยให้เราสามารถค้นหา วิเคราะห์ปัญหาได้ง่ายขึ้น ว่าองค์ประกอบใดหรือสาเหตุใดที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลผลิตหรือผลงาน จะได้ควบคุมปรับปรุงสาเหตุหรือองค์ประกอบนั้นๆ ต่อไป



รูปแสดงส่วนประกอบต่างๆ ของแผนภาพสาเหตุและผล

ขั้นตอนการสร้างแผนภาพสาเหตุและผล

ขั้นที่ 1 ชี้ลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหาออกมาให้ชัดเจน ตัวอย่างเช่น ความผิดพลาดในการทำงาน

ขั้นที่ 2 ทริมหวาสดของกระดาษเขียนลักษณะคุณภาพลงไป ตีกรอบสี่เหลี่ยมแล้วลากเส้นรอบหน้าจากซ้ายมือมายังกรอบนี้ (เรียกเส้นกระดูกสันหลัง) แล้วเติมเป็นลูกศร

ขั้นที่ 3 แบ่งสาเหตุหรือองค์ประกอบที่สำคัญออกเป็น 4-8 ข้อ จากนั้นลากเส้น "ก้างใหญ่" จากซ้ายมือเฉียงเข้าหากระดูกสันหลังแล้วเขียนสาเหตุสำคัญต่างๆ ข้างต้น ที่ลูกศรและล้อมกรอบสี่เหลี่ยม

ขั้นที่ 4 พยายามหาสาเหตุที่ส่งผลให้เป็นสาเหตุใหญ่เขียนเป็นก้างปลา หากสาเหตุย่อยที่ส่งผลให้เป็นสาเหตุเขียนเป็นก้างเล็ก และในที่สุดหามูลเหตุซึ่งส่งผลให้เกิดสาเหตุย่อยเขียนเป็นก้างฝอย ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะช่วยให้มองเห็นวิธีการแก้ไขได้ชัดเจนขึ้น

ขั้นที่ 5 สรุปรวแผนภาพสาเหตุและผลอีกครั้งว่ามีสาเหตุอื่นๆ เพิ่มเติมอีกหรือไม่ ถ้ามีให้เขียนเติมลงไป

ขั้นที่ 6 ต่อจากนั้นจัดลำดับความสำคัญต่างๆ ในการกำหนดความสำคัญมากน้อยดังกล่าว อาจใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ถกเถียงร่วมกัน ใช้แผนภูมิพาเรโต กราฟ หรือเปิดอภิปรายทั่วไป เป็นต้น โดยจะใช้ล้อมกรอบหรือเติมวงกลมสีแดงข้างหน้าสาเหตุที่สำคัญมากกว่าเพื่อให้แบ่งชัดขึ้น

ขั้นที่ 7 เติมหัวข้อที่เกี่ยวข้องลงไป

- ชื่อผลิตภัณฑ์
- ขั้นตอนการผลิต
- วัน เดือน ปี ที่เขียน

2.5.2 ข้อเสนอแนะในการสร้างแผนภาพสาเหตุและผล

1. แผนภาพสาเหตุและผลจะมีประโยชน์และใช้งานได้ดีต้องมีการเข้าร่วมของบุคคลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ถกเถียงกันถึงจุดมุ่งหมายให้แจ่มชัดก่อนแล้วจึงแสดงความคิดเห็นออกมา ในการแสดงความคิดเห็นห้ามมิให้มีการคัดค้านว่าไม่ถูกต้องหรือไม่ได้อย่างเด็ดขาด ไม่ว่าความคิดเห็นของสมาชิกจะเป็นอย่างไรให้ส่งไปในแผนภาพสาเหตุและผลให้หมด

2. กำหนดลักษณะคุณภาพได้ชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากที่สุด ถ้าหากลักษณะคุณภาพดังกล่าวถูกกำหนดขึ้นกว้างๆ หรือลอยๆ (นามธรรม) แผนภาพสาเหตุและผลที่ได้จะใช้ประโยชน์ไม่ได้มากนัก วิธีที่ดีคือการจำแนกประเภทของลักษณะคุณภาพให้เล็กลงเป็นหลายๆ ประเภท

เช่น แทนที่จะพูดว่าคุณภาพสินค้าไม่ดี หากสามารถแยกให้ชัดได้ว่าหัวข้อคุณภาพที่ไม่ดีนั้นมีอะไรมาก เช่น ขนาดผิดพลาด มีรอยขีดข่วนหรือน้ำหนักกระจายตัวมากเกินไป เป็นต้น แล้วนำหัวข้อย่อยๆ เหล่านี้มาสร้างข้อละแผนภาพจะได้ประโยชน์มากกว่า

3. ชุดคีย์สาเหตุต่างๆ ออกมาให้ครบ เพราะจุดมุ่งหมายของการเขียนแผนภาพสาเหตุและผลไม่ได้อยู่ที่การใช้ต่างหาก ดังนั้นต้องพยายามทำแผนภาพสาเหตุและผลให้จุดของปัญหาเด่นชัดขึ้นมาให้ได้

4. ไม่ควรใช้สมองเพียงอย่างเดียว ควรอาศัยข้อเท็จจริงจากแหล่งงานด้วย ทั้งที่เคยพบเห็นในอดีตและปัจจุบันเป็นพื้นฐาน แล้วทำภาพสาเหตุและผลจากพื้นฐานข้อเท็จจริงดังกล่าว รายงานเองซ้ำๆ ว่า "ทำไม"

5. การที่สามารถเขียนแผนภาพสาเหตุและผลได้ดี แสดงว่าเข้าใจเนื้อหาของงานนั้นๆ

6. พยายามให้ทุกคนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น

2.5.3 ประโยชน์ของแผนภาพสาเหตุและผล

นอกเหนือจากใช้วิเคราะห์สาเหตุหรือองค์ประกอบของปัญหาเพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงแล้วแผนภาพสาเหตุและผลยังมีประโยชน์ทางด้านอื่นๆ อีก เช่น

1. จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโดยสมาชิกทุกคนในกลุ่ม คือ สาเหตุของการกระจายตัวหรือของเสีย ประสบการณ์และความชำนาญของแต่ละคนจะถูกเปิดเผยออกมาทำให้เพื่อนร่วมงานทราบ นับเป็นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและประสบการณ์ต่อกันอย่างดี

2. แผนภาพสาเหตุทำให้การประชุมเป็นไปได้อย่างถูกต้องทิศทางและมีประสิทธิภาพ และผลเป็นตัวนำทางสำหรับการปรึกษาหารือ (ของการประชุม) แต่ถ้าประชุมโดยมีแนวทางตามแผนภาพสาเหตุและผล กำหนดการหารือจะอยู่ในแนวทางเดียวกันอย่างใจจดใจจ่อ

3. แผนภาพสาเหตุและผลใช้ได้กับงานทุกชนิด ไม่เพียงใช้ได้เฉพาะในการผลิตเท่านั้นแต่ใช้ได้กับงานทุกประเภท

4. ใช้ในการอธิบายเรื่องงานและใช้อบรมพนักงานใหม่ด้วย