บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการวิจัย จะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านสถิติในเรื่องต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของกระบวนการซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma) ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

3.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของซิกซ์ ซิกมา

ซิกซ์ ซิกมา คือ ระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ ซิกซ์ ซิกมาได้ถูกเริ่มใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1980 โดยบริษัทโมโตโรล่าผู้บุกเบิกแนวความคิดทางซิกซ์ ซิกมา คือ Robert W. Galvin เพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโทรศัพท์เคลื่อนที่และเพจเจอร์ ซึ่งหลังจากประสบผลสำเร็จเขาจึงได้รับการแต่ง ตั้งให้เป็น CEO (Chief Executive Officer) ของบริษัทโมโตโรล่าในเวลาต่อมาและในปี ค.ศ. 1986 วิธีการทางซิกซ์ ซิกมาก็ได้ถูกพัฒนาโดย Dr. Mikel J. Harry ซึ่งเป็นพนักงานของบริษัทโมโตโรล่าเช่นเดียวกัน จนในปี ค.ศ. 1988 หลังจากที่บริษัทโมโตโรล่าได้ใช้ปรัชญาทางซิกซ์ ซิกมา เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในองค์กร ทำให้บริษัทโมโตโรล่าได้รับรางวัลชนะเลิศทางด้านคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award

กลยุทธ์ในการปรับปรุงคุณภาพของโมโตโรล่าได้กลายเป็นจุดสนใจขององค์กรต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยานยนต์ ซึ่งวิธีการทางซิกซ์ ซิกมานั้นได้จุดประกายความสนใจขององค์กรต่าง ๆ ที่จะใช้วิธีการนี้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตามเป้าหมาย หนึ่งในนั้นคือบริษัทไอบีเอ็ม ซึ่งเป็นบริษัทแรกที่นำวิธีการนี้มาใช้ในองค์กร โดยประยุกต์ใช้กับหน่วยงาน Application Business Systems Devision ซึ่งหลังจากประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้วิธีการทางซิกซ์ ซิกมาเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้บริษัทไอบีเอ็มได้รับรางวัลชนะเลิศทางคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี 1990

3.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา

ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกมา จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ จุดของการปฏิบัติงานซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่าง ๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมานี้จะประยุกต์ใช้กลยุทธ์ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ Define Phase, Measurement Phase, Analysis Phase, Improvement Phase และ Control Phase โดยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนมีดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

- ***การกำหนดปัญหา (Problem Statement)***

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า หรือทางด้านคุณภาพ (CTQ's : Critical to Quality)

- ***แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)***

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิต จะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนในการประกอบผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process Output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิตซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึง สิ่งผิดปกติหรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็น ขั้นตอนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลองโดยการตั้งสมมติฐาน หรือโดยการใช้ข้อมูลทางด้าน สถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุแห่งความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ (Cause of Poor Quality : COPQ)

การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่ง ในการระบุที่มีมาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต (Hidden factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

- *ผลรวมของสัดส่วนของเสีย (Rolled Throughput Yield)*

ได้มาจากการคำนวณของสัดส่วนของเสียครั้งแรกและ ไม่รวมสัดส่วนของเสียที่ได้มาจากการซ่อมแซม การคำนวณสัดส่วนของเสีย ก็เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการควบคุมกระบวนการผลิต

- *ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Dlagram)*

(ฮิโตชิ คุเมะ, ผู้เขียนและ วีระพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์, ผู้แปล, 2536)

ผังแสดงเหตุและผล คือ ผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ (ที่เกี่ยวข้อง) กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุคือปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น

การสร้างผังแสดงเหตุและผลที่จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างผังก้างปลาได้ถูกต้อง คือ ผู้ที่มีโอกาสแก้ปัญหาทางคุณภาพได้ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อสังเกตเกี่ยวกับผังแสดงเหตุและผล จะต้องทำการแยกแยะ และเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้นควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลาย ๆ ความคิดมาร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภาพหลังได้ (อาจจะทำให้การแก้ปัญหาผิดจุดได้) เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปขนาด หรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากผังก้างปลาจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ ในการผลิต การนำผังแสดงเหตุและผลไปใช้งานจะต้องก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้ จะนำไปผังแสดงเหตุผลที่ได้ไปเชื่อมโยงกับ FMEA

3.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

- *การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)*

(รศ.ธนากร เกียรติบรรลือ, 2543) กล่าวว่า FMEA คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการและการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า

ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลวปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการ

ประเมินผลจะต้องมีการบ่งชี้การกระทำ สำหรับการลด หรือขจัดโอกาสของความล้มเหลวปัญหาและความคิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

จะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิด คือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้มีของเสียและขจัด หรือลดปัญหาจากการผลิต ที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิต และความเชื่อถือสร้างความมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลว ความผิดพลาดและปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมาได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่าง ๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมาช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุง หลังจากมีมาตรฐานการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันทีเป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิต ภัณฑ์และการผลิต ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคต โดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่าง ๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการปรับปรุงและพัฒนาต่าง ๆ มีผู้ รับผิดชอบ หรือให้วิศวกรประจำกระบวนการผลิตสร้างระบบการป้องกันปัญหาที่สามารถประเมิน ผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน Fallure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลัง และเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่าง คือ

- System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงานการใช้งานมักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

- Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผล และการแก้ไขงานที่มีการทดลอง หรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก มักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่าง ๆ หรือ ส่วนย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบ เหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหาจะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน
- Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Process FMEA
- Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA
- Machlenery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความเย็น ส่วนส่งกำลังส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกร กระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่าง ๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่องทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิดหรือรูปแบบของปัญหา และความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการปริมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด
S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น
D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1 x 1 x 1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้น้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหาคือ ค่า RPN = 1000 ซึ่งมาจาก 10 x 10 x 10 หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานี้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

- ***การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด***

ในระบบการวัดมีความสำคัญมากการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์ และเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้ากระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นและธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหาทาง ด้านคุณภาพ หรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด ในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to – Part – Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) (ดำรง ทวีแสงสกุลไทยม 2538) ได้นิยามคำว่า ความแม่นยำ และความเที่ยงตรง ดังนี้

ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมากค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามากไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้ความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2542)

การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ

คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์การวัด หรือไม่และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ หรือ รีพีททะบิลิตี้ (repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน หรือรีโปรดิวซิบิลิตี้ (reproducibility) โดยที "รีพีททะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่อง กับชิ้นงานเดี่ยวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกันซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีททะบิลิตี้ในการประมาณค่า ความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (short-term measurement)

ส่วนรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้คำว่าโปรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีททะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกันในขณะที่รีโปรดิวซิบิลิตี้ คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัดโดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้อาจจะ หมายถึงพนักงานวัดกะวานอุปกรณ์จับยึด (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมเป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีททะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (GR&R – Gage Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึงการประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบบซ้ำ ๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน การวางแผนศึกษารีพีททะบิลิตี้ และรีโปรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนิน

จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือ ผู้ใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ) ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคนให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อย 2 คน โดย

พนักงานวัดทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาสำหรับงานประจำ

จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR&R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะแนะนำไว้ที่ 10 สิ่งตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง) x (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละสิ่งตัวอย่าง และสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีความแตกต่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม (ชิ้น)

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน (เรียกการทดลองแบบนี้ว่า Balance Design) ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR&R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (หรือการประเมินรีพีททะบิลิตี้ได้) จึงต้องมีความพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันให้มากที่สุด

วิธีการประเมินผลรีพีททะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะไม่ขออธิบาย

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วม ระหว่างชิ้นงาน

และพนักงานวัดออกจากครีพีททะบิลิตี้ได้ อย่างไรก็ดีวิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (interaction effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไปซึ่งจะพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมากและในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีความจำเป็นต้องตีความหมาย จากอิทธิพลหลัก (main effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงานวัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

3.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

จากผลลัพธ์ของขั้นตอนการวัดจะทำให้ทีมงานทราบถึงความสามารถของกระบวนการต่างๆที่เราสนใจในสภาพปัจจุบันซึ่งจะช่วยให้สามารถตีกรอบของปัญหาให้แคบลงได้วัตถุประสงค์ของขั้นตอนการวิเคราะห์คือให้ทีมงานพิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดใกล้ชิดยิ่งขึ้นเพื่อหาว่าอะไรคือต้นตอของปัญหา

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองว่าในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมุติฐานในการตรวจสอบ จะตั้งสมมุติฐานใน 2 ทางเลือก คือ

Ho : ระดับของปัจจัยไม่มีผลต่อกระบวนการผลิต

H1 : ระดับของปัจจัยมีผลต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยง 2 ตัวคือ $\propto$ และ β

$\propto$ หมายถึง ความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมุติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมุติฐาน หลักเป็นจริงหมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมุติฐานหลัก ทั้งที่สมมุติ ฐานหลักไม่เป็นจริงจากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการกำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ใน การทดลอง เพื่อให้มีความเชื่อมั่น หรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ และในการทำการวิเคราะห์ ก็มักจะให้ค่าของ $\propto$ คงที่และให้ค่า β น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

การทดสอบค่าเฉลี่ย

ในการทดสอบสมมติฐานของค่าเฉลี่ยของประชากรที่มีการแจกแจงปกติและทราบค่าความแปรปรวนว่าเท่ากับ σ^2-จะต้องสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากรดังกล่าวเพื่อหาค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ซึ่งค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ จะมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ $\bar{x}$ เท่ากับ μ และมีค่าความแปรปรวนของ $\bar{x}$ เท่ากับ σ^2/n การทดสอบสมมติฐานจะต้องตั้งข้อสมมติฐานดังนี้

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยซึ่งขนาดตัวอย่างมากกว่า 30

H_0	H_1	Critical Region
$\mu = \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$z > Z_\alpha or \bar{x} > \mu_0 + Z_\alpha \sigma/\sqrt{n}$
$\mu = \mu_0$	$\mu < \mu_0$	$z < -Z_\alpha or \bar{x} < \mu_0 - Z_\alpha \sigma/\sqrt{n}$
$\mu = \mu_0$	$\mu \neq \mu_0$	$\lvert z \rvert > Z_{\alpha/2} or \lvert \bar{x} - \mu_0 \rvert > Z_{\alpha/2} \cdot \sigma/\sqrt{n}$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ

$$z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$$

ช่วงวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญ สำหรับการทดสอบสมมติฐานทั้งสาม คือ

1. $Z > +z_{\square}$
2. $Z < -z_{\square}$
3. $|Z| > +z_{\square/2}$

ในรูปของ $\bar{x}$ ช่วงวิกฤตทั้งสามนี้คือ

1. $\bar{x} > \mu_0 + Z_\alpha \sigma/\sqrt{n}$
2. $\bar{x} < \mu_0 - Z_\alpha \sigma/\sqrt{n}$
3. $\lvert \bar{x} - \mu_0 \rvert > Z_{\alpha/2} \cdot \sigma/\sqrt{n}$

ถ้ามีการสุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ หรือ n > 30-ตัวอย่างจากประชากรซึ่งอาจจะไม่เป็นการแจกแจงปกติก็ได้แต่ทราบความแปรปรวนσ^2จะสามารถใช้ทฤษฎีสู่จุดศูนย์กลางเพื่อการทดสอบได้ และเมื่อไม่ทราบค่า σ^2 ก็อาจจะสามารถใช้ S^2 แทนได้

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

สำหรับการสุ่มตัวอย่างขนาดเล็กซึ่งมีขนาดน้อยกว่า30ตัวอย่างสุ่มมาจากประชากรปกติที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวน

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$T = \frac{\bar{x} - \mu}{S/\sqrt{n}}$$

องศาเสรี $\nu = n - 1$

การทดสอบสมมติฐานจะต้องตั้งข้อสมมติฐานดังนี้

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยซึ่งขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30

H_0	H_1	Critical Region
$\mu = \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$t > t_{\alpha,(n-1)} or \bar{x} > \mu_0 + t_{\alpha,(n-1)} S/\sqrt{n}$
$\mu = \mu_0$	$\mu < \mu_0$	$t < -t_{\alpha,(n-1)} or \bar{x} < \mu_0 - t_{\alpha,(n-1)} S/\sqrt{n}$
$\mu = \mu_0$	$\mu \neq \mu_0$	$\lvert t \rvert > t_{\alpha/2(n-1)} or \lvert \bar{x} - \mu_0 \rvert > + t_{\alpha/2(n-1)} S/\sqrt{n}$

ช่วงวิกฤตที่ระดับนัยสำคัญ สำหรับการทดสอบสมมติฐานทั้งสามคือ

1. $t > t_{\alpha,(n-1)}$
2. $t < -t_{\alpha,(n-1)}$
3. $\lvert t \rvert > t_{\alpha/2(n-1)}$

ในรูปของ x ช่วงวิกฤตทั้งสามนี้คือ

1. $\bar{x} > \mu_0 + t_{\alpha,(n-1)} \cdot S/\sqrt{n}$
2. $\bar{x} < \mu_0 - t_{\alpha,(n-1)} \cdot S/\sqrt{n}$
3. $|\bar{x} - \mu_0| > + t_{\alpha/2(n-1)} \cdot S/\sqrt{n}$

การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ย

การทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากรปกติ 2 ชุด โดยการสุ่มตัวอย่างอิสระขนาด n_1 และ n_2 ตัวอย่างจากประชากรดังกล่าว และหาค่าเฉลี่ย $\overline{x_1}$ และ $\overline{x_2}, (\overline{x_1} - \overline{x_2})$

ในกรณีที่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองชุดและจำนวนตัวอย่างที่สุ่มมากกว่า 30-ตัวอย่าง-จะต้องตั้งข้อสมมติฐานดังนี้ คือ

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยซึ่งขนาดตัวอย่างมากกว่า 30

H_0	H_1	Critical Region
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$z > z_\alpha$ หรือ $(\overline{x_1} - \overline{x_2}) > z_\alpha \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = 0$	$\mu_1 < \mu_2$	$z < -z_\alpha$ หรือ $(\overline{x_1} - \overline{x_2}) < -z_\varepsilon \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$
	$\mu_1 \neq \mu_2$	$\lvert z \rvert > z_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert \overline{x_1} - \overline{x_2} \rvert > z_{\alpha/2} \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = d$	$\mu_1 - \mu_2 > d$	$z > z_\alpha$ หรือ $(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - d > z_\alpha \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$
	$\mu_1 - \mu_2 < d$	$z < -z_\alpha$ หรือ $(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - d < -z_\varepsilon \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$
	$\mu_1 - \mu_2 \neq d$	$\lvert z \rvert > z_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert \overline{x_1} - \overline{x_2} \rvert - d > z_{\alpha/2} \sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$z = \frac{(\overline{x_1} - \overline{x_2}) - d}{\sqrt{\sigma^2_{1/n_1} + \sigma^2_{2/n_2}}}$$

ในกรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองชุดและจำนวนตัวอย่างที่สุ่มยังคงมากกว่า30ตัวอย่างซึ่งสามารถใช้ทฤษฎีสู่จุดศูนย์กลางได้ดังนั้นเราจึงใช้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่สุ่มมานั้นแทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร

ในกรณีที่ไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากรทั้งสองชุดและจำนวนตัวอย่างที่สุ่มมาน้อยกว่า 30 ตัวอย่าง ไม่สามารถให้ทฤษฎีสู่จุดศูนย์กลางได้ แต่สามารถใช้กระจายแบบ t และค่าสถิติ T ในการทดสอบข้อสมมติฐานได้ดังนี้

(ก) เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวนแต่ค่าความแปรปรวนเท่ากัน $\left(\sigma_1^2 = \sigma_2^2\right)$ จะต้องตั้งข้อสมมติฐานดังนี้

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยซึ่งขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 และไม่ทราบค่าความแปรปรวนแต่ค่าความแปรปรวนเท่ากัน

H_0	H_1	Critical Region
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$t > t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) > t_\alpha S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = 0$	$\mu_1 < \mu_2$	$t < -t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) < -t_\varepsilon S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$
	$\mu_1 \neq \mu_2$	$\lvert t\rvert > t_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert > t_{\alpha/2} S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = d$	$\mu_1 - \mu_2 > d$	$t > t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d > t_\alpha S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$
	$\mu_1 - \mu_2 < d$	$t < -t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d < -t_\varepsilon S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$
	$\lvert\mu_1 - \mu_2\rvert > d$	$\lvert t\rvert > t_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert - d > t_{\alpha/2} S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$

โดยที่ $$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

และองศาเสรี $\nu = n_1 + n_2 - 2$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p\sqrt{1/n_1 + 1/n_2}}$$

(ข) เมื่อไม่ทราบค่าความแปรปรวน แต่ค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน $(\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2)$ จะต้องตั้งข้อสมมติฐานดังนี้

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยซึ่งขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 30 และไม่ทราบค่าความแปรปรวนแต่ค่าความแปรปรวนไม่เท่ากัน

H_0	H_1	Critical Region
$\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$t > t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) > t_\alpha\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = 0$	$\mu_1 < \mu_2$	$t < -t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) < -t_\varepsilon\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$
	$\mu_1 \neq \mu_2$	$\lvert t\rvert > t_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert > t_{\alpha/2}\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$
หรือ		
$\mu_1 - \mu_2 = d$	$\mu_1 - \mu_2 > d$	$t > t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d > t_\alpha\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$
	$\mu_1 - \mu_2 < d$	$t < -t_\alpha$ หรือ $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - d < -t_\varepsilon\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$
	$\mu_1 - \mu_2 \neq d$	$\lvert t\rvert > t_{\alpha/2}$ หรือ $\lvert\bar{x}_1 - \bar{x}_2\rvert - d > t_{\alpha/2}\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}$

โดยที่องศาเสรี

$$\nu = \frac{\left[S_{1/n1}^2 + S_{2/n2}^2\right]^2}{\frac{\left(S_{1/n1}^2\right)^2}{(n_1 - 1)} + \frac{\left(S_{2/n2}^2\right)^2}{(n_2 - 1)}}$$

ค่าสถิติที่ใช้ทดสอบคือ

$$T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_{1/n_1}^2 + S_{2/n_2}^2}}$$

การทดสอบค่าความแปรปรวน

ในการทดสอบค่าความแปรปรวนของประชากรที่มีการแจกแจงปกติว่ายังคงมีค่าความแปรปรวนตามที่กล่าวอ้างไว้หรือไม่จะต้องสุ่มตัวอย่างจากประชากรดังกล่าวเพื่อหาความแปรปรวนของตัวอย่างและใช้ค่าสถิติ x^2 ในการทดสอบและต้องตั้งสมมติฐานดังนี้

การตั้งสมมติฐานสำหรับการทดสอบค่าความแปรปรวน

H_0	H_1	Critical Region
$\sigma^2 = \sigma_0^2$	$\sigma^2 > \sigma_0^2$	$x^2 > x^2_{\alpha,n-1}$
	$\sigma^2 < \sigma_0^2$	$x^2 < x^2_{1-\alpha,n-1}$
	$\sigma^2 \neq \sigma_0^2$	$x^2 > x^2_{\alpha/2,n-1}$
		$x^2 < x^2_{1-\alpha/2,n-1}$

P-value

คือ ค่าความน่าจะเป็นที่น้อยที่สุดที่สามารถจะปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ค่า P-value นี้เป็นค่าที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันในการสรุปผลข้อมูลเพื่อการอ้างอิงต่างๆในทางสถิติ เพื่อเพิ่มระดับความเชื่อมั่นให้กับผู้ประมวลผลเนื่องจากปัญหาที่พบมากในปัจจุบันในการทำการทดสอบสมมติฐานคือการสรุปผลจากค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่างซึ่งมาจากข้อมูลชุดเดียวกันประมวลผลออกมาต่างกันมักจะพบมากในกรณีที่ค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่าง นั้นมีค่าใกล้กับค่าวิกฤตมากๆ ตัวอย่างเช่น

ในการทดสอบมาตรฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบแบบสองทางที่ระดับนัยสำคัญ 0.05ในการทดสอบโดยทั่วไปบริเวณวิกฤตคือบริเวณที่เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลักถ้าค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากตัวอย่างมีค่าอยู่ในบริเวณนั้นค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยในกรณีที่รู้ค่าความแปรปรวนของประชากรคือค่าสถิติZดังนั้นถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้จากตัวอย่างมีค่ามากกว่า 1.96 1(Z.025) หรือน้อยกว่า -1.96 (Z.025) เราจะปฏิเสธสมมติฐานหลัก

3.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

จากขั้นตอนการวัดทีมงานจะแน่ใจได้ว่าปัจจัยใดที่มีผลต่อปัญหาของเรา จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการปรับปรุงซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ

กำหนดวิธีการในการปรับปรุงกระบวนการ

1.เลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุดแล้วนำไปทดลอง (pilot) ก่อนเมื่อแน่ใจว่าไม่ก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆ จึงเริ่มใช้ในสภาพการทำงานจริง

2. ตรวจสอบ (validate) ผลการดำเนินการว่าทำให้เกิดการปรับปรุงดังที่คาดไว้หรือไม่

การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจดูว่าปัจจัย (Factor) ใดหรือตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable) หมายถึงปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่าปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้อง ทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้น จึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factor) ที่สนใจ
- ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete random) ในการวัดค่า
- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomize Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือต้องทำการสุ่ม (RandomizatIon) ทุกครั้งต้องทำซ้ำ ทุกการทดลองทำทำการบล้อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อก (Blocking) อาจจะทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวน

ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ออกแบบและวางแผนการทดลอง
- เก็บข้อมูล
-วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block effect) ด้วย

แผนการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย (Multiple factor experIment) และเนื่องจากปัจจัย (factor) มากกว่า 1 ปัจจัย ดังนั้นนอกจากจะเกิด อิทธิพลของปัจจัย (Main effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม (InteractIon effect) ได้ด้วย

อิทธิพลของปัจจัยร่วม (InteractIon effect) คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้ว มีผลทำให้อิทธิพล (effect) ของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังตัวอย่าง การเกิดอิทธิพลของปัจจัยร่วม หรือปฏิสัมพันธ์ ซึ่งเมื่อไม่มีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (1) และเมื่อมีอิทธิพลของปัจจัยร่วมแสดงดัง (2) โดย A และ B คือปัจจัย 2 ปัจจัย

เหตุที่ใช้เนื่องจากการออกแบบ 2^k แฟคโทเรียล นั้นเหมาะสมกับรูปแบบ (model) ที่มีความเป็น เส้นตรง (linearIty) จึงจะมีความถูกต้องในการตีความข้อมูลได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น หากว่าอิทธิพลของปัจจัยต่อตัวแปรตอบสนองมีความเป็นเส้นตรง (linearity) ไม่ดีแล้วจะหันมาใช้ แบบ 3^k แฟคโทเรียลแทน จะเหมาะสมกว่า

แผนการทดลองแบบแฟรกชั่นนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์ จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial design) โดยการออกแบบ การทดลอง แบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่มีปัจจัยเป็นจำนวนมาก จึงต้องทำ การตัดปัจจัยบางตัวออก โดย อาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound) แนวเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบ ทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิมซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีตเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือก อิทธิพล

ของทรีต เมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวน การผลิต เป็นตัวกำหนด โดยเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์

การประมาณการทดสอบเอฟ (Approximate F-Test) ในการทดลองแบบแฟคโทเรียล ที่มี ปัจจัย 3 ปัจจัยหรือมากกว่า ซึ่งจะเป็นรูปแบบกำหนด รูปแบบอื่นๆ และการออกแบบที่ซับซ้อน บ่อยครั้งพบว่าไม่สามารถที่จะทดสอบทางสถิติได้อย่างถูกต้องในบางอิทธิพลของทรีตเมนต์ ซึ่งการ แก้ไขหนทางหนึ่งที่เป็นไปได้ คือ การตั้งสมมุติฐานว่าในบางปฏิสัมพันธ์บางอิทธิพลสามารถที่จะ ละเลยได้

3.2.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control Phase)

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้คือเพื่อควบคุมให้ผลการปรับปรุงที่ได้ทำมาคงอยู่ต่อไปและติด ตามผลการดำเนินงานของระบบการ หลังจากทำการปรับปรุงไปแล้ว

หลังจากขั้นตอนการปรับปรุง ทีมงานจะถ่ายโอนงานในการควบคุมกระบวนการให้แก่เจ้า ของกระบวนการ ซึ่งเป็นผู้มีหน้าที่รับผิดชอบสำหรับ ผลการดำเนินงานของกระบวนการนั้นๆ

แผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุมคือแผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำ ขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่ กำหนด (SpecifIcatIon)ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิตและ จะต้องควบคุมเพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิต ขั้นตอนใดขั้น ตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัด คุณภาพของลิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียน บันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ ซึ่งโดยปกติจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือ เส้นที่ แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบน และเส้น ขอบเขตควบคุมล่าง เป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได และหากอยู่ใน ขอบเขตนี้ก็ถือว่า ผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขต ควบคุม (ไม่ว่าใน ทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการ ปรับปรุงแก้ไขจุดบก พร่องโดยทันที

เส้นควบคุมขีดความสามารถ หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากรหรือคำนวณจาก กลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับค่าห่างจากค่าเฉลี่ย ของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดเส้นขอบเขตควบคุมสำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากการควบคุม หรือยังกำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$

การใช้งานแผนภูมิควบคุม การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิตควรมีเทคนิคต่อไปนี้ เลือกบริเวณที่จะควบคุม ก่อนอื่นก็คือปัญหาอะไรที่จะต้องทำ และเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินในปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่าต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาการใช้แผนภูมิ ควบคุมแบบไหน อาจจะเป็นแผนภูมิแบบ X - R, X, pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงาน และผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผนภูมิควบคุม