

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

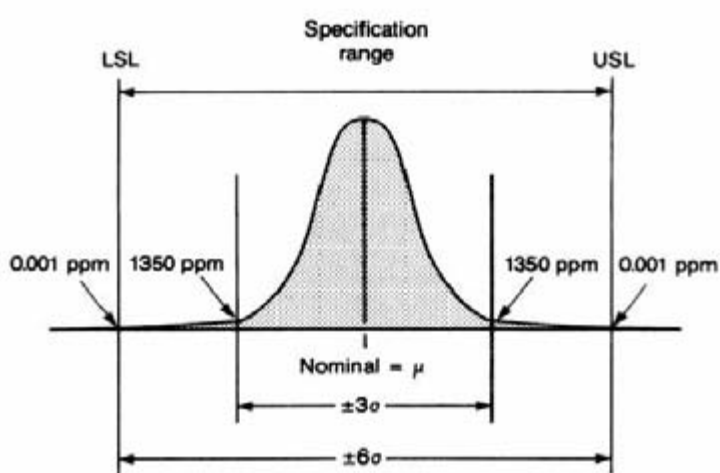
ทฤษฎีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการวิจัยจะเกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านสถิติในเรื่องต่างๆ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางของกระบวนการซิกซ์ ซิกม่า (ซิกซ์ ซิกม่า) ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

2.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า คือระบบที่จะทำให้องค์กรสามารถที่จะนำความรู้และประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อให้ผลิตภัณฑ์สำเร็จมีคุณภาพตามที่ลูกค้าต้องการ ซิกซ์ ซิกม่า ได้ถูกเริ่มใช้ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2523 โดยบริษัทโมโตโรล่าผู้บุกเบิกแนวความคิดทางซิกซ์ ซิกม่า คือ Robert W. Galvin เพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตโทรทัศน์เคลื่อนที่และเพจเจอร์ ซึ่งหลังจากประสบผลสำเร็จเขาจึงได้รับการแต่งตั้งให้เป็น CEO (Chief Executive Officer) ของบริษัทโมโตโรล่าในเวลาต่อมาและในปี พ.ศ. 2529 วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า ก็ได้ถูกพัฒนาโดย Dr. Mikel J. Harry ซึ่งเป็นพนักงานของบริษัทโมโตโรล่าเช่นเดียวกัน จนในปี พ.ศ. 2531 หลังจากที่บริษัทโมโตโรล่าได้ใช้ปรัชญาทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในองค์กร ทำให้บริษัทโมโตโรล่าได้รับรางวัลชนะเลิศทางด้านคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award กลยุทธ์ในการปรับปรุงคุณภาพของโมโตโรล่าได้กลายเป็นจุดสนใจขององค์กรต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุตสาหกรรมเกี่ยวกับยานยนต์ ซึ่งวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่านั้นได้จุดประกายความสนใจขององค์กรต่าง ๆ ที่จะใช้วิธีการนี้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ตรงตามเป้าหมาย หนึ่งในนั้นคือบริษัทไอบีเอ็ม ซึ่งเป็นบริษัทแรกที่น่าวิธีการนี้มาใช้ในองค์กรโดยประยุกต์ใช้กับหน่วยงาน Application Business Systems Division ซึ่งหลังจากประสบความสำเร็จในการประยุกต์ใช้วิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้บริษัทไอบีเอ็มได้รับรางวัลชนะเลิศทางคุณภาพ Malcolm Baldrige National Quality Award ในปี พ.ศ. 2533

2.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกม่า

ซิกซ์ ซิกม่า นั้นแท้จริงแล้วเป็นภาษาในวิชาสถิติ ซึ่งสัญลักษณ์ Sigma (σ) เป็นตัวอักษรในภาษากรีกที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งค่าซิกม่ายิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการยิ่งสูง ทำให้มีพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับหรือในสเปคน้อยลง นั่นคือมีของเสียที่อยู่นอกเหนือขอบเขตที่ยอมรับได้น้อยลง ดังภาพที่ 2.1

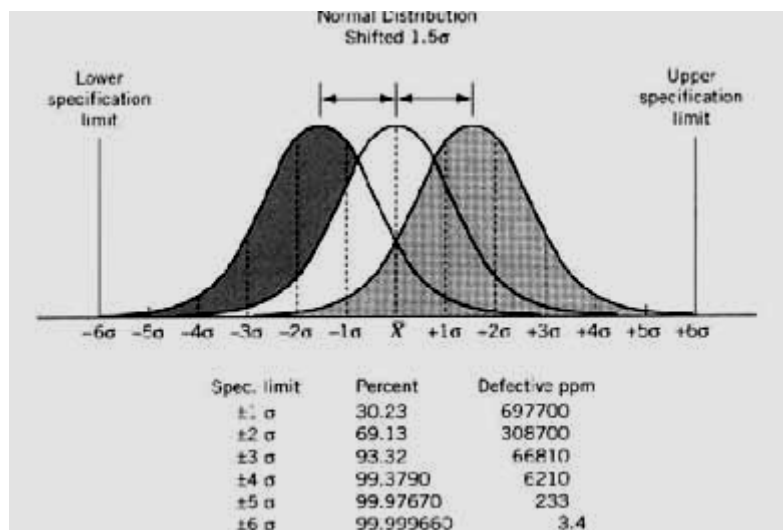


ภาพที่ 2.1

เส้นโค้งตามปกติ

โดยที่ในระดับ 6 Sigma นั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ที่มีปริมาณ 3.4 ชิ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้น หรือที่เรียกว่า 3.4 ppm (Parts Per Million) ซึ่งหากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ (Normal Distribution Curve) จริงๆ ทางสถิติที่ระดับ 6 Sigma จะมีของเสียที่อยู่นอกขอบเขตของการยอมรับเท่ากับ 0.002 ชิ้น ต่อ 1 ล้านชิ้นเท่านั้น แต่เหตุผลที่หลักการ ซิกซ์ ซิกม่า ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีการยอมรับของเสียที่ 3.4 ppm ก็เพราะว่าในขณะที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ความแปรปรวนในบริษัทโมโตโรล่านั้น ได้พบว่าไม่มีระบบการผลิตใดเลยที่จะไม่ถูกรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก นั่นก็คือเราไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกเพื่อไม่ให้ส่งผลถึงความเบี่ยงเบนของข้อมูลได้ ซึ่งระบบที่ไม่มี ความแปรปรวนเลยจึงเป็นเพียงระบบในอุดมคติ (Ideal System) ดังนั้นโมโตโรล่าจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ในกระบวนการผลิต เพื่อหาความแปรปรวนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอันส่งผลถึงการคลาดเคลื่อนของค่ากึ่งกลาง ซึ่งได้ข้อสรุป

จากการวิเคราะห์คือ ค่าเบี่ยงเบนของข้อมูลอันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกมีค่าอยู่ในช่วง 1.4 - 1.6 เท่าของซิกม่า จึงนำค่าเฉลี่ยคือ 1.5 เท่าของซิกม่า เป็นค่าความเบี่ยงเบนของค่ากึ่งกลางข้อมูลที่ยอมรับได้นำมาใช้ในทฤษฎี ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งค่า 3.4 ppm จึงเป็นค่าความผิดพลาดที่ 4.5 เท่าของซิกม่าตามหลักสถิตินั่นเอง แสดงภาพประกอบคำอธิบายดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2

การกระจายตัวที่มีผลจากปัจจัยกวน

ในการที่จะบรรลุวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำให้เกิดความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า จะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จุดของการปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องอาศัยกลยุทธ์ในการประยุกต์ใช้วิธีการต่างๆ ในวิชาสถิติ ซึ่งในวิธีการทางซิกซ์ ซิกมานี้ จะประยุกต์ใช้กลยุทธ์ ทั้ง 5 ขั้นตอนที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการผลิต คือ DMAIC ซึ่งเป็นตัวย่อมาจากขั้นตอนที่เป็นลำดับของการกำหนด (D: Define) การวัด (M: Measure) การวิเคราะห์ (A: Analyze) การปรับปรุง (I: Improve) และการควบคุม (C: Control) โดยรายละเอียดและเครื่องมือทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละกิจกรรมทั้ง 5 ขั้นตอนมีดังนี้

2.2.1 ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา (Define Phase)

เป็นการกำหนดปัญหา (Problem Statement) ระบุปัญหาที่ต้องการทำการการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้นๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อลูกค้า หรือทางด้านคุณภาพ เป็นขั้นตอนกำหนดกระบวนการ กำหนดปัจจัยสำคัญในการวัด การวิเคราะห์ การปรับปรุงและการควบคุม โดยมีเทคนิคหลักๆ คือ

■ แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหา ซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิตเพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรสำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process output) ขั้นตอนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิตซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติ หรือทราบสาเหตุที่แท้จริงของความบกพร่องในการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นตอนนี้อาจเป็นขั้นตอนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหา โดยการทดลองโดยการตั้งสมมติฐาน หรือ โดยใช้ข้อมูลทางด้านสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธีการสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์ต้องใช้การระดมสมอง และทีมงานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะได้รายละเอียดที่สำคัญและครบถ้วนของกระบวนการผลิต ซึ่งแผนภาพการไหลนั้นจะต้องสามารถบอกถึงสาเหตุแห่งความบกพร่องของผลิตภัณฑ์ การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์จำเป็นอย่างยิ่ง ในการระบุที่มาของข้อบกพร่อง และสิ่งที่ซ่อนในกระบวนการผลิต ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

2.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

เป็นขั้นตอนในการคัดเลือกลักษณะจุดวิกฤตต่อคุณภาพ ในการผลิตผลิตภัณฑ์ หรือ ดำเนินกระบวนการ กำหนดมาตรฐานสมรรถภาพสำหรับผลลัพธ์ที่ทำการศึกษา ทบทวนตรวจสอบระบบการวัดสำหรับผลลัพธ์นั้นๆ โดยวัดความสามารถของกระบวนการในการก่อเกิดผลลัพธ์ ซึ่งมีเทคนิคหลักๆ คือ

■ การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมาก การวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์ และเป็นการควบคุมกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้ากระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะ ความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด ในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์

คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออก เป็นชิ้นงาน (Part - to - Part - Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามากไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดที่ให้ค่าใกล้เคียงความจริงมาก ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณาความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่ คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้วจะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ หรือรีพีทะบิลิตี้ (repeatability) และความสามารถในการทำเหมือน หรือ รีโพรดูซิบิลิตี้ (reproducibility)

รีพีทะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติ จะใช้ค่ารีพีทะบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (short-term measurement)

รีโพรดูซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดงานชิ้นเดียวกัน ด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้ค่ารีโพรดูซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะยาว (long-term measurement) นอกจากนี้อาจจะกล่าวอย่างสั้น ๆ ได้ว่า รีพีทะบิลิตี้ คือ ความผันแปรภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกัน ในขณะที่รีโพรดูซิบิลิตี้ คือ ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัดโดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้อาจจะหมายถึง พนักงานวัดแต่ละกะ อุปกรณ์ จัปยัด (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เป็นต้น

ในการประเมินผลค่ารีพีทะบิลิตี้ และรีโพรดูซิบิลิตี้ของระบบการวัด (GR&R - Gage Repeatability and Reproducibility) จะหมายถึงการประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบบซ้ำๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน การวางแผนศึกษา รีพีทะบิลิตี้และรีโพรดูซิบิลิตี้ของ ระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อ

การพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการ วัดโดยปกติแล้วจะต้องมีการ สอบเทียบก่อนการศึกษารีฟิทะบิลิตี้ และ รีโปรดิวซิบิลิตี้ จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรจะจะมีการ สอบ เทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ในระหว่างการศึกษาจะ ทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีฟิทะบิลิตี้ของระบบการวัดด้วย

จำนวนพนักงานวัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R

ในการกำหนดจำนวนพนักงานวัดที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็น อย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าใน ระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือ ผู้ใช้เครื่องมือในการ กำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ) ในกรณีทีระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคน ให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาน้อย 2 คน โดยพนักงานวัดทุกคน ต้อง ผ่าน การ ฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษา สำหรับงานประจำ จำนวน สิ่งตัวอย่างที่ใช้ ในการศึกษา GR & R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะ แนะนำไว้ที่ 10 สิ่งตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่ง ตัวอย่าง) $\times$ (จำนวนของพนักงานวัด) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่ม จำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละสิ่งตัวอย่าง และสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มี ความแตกต่างมีนัยสำคัญ และในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอ ต่อการตรวจจับความผันแปรของ ชิ้นงานในกระบวนการแล้ว จะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำ กว่า 5 กลุ่ม (ขึ้น)

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้นโดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กัน (เรียกการ ทดลองแบบนี้ว่า Balance Design) ซึ่งโดยทั่วไป จะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2-3 ครั้ง ต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR & R ในการศึกษา GR & R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (หรือ การประเมินรีฟิทะบิลิตี้ได้) จึงต้องมีความพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันให้ มากที่สุด

วิธีการประเมินผลรีฟิทะบิลิตี้และรีโปรดิวซิบิลิตี้ มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะไม่ ขอบธิบาย

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)

- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงานเป็นสาเหตุความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากรีฟิเทบิลิตี้ได้แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณแต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีการใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (interaction effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมทำการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะพบว่าอิทธิพลร่วมมีผลมากและในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ก็ไม่มีคำตอบจำเป็นต้องตีความหมาย จากอิทธิพลหลัก (main effect) ของพนักงานวัด หรือชิ้นงานอีก เพราะว่าแม้อิทธิพลหลักของพนักงาน วัดจะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่แท้จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

- ตารางแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Matrix)

คือตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่างๆ (ที่เกี่ยวข้อง) กล่าวคือ คุณลักษณะทางคุณภาพคือผลที่เกิดขึ้นจากสาเหตุคือปัจจัยต่างๆ ที่เป็นต้นตอของคุณลักษณะอันนั้น การสร้างตารางแสดงเหตุและผลที่ จะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริง ๆ ไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างตาราง อาจจะวางแผนผังก้างปลา ก่อน แล้วจึงดูความน่าจะเป็นและโอกาสทำให้เกิดปัญหา โดยการระดมความคิดกับทางทีมงาน ข้อสังเกตเกี่ยวกับตารางแสดงเหตุและผลจะต้องทำการแยกแยะ และเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้น ควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มหลายๆ ความคิด หรือจากผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิค มาร่วมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้ (อาจทำให้การแก้ปัญหาผิดจุดได้) เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปขนาด หรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะในที่สุดแล้ว ผลสรุปจากตารางจะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ในการผลิต ก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนให้กับปัจจัยสาเหตุแต่ละตัวเพื่อได้ใช้การจัดลำดับความสำคัญของปัญหาซึ่งแนวทางเสนอแนะนี้จะนำไปเชื่อมโยงกับ FMEA ต่อไป

2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

เป็นการระบุแหล่งของความแปรปรวน ตรวจสอบสาเหตุของศักยภาพทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผลลัพธ์ และระบุปัจจัยที่สำคัญ โดยมีเทคนิคหลักๆ คือ

■ การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)

คือเทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการป้องกันและการขจัดปัญหาความล้มเหลวและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือ เกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการและการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า

ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลวปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงาน การออกแบบ การผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการประเมินผลจะต้องมีการป้องกันการกระทำ สำหรับการลด หรือขจัดโอกาสของความล้มเหลวปัญหาและความผิดพลาดนั้นๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีก

จะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิด คือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และ ข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไข และอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อเสียและข้อขัด หรือลดปัญหาจากการผลิต ที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิต และความเชื่อถือสร้างความมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลวความผิดพลาดและปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมาได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่างๆ และระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมาช่วยแสดงบันทึก

ผลของการปรับปรุงหลังจากมีมาตรฐานการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันทีเป็นพื้นฐาน สำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการผลิต ช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีต สำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตโดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่างๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่า การปรับปรุงและพัฒนาต่างๆ มีผู้รับผิดชอบหรือให้วิศวกรประจำกระบวนการผลิต สร้างระบบการป้องกันปัญหาที่สามารถประเมินผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน

Fallure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาด ก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรงขึ้นมาภายหลัง และเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งานได้หลายอย่างคือ

System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุง ระบบการทำงานการใช้งาน มักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่การสร้างแนวความคิดในการออกแบบ และกำหนดรายละเอียดของระบบงาน การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรกมักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่าง ๆ หรือส่วนย่อย ๆ เข้าด้วยกัน และส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบ เหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหา จะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัด และสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อจัดทำ Process FMEA

Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

Machinery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความสะอาด ส่วนส่งกำลัง ส่วนหล่อลื่น ชุดเกียร์ ตลับลูกปืน เป็นต้น

งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็นการวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่างๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกัน จะถูกบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่ย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหา และความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคย

เกิดขึ้นมาแล้วมีอะไรบ้างมีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไร หลังจากนั้นจะมีการปริมาณตัวเลขระดับความเสี่ยงหรือที่เรียกกันว่าค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ $O \times S \times D$ เมื่อ

- $O = \text{Occurrence}$ คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือ ความผิดพลาด
- $S = \text{Severity}$ คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น
- $D = \text{Detection}$ คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O , S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า $RPN = 1$ ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้น้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้น้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์ ส่วนค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า $RPN = 1000$ ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมาก เช่น พบทุกวัน และ ระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีวิธีการตรวจจับปัญหานั้นก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าเลย

■ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

การวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการ เป็นเทคนิคและเครื่องมือทางสถิติอันหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการในการผลิต รวมทั้งใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบระดับคุณภาพของกระบวนการผลิตเพื่อเชื่อถือได้ของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ความสามารถของกระบวนการเป็นตัวบ่งบอกว่ากระบวนการการผลิตว่ามีความสามารถที่จะผลิตผลิตภัณฑ์ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้าหรือไม่

ดังนั้นการวิเคราะห์ความสามารถกระบวนการประกอบด้วย การวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพของกระบวนการ (Stability) การวิเคราะห์ความสามารถด้านศักยภาพ (Potential Capability, C_p) การวิเคราะห์ความสามารถด้านสมรรถนะด้วยค่ากลาง และค่าเป้าหมาย (Performance Capability, C_{pk} , C_{pm}) เป็นเครื่องมือสามารถนำมาประเมินระดับคุณภาพในการผลิต และเพื่อใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่องได้

การทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐานทางสถิติ คือ ประโยคหรือข้อความที่กล่าวเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของการแจกแจงความน่าจะเป็น ซึ่งอาจจะเป็นจริงหรือเป็นเท็จก็ได้ ข้อความหรือประโยคดังกล่าวนี้ต้องระบุกลุ่มของประชากรที่เกี่ยวข้องมาด้วยกลุ่มหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งกลุ่มก็ได้

สมมติฐานทางสถิติที่เขียนไว้ในเชิงปริมาณการเท่ากันของค่าสถิติ เรียกว่า สมมติฐานที่ไม่มีความแตกต่างกัน นักวิจัยเรียกว่า “สมมติฐานหลัก” (Null Hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 ส่วนสมมติฐานที่มีความแตกต่างกันเรียกว่า “สมมติฐานรอง” (Alternative Hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_1

การทดสอบสมมติฐานทางเดียว

เป็นการตั้ง H_0 โดยกำหนดให้ $H_0 : \mu = \mu_0$

และกำหนด H_1 ดังนี้ $H_1 : \mu < \mu_0$ หรือ $H_1 : \mu > \mu_0$

โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ยของประชากรทั้งหมดที่สนใจ μ_0 คือ ค่าเฉลี่ยอ้างอิง

การทดสอบสมมติฐานสองทาง

เป็นการตั้ง H_0 โดยกำหนดให้ $H_0 : \mu = \mu_0$

และกำหนด H_1 ดังนี้ $H_1 : \mu \neq \mu_0$

ในการทดสอบสมมติฐานจะเกิดลักษณะของความผิดพลาดในการยอมรับ หรือปฏิเสธสมมติฐาน ซึ่งความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทนี้ สามารถเกิดขึ้นได้ขณะทดสอบสมมติฐาน ถ้าหากค่า H_0 ถูกปฏิเสธ ทั้งที่ค่า H_0 ถูกต้อง จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 ขึ้น แต่ถ้า H_0 ไม่ถูกปฏิเสธ ทั้งที่ H_0 ไม่ถูกต้อง จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 2 ขึ้น ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดทั้ง 2 ประเภทนี้ ก่อให้เกิดสัญลักษณ์พิเศษ คือ α และ β

$$\alpha = P(\text{type I error}) = P(\text{ปฏิเสธ } H_0 / H_0 \text{ มีค่าเป็นจริง})$$

$$\beta = P(\text{type II error}) = P(\text{ปฏิเสธ } H_1 / H_1 \text{ มีค่าเป็นจริง})$$

โดยที่ α หมายถึง ความเสี่ยงในการปฏิเสธสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง

β หมายถึง ความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริง

และจากความเสี่ยงของทั้งสองแบบนี้ จึงต้องมีการกำหนดจำนวนการทำซ้ำของการทดลองไว้ เพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงในการยอมรับข้อมูลตามที่กำหนดไว้ และในการวิเคราะห์ มักจะกำหนดให้ค่าของ α มีค่าคงที่ และค่าของ β ให้น้อยที่สุด

2.2.4 ขั้นการปรับปรุง (Improve Phase)

เป็นการค้นหาความสัมพันธ์ของความแปรปรวนระหว่างตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ สร้างลักษณะการดำเนินงานต่อตัวแปร และทบทวนตรวจสอบระบบการวัดสำหรับแต่ละตัวแปรที่มีนัยสำคัญ

■ การทดลอง (Experiment)

การทดลองเป็นการสืบเสาะที่ได้วางแผนมาอย่างดี เพื่อให้ได้มาซึ่งความจริงใหม่ๆ หรือเพื่อยืนยันหรือปฏิเสธผลการทดลองศึกษาที่ผู้อื่นค้นพบมาก่อน การสืบเสาะเช่นนี้จะช่วยในการตัดสินใจเชิงบริหาร การทดลองอาจแบ่งเป็น 3 ประเภท ประเภทแรกเรียกรว่าการทดลองนำร่อง (Preliminary Experiment) เป็นการทดลองที่ผู้วิจัยได้ใช้สิ่งทดลอง (Treatment) จำนวนมาก เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลบางอย่างสำหรับการใช้ในการทดลองต่อไป ประเภทที่ 2 เรียกรว่าการทดลองเชิงเปรียบเทียบ (Critical Experiment) ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้สิ่งของหลาย ๆ อย่างเพื่อตรวจสอบความแตกต่างของผลที่ได้รับ และประเภทที่ 3 คือ การทดลองเชิงสาธิต (Demonstrational Experiment) ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลของการใช้สิ่งทดลองชนิดใหม่กับสิ่งทดลองมาตรฐาน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของสิ่งทดลองใหม่ ในงานวิจัยนี้จะใช้เฉพาะการทดลองเชิงเปรียบเทียบเท่านั้น

ในการวางแผนการทดลองผู้วิจัยต้องกำหนดจุดมุ่งหมายของการทดลองแต่ละครั้งขึ้นมา ซึ่งในบางการทดลองอาจมีการกำหนดจุดมุ่งหมายหลักแล้วกำหนดจุดมุ่งหมายย่อยควบคู่กันไปด้วย เพื่อจะได้เลือกใช้แผนการทดลองที่แตกต่างกัน เนื่องจากแผนการทดลองแต่ละแผนให้ผลที่มีความเที่ยงไม่เท่ากัน จุดมุ่งหมายของการทดลองแต่ละครั้งอาจกำหนดไว้ในรูปของคำถาม สมมุติฐานที่ต้องการทดสอบ หรือในรูปของผลที่ต้องการประมาณค่า

■ การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment)

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าความรู้ใหม่ ๆ ได้มาจากการวิเคราะห์และแปลความหมายของข้อมูลซึ่งผู้ที่ค้นหาความรู้ใหม่ ๆ จะต้องใช้ความคิดและความพยายามอย่างมาก เพื่อการวางแผนเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพในแง่ที่ใช้การลงทุนต่ำ แต่ได้ข้อมูลที่เหมาะสมจำนวนมากเพียงพอ การกระทำดังกล่าวจึงเกี่ยวข้องกับการมีความรู้ในเรื่องการวางแผนการทดลองที่มีประสิทธิภาพซึ่งสามารถช่วยให้ผู้วิจัยได้มาซึ่งค่าประมาณที่ไม่ลำเอียงและลดความคลาดเคลื่อนจากการทดลองให้เหลือน้อยที่สุด

การออกแบบการทดลองนั้นเป็นวิธีการวางแผนการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เทคนิคทางสถิติขั้นสูงในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการให้เป็นไปตามสภาพที่ต้องการ ข้อ

แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปซึ่งเป็นแบบเชิงคาดเดา กับเทคนิคของการออกแบบการทดลองคือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่าในกระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-time) เช่น ถ้าสงสัยว่าควรจะปรับตั้งค่าของอุณหภูมิในการอบชิ้นงาน เวลาที่ใช้ในการอบ และส่วนผสมของชิ้นงานเท่าไร จึงจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงที่สุด และไม่เกิดของเสีย ดังนั้น แนวทางที่มักจะใช้กันโดยทั่วไป ก็คือ ลองปรับตั้งในส่วนของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบก่อน (ในขณะที่คงที่ค่าของเวลาที่ใช้ในการอบ กับอัตราส่วนผสมไว้) เมื่อทดลองจนได้ค่าของอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว จึงไปปรับตั้งส่วนของเวลา (ในขณะที่คงที่ค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ กับอัตราส่วนผสมไว้) สุดท้ายจึงปรับตั้งส่วนของอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม (คงที่ค่าของอุณหภูมิกับเวลา) และทำซ้ำในวงจรนี้ไปเรื่อยๆ เพื่อที่จะหาจุดที่ดีที่สุดของกระบวนการ

โดยทั่วไปแล้วการออกแบบการทดลองแบบ One Factor at a Time จะให้ผลตอบแทนเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก สิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์ รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีผลของความอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยตนเอง

ข้อดีของการออกแบบการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ คือให้ผลของความแม่นยำและความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลได้มาก โดยสามารถระบุออกมาเป็นค่าตัวเลขทางสถิติที่แสดงถึงค่าระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลต่อกระบวนการ นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการดำเนินการตรวจสอบสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปแล้วถ้ามีปัจจัยในการทดลองอยู่ 10 ปัจจัย ซึ่งในกระบวนการทดลองถือว่า ปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลจริงต่อกระบวนการ ด้วยวิธีแบบ One Factor at a Time จะใช้เวลานานถึง 1 ปี ในการตรวจสอบได้ครบทุกปัจจัย แต่การใช้วิธีการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง จะใช้เวลาเพียง 1-3 สัปดาห์เท่านั้น ในการตรวจสอบปัจจัยดังกล่าวการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง จะต้องมีความเข้าใจล่วงหน้าว่ากำลังศึกษาอะไรอยู่ จะเก็บข้อมูลได้อย่างไร และจะวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มานั้นอย่างไร

การออกแบบการทดลองต้องมีการกำหนดเงื่อนไขสำหรับการทดลองที่จะทำให้สามารถตีความหมายถึงสาเหตุและผลที่ต้องตัดสินใจได้ โดยพิจารณาความแตกต่างของข้อมูลจากสาเหตุที่สามารถควบคุมได้ ซึ่งจุดประสงค์สำคัญของการทดลองคือการยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) การค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) การทดลองกระทำได้ 2 วิธี คือ

- การทดลองปฏิบัติงานจริง (Physical Experiment)

- การทดลองด้วยการจำลองผล (Simulation)

การพัฒนาการของการออกแบบการทดลอง

แบบทั่วไป	แบบเชิงวิทยาศาสตร์
1. ปรับทีละตัวแปรต่อครั้ง	1. ปรับทุกตัวแปรทั้งหมด
2. ทำทุกตัวแปรที่เป็นไปได้ในการปรับ	2. ทำเพียงบางส่วน
3. เลือกเอาเฉพาะการทดลองโดยการเดา	3. เลือกการทดลองโดยมีหลักการ

จุดประสงค์สำคัญของการทดลองมี 2 ประการ คือ เป็นการยืนยันข้อเท็จจริง เป็นการพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต และเป็นการค้นหาข้อเท็จจริง เป็นการศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีต่อระบบการผลิต

การออกแบบการทดลองในอุตสาหกรรมปัจจุบัน จำเป็นต้องใช้การออกแบบทดลองที่มีการทดลองน้อย เพื่อประหยัดต้นทุนและเวลา รวมไปถึงข้อจำกัดอื่น ๆ เช่น ผลต่อสิ่งแวดล้อม การทดลองอาจเกิดความเสียหาย เป็นแบบต้องทำลายจนไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือมีต้นทุนต่อการทดลองสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการลดปัญหาต่าง ๆ โดยทั่วไปจึงนิยมใช้เทคนิคการออกแบบเพียงบางส่วนในการลดการทดลอง

การศึกษาปัญหาที่พบด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง บางคนอาจคิดว่าขั้นตอนนี้ง่ายและตรงไปตรงมา แต่ในความเป็นจริงแล้วขั้นตอนนี้ไม่ได้ง่ายอย่างที่คิด ในขั้นตอนนี้เราจะต้องพยายามพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของการทดลอง และบ่อยครั้งที่เราจะต้องหาตัวแปรนำเข้าจากบุคคลหรือหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนกวิศวกรรม แผนกประกันคุณภาพ แผนกผลิต แผนกการตลาด ผู้บริหาร และลูกค้า ถ้อยแถลงของปัญหาที่มีความชัดเจนจะมีผลอย่างมากต่อความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์และคำตอบสุดท้ายของปัญหานั้นๆ ด้วยเหตุนี้เองการออกแบบการทดลองทุกครั้งควรจะมีการทำงานเป็นทีม

หน่วยทดลอง (Experiment Unit หรือ Experimental Plot)

หน่วยทดลองมีความหมายแตกต่างกันหลายประการ เช่น หมายถึงหน่วยของสิ่งต่างๆ ที่ได้รับ สิ่งทดลอง(Treatment) เดียวกันในการกระทำครั้งใดครั้งหนึ่ง หรือเป็นวัตถุทดลองที่ได้รับสิ่งทดลอง หรือหมายถึง หน่วยย่อยขนาดเล็กที่สุดของวัตถุทดลอง โดยหน่วย

ทดลอง 2 หน่วยที่แตกต่างกันจะได้รับสิ่งทดลองแตกต่างกัน หรือหมายถึงประเภทหนึ่งเล็กที่สุดของวัตถุทดลองซึ่งได้เลือกมาอย่างสุ่มและได้สุ่มให้รับสิ่งทดลองแตกต่างกัน และแต่ละหน่วยทดลองจะตอบสนองต่อสิ่งทดลองอย่างเป็นอิสระต่อกัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดจำนวนทำใหม่

การกำหนดจำนวนทำใหม่ในการทดลองแต่ละครั้งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

1. ความแม่นยำที่ต้องการ ถ้าผู้วิจัยต้องการวัดผลที่แตกต่างเพียงเล็กน้อยจากสมมุติฐานไร้ัยสำคัญ จะต้องใช้จำนวนซ้ำมากขึ้น

2. คุณสมบัติของหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) และหน่วยการทดลอง ถ้าหน่วยทั้งสองหรือหน่วยใดหน่วยหนึ่งมีความแปรปรวน

3. จำนวนสิ่งทดลองที่ใช้ การทดลองที่มีสิ่งทดลองจำนวนมากจะต้องใช้จำนวนทำใหม่น้อยกว่าการทดลองที่มีสิ่งทดลองจำนวนน้อย เนื่องจากต้องการให้มีระดับขึ้นความเสีร่มากพอเพียงในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

4. ชนิดของการทดลอง ถ้าเป็นการทดลองทางเดียวจะใช้จำนวนทำใหม่น้อยกว่าการทดลองสองทาง

5. ความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ในการทดลองที่กำหนดความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ไว้ สูงจะใช้จำนวนทำใหม่น้อยกว่าการทดลองที่กำหนดความคลาดเคลื่อนดังกล่าวไว้ต่ำ เช่น ถ้ากำหนด $\alpha = 0.1$ จะใช้จำนวนทำใหม่น้อยกว่าเมื่อกำหนด $\alpha = 0.05$ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 ต่ำจะทำให้มีความเชื่อมั่นในการสรุปผลสูง

6. ปัจจัยอื่นๆ เช่น เงินทุนและเวลา ซึ่งไม่ควรมีบทบาทมากนักในการลดจำนวนซ้ำการสุ่ม (Randomization)

การสุ่มเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นหลักประกันว่า แต่ละสิ่งทดลองจะถูกจัดให้กับหน่วยทดลองอย่างไม่ลำเอียง จึงทำให้เกิดความมั่นใจว่า ค่าประมาณของความคลาดเคลื่อนของการทดลอง และค่าประมาณของค่าเฉลี่ยและค่าเฉลี่ยและความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมีความเชื่อถือได้สูงหรือเป็นค่าที่ไม่อคติหรือไม่ลำเอียง ฟิชเชอร์ (R.A.Fisher) เป็นบุคคลแรกที่ได้นำเอาการสุ่มมาใช้ในการวิจัย การสุ่มมีประโยชน์ดังนี้

1. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง เนื่องจากช่วยทำให้หน่วยการทดลองซึ่งมักมีความแตกต่างกันกระจายอยู่ทั่วไปในการทดลองนั้น และช่วยทำให้สิ่งทดลองมีโอกาสถูกจัดให้กับหน่วยทดลองได้เท่าๆ กัน

2. ช่วยในการจัดหรือกำจัดการสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อน และทำให้การทดสอบนัยสำคัญเชื่อถือได้ การวางแผนที่เป็นระบบโดยการจัดสิ่งทดลองให้กับหน่วยทดลองตามใจชอบหรือไม่ใช้การสุ่ม มักทำให้ค่า ประมาณค่าของความคลาดเคลื่อนของการทดลองมีมากเกินไป หรือน้อยกว่าค่าที่ควรจะเป็น การสุ่มจะช่วยจัดการความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองมีความสำคัญมาก การทำงานวิจัยจะดีเพียงใดก็ตาม หากขาดการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ดี ก็จะทำให้งานวิจัยคลาดเคลื่อนได้ ข้อมูลที่ดีต้องมีความเที่ยงตรงและสมบูรณ์ ในการทำการวางแผนการทดลองต้องทำไปพร้อมๆ กัน สิ่งที่ต้องพิจารณาในการวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ คือ

1. แผนการทดลองที่เลือกใช้
2. จำนวนสิ่งทดลอง (Treatment) และการทำใหม่ (Replication)
3. สิ่งที่จะนำมาใช้ในการทดลองได้จากที่ใด มีประชากรมากน้อยเพียงใด
4. ระยะเวลาในการวิจัย
5. รูปแบบการบันทึกข้อมูล
6. การทดลองมีหน่วยเปรียบเทียบหรือไม่

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองจะต้องทำการจดข้อมูลอย่างละเอียดรวม ทั้งข้อมูลสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง หรือในระหว่างการทดลองอาจจะต้องศึกษาค้นคว้าเอกสารอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าเหล่านั้น จะต้องมีการบันทึกอย่างมีระบบเพื่อนำมาใช้ประกอบการวิจัย

การออกแบบการทดลองนั้นจะดำเนิน เพื่อตรวจสอบว่าตัวแปร (Input Variable) ใดที่มีผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ตัวแปรในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable) หมายถึง ตัวแปรที่สามารถกำหนดค่าของตัวแปรนั้นได้ในการผลิต การออกแบบการทดลองนั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ให้ได้ว่าตัวแปรใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ ซึ่งต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของตัวแปรเหล่านั้นอย่างน้อย 2 ระดับ แล้วไปทำการทดลอง เก็บผลลัพธ์ จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลองได้

วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือ ความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการผลิต เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง คือ การศึกษาถึงอิทธิพลของเงื่อนไขใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

คำจำกัดความ (Definition)

- อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึงผลของตัวแปรนำเข้า (input) ที่มีต่อตัวแปรตอบสนอง (output)
- ตัวแปร (Variable) หมายถึง สิ่งที่เราคิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์
- ระดับของตัวแปร (Level) หมายถึง ความแตกต่างของแต่ละตัวแปรที่ก่อให้เกิดผลกระทบได้

หลักในการออกแบบการทดลอง

- ทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลของข้อมูล แต่ละตัวเท่าๆ กันเพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่าๆ กัน
- การทำใหม่ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก
- การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

ลำดับขั้นการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่าความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งการนิยามปัญหานี้จะเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุประสงค์ของการทดลองการเลือกตัวแปรที่มีผล และระดับตัวแปรโดยใช้หลักการทางทฤษฎี และประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่าตัวแปรใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละตัวแปรนั้น ควรจะมีช่วงในการทดลองอย่างไร เพื่อระบุระดับของตัวแปรในการทดลอง

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และ การวัดค่านั้นจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องมือ

การเลือกแบบทดลองจะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้องทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวข้องกันในด้านความเสี่ยง และต้นทุนที่ใช้ในการทดลองสำหรับการเลือกตัวแปรในการทำการทดลอง

ในขณะทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือต้องมีการสุ่มการทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมา มีน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ ทางสถิติมาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธีทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูล แล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ อื่นๆ

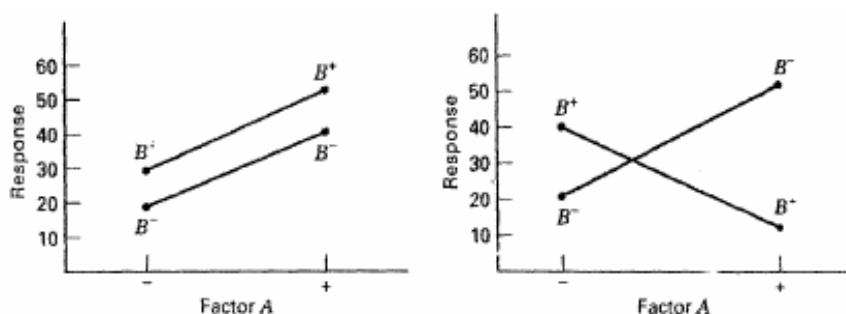
แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial Design)

ใช้กับการทดลองที่มีตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวแปรขึ้นไป ซึ่งเป็นการทดลองที่มีหลายตัวแปร และเนื่องจากมีตัวแปรมากกว่า 1 ตัวแปร ดังนั้นนอกจากจะเกิดอิทธิพลของตัวแปรหลัก (Main Effect) ที่สนใจแล้ว ยังอาจเกิดอิทธิพลของตัวแปรร่วม (Interaction Effect) ได้ด้วย

อิทธิพลร่วม (Interaction Effect)

คือ อิทธิพลของตัวแปรร่วมอันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการที่ตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้ว มีผลทำให้อิทธิพล (Effect) ของอีกตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปด้วย

ในการทดลองที่มีปัจจัยตั้งแต่สองตัวแปร นอกจากจะเกิดอิทธิพลของตัวแปรหลักที่สนใจแล้ว ยังอาจจะเกิดอิทธิพลของตัวแปร หรืออิทธิพลร่วม คือ ผลที่เกิดขึ้นจากการที่ตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปแล้ว มีผลทำให้อิทธิพลของอีกตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงด้วย ดังตัวอย่างที่เกิดอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) แสดงได้ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3

แสดงอิทธิพลของตัวแปรร่วม

การทดลองแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design)

ในการทดลองที่มีจำนวนตัวแปรที่ต้องการศึกษาเป็นจำนวนมาก ทำให้บางครั้งไม่สามารถทำการทดลองได้ เนื่องจากมีทรัพยากรไม่เพียงพอต่อการทำการทดลอง อย่างเช่น การศึกษาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองของกล้ามเนื้อ โดยมีตัวแปรที่ต้องการศึกษา คือ อุณหภูมิของเตาอบ ระยะเวลาในการอบ จำนวนของชิ้นงานที่เข้าเตาอบ และ อุณหภูมิของของเหลวที่ใช้อบอบ กำหนดให้ศึกษาเพียง 2 ระดับในแต่ละตัวแปร ซึ่งเราจะต้องทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$ ครั้ง หรือถ้าเราต้องการศึกษาอีกตัวแปรหนึ่งเพิ่มเติม เช่น ต้องการศึกษาเพิ่มเติมเรื่อง ระยะเวลาที่ชิ้นงานใช้ในการชุบอยู่ในของเหลว เราจะต้องทำการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 32 ครั้ง จะเห็นได้ว่าทุกครั้งที่เราเพิ่มจำนวนตัวแปร จำนวนการทดลองก็จะเพิ่มขึ้นในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล

โดยมากแล้วเมื่อจำนวนตัวแปรในการออกแบบแบบแฟคโทเรียลเพิ่มขึ้น จะทำให้จำนวนการทดลองสำหรับการทำใหม่ที่มีสมรรถนะเพิ่มมากขึ้นเกินกว่าทรัพยากรที่มีอยู่จะรองรับได้ แต่ถ้าผู้ทดลองสามารถตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผลได้ว่า ตัวแปรขั้นสูงบางตัวสามารถละเลยได้ ในกรณีนี้ตัวแปรหลักและอิทธิพลร่วมขั้นต่ำอาจหาได้โดยการออกแบบการทดลองเพียงแค่เศษส่วนของการทดลองแบบแฟคโทเรียลอย่างสมมาตรเท่านั้น การออกแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) จัดได้ว่าเป็นการออกแบบที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการ นอกจากนั้นแล้วยังใช้ช่วยในการหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการอีกด้วย

การทดลองแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียลนี้มีข้อดีคือ ลดจำนวนครั้งในการทดลองได้มาก แต่อย่างไรก็ตามก็มีข้อเสียคือ ข้อมูลที่ได้ก็จะลดลงด้วยเช่นกัน แผนการทดลองแบบแฟร็กชันนอลแฟคโทเรียล (Fractional Factorial Design) เป็นการประยุกต์จากการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียล (Factorial design) โดยการออกแบบการทดลองแบบแฟคโทเรียลจะใช้กับการทดลองหลายตัวแปร ที่มีตัวแปรเป็นจำนวนมากจึงต้องทำการตัดตัวแปรบางตัวออก โดยอาศัยหลักการคอนฟาวด์ (Confound)

การคอนฟาวด์ (Confound)

เป็นเทคนิคที่ใช้ช่วยในการออกแบบทำให้ขนาดของบล็อกเล็กลงจากเดิม ซึ่งในการออกแบบนี้จะเกิดผลทำให้สารสนเทศเกี่ยวกับอิทธิพลของทรีตเมนต์ (Treatment effect) รวมปะปนอยู่กับอิทธิพลของบล็อก (Block effect) เสมอ การเลือกอิทธิพลของทรีตเมนต์ที่จะทำการคอนฟาวด์ (Confound effect) จะเลือกจากความรู้ในกระบวนการผลิตเป็นตัวกำหนด โดยจะทำ

การเลือกทรีตเมนต์ที่คาดว่าจะมีผลน้อยต่อตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นในการทำคอนฟาวด์นี้จะทำให้เกิดตัวแปรแฝงกันอยู่ แต่เรายังพอสามารถแยกได้ว่าตัวแปรใดกันแน่ที่มีผล โดยดูที่ physical phenomena หรือความรู้เชิงเทคนิคในกระบวนการช่วยพิจารณา เราอาจเรียกตัวแปรที่คอนฟาวด์กันอยู่นั้นว่าเป็น Alias structure ก็ได้

การทดสอบสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (R-square)

เป็นการวิเคราะห์ว่าการออกแบบที่ได้ออกแบบขึ้นมาใช้ในการทดลองนั้น มีความเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในการทดลองทุกครั้งจะต้องมีความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ (Unexplained variable) หรือความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นเสมอ การออกแบบการทดลองที่ดีควรทำให้เกิดความผันแปรที่อธิบายไม่ได้ให้น้อยที่สุด

การทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R-square)

$$= \frac{\text{ความผันแปรที่อธิบายได้}}{\text{ความผันแปรที่อธิบายไม่ได้}} \times 100\%$$

2.2.5 ขั้นตอนการควบคุม (Control)

กำหนดความสามารถในการควบคุมปัจจัย และนำเสนอระบบการควบคุมกระบวนการแต่ละปัจจัย แล้วติดตามคุณผลลัพธ์

■ แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม คือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิต และจะต้องควบคุม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจจะอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ ซึ่งโดยปกติจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลางคือ เส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบน และเส้นขอบเขตควบคุมล่างเป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่นขอบเขตนี้ก็คือว่าผลการผลิตยอมรับได้ แต่หากว่าค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการ ปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิต ทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงาน หรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาต หรือยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิตโดยไม่ก่อความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมี

ผลกระทบมากและมีผลเสียหยาต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงาน หรือคุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นกรเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปร จึงเป็นสิ่งสำคัญ

โดยสาเหตุความผันแปรต่างๆ มีผลมาจากสาเหตุ สำคัญ 2 ชนิด คือ สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของการผลิต (Chance Cause) เป็น ลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรงและไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็กๆ น้อยๆ ของวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่างๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งเหมือนกันทุกประการวัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกัน ตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้น ก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างกันออกไป เพียงแต่ว่าความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิสัยที่ขอบเขตข้อกำหนดได้อนุญาตเอาไว้แล้วในค่าพิสัยความเผื่อ (tolerance) ของชิ้นงาน ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิตจึงเป็นสิ่งที่ยอมรับได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียนแสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is In Control) สาเหตุที่ระบุได้หรือสาเหตุที่กำจัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ ฯลฯ ของปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และไม่ใช่เป็นปกติวิสัย หรือธรรมชาติของการผลิตนั้นๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัด หรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งได้

ในแผนภูมิควบคุมเมื่อมีจุด (ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูลและวัดค่าชิ้นงานตัวอย่างจากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุมย่อยแสดงได้ว่าเกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม (The process is out of control)

จุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

- เพื่อหาเป้าหมาย หรือมาตรฐานของการผลิต
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การนำแผนภูมิควบคุมมาใช้งาน ก่อนอื่นจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะของเส้นควบคุมเสียก่อนคือเส้นควบคุมข้อกำหนด (Specification Limit) หมายถึง ค่าขอบเขตข้อกำหนดของสินค้า หรือชิ้นงานที่โรงงาน หรือรัฐบาลเป็นผู้กำหนดขึ้น ทั้งนี้เส้นควบคุม ข้อกำหนดขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ออกแบบว่าต้องการเสี่ยงหรือความปลอดภัย (Safety Factor) ไว้ที่ระดับเท่าใด เส้น

ควบคุมขีดความสามารถ (Process Capability limit) หมายถึง ค่าขอบเขตความสามารถจริงของกระบวนการ โดยทั่วไปคำนวณจากค่าพารามิเตอร์ของประชากร หรือคำนวณจากกลุ่มตัวอย่างที่จำนวนมาก เส้นควบคุมขีดความสามารถมีขนาดความกว้างเท่ากับ ค่าห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร $\pm 3\sigma$ และกำหนดเส้นขอบเขตควบคุม สำหรับเป็นสัญญาณเตือนว่าการผลิตเริ่มออกจากการควบคุมหรือยัง กำหนดในช่วงค่าเฉลี่ย $\pm 2\sigma$ การใช้งานแผนภูมิควบคุม

การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิตควรมีเทคนิคต่อไปนี้ เลือกบริเวณที่จะควบคุมก่อนอื่น ก็คือปัญหาอะไรที่จะต้องทำและเรามีจุดมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินใจปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่า ต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาการใช้ แผนภูมิ ควบคุมแบบไหน อาจจะ เป็นแผนภูมิแบบ $\bar{X}$ -R, $\bar{X}$ -pn, p, c หรือ u chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผนภูมิควบคุม สำหรับการวิเคราะห์เก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วใช้ข้อมูลที่ผ่าน มาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใดๆ ผิด ปกติต้องทำการค้นหาเหตุผลที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไขสร้างแผนภูมิควบคุม สำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยน ขจัดหมดสิ้นแล้ว และกระบวนการผลิตก็คงที่ ให้พิจารณาอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ ได้มาตรฐานตามที่ กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผล ทั้งหมด เพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working Procedure) หรือ อาจจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพล็อตข้อมูลที่ถูกเก็บได้ในแต่ละวันก่อนไปควบคุมกระบวนการผลิต ถ้าการทำงานของคนงานและวิธีการผลิต เป็นแบบมาตรฐานแล้ว แผนภูมิควบคุมจะชี้ แสดงออกให้เห็นว่าสถานะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่าสิ่งที่ผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องเสีย คำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุมของกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับคุณภาพ ที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีเพิ่มขึ้น ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิควบคุมเป็นระยะ ในการ คำนวณเส้นควบคุม ให้สังเกตกฎต่อไปนี้ ข้อมูลที่จุด ผิดปกติซึ่งค้นพบสาเหตุหรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่ ข้อมูลที่จุดผิด ปกติแต่ไม่พบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม

สิ่งที่สำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือ การอ่านหรือตีความหมาย จากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สถานะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เราได้นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมเพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะแสดงออกให้เป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบ

ความผิดปกติของกระบวนการผลิตโดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้น เพื่อปรับสภาพะการผลิให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในควบคุม (In controlled) ได้ต่อไป

ข้อแนะนำเกี่ยวกับ 6 ลักษณะอาการสำคัญเพื่อการอ่านแผนภูมิควบคุมอยู่นอกการควบคุมพบได้ชัดเจน

- การออกนอกการควบคุม

คือ มีจุดในแผนภูมิปรากฏอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม เรียกว่า จุดอยู่นอกควบคุม (Out of control) อาจอยู่นอกค่าสูงหรือค่าต่ำก็ได้

- การรัน (Run)

เมื่อปรากฏติดต่อกันบนซีกใดซีกหนึ่งของเส้นค่ากลาง เราเรียกว่า เกิดรัน ความยาวของรัน แต่ละชุดนับจากจำนวนจุดในชุดนั้นและรันที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไป เราตีความได้ว่า ได้เกิดความผิดปกติขึ้นแล้วในการผลิตช่วงที่เกิดรันนั้น

- การเกิดแนวโน้ม

การมีจุดต่อเนื่องกันไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับฟันปลาเลย มีผลทำให้เส้นต่อจุดเหล่านั้นคล้าย ๆ เส้นตรงพาดขึ้นหรือพาดลงเช่นนี้เราเรียกว่า มีการเกิดแนวโน้ม (Trend) ขึ้นในแผนภูมิควบคุม แนวโน้มที่ว่านี้คือแนวโน้มที่กำลังบอกเราว่าค่าเฉลี่ยของขนาดควบคุมที่ผลิตได้จากกระบวนการผลิตนั้นกำลังมีปัญหาหรือมีแนวโน้ม จะเคลื่อนไปจากขนาดกำหนดที่ได้ตั้งเอาไว้แต่แรก

- การเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม

หากเราแบ่งระยะ 3 ซิกมา (3σ) จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้น 2σ แล้วพบว่า มีจุด 2 จุดใน 3 จุดที่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกไปอยู่ในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือได้ว่าเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม (Approach to the control limits) และเป็นการบอกว่า มีความผิดปกติขึ้นในกระบวนการผลิตแล้ว

- การเกิดการเข้าใกล้ค่ากลาง

หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ในระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้ว ไม่ได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ในควบคุม แต่กลับแสดงว่าคงจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อย ข้อมูลอาจมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมาจากต่างประชากรกัน และเกิดการปะปนกัน

- การเกิดวัฏจักร

มีลักษณะ คือ ค่าในเส้นกราฟจะเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ มีลักษณะเป็นวงจรวงรอบ หรือ วัฏจักรที่เกือบจะทำนายลักษณะเส้นกราฟในช่วงต่อไปได้ ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เกิดวัฏจักร (Periodicity)