

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 2.1.1 วีรพจน์ เหล่าโพธิวิหาร (2544)

ทำการศึกษาทฤษฎี ปรัชญา และขั้นตอนในการนำระบบ Six Sigma มาใช้ปรับปรุงผลผลิตภาพรวมถึงกำหนดแนวทางการแก้ไขปรับปรุงสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ โดย บริษัทซีเทค เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด นำไปใช้ประกอบด้วยแผนการดำเนินงานกระบวนการ การจัดโครงสร้างองค์กร การอบรม และเส้นทางของระบบ Six Sigma ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต้นทุนที่ประหยัดได้ประมาณ 353,300 เหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าประหยัด ได้เกินกว่าเป้าที่ตั้งไว้

##### 2.1.2 นवलพรรณ ใจงาม (2543)

ทำการวิจัยเกี่ยวกับการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทาง Six Sigma โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่าอัตราส่วนข้อบกพร่องจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตย์ลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM หรือเมื่อเทียบในระดับ  $\sigma$  จากระดับ 3.36 เป็น 3.91 แล้วสามารถลดค่าเสียหาย และได้รับผลประโยชน์ตอบแทน จากการปรับปรุงคุณภาพ 163,999 ดอลลาร์สหรัฐ ภายในระยะเวลา 2 ไตรมาส

##### 2.1.3 พิศิษฐ์ เจริญกิจวิวัฒน์ (2541)

ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของสายควบคุมไฟฟ้า เพื่อที่จะบรรลุนความต้องการของลูกค้าในโรงงานประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โดยเน้นการปรับปรุงในด้านกิจกรรมโรงงาน โดยใช้เทคนิค FMEA มาใช้ในการป้องกัน ลด และกำจัดข้อผิดพลาดที่เคยเกิดขึ้น และข้อผิดพลาดที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นสำหรับสินค้าในปัจจุบัน เริ่มจากการทำ Pareto คำร้องเรียนจากลูกค้า เพื่อนำมาเป็นเกณฑ์คุณภาพ โดยพิจารณาด้านต้นทุน และการเกิดขึ้นเองของ เกณฑ์คุณภาพการปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่าง ได้นำมาปรับปรุงระหว่างดำเนินการ การใช้ FMEA พบว่าคำร้องเรียนของลูกค้าลดลงถึงร้อยละ 43.76

#### 2.1.4 บุญสม ประเสริฐอุครกุล (2539)

ทำการศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติของโรงงาน ตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่าบางจุดของงานมีการใช้การควบคุมติดกัน กระบวนการเชิงสถิติอย่างไม่ถูกต้อง และไม่เหมาะสมโดยวัดจากความสามารถของเครื่องจักร ทำการวัดค่า Cp และวัดความสามารถของกระบวนการผลิต Cpk เพื่อออกแบบวิธีการควบคุมกระบวนการผลิตเชิงสถิติอย่างเหมาะสม

จากผลการวิจัยได้ปรับปรุงวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ 2 ลักษณะ คือ การใช้แผนภูมิเฉลี่ยและพิสัย การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง และ ประเมินผลลัพธ์จากค่า Cp และ Cpk ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ค่าความเที่ยงตรง เปอร์เซ็นต์ของเสียของชิ้นงานที่เกิดขึ้น และ จำนวนการผลิตที่เกิดขึ้น พบว่าปริมาณการผลิตลดลง ก่อนที่มีการปรับปรุง และค่าความเที่ยงตรง ในการตรวจสอบของจุดตรวจสอบเพิ่มขึ้นจากการปรับปรุง

#### 2.1.5 ชาญชัย บวร โสภชัย (2545)

ทำการลดปริมาณของเสียที่เกิดจากค่า Pitch static attitude (PSA) ของแข็งจากหัวอ่าน โดยนำวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทาง Six Sigma มาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความแปรปรวนของ PSA และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยดังกล่าว ในการผลิตที่จะทำให้ค่าความแปรปรวนลดลงได้ ซึ่งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต มีปริมาณของเสียเท่ากับ 4,456 DPPM จากข้อมูลหลังจากปรับปรุงการพบว่า มีปริมาณของเสียเกิดขึ้น 997 DPPM ซึ่งคิดเป็น 77.63 % ของจำนวนของเสียที่ลดลงได้ ก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต และสามารถจะลดความสูญเสียได้เป็นจำนวนเงิน 2,750,500บาท โดยประมาณการจากการขายที่พยากรณ์ไว้ของบริษัทจากเดือนกรกฎาคม 2545 ถึงเดือน มีนาคม 2546

#### 2.1.6 ชัยนต์ จุฑาพันธ์ (2543)

ทำการศึกษาเพื่อลดค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มงานของค่าแรงสปริงของแข็งจับหัวอ่าน โดยดำเนินการศึกษาตามแนวทางของ Six Sigma มาเสร็จสิ้นขั้นตอนการวิเคราะห์ ใน เฟส Analysis ทำให้ได้ตัวแปรที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญกับปัญหาที่ทำการปรับปรุง ได้แก่ ตำแหน่งของหัว Load Cell อุณหภูมิของ Lamp เวลาในการยิงแสง Laser และ อัตราการไหล Nitrogen โดยเป็นตัวแปรที่อยู่ในขั้นตอนการตัดค่าสปริงของตัวงาน ซึ่งหลังจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทั้งสี่สามารถที่จะลดของเสียจาก 302,968 PPM เป็น 244 PPM

### 2.1.7 อนาคตของมลพิษ (2543)

ทำการศึกษาเพื่อลดของเสียที่เกิดจากค่าสกปรกบนตัวงาน (Contamination) แขนจับหัวอ่าน Model QM ซึ่งจำนวนของเสียในกระบวนการก่อนการศึกษามีค่า 164,243 PPM โดยมีเป้าหมายในการปรับปรุงให้มีของเสียน้อยกว่า 61,085 PPM ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการที่มีของเสียชนิดนี้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากคือ กระบวนการเชื่อมชิ้นส่วนของตัวงาน และกระบวนการตัดค่าสปริงของตัวงาน การปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดของเสียดังกล่าวทำโดยกำหนดแผนการในการทำความสะอาดชิ้นส่วนของอุปกรณ์เครื่องจักรทั้งสองกระบวนการ ซึ่งทำให้จำนวนของเสียที่เกิดขึ้นหลังการปรับปรุงมีค่าประมาณ 78,600 PPM

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 ขั้นตอนการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหา ( Define Phase)

#### ก) การกำหนดปัญหา (Problem Statement)

ระบุปัญหาที่ต้องการทำการศึกษาและแก้ไข ซึ่งปัญหานั้น ๆ จะต้องสัมพันธ์ในส่วนที่มีผลกระทบต่อทางด้านคุณภาพ

#### ข) แผนภาพกระบวนการผลิต (Process Map)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญอย่างยิ่งในการที่จะหาสาเหตุของปัญหาซึ่งการสร้างแผนภาพของกระบวนการผลิตจะต้องทำอย่างละเอียดทุกขั้นตอนการประกอบผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะสามารถระบุตัวแปรที่สำคัญในกระบวนการผลิต (Process Input) และ ผลลัพธ์ในกระบวนการผลิต (Process output) และในขั้นตอนนี้จึงเปรียบเป็นการตรวจวิเคราะห์ของกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เราทราบถึงสิ่งผิดปกติ หรือ ทราบสาเหตุที่แท้จริงหรือความบกพร่องในการผลิต ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งขั้นนี้อาจจะเป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาโดยการทดลอง โดยการตั้งสมมติฐาน หรือโดยการใช้ข้อมูลทางสถิติที่มีการเก็บรวบรวมอย่างถูกวิธี การสร้างแผนการไหลของผลิตภัณฑ์ จำเป็นอย่างยิ่งในการระบุที่มาของข้อบกพร่องและสิ่งที่ซ่อนในการกระบวนการผลิต (Hidden Factory) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้สูญเสียเวลา เงิน ทรัพยากร และพื้นที่ในการจัดเก็บ

ค) การระดมความคิด (Brain Storming Session)

เป็นวิธีในการรวบรวมข้อมูลโดยระดมความคิดจากบุคคลที่มีความรู้ความชำนาญในแต่ละจุดการทำงานต่าง ๆ ภายในกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษาซึ่งในขั้นตอนนี้จุดมุ่งหมายอยู่ที่ปริมาณความคิดเห็นที่ได้รับเพื่อที่จะนำมาวิเคราะห์ความสำคัญด้วยเครื่องมืออื่น ๆ ในขั้นตอนต่อไป

ง) แผนภาพกระบวนการผลิต(Process Flow Charting)

คือแผนภาพที่แสดงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของขั้นตอนในกระบวนการผลิต ซึ่งจะบอกซึ่งลำดับของกิจกรรมแรกที่เริ่มต้นจนถึงกิจกรรมสุดท้ายตามลำดับเพื่อประโยชน์ในการศึกษาถึงกระบวนการผลิต ทำให้สมาชิกในกลุ่มมีความเข้าใจในกระบวนการผลิตที่ทำการศึกษาโดยละเอียดและไปในทางเดียวกัน นอกจากนี้ประโยชน์ของแผนภาพกระบวนการผลิตจะช่วยในการประเมินความสามารถของกระบวนการและชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนที่เป็นคอขวดของกระบวนการผลิต ชี้ให้เห็นถึงขั้นตอนหรือกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่ากับผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำการพิจารณากำจัดออกหรือทำการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไข และอธิบายถึงกิจกรรมในการตรวจสอบทำให้การวางแผนและเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องไม่เกิดข้อผิดพลาด

จ) แผนภาพอิชิกาวา(Ishigawa or Cause and effect diagram)

เป็นแผนภาพที่ประกอบไปด้วยผลกระทบของปัญหาและกลุ่มของสาเหตุต่างๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหาที่ทำการศึกษาเป็นเครื่องมือหนึ่งในระบบการควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการแก้ปัญหา(Problem Solving Process) แผนภาพนี้ได้ถูกคิดค้นและใช้โดย Dr. Ishigawa ณ มหาวิทยาลัยโตเกียว ในกลางปี 1940 โดยทั่วไปจะพิจารณาแยกสาเหตุของปัญหาออกเป็นหัวข้อหลัก 6 กลุ่ม เพื่อให้ง่ายและเกิดประสิทธิภาพในการระดมความคิดเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาที่มาจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- สาเหตุที่เกิดจากพนักงาน(Man)
- สาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร(Machine)
- สาเหตุที่เกิดจากวัตถุดิบ(Material)
- สาเหตุที่เกิดจากวิธีการทำงาน(Method)
- สาเหตุที่เกิดจากระบบการวัด(Measurement)
- สาเหตุที่เกิดจากสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิต(Environment)

นอกจากนี้ยังพิจารณาถึงลักษณะของสาเหตุต่าง ๆ ว่าเป็นตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ ตัวแปรที่เป็นสิ่งรบกวน และตัวแปรที่มีความสำคัญต้องทำการทดลอง เพื่อพิสูจน์ข้อเท็จจริง

( C = Controllable factors, N = Noise factors และ X = Experimental factors) โดยขั้นตอนในการสร้างแผนภาพอิซิกาวา มีรายละเอียดดังนี้คือ

- พิจารณาลักษณะทางคุณภาพหรือผลกระทบของปัญหาที่ทำการพิจารณาโดยใส่ไว้ในช่องขวาสุดของแกนในแนวนอน

- ทำการระดมความคิดเพื่อกำหนดสาเหตุหลักของปัญหาออกเป็นหมวดหมู่คือสาเหตุที่เกิดจากพนักงาน วัสดุดิบ เครื่องจักร วิธีการทำงาน ระบบการวัดและสภาพแวดล้อมในกระบวนการผลิตและอื่น ๆ โดยเขียนหมวดหมู่ของสาเหตุต่าง ๆ นี้ในช่องสี่เหลี่ยมที่ต่อออกมาจากเส้นแกนหลักในแนวนอน

- ในแต่ละหมวดหมู่ให้ระดมความคิดแจ่มแจ้งปัจจัยหรือสาเหตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องภายในหมวดหมู่ที่กำหนดไว้

- ทบทวนกระบวนการผลิตด้วยแผนภาพกระบวนการผลิตเพื่อให้แน่ใจว่า ได้พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดแล้ว

#### ฉ) แผนภูมิพารेटอ ( Pareto)

คือแผนภูมิแท่งที่แสดงถึงระดับความสำคัญของแหล่งที่มาของปัญหาในกระบวนการผลิต โดยหลักการพิจารณาระดับผลกระทบของแหล่งที่มาของปัญหาคือ หลัก 20 : 80 หมายถึง ลักษณะปัญหาของกระบวนการผลิตจะมีประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ (Vital Few) ที่เป็นแหล่งที่มาของปัญหาที่มีผลกระทบเป็นส่วนมากต่อปัญหาทางคุณภาพที่ทำการศึกษา ในขณะที่จำนวนลักษณะปัญหาของกระบวนการผลิตส่วนใหญ่จำนวน 80 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ ( Trivial Many) จะเป็นแหล่งที่มาของปัญหาที่มีผลกระทบเป็นสัดส่วนน้อยกว่าต่อปัญหาที่ทำการศึกษา ขั้นตอนในการสร้างแผนภูมิพารेटอ มีวิธีการดังต่อไปนี้

- กำหนดปัญหาและคุณลักษณะของกระบวนการที่จะทำการศึกษาให้ชัดเจน
- กำหนดช่วงระยะเวลาสำหรับการเก็บข้อมูลการศึกษา
- นับจำนวนความถี่ในการเกิดปัญหาคุณลักษณะของกระบวนการ
- ทำการจัดลำดับคุณลักษณะดังกล่าว โดยเรียงลำดับจากคุณลักษณะที่มีจำนวนความถี่มากไปน้อย
- พล็อตกราฟแต่ละคุณลักษณะดังกล่าวตามความถี่ในการเกิดขึ้นจากมากไปน้อย

- วิเคราะห์ผลจากแผนภูมิพาเรโตโดยพิจารณาถึงคุณลักษณะหรือปัญหาที่มีความถี่มากตามลำดับในการแก้ปัญหาแต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่มีความถี่ไม่มากแต่อาจมีความสำคัญก็ควรที่จะพิจารณาด้วย

## 2.2.2 ขั้นตอนการวัดเพื่อระบุสาเหตุของปัญหา (Measure Phase)

### ก) การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต (FMEA)

(รศ.ธนากร เกียรติบรรลือ, 2543) กล่าวว่า FMEA คือ เทคนิคทางวิศวกรรมที่ใช้ในการกำหนดการบ่งชี้และการขจัดปัญหาความล้มเหลวและความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นมาแล้วในระบบงานของการออกแบบของกระบวนการ และการบริหารก่อนที่จะถึงลูกค้า ลักษณะสำคัญ 3 ประการของ FMEA

จะต้องมีการแสดงให้เห็นรูปแบบของความล้มเหลว ปัญหา และความผิดพลาดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นแล้วจากระบบงานการออกแบบการผลิต และการบริการอย่างชัดเจน และมีการประเมินผลจะต้องมีการชี้บ่งการกระทำสำหรับการลด หรือ ขจัดโอกาสของความล้มเหลวปัญหา และความผิดพลาดนั้น ๆ ที่จะเกิดขึ้นมาอีกจะต้องมีการบันทึกลงแบบฟอร์มมาตรฐาน โดยปกตินิยมใช้ FMEA 2 ชนิดคือ Design FMEA สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเอาปัญหาสำคัญ และข้อบกพร่องต่าง ๆ จากผู้ใช้หรือลูกค้ามาศึกษาและหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขและอีกชนิดหนึ่งคือ Process FMEA สำหรับการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งมีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์เพื่อป้องกันของเสียและขจัด หรือลดปัญหาจากการผลิตที่จะส่งไปยังกระบวนการผลิตถัดไปและลูกค้า

### ประโยชน์ของ FMEA

ช่วยพิจารณาทางเลือกรั้งแต่ขั้นตอนแรกของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งเพิ่มศักยภาพของการผลิตและความเชื่อถือสร้างมั่นใจว่ารูปแบบของความล้มเหลว ความผิดพลาดและปัญหาต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ รวมถึงผลกระทบที่อาจตามมาได้รับการพิจารณาอย่างละเอียดและถี่ถ้วนมาก่อนแสดงรายการของปัญหาหลักต่าง ๆ ::ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้นมาช่วยแสดงบันทึกผลของการปรับปรุง หลังจากมีมาตรฐานการแก้ไขให้ถูกต้องอย่างใดอย่างหนึ่งได้ทันทีเป็นพื้นฐานสำหรับการกำหนดรายการทดสอบเพิ่มเติมระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการผลิตช่วยรวบรวมข้อมูลในอดีตสำหรับเป็นเอกสารอ้างอิงในอนาคตโดยนำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบของปัญหาหรือความล้มเหลวต่างๆ สำหรับการพิจารณาเรื่องความเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิตทำให้เกิดความมั่นใจได้ว่าการปรับปรุงและพัฒนาต่าง ๆ มีผู้รับผิดชอบ

หรือวิศวกรประจำกระบวนการผลิตสร้างระบบป้องกันปัญหาที่สามารถประเมินผลได้ เมื่อมีการประชุมทบทวนขั้นสุดท้ายของการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการผลิต

ชนิดของ FMEA และการนำไปใช้งาน Failure Mode and Effect Analysis หรือ FMEA

เป็นวิธีการวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวอย่างเป็นระบบมีขั้นตอนสำหรับการค้นหาสาเหตุของความผิดพลาดก่อนที่จะเกิดขึ้นจริงเพื่อเป็นการป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหาร้ายแรง ขึ้นมาภายหลังและเป็นการลดความเสี่ยงของการเกิดปัญหา FMEA สามารถแบ่งตามวิธีการนำไปใช้งาน ได้หลายอย่างคือ

System FMEA สำหรับการออกแบบหรือปรับปรุงระบบการทำงาน การใช้งาน มักจะรวมอยู่ในขั้นตอนของ FMEA ชนิดอื่นได้แก่การสร้างแนวความคิดในการออกแบบและกำหนดรายละเอียดของระบบงานการออกแบบการพัฒนา การทดสอบ และการประเมินผลระบบ

Design FMEA นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลและการแก้ไขงานที่มีการทดลอง หรือปฏิบัติเป็นครั้งแรกมักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่าง ๆ หรือส่วนย่อย เข้าด้วยกัน และส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ออกแบบเหมาะสมแล้วหรือไม่และส่วนใดจะมีปัญหาจะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน

Process FMEA สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งก็มีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการวัด และ สภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA

Service FMEA จะเกี่ยวข้องกับการให้บริการเป็นหลักโดยนิยมให้คนเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Service FMEA

Machinery FMEA สำหรับการวิเคราะห์เครื่องจักร อุปกรณ์ หรือเครื่องมือที่ใช้ โดยแบ่งเป็นส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น โครงสร้างเครื่องจักร เครื่องมือ ส่วนทำความเย็น ส่วนกำลัง ส่วนหล่อลื่น เป็นต้น

## งานเอกสารของ FMEA

การวิเคราะห์ปัญหาหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นโดยวิธีการ FMEA ถือว่าเป็น การวางระบบเตือนภัยล่วงหน้าและเป็นเทคนิคการป้องกันปัญหาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีส่วนช่วยวิศวกรกระบวนการในการศึกษาสาเหตุและผลกระทบต่าง ๆ ก่อนที่การออกแบบหรือวิธีการกระบวนการผลิตจะสรุปผลขั้นสุดท้ายทุกเรื่อง ทุกด้านที่มีการวิเคราะห์ร่วมกันจะถูกบันทึกลงบนแบบฟอร์มมาตรฐานของ FMEA เริ่มต้นจากหน้าที่ย่างใดอย่างหนึ่งของกระบวนการผลิตจะถูกนำมาพิจารณาอย่างละเอียดว่ามีชนิด หรือรูปแบบของปัญหาและความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้นหรือเคยเกิดขึ้นมาแล้ว มีอะไรบ้าง มีสาเหตุมาจากเรื่องใด และจะมีผลกระทบอย่างไรหลังจากนั้นจะมีการประมาณ ตัวเลขระดับความเสี่ยง หรือที่เรียกกันว่าค่า RPN ซึ่งมาจากคำว่า Risk Priority Number ให้กับแต่ละปัญหาการคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ O X S X D เมื่อ

O = Occurrence คือระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหา ความล้มเหลว หรือความผิดพลาด

S = Severity คือระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้กับลูกค้า

ค่า O, S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่ารับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหา คือ ค่า RPN = 1 ซึ่งมาจาก  $1 \times 1 \times 1$  หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้น้อยมาก และความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้น้อยมากเช่นกัน และสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า อย่างสมบูรณ์ ส่วนระดับความเสี่ยงสูงสุดของปัญหา คือ ค่า RPN = 1000 ซึ่งมาจาก  $10 \times 10 \times 10$  หมายความว่า ความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากเช่น พบทุกวัน และระดับความรุนแรงของผลกระทบ เมื่อเกิดปัญหานี้ก็มีมาก เช่น กระบวนการผลิตต้องหยุดทั้งหมด หรือลูกค้าต้องยกเลิกสัญญาสั่งซื้อ เป็นต้น และยังไม่มีการตรวจจับปัญหานั้นก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้า

### ข) การวิเคราะห์ความถูกต้องและแม่นยำของระบบการวัด

ในระบบการวัดมีความสำคัญมาก การวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และเป็นการควบคุมกระบวนการ เพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลัก ๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด ซึ่งมีสาเหตุมาจาก ทักษะความชำนาญ และระดับการฝึกฝน วิธีการวัดชิ้นงานที่วัดสิ่งแวดล้อมในการวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้นและธรรมชาติ



เนื่องจากองค์ประกอบมีความไม่เท่ากัน จึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด การวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องวัดมีความสำคัญมาก เนื่องจาก การแก้ปัญหา ทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิต ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่ โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัด เพื่อการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part – to – Part – Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) ( คำรงค์ ทวีแสนสกุลไทย, 2538) ได้นิยามคำว่า ความแม่นยำ และความเที่ยงตรงดังนี้

ความแม่นยำ (Precision) คือ ความสามารถในการวัดให้ผลค่าที่ใกล้เคียงกันมาก ค่าไม่กระจัดกระจาย และจะให้ความแม่นยำไม่เปลี่ยนค่ามาก ไม่มีการปรับวิธีการหรือปรับเครื่องมือวัด

ความเที่ยงตรง (Accuracy) คือ ความสามารถในการวัดให้ค่าใกล้เคียงความจริงมากๆ ผลต่างของค่าจริงและค่าวัดโดยเฉลี่ยน้อยมาก การวิเคราะห์ความแม่นยำ มุ่งพิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือคุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัด หรืออุปกรณ์ การวัดหรือไม่ และระบบการวัดที่พิจารณามีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของผลิตภัณฑ์ ที่แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตหรือไม่ คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้ว จะได้รับการแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ หรือ รีพีทาทะบิลิตี้ (Repeatability) และความสามารถในการทำเหมือนหรือรีโพรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility)

โดยที่รีพีทาทะบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกันและด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่ารีพีทาทะบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดในระยะสั้น (Short – Term Measurement)

ส่วนรีโพรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด หมายถึง ค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของการวัดชิ้นงานเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน แต่ต่างพนักงานกัน และโดยปกติจะใช้ค่าโพรดิวซิบิลิตี้ในการประมาณค่าความผันแปรของระบบการวัดใน ระยะยาว (Long –Term Measurement ) นอกจากนี้ อาจจะกล่าวอย่างสั้นๆ ได้ว่า รีพีทาทะบิลิตี้ คือ ความผันแปร ภายในเงื่อนไขการวัดด้วยกัน ในขณะที่ รีโพรดิวซิบิลิตี้ คือความผันแปรระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวนี้ อาจจะหมายถึง พนักงานวัด อุปกรณ์จับยึด (จิกและฟิกซ์เจอร์) และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมเป็นต้น ในการประเมินผลค่ารีพีทาทะบิลิตี้ และรีโพรดิวซิบิลิตี้ของระบบการวัด (GR&R Gage Repeatability and Reproducibility ) จะหมายถึง การประเมินผลค่าผันแปรอันเนื่องมาจากการวัดค่าจริงของงานหนึ่งแบบซ้ำๆ ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน แล้วมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขเดียวกัน การวางแผนศึกษา รีพีทาทะบิลิตี้

และรีโปรคิวซิวิตี ของระบบการวัดวิธีการ และเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นการดำเนินการที่มีความสำคัญมากต่อการพิจารณาถึงความคลาดเคลื่อนด้านความถูกต้องในระบบการวัด โดยปกติแล้ว จะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษารีฟิโธบิลิตี และรีโปรคิวซิวิตี จะเริ่มต้นขึ้น และไม่ควรจะมีการสอบเทียบใหม่ถ้าหากการศึกษายังไม่สิ้นสุด เพราะถ้าหากมีการสอบเทียบใหม่ ในระหว่างการศึกษาก็จะทำให้เกิดความผันแปรจากการสอบเทียบรวมอยู่กับค่ารีฟิโธบิลิตีของระบบการวัดด้วย

จำนวนพนักงานที่วัดที่ใช้สำหรับการศึกษา GR&R ซึ่งในการกำหนดจำนวนพนักงานที่เหมาะสมสำหรับการศึกษานั้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาก่อนว่าในระบบการผลิตมีพนักงานวัด (คือผู้ใช้เครื่องมือในการกำหนดค่าตัวเลขกับชิ้นงานเพื่อการตัดสินใจ) ในกรณีที่ระบบการวัดมีพนักงานวัดจำนวนหลายคนให้ทำการสุ่มพนักงานวัดมาทำการศึกษาอย่างน้อย 2 คน โดยพนักงานทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรม และปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานวัดในอุปกรณ์วัดที่ทำการศึกษาลำหรับงานประจำ

จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา GR&R จำนวนสิ่งตัวอย่างที่จะใช้ในการศึกษานั้นโดยปกติจะแนะนำไว้ที่ 10 ตัวอย่าง ซึ่งถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ จะต้องพยายามให้ (จำนวนของสิ่งตัวอย่าง)  $X$  (จำนวนของพนักงาน) มากกว่า 15 และถ้าหากไม่สามารถดำเนินการได้ให้เพิ่มจำนวนซ้ำของการวัดในแต่ละสิ่งตัวอย่างและสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการวัดนี้ต้องเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันับสำคัญและในกรณีที่จะทำให้ระบบการวัดมีคุณภาพด้านความผันแปรเพียงพอต่อการตรวจจับความผันแปรของชิ้นงานในกระบวนการแล้วจะต้องทำให้ข้อมูลแบ่งแยกได้ไม่ต่ำกว่า 5 กลุ่ม

จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยปกติแล้วมักจะแนะนำให้ทำการวัดซ้ำที่แต่ละสิ่งตัวอย่างด้วยจำนวนซ้ำเท่า ๆ กันซึ่งเรียกแบบทดลองนี้ว่า Balance Design โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานแต่ละคนด้วยจำนวน 2 – 3 ครั้งต่อชิ้นงาน

วิธีการลดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา GR&R ในการศึกษา GR & R บางกรณีนั้นจะไม่สามารถกำจัดความผันแปรภายในสิ่งตัวอย่างออกจากการวัดซ้ำ (หรือการประเมินรีฟิโธบิลิตีได้) จึงต้องมีความพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันให้มากที่สุด วิธีการประเมินผลรีฟิโธบิลิตีและรีโปรคิวซิวิตี มีทั้งหมด 3 วิธี แต่ในที่นี้จะไม่ขออธิบาย

- วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)
- วิธีอาศัยค่าพิสัย (Range Method)
- วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)

วิธีอาศัยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) วิธีนี้เหมาะกับการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้มาจากการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาว่าพนักงาน และชิ้นงานเป็นสาเหตุ ความผันแปรอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ และวิธีการนี้จะสามารถแยก ความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่ารีพีทอะบิลิตี้ได้ แต่อย่างไรก็ดี วิธีการนี้มีข้อเสียตรงที่ยุ่งยากในการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่วิธีการนี้จะใช้กับกรณีคอมพิวเตอร์ในการช่วยคำนวณ

ในการตีความหมายผลการวิเคราะห์จากตาราง ANOVA จะต้องเริ่มจากการวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของอิทธิพลร่วม (Interaction Effect) ระหว่างพนักงานและชิ้นงานก่อนเสมอ ซึ่งถ้าพบว่าอิทธิพลร่วมระหว่างพนักงานและชิ้นงานมีนัยสำคัญ แสดงว่าเมื่อเปลี่ยนชิ้นงานให้พนักงานคนเดิมการวัดแล้ว ผลการวัดจะเปลี่ยนไป ซึ่งจะมีอิทธิพลร่วมมีผลมาก และในกรณีที่อิทธิพลร่วมมีนัยสำคัญนี้ ก็ไม่มีความจำเป็นต้องตีความหมายอิทธิพลหลัก (Main Effect) ของพนักงานวัดหรือชิ้นงานอีก เพราะว่า แม้จะมีอิทธิพลหลักของพนักงานวัด จะดูเหมือนมีผลอย่างไม่มีนัยสำคัญแต่จริงแล้วมีอิทธิพลมาก

### 2.2.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Analysis Phase)

#### ก) สถิติและการควบคุมคุณภาพ

ซึ่งมีคำนิยามคำว่า สถิติไว้ดังนี้ สถิติ คือ ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ใช้ตัดสินใจในเหตุการณ์ภายใต้ความผันแปร โดยการตัดสินใจ ประกอบด้วยการรวบรวมการวิเคราะห์ตลอดจนการสรุปผลเพื่อดำเนินการจากข้อมูล

#### ข) การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบ (Hypothesis Testing)

จากที่กล่าวมาแล้วในลำดับขั้นตอนการออกแบบการทดลองง่าย ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยใช้วิธีทางสถิตินั้นจะมีความเสี่ยงเข้ามาเกี่ยวข้องอยู่เสมอ ดังนั้นการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องอยู่ภายใต้ความเสี่ยงดังกล่าว

การตั้งสมมติฐานในการตรวจสอบจะตั้งสมมติฐานใน 2 ทางเลือกคือ

$H_0$  : ระดับของปัจจัยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

$H_1$  : ระดับปัจจัยมีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต

ทั้งนี้ภายใต้ความเสี่ยงมีสองตัวคือ  $\alpha$  และ  $\beta$  ซึ่ง  $\alpha$  หมายถึงความเสี่ยงในการไม่ยอมรับสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) ทั้งที่สมมติฐานหลักเป็นจริง หมายถึงความเสี่ยงในการยอมรับสมมติฐานหลัก ทั้งที่สมมติฐานหลักไม่เป็นจริงจากความเสี่ยงของทั้ง 2 แบบนี้เอง จึงต้องมีการ

กำหนดจำนวนซ้ำที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้มีความเชื่อมั่นหรือมีความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้และในการทำการวิเคราะห์ก็มักจะให้ค่า  $\alpha$  คงที่และให้ค่า  $\beta$  น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

#### 2.2.4 ขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase)

##### ก) การออกแบบการทดลอง (Design of experiments)

การออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัจจัย (Factor) ใดเป็นตัวแปร (Input Variable) ใดที่ผลต่อสิ่งที่ให้ความสำคัญ (หรือความสนใจ) ในผลิตภัณฑ์ที่ออกมา (Output Response) ปัจจัย (Factor) ในการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในการผลิต

การออกแบบการทดลองเพื่อวิเคราะห์ได้ว่า ปัจจัยใดมีผลต่อผลิตภัณฑ์หรือไม่ต้องทำการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยอย่างน้อยเท่ากับ 2 ระดับ แล้วทำการทดลอง จากนั้นจึงวิเคราะห์ผลการทดลอง

##### ข) วัตถุประสงค์ของการออกแบบการทดลอง

เพื่อยืนยันข้อเท็จจริง (Confirmation) คือ การพิสูจน์ถึงข้อเท็จจริง หรือความเชื่อจากประสบการณ์ หรือทฤษฎีบางอย่างที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิต เพื่อค้นหาข้อเท็จจริง (Exploration) คือ การศึกษาถึง อิทธิพลของเงื่อนไข ใหม่ที่มีผลต่อกระบวนการ

##### ค) คำจำกัดความ

อิทธิพลหรือผล (Effect) หมายถึง ผลของตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม

ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่ง que คิดว่ามีอิทธิพลต่อผลการทดลองของคุณสมบัติในตัวผลิตภัณฑ์

ระดับของปัจจัย (Level of Factor) หมายถึง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดผลกระทบเล็ก ๆ น้อย ๆ และไม่สามารถควบคุมได้

##### 1) หลักในการออกแบบการทดลอง

การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูล แต่ละตัวเท่า ๆ กันเพื่อกระจายผลปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับทุกระดับที่ศึกษาให้เท่า ๆ กัน การทำแบบสุ่มยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomization)

การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple Randomization)

การทำแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete Randomization within Blocks)

การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูล เพื่อกำจัดเอาผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออก

การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วง เพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการทำเสมอไป

## 2) ลำดับขั้นการออกแบบและการวิเคราะห์การทดลอง

การนิยามปัญหาเป็นการระบุว่า ความต้องการในการผลิตคืออะไร และต้องการรู้อะไรบ้างในการผลิต ซึ่งนิยามของปัญหานี้ จะเกี่ยวข้องไปถึงจุดประสงค์ของการทดลอง การเลือกปัจจัยที่มีผล และระดับปัจจัยเป็นการใช้หลักการทางทฤษฎีและประสบการณ์ที่เคยปฏิบัติมาในการผลิต เพื่อระบุว่าปัจจัยใดบ้างที่น่าจะมีผลต่อการทดลอง และในแต่ละปัจจัยนั้น ควรมีช่วงในการทดลองอย่างไรเพื่อระบุปัญหาในระดับของปัจจัยในการทดลอง สุดท้ายคือระบุระดับที่ใช้เป็นตัวกำหนด (Fixed Levels) แบบสุ่ม (Random Levels) หรือแบบผสม (Mixed Levels)

แบบกำหนด (Fixed Levels) หมายถึงระดับปัจจัยที่สามารถควบคุมหรือกำหนดค่าของปัจจัยที่แน่นอนได้

แบบผสม (Mixed Levels) หมายถึงการผสมผสานระดับของปัจจัยที่เป็นทั้งแบบกำหนดได้และแบบสุ่ม

การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables) ในการเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองจะต้องเลือกตัวแปรที่สามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการศึกษา และการวัดค่ามันจะต้องแม่นยำ รวมทั้งความถูกต้องของเครื่องด้วย

การเลือกแบบทดลอง จะต้องพิจารณาถึงจำนวนข้อมูลที่ต้องทำซ้ำในการทดลอง ความเหมาะสม ข้อจำกัดในการสุ่ม (Randomization) และการบล็อก (Blocking) ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ต้องนำมาเกี่ยวข้องกันในด้านความเสี่ยงและต้นทุนที่ใช้ในการทดลอง สำหรับการเลือกปัจจัยการทำการทดลองในขณะที่ทำการทดลองจะต้องปฏิบัติตามหลักการที่ได้ออกแบบไว้ นั่นคือ ต้องมีการสุ่มการทำซ้ำ ข้อควรระวังในขณะที่ทำการทดลอง คือ ความถูกต้องของเครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลอง เพื่อให้ความผิดพลาด (Error) ที่ออกมามีค่าน้อยที่สุด การวิเคราะห์ข้อมูล จะใช้ความรู้ทางสถิติมาวิเคราะห์และสรุปผลรวมทั้งตัดสินใจความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้น ก่อนที่จะตีความข้อมูล วิธี

ทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผล (Effect) เท่าใดได้แน่นอนแต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วจะต้องสรุปผลของการวิเคราะห์ซึ่งอาจแสดงในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิอื่น ๆ

### 3) การเลือกแบบการทดลอง

แผนการทดลองแบบสุ่มสับบูรณ์ (Complete Randomize Design) ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียว (Single Factor Experiment) ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้มีขนาดไม่โตนักและไม่มีปัจจัยรบกวนการทดลองจะทำโดยยึดหลักการทำแบบสุ่ม (Randomization) และการทำซ้ำ (Replication) ขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ง) กำหนดตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) และปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Variable) ที่สนใจ
- จ) ทำการทดลองโดยสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete Random) ในการวัดค่า
- ฉ) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน

### แผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomization Block Design)

ใช้กับการทดลองปัจจัยเดียวและมีปัจจัยรบกวน (Noise Factor) หลักการของแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม คือ การทำการสุ่ม (Randomization) ทุกครั้งต้องทำการทดลอง การบล็อก (Blocking) เพื่อลดปัจจัยรบกวน การบล็อกอาจทำมากกว่า 1 บล็อกก็ได้ ซึ่งขึ้นกับจำนวนของปัจจัยรบกวนขั้นตอนในการทำการทดลอง

- ช) ออกแบบการทดลองและวางแผนการทดลอง
- ซ) เก็บข้อมูล
- ฌ) วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Table) ซึ่งจะต้องมีผลของบล็อก (Block Effect) ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Design)

เป็นการศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนองในทุก ๆ ระดับของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Treatment Combination) ที่มีจำนวน 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยทุก ๆ Treatment Combination ของปัจจัยนำเข้าทุกตัวจะได้รับการศึกษาไปพร้อม ๆ กัน

ผลกระทบจากปัจจัยนำเข้าจะนิยามด้วยการตรวจสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองที่ศึกษาที่เกิดขึ้นโดยการเปลี่ยนระดับของปัจจัยนำเข้านี้ เรียกว่า อิทธิพลหลัก (Main Effect) ส่วนอิทธิพลร่วม (Interaction) จะหมายถึงค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตอบสนองในระดับของปัจจัยนำเข้าตัวหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในระดับต่าง ๆ ของปัจจัยนำเข้าตัวอื่น ๆ

การทดลองแบบแฟคทอเรียล มีแบบต่าง ๆ ของการทดลองดังนี้

- General Full Factorial Design จะกำหนดค่าของปัจจัยนำเข้าในแต่ละระดับต่าง ๆ ที่เหมาะสมที่ใช้ในการทดลองและทำการทดลองในทุก ๆ Treatment Combination

- Fraction Factorial Design เป็นขั้นตอนของการทดลอง General Full Factorial Design คือการลดจำนวนของการทดลอง โดยพิจารณาเลือกจำนวนการทดลองจาก Treatment Combination ในผลกระทบที่ดับสูงของตัวแปรซึ่งเรียกว่า Generator

-  $2^k$  Factorial design เป็นการทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบหนึ่ง ไม่ว่าจะ เป็นแบบ Full Factorial หรือแบบ Fractional Factorial Design โดยในแต่ละปัจจัยนำเข้าจะกำหนดค่าเพียง 2 ระดับในการทดลอง และทำการทดลองในทุก ๆ Treatment Combination เพื่อศึกษาถึงพฤติกรรมของตัวแปรตอบสนองในงานวิจัย

ประโยชน์ของการทดลองแบบแฟคทอเรียล

- ในกรณีที่ต้องการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยนำเข้าจำนวนหลายตัว จะใช้จำนวนสิ่งตัวอย่างในการทดลองจำนวนที่น้อยกว่าการทดลองทีละ 1 ปัจจัย (One – Factor – at – a – time)

- ใช้เวลาในการทดลองน้อยกว่า เนื่องจากการศึกษาปัจจัยหลายตัวพร้อม ๆ กัน

- ผลสรุปจากการทดลองแบบแฟคทอเรียลสามารถที่จะสรุปได้ครอบคลุมมากกว่า เนื่องจากสามารถพิจารณาในส่วนของอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยในการทดลอง

### 2.2.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase)

แผนควบคุม (ฮิโตชิ กูเมะ, ผู้เขียน วีรพงษ์ เถลิงจิระรัตน์, ผู้แปล, 2541) ได้อธิบายความหมายของแผนภูมิควบคุม (Control Chart) ดังนี้

แผนภูมิควบคุมคือ แผนภูมิหรือกราฟที่จัดทำขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลจากขอบเขตที่กำหนด (Specification) ที่ระบุคุณสมบัติทางคุณภาพข้อใดข้อหนึ่งของชิ้นงานที่ดำเนินการผลิต และต้องการจะควบคุม เพื่อให้เป็นแนวทางในการติดตามผลการผลิตจากกระบวนการผลิตขั้นตอนใดตอนหนึ่ง โดยการตรวจวัดคุณภาพของชิ้นงาน ซึ่งในการวัดข้อมูลอาจอยู่ในลักษณะ 2 แบบ คือ ข้อมูลที่ได้จากการวัด (Variable Data) และข้อมูลที่ได้จากการนับ (Attribute Data) จากนั้นเขียนบันทึกลงในแผนภูมินั้น ๆ ซึ่งโดยปกติจะมีเส้นควบคุม 3 เส้น ได้แก่ เส้นขอบเขตกลาง คือ เส้นที่แสดงขนาดหรือจำนวนที่เป็นข้อกำหนดหรือเป้าหมายในการผลิต เส้นขอบเขตควบคุมบนและเส้นขอบเขตควบคุมล่าง เป็นค่าที่อนุญาตให้มีความคลาดเคลื่อนในการผลิตเกิดขึ้นได้ และหากอยู่ในขอบเขตนี้ก็ถือว่า ผลการผลิตรอบรับได้ แต่หากค่าที่ได้อยู่นอกเหนือขอบเขตควบคุม (ไม่ว่าในทางมากกว่าหรือต่ำกว่า) ถือว่าการผลิตในขณะนั้นยอมรับไม่ได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องโดยทันที

โดยธรรมชาติของกระบวนการผลิตทั้งหลายย่อมมีความผันแปร (Variation) เกิดขึ้นกับชิ้นงานหรือผลผลิตได้ โดยความผันแปรบางชนิดเป็นเรื่องปกติและอนุญาตหรือยอมให้เกิดขึ้นได้ในการผลิต โดยไม่ก่อความเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ แต่ความผันแปรบางชนิดมีผลกระทบมากและมีผลเสียหายต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เพราะทำให้ขนาดของชิ้นงานหรือคุณสมบัติบางประการผิดไปจากมาตรฐานที่กำหนด ดังนั้นการเข้าใจในสาเหตุแห่งความผันแปรจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยสาเหตุความผันแปรต่าง ๆ มีผลมาจากสาเหตุสำคัญ 2 ชนิดคือ

สาเหตุที่เป็นปกติวิสัย หรือเป็นธรรมชาติของการผลิต (Chance Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่ไม่มีความรุนแรง และไม่มีผลต่อคุณภาพของสินค้าที่ผลิตได้ เกิดจากความผันแปรหรือความแตกต่างเล็ก ๆ น้อยของวัตถุดิบและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ซึ่งแน่นอนว่าไม่มีของสองสิ่งที่เหมาะสมกันทุกประการ วัตถุดิบ 100 ชิ้น ที่มีขนาดตรงกันตามข้อกำหนดทั้ง 100 ชิ้นก็จะมีขนาดแต่ละชิ้นที่แตกต่างออกไป เพียงแต่ความแตกต่างเหล่านั้นอยู่ในพิสัยที่ของเขตข้อกำหนดได้อนุญาตเอาไว้แล้วในค่า พิกัดความเผื่อ (Tolerance) ของชิ้นงาน

ฉะนั้นความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากสาเหตุที่เป็นปกติวิสัยของการผลิต จึงเป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ในการควบคุมคุณภาพด้วยแผนภูมินี้ นั่นคือ กระบวนการผลิตที่เขียน



แสดงด้วยแผนภูมิควบคุมแล้วไม่มีจุดใดจุดหนึ่งอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุม (The Process is in Control)

สาเหตุที่ระบุไม่ได้ หรือสาเหตุที่จำกัดได้ (Assignable Cause) เป็นลักษณะสาเหตุของความผันแปรที่เกิดจากความผิดพลาด ความผิดปกติ ความชำรุด ความไม่ได้เกณฑ์ เป็นต้น ของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และไม่ใช่เป็นปกติวิสัย หรือธรรมชาติของการผลิตนั้น ๆ จำเป็นจะต้องได้รับการกำจัดหรือแก้ไขจึงจะทำให้คุณภาพของงานผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติอีกครั้งได้

ในแผนภูมิควบคุม เมื่อมีจุด(ซึ่งเขียนจากการเก็บข้อมูล และวัดค่าชิ้นงานตัวอย่างจากการผลิต) ปรากฏว่าอยู่นอกเส้นขอบเขตควบคุมย่อมแสดงได้ว่าเกิดมีสาเหตุที่ระบุได้เกิดขึ้นมาในกระบวนการผลิตนั้นแล้ว และเรียกสภาวะการผลิตนั้นว่า กระบวนการผลิตอยู่นอกควบคุม ( The process is Out of Control )

( คํารอง ทวีแสงสกุลไทย, 2538) ได้อธิบายว่าแผนภูมิควบคุมคือเป็นวิธีเทคนิคอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมการผลิตในระหว่างการผลิต เพื่อตรวจสอบว่ากระบวนการผลิตมีจุดใดเปลี่ยนแปลงหรือไม่หรือการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ ยังอยู่ในพิสัยควบคุมหรือไม่ ปกติจะใช้แผนภูมิควบคุมกับระบบการผลิตสภาพปกติ หรือมีการผลิตสม่ำเสมอ จะไม่ใช้กับการผลิตเป็นแบบเลว ๆ หรือผิดปกติ โดยเด็ดขาดจุดมุ่งหมายที่ใช้เทคนิคของแผนภูมิควบคุม มีดังนี้

- เพื่อหาเป้าหมายหรือมาตรฐานของการผลิต
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือตรวจสอบว่า การผลิตอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่
- เพื่อใช้เป็นเครื่องมือเพื่อให้ได้เป้าหมายที่วางแผนล่วงหน้าไว้แล้ว

การใช้แผนภูมิควบคุมในกระบวนการผลิต ควรมีเทคนิคต่อไปนี้ เลือกรับบริเวณที่จะควบคุมก่อน ปัญหาอะไรที่จะต้องทำ และเรามีมุ่งหมายอะไร จากการตัดสินใจในปัญหาทำให้ทราบทันทีอย่างชัดเจนว่า ต้องการข้อมูลอะไรพิจารณาการใช้แผนภูมิควบคุมแบบไหน อาจจะเป็นแผนภูมิแบบ  $\bar{X} - R$ ,  $\bar{x}$ ,  $pn$ ,  $p$ ,  $c$  หรือ  $u$  chart ก็ได้ขึ้นอยู่กับโรงงานและผลิตภัณฑ์แต่ละแห่งทำแผนภูมิควบคุม

แผนภูมิควบคุม  $\bar{X} - R$  Chart และ  $\bar{X} - S$  Chart

เป็นแผนภูมิควบคุมของข้อมูลเชิงผันแปร โดยแยกออกเป็นแผนภูมิแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลซึ่งจะแสดงความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และแผนภูมิที่แสดงค่าพิสัยของข้อมูลซึ่งจะแสดงความแปรปรวนภายในกลุ่ม โดยเส้นควบคุมต่างๆ สามารถที่จะคำนวณได้ดังสมการ

$$X : CL = \bar{X} \quad UCL = \bar{X} + A_2 R \quad LCL = \bar{X} - A_2 R$$

$$UCL = \bar{X} + A_3 S \quad LCL = \bar{X} - A_3 S$$

$$R : CL = \bar{R} \quad UCL = D_4 R \quad LCL = D_3 R$$

$$S : CL = \bar{S} \quad UCL = B_4 S \quad LCL = B_3 S$$

แผนภูมิควบคุม p chart และ np chart

เป็นแผนภูมิควบคุมที่แสดงข้อมูลของสัดส่วนของของเสียและจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นต่อเวลาสำหรับ p chart และ np chart ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนของของเสีย (p) สำหรับแต่ละกลุ่มตัวอย่างคำนวณได้จาก

$$P = \frac{x}{n}$$

โดยที่ x คือจำนวนของของเสียที่ตรวจพบ และ n คือจำนวนสิ่งตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการตรวจสอบ และสำหรับเส้นควบคุมต่างๆ คำนวณได้จากสมการ

$$CL = p = UCL$$

สำหรับ np Chart เส้นควบคุมต่างๆ คำนวณได้ดังนี้ คือ

$$CL = p = UCL$$

นอกจากนี้ยังมีแผนภูมิควบคุม XmR Chart หรือ ImR Chart ซึ่งเป็นแผนภูมิควบคุมที่ประกอบด้วยแผนภูมิที่แสดงถึงข้อมูลแต่ละตัวและค่า moving range (mR), c Chart (Number of Nonconformities) คือแผนภูมิควบคุมที่แสดงถึงจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นต่อหน่วยที่วัด เช่น จำนวนจุดเชื่อมที่ข้อบกพร่องต่อแผ่นวงจร, u Chart (Nonconformities per Unit) คือแผนภูมิควบคุมที่แสดงจำนวนของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นต่อหน่วยวัดเช่นเดียวกับ u Chart แต่ใช้ในกรณีที่ขนาดของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (Subgroup) ไม่เท่ากันตลอดการเก็บข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์เก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เหมาะสมแล้วใช้ข้อมูลที่ผ่านมาทำแผนภูมิ ถ้ามีจุดใด ๆ ผิดปกติต้องทำการค้นหาเหตุผลที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนไปทันที แล้วทำการแก้ไขสร้างแผนภูมิควบคุมสำหรับการควบคุมในโรงงาน หากว่าต้นเหตุที่ทำให้คุณภาพเปลี่ยนได้ขจัดหมดสิ้นแล้วและกระบวนการผลิตคงที่ ให้พิจารณาดูอีกครั้งว่าผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้หรือไม่ หลังจากนั้นถ้าทุกอย่างเรียบร้อยก็ให้สรุปผลทั้งหมดเพื่อทำมาตรฐานวิธีการทำงาน (Standardize Working Procedure) หรืออาจจะมีการปรับปรุงให้ดีขึ้น ถ้าจำเป็นต่อเส้นควบคุมของแผนภูมิออกไป จากนั้นพลอตข้อมูลที่เก็บได้ในแต่ละวันต่อไปควบคุมกระบวนการผลิต

แผนภูมิควบคุมจะชี้แสดงออกให้เห็นว่าสถานะที่โรงงานอยู่ภายใต้การควบคุมที่ดีหรือไม่ แต่ถ้าปรากฏว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น ต้องการค้นหาสาเหตุทันที แล้วแก้ไขให้ถูกต้องและคำนวณเส้นควบคุมใหม่ ถ้าเครื่องจักรหรือมาตรฐานการทำงานเปลี่ยนแปลง เส้นควบคุมต้องนำมาคำนวณใหม่ ถ้าการควบคุมกระบวนการผลิตในโรงงานยังดีตลอด ระดับคุณภาพที่แสดงบนแผนภูมิจะปรับดีขึ้นด้วย ในกรณีเช่นนี้ให้สังเกตแผนภูมิและควบคุมเป็นระยะ ในการคำนวณเส้นควบคุมให้สังเกตดูต่อไป

ข้อมูลที่จุดผิดปกติ ซึ่งค้นพบสาเหตุ หรือไม่มีการแก้ไขควรจะทำกรคำนวณใหม่

ข้อมูลที่จุดผิดปกติแต่ไม่พบสาเหตุหรือไม่มีการแก้ไขควรจะรวมเข้าไปในการคำนวณใหม่

วิธีการอ่านแผนภูมิควบคุม (วีรพงษ์ เกลิมจิระรัตน์, 2537)

สิ่งสำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิ คือ การอ่านหรือตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิ เพื่อโยงเหตุผลไปที่สถานะของกระบวนการผลิตซึ่งได้ผลิตข้อมูลที่เรานำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุมเพราะอาการผิดปกติต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่จะมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ จะแสดงออกให้ป็นรูปธรรมที่แผนภูมิควบคุมนี้เอง และเมื่อเราตรวจพบความผิดปกติของกระบวนการผลิตโดยอ่านจากแผนภูมิควบคุมนี้แล้ว เราจะได้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใด ๆ ในกระบวนการผลิตนั้นเพื่อปรับสถานะการผลิตให้กลับสู่สถานะที่อยู่ในควบคุม (In - Controlled) ได้ต่อไป