บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎี

2.1 แนวคิด

2.1.1 ความหมายและความสำคัญของคุณภาพ

ANSI/ASQC Standard A3-1987 (draft)[4] ได้ให้ความหมายคำว่า "คุณภาพ" ไว้ว่า "คุณลักษณะโดยรวมทั้งหมดของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ได้รวบรวมเอาความสามารถที่จะตอบสนองทั้งความต้องการตรงและความต้องการแฝง"

("The totality of features and characteristics of a product or service that bear on its ability to satisfy stated or implied needs.")

คำว่าคุณภาพสามารถถูกกำหนดความหมายได้หลากหลาย คุณภาพจึงเป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่สามารถสนองตอบความต้องการของผู้บริโภคได้และเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการตัดสินใจที่จะเลือกซื้อและใช้สินค้าหรือบริการที่มีการแข่งขัน ผู้บริโภคหมายถึงปัจเจกบุคคลและรวมถึงกลุ่มบุคคล เช่น องค์กรอุตสาหกรรม กลุ่มผู้ค้าปลีก หรือโครงการด้านการกลาโหม ดังนั้นความเข้าใจในแนวคิดเกี่ยวกับคุณภาพและการปรับปรุงคุณภาพจึงเป็นหัวใจที่นำไปสู่ความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจ การเจริญเติบโตของกิจการ และการดำรงอยู่ในตำแหน่งที่เหนือกว่าคู่แข่งขัน

2.1.2 มิติของคุณภาพ

ในปี 1987 Garvin[5] ได้กล่าวถึงมิติของคุณภาพ (Components or dimensions of quality) ไว้ถึง 8 ประการ ซึ่งพอสรุปโดยย่อได้ดังต่อไปนี้

1. สมรรถนะ (Performance)
   ความสามารถในการใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่จะตอบสนองความต้องการหรือความคาดหวังของลูกค้าตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด
2. ความเชื่อถือได้ (Reliability)
   ความเชื่อถือในสมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่อการใช้งานว่าจะไม่ประสบความล้มเหลว
3. ความคงทน (Durability)
   ระยะเวลาหรืออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือบริการ
4. ความสามารถในการให้บริการ (Serviceability)
   ความยากง่ายในการให้บริการแก้ไขหรือซ่อมแซมผลิตภัณฑ์หรือบริการเมื่อเกิดปัญหาในการใช้งานหรือเมื่อต้องการการบำรุงรักษาตามกำหนดเวลา (Routine Maintenance)

---

[4] Julan, J.M.; Gryna F.M. *Julan's Quality Control Handbook.* 4th edition, McGraw-Hill, Inc.,1988 (pp. 2.4)

[5] Garvin, D.A. *Harvard Business Review: Competing in the Eight Dimensions of Quality*, Sep – Oct 1987.

5. ความสวยงาม (Aesthetics)
   รูปร่างและลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ดึงดูดสายตาของผู้บริโภค เช่น รูปร่างลักษณะของรถยนต์
6. คุณลักษณะพิเศษ (Features)
   คุณลักษณะอื่นที่นอกเหนือจากสมรรถนะหลัก (Basic performance) ของผลิตภัณฑ์หรือบริการและยังคงตอบสนองต่อความต้องการหรือความคาดหวังของผู้บริโภค เช่น เครื่องยนต์ของรถยนต์ที่คงคุณลักษณะพิเศษคือการช่วยลดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมนอกเหนือจากการขับเคลื่อนรถยนต์
7. ชื่อเสียงและภาพพจน์ (Perceived Quality)
   ชื่อเสียงและภาพพจน์ของผลิตภัณฑ์หรือบริการ ตลอดจนถึงภาพลักษณ์ของบริษัทผู้ผลิตในสายตาผู้บริโภคอันมักได้รับอิทธิพลมาจากมิติคุณภาพด้านอื่นๆตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน ชื่อเสียงและภาพพจน์มีความเกี่ยวข้องกับความภักดีของลูกค้า (Customer Loyalty) และการกลับมาซื้อซ้ำ (Repeated business) เช่น ผู้โดยสารที่พึงพอใจเดินทางกับสายการบินที่ตรงต่อเวลาและกระเป๋าสัมภาระเดินทางไม่เคยสูญหายหรือเสียหาย
8. ตรงตามมาตรฐาน (Conformance to Standard)
   ความถูกต้องของการผลิตผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เป็นไปตามการออกแบบ (Design) หรือข้อกำหนด (Requirement) ที่กำหนดไว้ เช่น ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องบินทุกชิ้นจะต้องถูกต้องตรงตามมาตรฐานที่ได้รับการออกแบบไว้

ทุกๆผลิตภัณฑ์หรือบริการจะมีมิติของคุณภาพอย่างน้อยหนึ่งมิติที่ผู้บริโภครับรู้ว่าเป็นคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการนั้นๆซึ่งมักเรียกว่า **"คุณลักษณะเชิงคุณภาพ" (Quality Characteristics)** ซึ่งจำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. ด้านกายภาพ (Physical) เช่น ความยาว น้ำหนัก ความต่างศักย์ ความหนืด
2. ด้านความรู้สึก (Sensory) เช่น รูปร่าง รส กลิ่น สี
3. ด้านเวลา (Time Orientation) เช่น ความเชื่อถือได้ ความคงทน ความสามารถในการให้บริการ

แต่ละประเภทของคุณลักษณะเชิงคุณภาพมีความสัมพันธ์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมกับมิติคุณภาพทั้ง 8 มิติข้างต้น

2.1.3 แนวความคิดเรื่องคุณภาพ

แนวความคิดเรื่องคุณภาพแบบดั้งเดิมนั้นคำนึงถึงพื้นฐานบนมุมมองว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการต้องตอบสนองตรงต่อความต้องการของผู้ใช้ ความหมายคุณภาพแบบดั้งเดิมจึงหมายถึงความเหมาะสมใน

การใช้งานทั้งด้านการออกแบบและการผลิตที่สอดคล้องกับข้อกำหนด (Quality means fitness for use.) ต่อมาแนวความคิดเรื่องคุณภาพได้เปลี่ยนไปโดยที่แนวความคิดสมัยใหม่มองคุณภาพเป็นสัดส่วนที่ผกผันกับความผันแปร (Quality is inversely proportional to variability.) แนวความคิดคุณภาพสมัยใหม่มองว่าถ้าลดความแปรผันในคุณลักษณะที่สำคัญของผลิตภัณฑ์หรือบริการลงได้ คุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการก็จะเพิ่มขึ้น การลดความผันแปรลง (Reduction of variability) ส่งผลให้ต้นทุนเนื่องจากการซ่อมแซมและแก้ไขของเสียที่ไม่ถูกต้องตามข้อกำหนดอันเนื่องมาจากความผันแปรนั้นลดลง

2.1.4 ประวัติการพัฒนากลวิธีด้านคุณภาพโดยย่อ[6]

ปี ค.ศ.	
1700 – 1900	คุณภาพกำหนดจากความพยายามและผลงานของแรงงานแต่ละคน
1875	Frederick W. Taylor ได้นำหลักการบริหารที่มีกฎเกณฑ์ "Scientific Management" มาใช้ในการวิเคราะห์หาวิธีการทำงานที่ดีที่สุดเพื่อมุ่งเน้นที่การเพิ่มผลผลิต
1900 – 1930	Henry Ford ได้พัฒนาวิธีการทำงานที่มีการปรับปรุงทั้งผลผลิตและคุณภาพ โดยได้พัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบหาความผิดปกติในสายการผลิต (mistake-proof assembly) การตรวจสอบด้วยตนเอง (Self-checking) และการตรวจสอบในกระบวนการผลิต (in-process inspection)
1924	W. A. Shewhart ได้กล่าวถึงแนวคิดเกี่ยวกับแผนภูมิควบคุม (Control chart) ไว้ในเอกสารบันทึกด้านเทคนิคของ Bell Laboratories
1928	H. F. Dodge และ H. G. Romig แห่ง Bell Labs ได้พัฒนากลวิธีการสุ่มตรวจ (Acceptance Sampling)
1931	W. A. Shewhart วางโครงร่างวิธีการนำกลวิธีทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการผลิตและวิธีการใช้งานแผนภูมิควบคุม ซึ่งตีพิมพ์ไว้ในหนังสือ *Economic Control of Quality of Manufactured Product*
1946	มีการก่อตั้ง The American Society for Quality Control (ASQC) มีการก่อตั้ง The Japanese Union of Scientists and Engineers (JUSE)
1946 – 1949	Dr. Deming ได้รับเชิญให้ไปเป็นวิทยากรบรรยายในการสัมมนาเรื่องการควบคุมคุณภาพด้วยกลวิธีทางสถิติ (Statistical Quality Control: SQC) แก่วงการอุตสาหกรรมในประเทศญี่ปุ่น
1950s	Eugene Grant และ A. J. Duncan ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ Statistical Quality Control

---

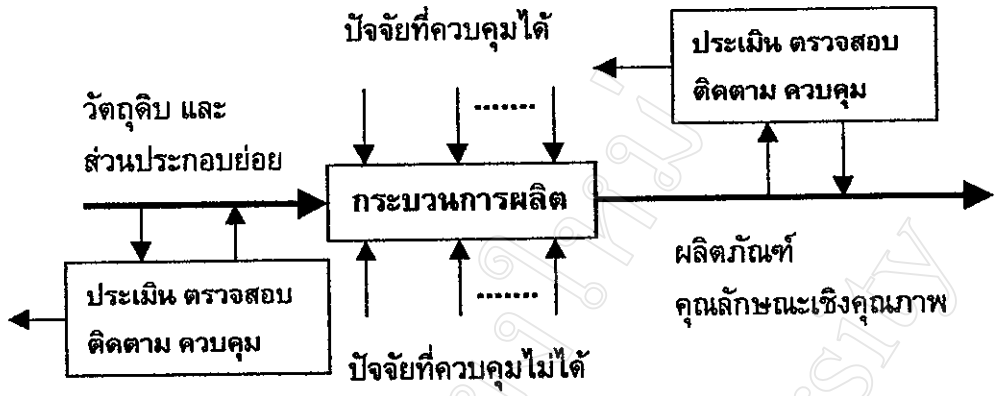
[6] Montgomery, D.C. *Introduction to Statistical Quality Control.* 3rd edition, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

1954	Dr. Joseph M. Juran ได้รับเชิญให้ไปเป็นวิทยากรบรรยายหัวข้อการจัดการและการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Management and Improvement) ที่ประเทศญี่ปุ่น
1957	มีการตีพิมพ์ J. M. Juran and F. M. Gryna's *Quality Control Handbook* เป็นครั้งแรก
1960	K. Ishikawa ได้กล่าวถึงแนวคิดกลุ่มคุณภาพ The Quality Control Circle (QCC)
1960s	มีการบรรจุวิชาการควบคุมคุณภาพด้วยกลวิธีทางสถิติ (SQC) ลงในหลักสูตรวิศวกรรมอุตสาหการอย่างกว้างขวาง และมีการวางแนวคิดของเสียเป็นศูนย์ (Zero Defects: ZD) ขึ้นในบางกลุ่มอุตสาหกรรมของสหรัฐอเมริกา
1975 – 1978	อเมริกาเหนือมีความสนใจในแนวคิดกลุ่มคุณภาพและได้มีการพัฒนาไปสู่การบริหารคุณภาพทั้งองค์กร (Total Quality Management: TQM)
1989	มีการตีพิมพ์วารสาร *Quality Engineering*
1990s	ระบบมาตรฐานคุณภาพ ISO9000 และ QS9000 ได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมทั่วโลก

2.1.5 แนวความคิดการบริหารคุณภาพ

การบริหารคุณภาพได้มีการนำหลักการทางการบริหารมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ การวางแผนและการควบคุม

1. การวางแผนคุณภาพ (Quality Planning) เป็นกิจกรรมการพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์ และกระบวนการผลิตเพื่อจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้
   - กำหนดว่าลูกค้าคือใคร
   - กำหนดความต้องการของลูกค้า
   - กำหนดคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า
   - ออกแบบกระบวนการผลิตที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตอบสนองความต้องการของลูกค้า
   - นำผลที่ได้จากการวางแผนข้างต้นไปปฏิบัติ
2. การควบคุมคุณภาพ (Quality Control) เป็นกิจกรรมการปฏิบัติการเพื่อควบคุมกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้ได้คุณภาพตามเป้าหมายที่วางไว้ และมีการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback loop) ดังรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้
   - ประเมินผลที่แท้จริงของการปฏิบัติ
   - เปรียบเทียบผลที่แท้จริงของการปฏิบัติกับเป้าหมายที่วางไว้
   - ดำเนินการปรับปรุงส่วนที่แตกต่างไปจากเป้าหมายให้ได้ตามเป้าหมายที่วางไว้



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพ

การพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพ (Quality Improvement) คือความพยายามลดความผันแปรในกระบวนการผลิตและในตัวผลิตภัณฑ์ ความแปรผันที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมักก่อให้เกิดความสูญเปล่า (Waste) ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า การปรับปรุงคุณภาพคือการลดความสูญเปล่านั่นเอง นอกจากนี้การพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพยังหมายถึงกระบวนการปรับปรุงพัฒนาความเหมาะสมในการใช้งาน (Improving fitness for use) และการลดระดับของเสียหรือข้อผิดพลาด (Reducing the level of defects or errors) การพัฒนาและการปรับปรุงคุณภาพจะบรรลุผลต้องได้รับการสนับสนุนและมีส่วนร่วมจากบุคคลทุกระดับในองค์กรซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาเรียกว่าการบริหารคุณภาพทั่วทั้งองค์กร TQM (Total Quality Management)

ในระบบมาตรฐานคุณภาพ ISO9001: 2000[7] และ QS9000 ก็ให้ความสำคัญกับการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (Continuous Quality Improvement) อันเป็นข้อกำหนดให้ผู้ผลิตพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นเรื่อยๆอย่างต่อเนื่องซึ่งมีการระบุการควบคุมคุณภาพโดยประยุกต์วิธีการทางสถิติไว้เป็นข้อกำหนดด้วย

ดังที่กล่าวมาการบริหารคุณภาพแบบดั้งเดิมเป็นการตรวจสอบคุณภาพสินค้าที่ได้จากระบบการผลิต วิธีการเช่นนี้ทำให้ต้นทุนของสินค้าสูงเนื่องจากมีต้นทุนจากความสูญเปล่าของสินค้าที่ด้อยคุณภาพแฝงตัวอยู่ด้วยการบริหารคุณภาพในเวลาต่อมาจนถึงปัจจุบันจึงได้เปลี่ยนแนวความคิดการบริหารคุณภาพมามุ่งเน้นที่การควบคุมกระบวนการผลิตในระบบการผลิต นำกลวิธีการควบคุมทางสถิติเข้ามาประยุกต์ใช้งานควบคุมคุณภาพทุกขั้นตอนของระบบการผลิต นับตั้งแต่คุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาผลิตหรือแปรรูปเพื่อผลผลิตขั้นสุดท้ายที่มีคุณภาพเป็นที่พึงพอใจของลูกค้าและตอบสนองในสิ่งที่ลูกค้าต้องการ

---

[7] ISO9001: 2000 คือระบบมาตรฐานคุณภาพ ISO9001 รุ่นปรับปรุงใหม่ปี ค.ศ.2000

วิธีการทางสถิติที่นำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติ (Statistical Quality Control: SQC) ประกอบด้วย

- วิธีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance sampling)
- วิธีการควบคุมกระบวนการด้วยกลวิธีทางสถิติ (Statistical process control: SPC)
- วิธีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process capability analysis)
- วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of experiments: DOE)

ในการศึกษานี้จะไม่กล่าวถึงวิธีการออกแบบการทดลองซึ่งเป็นแนวทางเชิงวิศวกรรม

2.2 ทฤษฎี

2.2.1 ทฤษฎีคุณภาพของ Dr. W. Edwards Deming

ปรัชญาด้านคุณภาพของ ดร.เดมมิ่ง มีหลักใหญ่อยู่ 2 ประการคือ

1. มุ่งเน้นการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาด้านคุณภาพ
2. บทบาทของฝ่ายบริหารที่จะนำและสนับสนุนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาด้านคุณภาพ

ดร.เดมมิ่ง ได้วางทฤษฎีการบริหารเพื่อพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพที่เรียกว่า PDSA อันประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผนที่ได้วางไว้ (Do) การศึกษาและตรวจสอบผลการปฏิบัติงานโดยเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ได้วางแผนไว้ (Study/Check) และการดำเนินการแก้ไขและป้องกันในกรณีที่ผลิตภัณฑ์หรือผลการปฏิบัติงานมีคุณภาพไม่สอดคล้องกับแผนที่ได้วางไว้ (Act) ขั้นตอนทั้ง 4 นี้ต้องได้รับการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องหมุนไปเรื่อยๆในลักษณะที่เรียกว่า วงล้อหรือวัฏจักรของ เดมมิ่ง (Deming Cycle) ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 วงล้อหรือวัฏจักรของเดมมิ่ง

2.2.2 ประเภทข้อมูลคุณภาพ

การประยุกต์ใช้วิธีการทางสถิติในการปรับปรุงและพัฒนาการบริหารเชิงคุณภาพจำต้องทำการจัดกลุ่มข้อมูลเชิงคุณภาพออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. ข้อมูลคุณภาพเชิงคุณลักษณะ (Attributes data)
   มีลักษณะเป็นค่าที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) มักได้ข้อมูลมาจากการนับ
2. ข้อมูลคุณภาพเชิงแปรผัน (Variables data)

มีลักษณะเป็นค่าที่ต่อเนื่อง (Continuous data) มักได้ข้อมูลมาจากการวัดที่มีค่าต่อเนื่อง เช่น ความยาว ความต่างศักย์ หรือความหนืด

2.2.3 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling)

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับคือการสุ่มเลือกตัวอย่าง (Random sampling) จากล็อตของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาได้จากกระบวนการผลิต แล้วนำมาทำการตรวจสอบคุณภาพเพื่อการตัดสินใจที่จะยอมรับหรือปฏิเสธล็อตของผลิตภัณฑ์โดยอาศัยวิธีการทางสถิติว่าด้วยกฎของความน่าจะเป็น (Probability) การสุ่มตัวอย่างตรวจสอบเพื่อการยอมรับมีข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้

ข้อดี

1. มีความประหยัดในเชิงเศรษฐศาตร์ คือเสียค่าใช้จ่ายน้อยเนื่องจากเป็นการตรวจสอบเพียงบางส่วน
2. ลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์อันเกิดขึ้นจากการตรวจสอบ
3. ไม่ต้องการพนักงานตรวจสอบ (inspector) จำนวนมากจึงช่วยลดปัญหาการจัดหา และฝึกอบรมพนักงานตรวจสอบ
4. ยกระดับงานการตรวจสอบคุณภาพจากความซ้ำซากของการตัดสินคุณภาพงานแบบชิ้นต่อชิ้น (piece-by-piece) เป็นการตัดสินแบบล็อตต่อล็อต (lot-by-lot)
5. สามารถใช้กับการตรวจสอบแบบทำลาย (Destructive test) สำหรับผลิตภัณฑ์อาจได้รับเสียหายจากการตรวจสอบ เช่น การตรวจสอบคุณภาพโครงสร้างของรถยนต์ด้วยการทดสอบการชนกระแทก
6. ช่วยกระตุ้นพัฒนาการด้านคุณภาพของผู้ส่งมอบ เนื่องจากเป็นการปฏิเสธและส่งคืนวัตถุดิบทั้งล็อต มิใช่เพียงของเสียจากการตรวจสอบเท่านั้น

ข้อเสีย

1. ความเสี่ยงที่จะปฏิเสธล็อตดี แต่ยอมรับล็อตเสีย
2. มีการเพิ่มเติมภาระงานเอกสารและแผนงานการสุ่มตรวจ
3. การสุ่มตรวจมักให้ข้อมูลคุณภาพผลิตภัณฑ์น้อยกว่าการตรวจสอบร้อยเปอร์เซ็นต์

2.2.3.1 วัตถุประสงค์ของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

วัตถุประสงค์ของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับมี 2 ข้อคือ

1. สุ่มเพื่อการยอมรับหรือปฏิเสธล็อตของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับจากกระบวนการผลิตหรือผู้ส่งมอบ
2. สุ่มเพื่อตัดสินว่ากระบวนการผลิตอยู่ในขอบเขตควบคุมที่กำหนดไว้หรือไม่

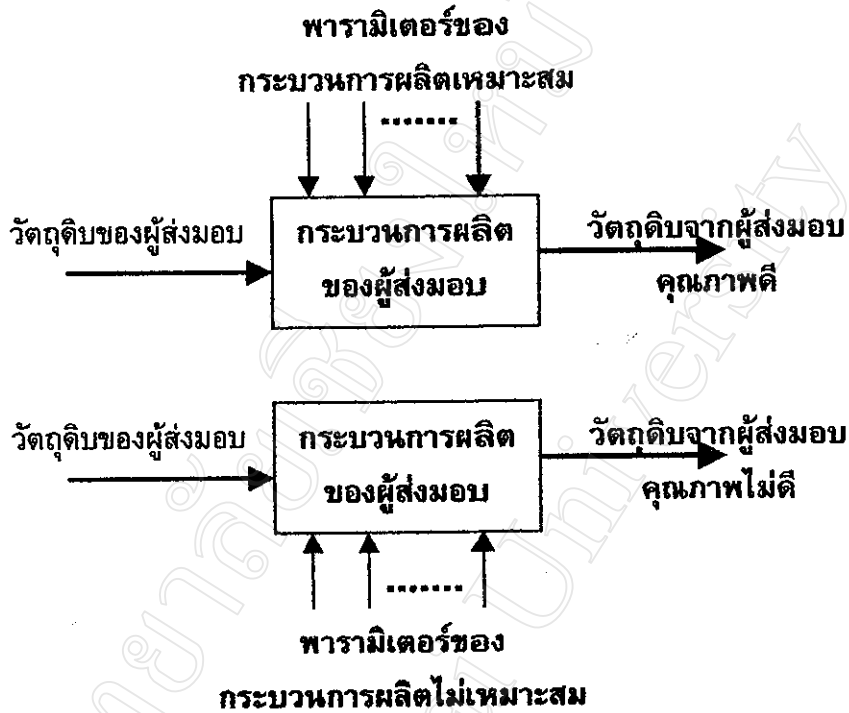
จากวัตถุประสงค์ข้อแรกของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับหรือปฏิเสธล็อตของผลิตภัณฑ์จุดที่มักทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์คือจุดที่ผลิตภัณฑ์สำเร็จออกมาจากกระบวนการผลิต เรียกว่า การตรวจสอบขาออก (Outgoing Inspection) ดังรูปที่ 2.3 (ก) และจุดก่อนหน้าที่วัตถุดิบจะเข้าสู่กระบวนการผลิตเรียกว่า การตรวจสอบขาเข้า (Incoming Inspection) ดังรูปที่ 2.3 (ข)

(ก) การตรวจสอบขาออก

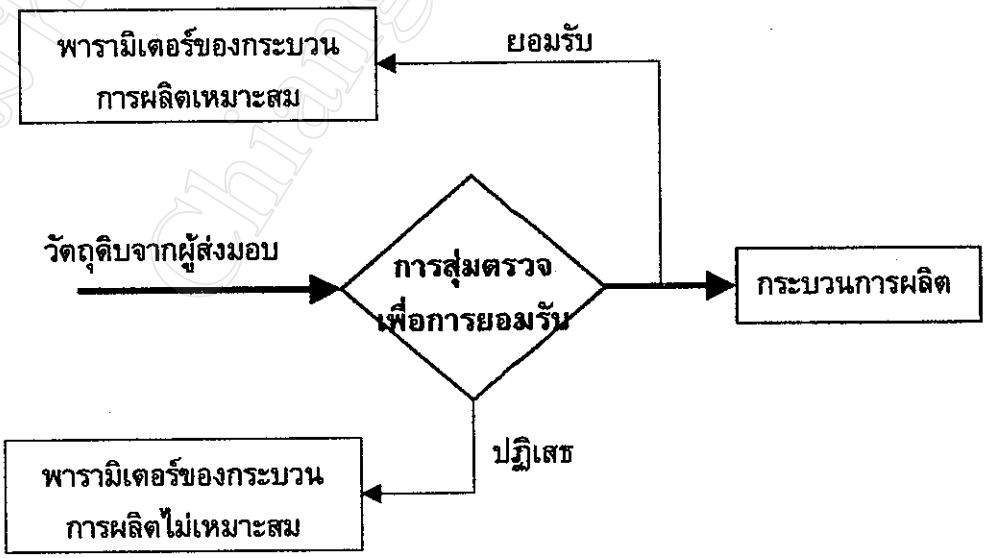
(ข) การตรวจสอบขาเข้า

รูปที่ 2.3 การตรวจสอบขาออก และการตรวจสอบขาเข้า

โดยทั่วไปการตรวจสอบกลุ่มตัวอย่างนอกจากจะบอกถึงคุณภาพของชิ้นงานวัตถุดิบในล็อตได้แล้วยังสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบได้ด้วย ซึ่งคุณภาพของวัตถุดิบเป็นผลจากค่าพารามิเตอร์ที่ปรากฏอยู่ในกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบ ณ เวลาที่ทำการผลิต ผลจากการสุ่มตัวอย่างจึงเป็นหลักฐานบ่งชี้ถึงค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตว่าดีหรือไม่ดี ณ ขณะที่ทำการผลิต โดยมีการสุ่มวัตถุดิบมาเป็นตัวอย่างดังรูปที่ 2.4 ในทางกลับกันเมื่อรู้ว่าค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตก็สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจากกระบวนการผลิตนั้นดังรูปที่ 2.5 เมื่อเรารับทราบถึงคุณภาพวัตถุดิบของกลุ่มตัวอย่างก็ย่อมรู้ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบจึงส่งผลให้รู้ถึงคุณภาพวัตถุดิบที่เหลือในล็อตที่มิได้ถูกตรวจสอบที่อยู่นอกกลุ่มตัวอย่าง ตัวอย่างพารามิเตอร์ของกระบวนการ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว กำลังไฟฟ้า เป็นต้น เมื่อศึกษาถึงการตรวจสอบกลุ่มตัวอย่างวัตถุดิบจากหลายล็อตที่ผลิตออกมาต่อเนื่องกันเป็นลำดับ ก็จะเกิดการเรียนรู้ได้ว่ากระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบมีค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตที่มีเสถียรภาพอยู่ในระดับที่ควบคุมได้หรือไม่ ถ้ากลุ่มตัวอย่างวัตถุดิบจากการสุ่มหลายล็อตที่ผลิตออกมาต่อเนื่องกันเป็นลำดับแสดงถึงความมีเสถียรภาพของกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบแล้วก็สามารถทำนายคุณภาพของวัตถุดิบที่จะผลิตออกมาในอนาคตได้



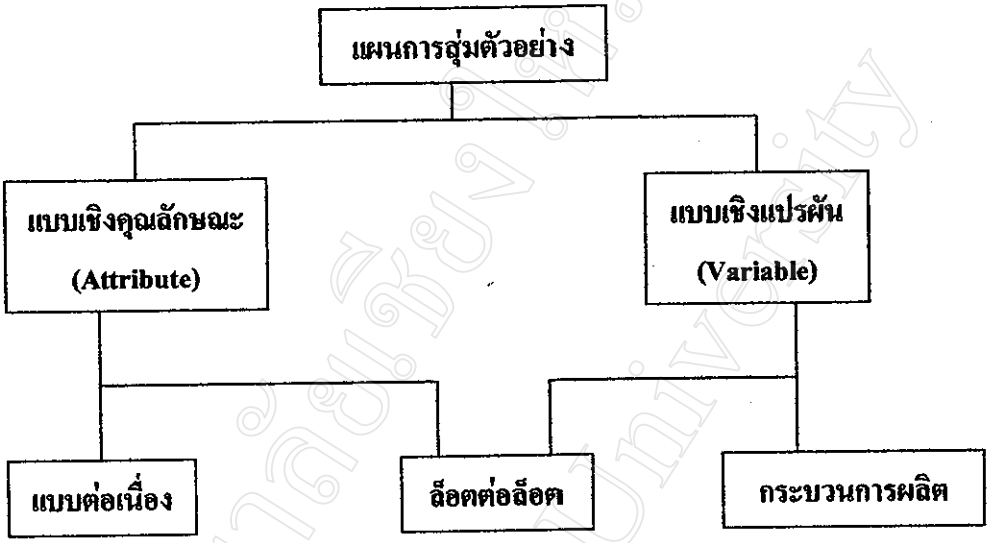
รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบ



รูปที่ 2.5 แสดงคุณภาพวัตถุดิบจากกระบวนการผลิตของผู้ส่งมอบ

2.2.3.2 รูปแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

รูปแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ แบบเชิงคุณลักษณะ และแบบเชิงแปรผัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปแบบแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

- แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงคุณลักษณะ หมายถึงแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้การแจงนับสิ่งตัวอย่างด้วยการจำแนกออกตามคุณลักษณะเชิงคุณภาพ โดยเฉพาะคุณภาพประเภทอาศัยความรู้สึกและความสวยงาม และสามารถใช้ได้กับคุณลักษณะเชิงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยาที่ต้องการความรวดเร็วในการตรวจสอบ กล่าวคือมีการจำแนกเป็นผ่าน (Go) กับไม่ผ่าน (No Go) เท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อเสียที่ไม่สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะเชิงคุณภาพมากนัก
- แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับแบบเชิงแปรผัน หมายถึงแผนการสุ่มตัวอย่างที่อาศัยการวัดค่าจากสิ่งตัวอย่าง คุณลักษณะเชิงคุณภาพต้องเป็นคุณลักษณะเชิงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะเชิงคุณภาพได้มากแต่มีข้อเสียคือเสียค่าใช้จ่ายและเวลาที่สูงกว่าแบบเชิงคุณลักษณะ

แผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงคุณลักษณะมักวัดค่าในรูปเปอร์เซ็นต์ของเสียและใช้การควบคุมอัตราส่วนที่ยอมรับได้ของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องหรือเบี่ยงเบนจากข้อกำหนด ส่วนแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงแปรผันก็ใช้ในลักษณะเดียวกันแต่ต้องรู้การกระจายของค่าตัวแปรที่ทำการวัด (Distribution of measurements) และนำไปใช้แปลความจากอัตราส่วนของเสียไปสู่ค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการที่ถูกควบคุม เช่น ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงแปรผันในการตรวจรับวัตถุดิบนำเข้าควรจำกัดใช้เฉพาะกับวัตถุดิบที่รู้ที่มาและมาจากผู้ส่งมอบที่

เชื่อถือได้ซึ่งมีประวัติยืนยันได้ถึงกระบวนการผลิตที่มั่นคงสม่ำเสมอในการควบคุมและรู้ถึงรูปแบบการกระจายตัวของตัวแปรในกระบวนการผลิต

Cowden[8] ได้สรุปคุณลักษณะของแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีไว้ว่า

1. ปกป้องผู้ผลิตจากการถูกปฏิเสธล็อตที่ดีเมื่อผลิตภัณฑ์อยู่ในสภาวะน่าพึงพอใจที่อยู่ในความควบคุมได้ทั้งในเกณฑ์ข้อกำหนดและความแน่นอน (uniformity) ของกระบวนการผลิต
2. ปกป้องผู้บริโภคจากการยอมรับล็อตเสีย
3. ให้การปกป้องคุณภาพแก่ผู้บริโภคได้ในระยะยาว
4. ส่งเสริมให้ผู้ผลิตรักษาระดับการควบคุมกระบวนการผลิตให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ
5. ใช้ค่าใช้จ่ายในการสุ่มตัวอย่าง การตรวจสอบ และการจัดการต่ำ
6. ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจน

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงคุณลักษณะและแบบเชิงแปรผัน

หัวข้อ	แบบเชิงคุณลักษณะ	แบบเชิงแปรผัน
การตรวจ *(Inspection)*	งานแต่ละชิ้นถูกแบ่งเป็น ดีหรือเสีย อาจตรวจแบบ ผ่านหรือไม่ผ่าน	งานแต่ละชิ้นจะถูกวัดค่า การตรวจวัดจะซับซ้อนและค่าใช้จ่ายสูง
การกระจาย *(Distribution)*	ไม่จำเป็นต้องทราบ	จำเป็นต้องทราบ (มักจะสมมุติรูปแบบการกระจาย)
รูปแบบอาการเสีย (Type of defect)	หนึ่งแผนการสุ่มสามารถประเมินได้หลายรูปแบบอาการเสีย	แผนการสุ่มสำหรับแต่ละรูปแบบอาการเสียต้องแยกกัน
ขนาดตัวอย่าง (Sample size)	ขึ้นกับการกำหนดระดับการป้องกันความเสี่ยงของผู้บริโภค	ขนาดตัวอย่างเล็กกว่าเมื่อกำหนดระดับการป้องกันความเสี่ยงของผู้บริโภคเท่ากัน
ข้อมูลกระบวนการ (Process information)	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย ค่าเฉลี่ยและค่าแปรผันของกระบวนการสำหรับการแก้ไข
ความรุนแรง (Severity)	ให้น้ำหนักเท่ากันกับทุกรูปแบบอาการเสีย	ให้น้ำหนักตามความใกล้เคียงกับข้อกำหนดเบี่ยงเบนจากข้อกำหนดมากก็รุนแรงมาก
หลักฐานต่อผู้ส่งมอบ (Evidence to supplier)	มีงานเสียเป็นหลักฐาน	เป็นไปได้ที่ล็อตถูกปฏิเสธจากตัวอย่างที่ไม่เสีย
ความผิดพลาด (Measurement errors)	ไม่มีการบันทึกค่าการวัด	มีการบันทึกค่าที่วัดได้

[8] Cowden, D.J., *Statistical Methods in Quality Control* : Prentice-Hall, 1957 (pp. 489-490)

2.2.3.3 ประเภทของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

1. แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว (Single sampling plan)

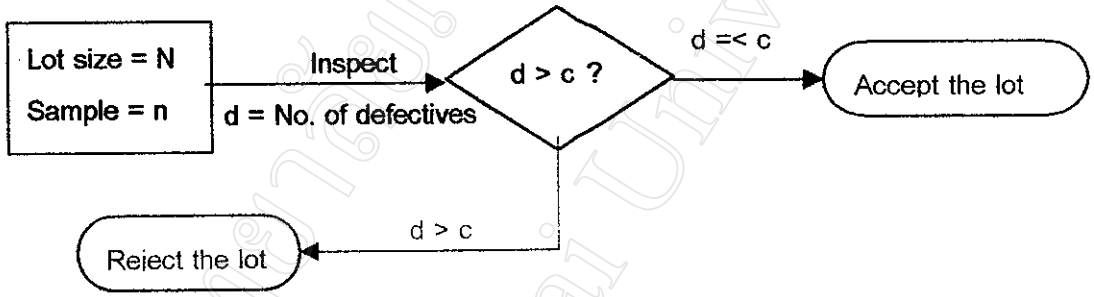
เป็นการตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการยอมรับ โดยการเลือกสุ่มผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเพียงครั้งเดียวจากผลิตภัณฑ์แต่ละล็อตว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธ ซึ่งสามารถตัดสินใจได้เป็นล็อตๆไป การสุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการสุ่มเชิงเดี่ยวประกอบด้วยสิ่งสำคัญที่เกี่ยวข้อง 4 อย่างคือ

1.) จำนวนผลิตภัณฑ์ในแต่ละล็อต (N)

2.) จำนวนผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตัวอย่างในแต่ละล็อต (n)

3.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ในแต่ละล็อต (c)

4.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องในแต่ละล็อต (d)



รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนตามแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว

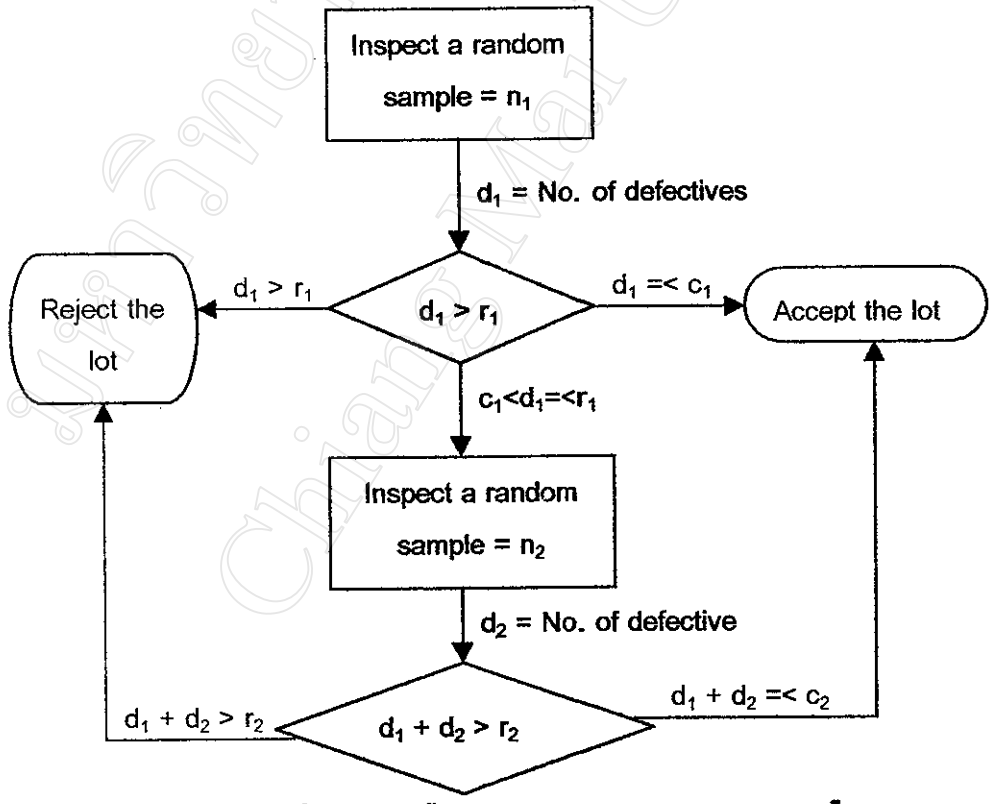
รูปที่ 2.7 แสดงขั้นตอนตามแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว หากจำนวนผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่อง (d) ไม่เกินค่าตัวเลขแห่งการยอมรับได้ (c) ให้ทำการยอมรับล็อตนั้น และหากจำนวนผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องเกินกว่าค่าตัวเลขแห่งการยอมรับได้ให้ทำการปฏิเสธล็อตนั้น

2. แผนการสุ่มตัวอย่างสองชั้น (Double sampling plan)

เป็นการตรวจสอบตัวอย่างเพื่อการยอมรับ โดยเลือกสุ่มผลิตภัณฑ์ตัวอย่างแต่ละล็อตว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธโดยสุ่มตัวอย่าง 2 ชุดจากล็อตเดียวกัน ถ้าสุ่มหยิบตัวอย่างชุดแรกสามารถตัดสินใจได้ทันทีว่ายอมรับหรือปฏิเสธล็อตก็ไม่จำเป็นต้องสุ่มหยิบตัวอย่างชุดที่ 2 แต่ถ้ายังไม่สามารถตัดสินใจได้จึงทำการสุ่มเลือกตัวอย่างชุดที่ 2 มาตรวจสอบอีก แล้วนำผลการตรวจสอบทั้ง 2 ครั้งมาพิจารณาร่วมกันจึงสามารถตัดสินใจได้ว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธล็อต การสุ่มตัวอย่างสองชั้นทำให้มีโอกาสทำการตรวจสอบตัวอย่าง 2 ชุดในล็อตเดียวกันจึงทำให้มีความแน่ใจในการตัดสินใจดีขึ้น ขนาดตัวอย่างชุดแรกของแผนการสุ่มตัวอย่างสองชั้นมักน้อยกว่าในแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงเดี่ยว ถ้าตัวอย่างชุดแรกได้รับการยอมรับ

การตรวจสอบโดยแผนตัวอย่างสองชั้นจะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า การสุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการสุ่มสองชั้นประกอบด้วยสิ่งสำคัญที่เกี่ยวข้อง 8 อย่างคือ

1.) จำนวนผลิตภัณฑ์ในแต่ละล็อต (N)
2.) จำนวนผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตัวอย่างชุดแรกในแต่ละล็อต (n_1)
3.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้สำหรับตัวอย่างชุดแรก (c_1)
4.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องอย่างน้อยที่สุดที่ไม่สามารถยอมรับได้สำหรับตัวอย่างชุดแรก (r_1)
5.) จำนวนผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตัวอย่างชุดที่สองในแต่ละล็อต (n_2)
6.) จำนวนผลิตภัณฑ์จากการสุ่มตัวอย่างทั้งสองชุดรวมกัน (n_1+n_2)
7.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้สำหรับตัวอย่างทั้งสองชุดรวมกัน (c_2)
8.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องอย่างน้อยที่สุดที่ไม่สามารถยอมรับได้สำหรับตัวอย่างทั้งสองชุดรวมกัน (r_2)



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนตามแผนการสุ่มตัวอย่างสองชั้น

รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนตามแผนการสุ่มตัวอย่างสองชั้น ในครั้งแรกทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน n_1 หากจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (d_1) น้อยกว่าหรือเท่ากับค่าตัวเลขแห่งการยอมรับได้ครั้งที่ 1 (c_1) ให้ทำ

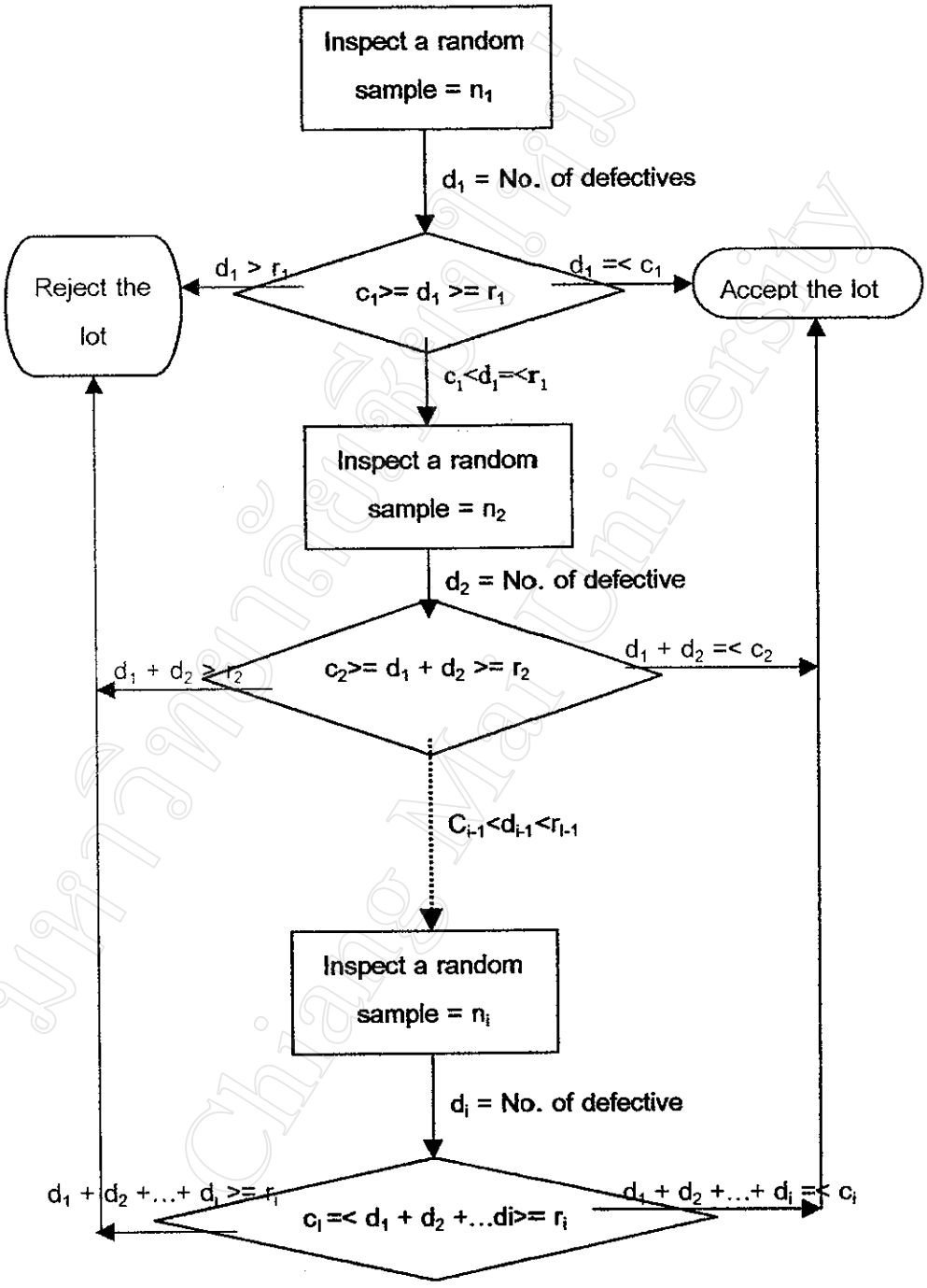
การยอมรับล็อตนั้น ถ้าหากจำนวนผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องมากกว่าตัวเลขแห่งการปฏิเสธครั้งที่ 1 (r_1) ให้ทำการปฏิเสธล็อตนั้น หากจำนวนผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องอยู่ระหว่าง c_1 และ r_1 ให้ทำการชักสุ่มตัวอย่างครั้งที่ 2 (n_2) ให้ทำการนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องทั้ง 2 ครั้งรวมกัน ($d_1 + d_2$) ถ้า $d_1 + d_2$ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าตัวเลขแห่งการยอมรับได้ครั้งที่ 2 (c_2) ให้ยอมรับล็อตนั้น แต่ถ้า $d_1 + d_2$ มีค่ามากกว่าค่าตัวเลขแห่งการปฏิเสธครั้งที่ 2 (r_2) ให้ทำการปฏิเสธล็อตนั้น

3. แผนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้นและการสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง(Multiple and sequential-sampling plan)

การสุ่มตัวอย่างหลายชั้น (Multiple sampling) ใช้กับการสุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 3 ชุดขึ้นไปจากผลิตภัณฑ์ล็อตเดียวกันจึงจะตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธผลิตภัณฑ์ล็อตนั้นๆได้ การสุ่มตัวอย่างแบบต่อเนื่อง (Sequential sampling) ใช้กับการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทุกชิ้นในกลุ่มโดยตรวจสอบต่อเนื่องเป็นลำดับกันไปและไม่มีการกำหนดขอบเขตของจำนวนหน่วยที่นำมาตรวจสอบ การตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธล็อตของผลิตภัณฑ์ของแผนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้นมีลักษณะทำนองเดียวกันกับแผนการสุ่มตัวอย่างสองชั้น การสุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการสุ่มหลายชั้นประกอบด้วยสิ่งสำคัญที่เกี่ยวข้อง 4 อย่างคือ

1.) ลำดับตัวอย่าง (i)
2.) ขนาดตัวอย่างชุดที่ i (n_i)
3.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องที่สามารถยอมรับได้ของตัวอย่าง i ชุดรวมกัน (c_i)
4.) จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องอย่างน้อยที่สุดที่ไม่สามารถยอมรับได้สำหรับตัวอย่าง i ชุดรวมกัน (r_i)

ข้อสังเกตุสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้นคือ ค่า c หรือ r ของการสุ่มตัวอย่างแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากันได้ ค่า c หรือ r ของการสุ่มตัวอย่างชุดหลังต้องมากกว่าหรือเท่ากับค่า c หรือ r ของตัวอย่างชุดก่อนและค่า r จะต้องมีจำนวนตั้งแต่ 2 ขึ้นไป การตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธล็อตจะดูจากค่า c ของแต่ละตัวอย่าง ผู้ผลิตและผู้บริโภคมักนิยมใช้แผนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้น ซึ่งเป็นจิตวิทยาอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดความรู้สึกมั่นใจในผลของการตัดสินใจ เพราะมีโอกาสได้สุ่มตัวอย่างหลายครั้ง ขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้นได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 และการเปรียบเทียบปัจจัยด้านการจัดการสำหรับการชักสุ่มตัวอย่างแต่ละแบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนตามแผนการสุ่มตัวอย่างหลายชั้น

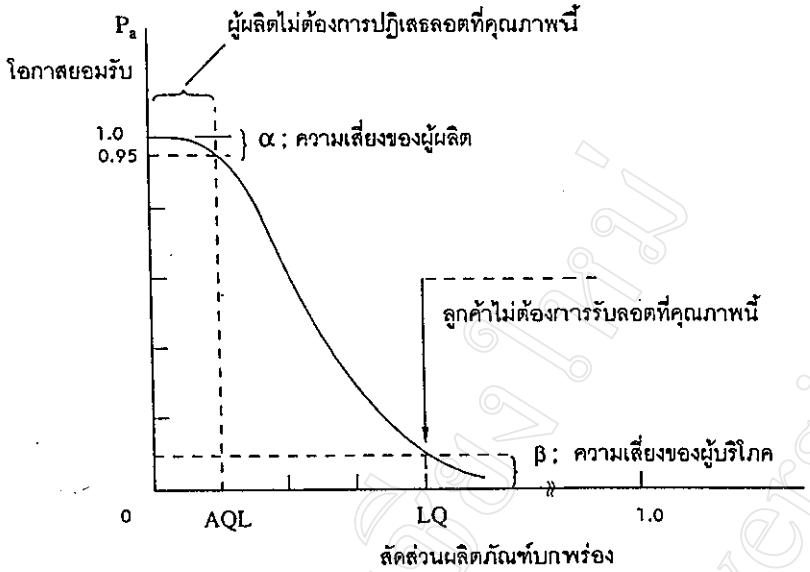
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบปัจจัยด้านการจัดการสำหรับการชักสิ่งตัวอย่างทั้ง 3 แบบ

ปัจจัยด้านการจัดการ	เชิงเดี่ยว	สองชั้น	หลายชั้น
1. ขนาดสิ่งตัวอย่างโดยเฉลี่ย	มากที่สุด	น้อย	ค่อนข้างจะน้อย
2. จำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างต่อล็อต	หนึ่งครั้ง	สองครั้ง	หลายครั้ง
3. จำนวนหน่วยผลิตภัณฑ์ที่สูงที่สุด ที่อาจได้รับการตรวจสอบ	น้อยที่สุด	มาก	ค่อนข้างมาก
4. ความไม่แน่นอนของจำนวน หน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการตรวจสอบ	ไม่มี	มีมาก	มีค่อนข้างมาก

4.2.3.2 เส้นโค้ง OC (Operating Characteristic Curve)

เส้นโค้ง OC เป็นตัววัดสมรรถนะ (Performance) ของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ โครงสร้างของเส้นโค้ง OC ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.10 ประกอบด้วยแกนนอนเป็นพารามิเตอร์ที่ระบุคุณภาพของล็อต (มักระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของข้อบกพร่อง) โดยจะมีความสัมพันธ์กับโอกาสในการยอมรับล็อตนั้นๆด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ และทำการระบุค่าของโอกาสดังกล่าวในรูปของความน่าจะเป็น (Probability: Pa) ในแกนตั้ง

บนเส้นโค้ง OC มีอยู่ 2 จุดที่น่าสนใจด้วยกันคือ จุดที่ตาดหมายว่าจะให้มีโอกาสค่อนข้างสูงในการยอมรับล็อต ซึ่งหมายถึงจุด AQL (Acceptable Quality Level) โดยที่จุดดังกล่าวนี้ยังแสดงถึงโอกาสในการปฏิเสธล็อตที่มีคุณภาพในระดับ AQL นั้นด้วย จึงเรียกโอกาสดังกล่าวว่า "ความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk)" ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย α (Alpha) และอีกจุดหนึ่งคือ จุดที่ตาดหมายว่าจะให้มีโอกาสค่อนข้างสูงในการปฏิเสธล็อต ซึ่งหมายถึงจุด LQ (Limiting Quality) โดยที่จุดดังกล่าวนี้ยังแสดงถึงโอกาสในการยอมรับล็อต ทั้งๆที่ล็อตนั้นมีคุณภาพในระดับ LQ นั้นด้วยจึงเรียกโอกาสดังกล่าวว่า "ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Customer's Risk)" ใช้สัญลักษณ์แทนด้วย β (Beta) ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพกับการยอมรับหรือปฏิเสธล็อตได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3 และ ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุประสงค์ ระเบียบวิธีการสุ่มตัวอย่าง แบบแผนการสุ่มตัวอย่างได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.10 ลักษณะเส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่มตัวอย่าง

บ่อยครั้งที่ผู้ส่งมอบวัตถุดิบมักสนใจที่จะรู้ว่าคุณภาพของล็อต หรือกระบวนการผลิตระดับใดที่มีโอกาสในการได้รับการยอมรับล็อตสูงสุด เช่น ผู้ส่งมอบวัตถุดิบสนใจในจุดที่ให้โอกาสในการยอมรับล็อต 0.95 ในทางตรงกันข้าม ผู้บริโภคอาจสนใจอีกด้านหนึ่งของเส้นโค้ง OC ว่าคุณภาพของล็อตหรือกระบวนการผลิตระดับใดที่มีโอกาสในการยอมรับ หรือปฏิเสธล็อต

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของความเสี่ยงของผู้บริโภค (β) และ ความเสี่ยงของผู้ผลิต (α)

	คุณภาพดี	คุณภาพไม่ดี
ยอมรับล็อต	ถูกต้อง	**ความเสี่ยงของผู้บริโภค(β)**
ปฏิเสธล็อต	**ความเสี่ยงของผู้ผลิต (α)**	ถูกต้อง

ตารางที่ 2.4 วัตถุประสงค์ของแต่ละแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง

วัตถุประสงค์	ระเบียบวิธีการสุ่มตัวอย่าง	แบบแผนการสุ่มตัวอย่าง
รักษาระดับคุณภาพตามเป้าหมายที่กำหนดไว้	AQL ; MIL-STD-105E (ANSI/ASQC Z1.4, ISO 2859)	แบบเชิงคุณลักษณะ
ประกันระดับคุณภาพที่ไม่ต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้	LTPD (Lot Tolerance Percent Defective)	แบบเชิงแปรผัน

4.2.3.3 ระเบียบวิธีการสุ่มตัวอย่าง

1. ระเบียบวิธีการสุ่มตัวอย่างตาม MILITARY STANDARD 105E (ANSI/ASQC Z1.4, ISO 2859)

MIL-STD-105E คือ Acceptable Quality Level (AQL) โดยได้ทำครรชนีการเรียงลำดับตามอนุกรมของระดับ AQLs ต่างๆ เริ่มจาก 0.10% ไปจนถึง 10% ระดับ AQL สำหรับการสุ่มตรวจจะถูกระบุลงในสัญญาระหว่างผู้ส่งมอบและลูกค้า อาการเสียที่แตกต่างกันอาจใช้ระดับ AQL ที่ต่างกันได้ จำนวนตัวอย่างในการสุ่มตรวจใน MIL-STD-105E ถูกกำหนดโดยจำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในล็อต (lot size) และการเลือกระดับการตรวจ (inspection level) โดยมีให้เลือก 3 ระดับการตรวจ ระดับการตรวจที่ 2 (level II) ถือเป็นระดับการตรวจปกติ ตัวอย่างตารางหลัก AQL ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.5 และตัวอย่างการใช้ตาราง AQL เช่น ล็อตวัตถุดิบมีขนาด 2,000 ชิ้น จะทำการตรวจสุ่มที่ 0.1% AQL ที่ระดับปรกติ (level II)จากตารางจำนวนขนาดล็อตที่ 2,000 ชิ้นอยู่ในช่วง Lot หรือ Batch size ที่ 1,201 – 3,200 ชิ้น ใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด K คือ 125 ชิ้นและจากแถวตั้งที่ 1.0% AQLจะได้ตัวเลขแห่งการยอมรับเท่ากับ 3 และตัวเลขแห่งการปฏิเสธเท่ากับ 4

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างตารางหลัก AQL สำหรับการตรวจปรกติแบบเชิงเดี่ยว

TABLE II
SINGLE SAMPLE PLANS FOR NORMAL INSPECTION (MASTER TABLE)
ACCEPTABLE QUALITY LEVELS (NORMAL)

LOT OR BATCH SIZE	GENERAL INSPECTION LEVELS I	II	III	SAMPLE SIZE CODE LETTER	SAMPLE SIZE	0.010 Ac Re	0.015 Ac Re	0.025 Ac Re	0.040 Ac Re	0.065 Ac Re	0.10 Ac Re	0.15 Ac Re	0.25 Ac Re	0.40 Ac Re	0.65 Ac Re	1.0 Ac Re	1.5 Ac Re	2.5 Ac Re	4.0 Ac Re	6.5 Ac Re	10 Ac Re	15 Ac Re	25 Ac Re
2 to 8	A	A	B	A	2															↓	↓	↓	1-2
9 to 15	A	B	C	B	3															0-1		1-2	2-3
16 to 25	B	C	D	C	5														↓	↓	1-2	2-3	3-4
26 to 50	C	D	E	D	8													↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6
51 to 90	C	E	F	E	13												↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8
91 to 150	D	F	G	F	20											↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11
151 to 280	E	G	H	G	32										↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15
281 to 500	F	H	J	H	50									↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22
501 to 1200	G	J	K	J	80								↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22	
1201 to 3200	H	K	L	K	125							↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22		
3201 to 10000	I	L	M	L	200						↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22			
10001 to 35000	K	M	N	M	315					↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22				
35001 to 150000	L	N	P	N	500				↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22					
150001 to 500000	M	P	Q	P	800			↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22						
500001	N	Q	R	Q	1250		↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22							
AND OVER				R	2000	↓	0-1	1-2	2-3	3-4	5-6	7-8	10-11	14-15	21-22	↑							

Ac = ACCEPTANCE NUMBER
Re = REJECTION NUMBER
↓ = USE FIRST SAMPLING PLAN BELOW ARROW, IF SAMPLES SIZE EQUALS OR EXCEED LOT OR BATCH SIZE DOE 100 PERSENT INSPECTION
↑ = USE FIRST SAMPLING PLAN ABOVE ARROW

2. ระเบียบวิธีการสุ่มตัวอย่าง LOT TOLERANCE PERCENT DEFECTIVE (LTPD)

ตัวอย่างการใช้ตาราง LTPD ดังตารางที่ 2.6 เช่น จะทำการตรวจรับวัตถุดิบที่ 10% LTPD โดยไม่ให้มีตัวเสียตรวจพบในการสุ่มตัวอย่างเลย (c = 0) จากตารางไม่ว่าขนาดของล็อตจะมีวัตถุดิบจำนวนเท่าใดก็จะทำการสุ่มตัวอย่าง 22 ชิ้นเท่ากัน และจะปฏิเสธล็อตเมื่อตรวจพบวัตถุดิบมีข้อบกพร่องมากกว่าหรือเท่ากับ 1 ชิ้นขึ้นไป

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างตาราง LTPD สำหรับระดับการตรวจที่ 90% ความเชื่อมั่น

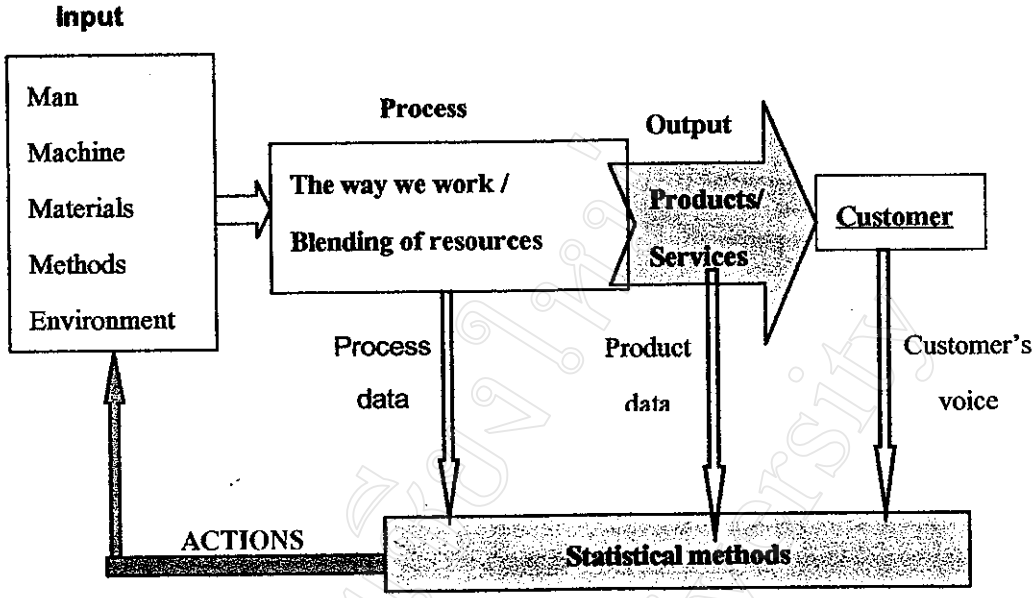
TABLE III LTPD Sampling plans

Minimum size of sample to be tested to assure, with 90 percent confidence, that a lot having percent-defective equal to the specified LTPD will not be accepted (single sample)

Max Percent Defective (LTPD) or λ	30	20	15	10	7	5	3	2	1.5	1	0.7	0.5	0.3
Acceptance Number (c) (r = c+1)	Minimum Samples Sizes (For device-hours required for life test, multiply by 1000)												
0	8 (0.64)	11 (0.46)	15 (0.34)	22 (0.23)	32 (0.16)	45 (0.11)	76 (0.07)	116 (0.04)	153 (0.03)	231 (0.02)	328 (0.02)	461 (0.01)	767 (0.007)
1	13 (2.7)	18 (2.0)	25 (1.4)	38 (0.94)	55 (0.65)	77 (0.46)	129 (0.28)	195 (0.18)	258 (.14)	390 (0.09)	555 (0.06)	778 (0.045)	1296 (0.027)
2	18 (4.5)	25 (3.4)	34 (2.24)	52 (1.6)	75 (1.1)	105 (0.78)	176 (0.47)	266 (0.31)	354 (0.23)	533 (0.15)	759 (0.11)	1065 (0.080)	1773 (0.045)
3	22 (6.2)	32 (4.4)	43 (3.2)	65 (2.1)	94 (1.5)	132 (1.0)	221 (0.62)	333 (0.41)	444 (0.31)	668 (0.20)	953 (0.14)	1337 (0.10)	2226 (0.062)
4	27 (7.3)	38 (5.3)	52 (3.9)	78 (2.5)	113 (1.8)	158 (1.3)	265 (0.75)	398 (0.50)	531 (0.37)	798 (0.25)	1140 (0.17)	1599 (0.12)	2663 (0.074)
5	31 (8.4)	45 (6.0)	60 (4.4)	91 (2.9)	131 (2.0)	184 (1.4)	308 (0.85)	462 (0.57)	617 (0.42)	927 (0.28)	1323 (0.20)	1855 (0.14)	3090 (0.085)
6	35 (9.4)	51 (6.6)	68 (4.9)	104 (3.2)	149 (2.2)	209 (1.6)	349 (0.94)	528 (0.62)	700 (0.47)	1054 (0.31)	1503 (0.22)	2107 (0.155)	3509 (0.093)
7	39 (10.2)	57 (7.2)	77 (5.3)	116 (3.5)	166 (2.4)	234 (1.7)	390 (1.0)	589 (0.67)	783 (0.51)	1178 (0.34)	1680 (0.24)	2355 (0.17)	3922 (0.101)

2.2.4 ทฤษฎีการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control: SPC)

การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการนำเทคนิคทางสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับวินิจฉัย และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของกระบวนการ มีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงสมรรถนะ (Performance) ของกระบวนการโดยเน้นที่ การป้องกัน มากกว่า การตรวจสอบแก้ไข SPC เป็นการนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์สถิติมาใช้กับข้อมูลตัวเลขที่วัดได้จากประชากร รูปที่ 2.11 แสดงระบบการควบคุมกระบวนการแบบข้อนกลับโดยอาศัย SPC



รูปที่ 2.11 แสดงระบบการควบคุมกระบวนการแบบย้อนกลับโดยอาศัย SPC

ในการควบคุมกระบวนการโดยวิธีการนำเทคนิคทางสถิติมาประยุกต์ใช้นั้นจะไม่ทำการตรวจสอบลักษณะเชิงคุณภาพจากประชากรของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการผลิต แต่จะทำการสุ่มตรวจจากกลุ่มตัวแทนประชากรเนื่องจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- จำนวนการผลิตต่อล็อตสูง
- มีหลายคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่ต้องตรวจสอบในหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์
- เสียค่าใช้จ่ายสูงในการตรวจสอบทุกชิ้น
- เป็นอันตรายต่อความปลอดภัยของผู้ตรวจสอบ
- เป็นการตรวจสอบแบบทำลายที่ผลิตภัณฑ์จะได้รับความเสียหายจากการตรวจสอบ เช่น การตรวจสอบคุณภาพโครงสร้างของรถยนต์จากการทดสอบการชนกระแทก
- ระยะเวลาในการตรวจสอบยาวนาน มีผลต่อการส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้กับลูกค้า เช่น การตรวจสอบคุณภาพความทนทานของสายพานเป็นระยะเวลา 240 ชั่วโมง ซึ่งต้องใช้เวลาถึง 10 วัน และมีเครื่องมือทดสอบที่สามารถทดสอบได้ครั้งละ 10 เส้นเท่านั้น

ข้อมูลที่วัดได้จากกลุ่มตัวแทนประชากรนั้นมีความไม่แน่นอนหรือความผันแปรอันเนื่องมาจากความผันแปรในกระบวนการผลิต ความผันแปรในกระบวนการผลิตนี้เองเป็นข้อมูลสำหรับการควบคุมและการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยที่วิธีการทางสถิติจะช่วยแยกสาระประโยชน์จากกลุ่มตัวอย่างของประชากรเพื่อเป็นพื้นฐานในการหาข้อสรุปเกี่ยวกับประชากรทั้งหมด

การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (SPC) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ช่วยให้สามารถ

- ตัดสินว่ากระบวนการผลิตวัตถุดิบมีเสถียรภาพ และทำซ้ำได้
- ตัดสินว่าระบบการวัดที่ใช้มีความสามารถเหมาะสมกับกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่กำลังดำเนินการอยู่
- ล่วงรู้ว่ากระบวนการผลิตวัตถุดิบมีค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ที่ค่าเป้าหมายหรือไม่
- ตัดสินความสามารถของกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่จะควบคุมให้อยู่ในค่าเผื่อได้ทางวิศวกรรม (Engineering tolerance)
- ช่วยกำหนดและทำนายผลงาน (Yield) ของกระบวนการผลิตวัตถุดิบได้
- ใช้เป็นเครื่องมือช่วยลดความแปรผันในกระบวนการผลิตวัตถุดิบ
- ใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบอย่างต่อเนื่อง
- ปรับแต่งค่าพารามิเตอร์หลักของกระบวนการผลิตวัตถุดิบได้ล่วงหน้า (Proactive) ก่อนที่จะเกิดสภาวะการณ์หลุดออกนอกขอบเขตข้อกำหนด (out-of-spec conditions)

ตารางที่ 2.7 เป็นตารางที่สรุปถึงความแตกต่างระหว่างการควบคุมคุณภาพตามแนวทางการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (SPC) และการควบคุมคุณภาพโดยแนวคิดดั้งเดิม

ตารางที่ 2.7 แสดงความแตกต่างระหว่างการควบคุมคุณภาพตามแนวทางการควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (SPC) และตามแนวคิดดั้งเดิม

แนวคิดดั้งเดิม	การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ
1. ผลผลิตตรงตามข้อกำหนดหรือไม่	1. ผลผลิตตรงตามข้อกำหนดหรือไม่
2.ควรทำการปรับแต่งกระบวนการผลิตหรือยัง	2. กระบวนการผลิตอยู่ในการควบคุมหรือไม่
	3.ควรทำการปรับแต่งกระบวนการผลิตหรือยัง
	4.เป็นมาตรฐานสำหรับการปรับแต่งกระบวนการผลิต

2.2.4.1 ความผันแปรในกระบวนการผลิต

ในกระบวนการผลิตวัตถุดิบแม้ว่าจะได้รับการออกแบบมาอย่างดีหรือมีการเฝ้าดูแลกระบวนการผลิตอย่างใกล้ชิดก็ตามก็ยังมีความผันแปรธรรมชาติเกิดขึ้นในตัวกระบวนการผลิต (Inherent or natural variability หรือ background noise) อันเกิดจากการสะสมของผลความผันแปรจากสาเหตุเล็กๆน้อยๆที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น ความผันแปรของอุณหภูมิและความชื้น ในทางสถิติเรียกสาเหตุความผันแปรแบบนี้ว่าสาเหตุจากธรรมชาติ (Chance causes of variation) ซึ่งจัดว่าเป็นกระบวนการผลิตที่อยู่ภายใต้การควบคุมได้ทางสถิติ ความผันแปรอีกประเภทหนึ่งที่อาจเกิดขึ้นได้เป็นครั้งคราวและมักทำให้กระบวนการผลิตเบี่ยงเบนหลุดออกจากขอบเขตการควบคุม เป็นความผันแปรที่เกิดกับคุณสมบัติเชิง

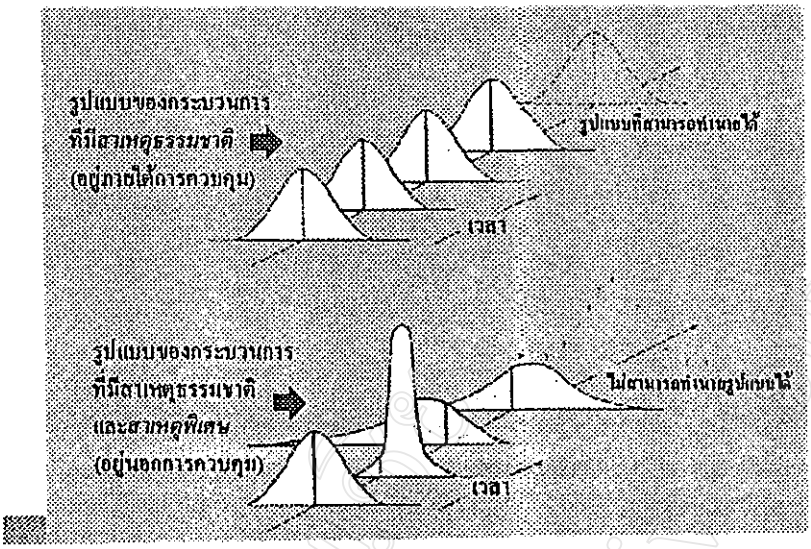
คุณภาพหลัก (Variability in key quality characteristics) อันมักมีแหล่งกำเนิดมาจาก 3 แหล่งใหญ่คือ การปรับแต่งเครื่องมือเครื่องจักรไม่เหมาะสม ความผิดพลาดของผู้ทำงาน และข้อบกพร่องของวัตถุดิบที่นำมาผลิตในกระบวนการ ความผันแปรเหล่านี้โดยทั่วไปมีค่ามากกว่าผันแปรโดยธรรมชาติและเป็นสาเหตุให้สมรรถนะของกระบวนการผลิตอยู่ในระดับที่ไม่สามารถยอมรับได้ ในทางสถิติเรียกสาเหตุความผันแปรแบบนี้ว่าสาเหตุพิเศษ (Assignable causes of variation) กระบวนการผลิตที่ปรากฏมีความผันแปรโดยธรรมชาติและความผันแปรจากสาเหตุพิเศษ (assignable cause) ร่วมด้วยจัดว่าเป็นกระบวนการผลิตที่อยู่นอกการควบคุมทางสถิติ ข้อเปรียบเทียบความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติและสาเหตุพิเศษได้แสดงสรุปไว้ในตารางที่ 2.8 และ รูปที่ 2.12

ตารางที่ 2.8 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติและสาเหตุพิเศษ

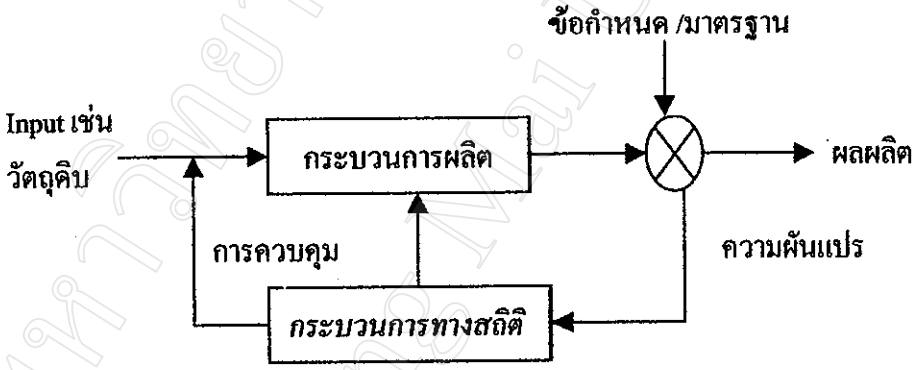
ความผันแปรของกระบวนการผลิต	
สาเหตุธรรมชาติที่ควบคุมไม่ได้	**สาเหตุพิเศษที่สามารถควบคุมได้**
1. แฝงอยู่โดยธรรมชาติ (Inherent)	1.เกิดจากการถูกกระทำเป็นครั้งคราว
2.กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมได้ทางสถิติ (in statistical control)	2.กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมทางสถิติ (out of control)
3. ต้องการการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูง	3. ตรวจจับได้ง่าย เช่น โดยใช้แผนภูมิควบคุม
4.ตำแหน่งและการกระจายตัวของกระบวนการสามารถทำนายได้	4.ตำแหน่งและการกระจายตัวของกระบวนการไม่สามารถทำนายได้
5.แก้ไขได้โดยการใช้แผนระยะยาว (long-term action) ที่ได้รับการสับสนุนจากฝ่ายบริหาร	5.โดยทั่วไปผู้ปฏิบัติงานสามารถดำเนินการแก้ไขได้เอง เช่น ปรับแต่งเครื่องจักร
6. การลดสาเหตุธรรมชาติลงได้เป็นการพัฒนาความสามารถของกระบวนการ (Capability improvement)	6.การลดสาเหตุพิเศษลงได้เป็นการพัฒนาเสถียรภาพของกระบวนการ (Stability Improvement)

2.2.4.2 แนวคิดการควบคุมกระบวนการโดยวิธีการทางสถิติ (SPC)

1. ทำให้กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ (in statistical control) คือความผันแปรของกระบวนการผลิตมาจากสาเหตุธรรมชาติเท่านั้น
2. การควบคุมกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสามารถดักจับสาเหตุพิเศษของความผันแปรในกระบวนการผลิต โดยแสดงออกมาเป็นสัญญาณทางสถิติ
3. สามารถทำนายการกระจายตัวของกระบวนการผลิตได้
4. การตัดสินใจเกี่ยวกับกระบวนการผลิตจะมีความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

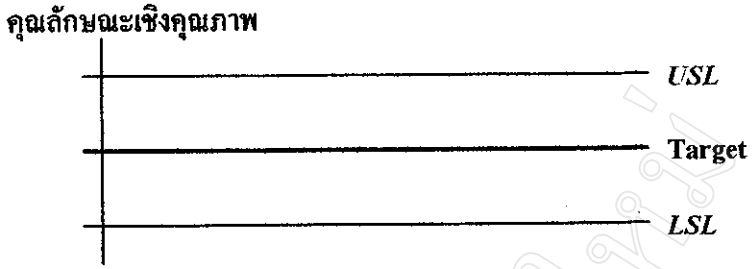


รูปที่ 2.12 แสดงความผันแปรของกระบวนการผลิตจากสาเหตุธรรมชาติและสาเหตุพิเศษ



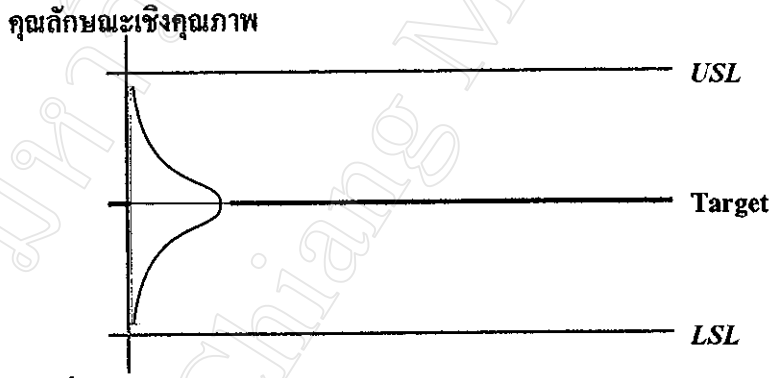
รูปที่ 2.13 แสดงการควบคุมกระบวนการโดยวิธีการทางสถิติ (SPC)

การควบคุมกระบวนการผลิตทางสถิติเริ่มต้นจากการวางแผนคุณภาพคือทำการกำหนดค่าเป้าหมาย (Target/Nominal) ของคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่จะทำการควบคุม เรียกค่าเป้าหมายนี้ว่าข้อกำหนด (Specification) หรือมาตรฐาน (Standard) ดังรูปที่ 2.14 เนื่องจากทุกกระบวนการผลิตมีความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติที่ไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้จึงต้องกำหนดช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้ (Tolerance) ให้กับข้อกำหนดหรือมาตรฐาน ช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้ประกอบด้วย ขีดจำกัดค่าต่ำ (Lower Specification Limit: LSL) และขีดจำกัดค่าสูง (Upper Specification Limit: USL) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 แสดงข้อกำหนดหรือมาตรฐานของคุณลักษณะเชิงคุณภาพ

เมื่อทำการวางแผนคุณภาพเสร็จแล้วต่อไปคือขั้นตอนการควบคุมโดยนำค่าที่วัดได้จากกระบวนการผลิตจริงมาทำการเปรียบเทียบกับข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ได้วางแผนไว้ข้างต้นก็จะทราบได้ถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในกรณีที่ค่าความผันแปรอยู่ในขอบเขตช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้ก็สามารถยอมรับในคุณภาพของผลผลิตที่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้ามกรณีที่ค่าความผันแปรตกออกนอกขอบเขตช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้ก็ไม่สามารถยอมรับในคุณภาพของผลผลิตที่เกิดขึ้นและจำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขและป้องกันไม่ให้เกิดความผันแปรที่ตกออกนอกขอบเขตช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้อีก



รูปที่ 2.15 แสดงการกระจายตัวของผลจากกระบวนการผลิตเทียบกับข้อกำหนด

ความผันแปรของกระบวนการผลิตสามารถแสดงได้ด้วยกราฟการแสดงการกระจายตัวทางสถิติ (Distribution curve) ดังแสดงในรูปที่ 2.15 อันเป็นที่มาของหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการทางสถิติที่เรียกว่าแผนภูมิควบคุม (Control Chart)

2.2.4.3 แผนภูมิควบคุม (Control Chart)

แผนภูมิควบคุม คือแผนภูมิอนุกรมเวลาของข้อมูลที่เป็นค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการซึ่งจะมีขอบเขตควบคุมที่ได้จากการคำนวณทางสถิติ และเป็นแผนภูมิที่นำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์และควบคุม

กระบวนการผลิต โดยการจำแนกความเบี่ยงเบนที่เกิดจากสาเหตุพิเศษออกจากสาเหตุธรรมชาติเพื่อทำการแก้ไขปัญหาและจัดทำมาตรการป้องกันปัญหามิให้เกิดความเบี่ยงเบนซ้ำอีก แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงแปรผัน (Control charts for variables)
2. แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Control charts for attributes)

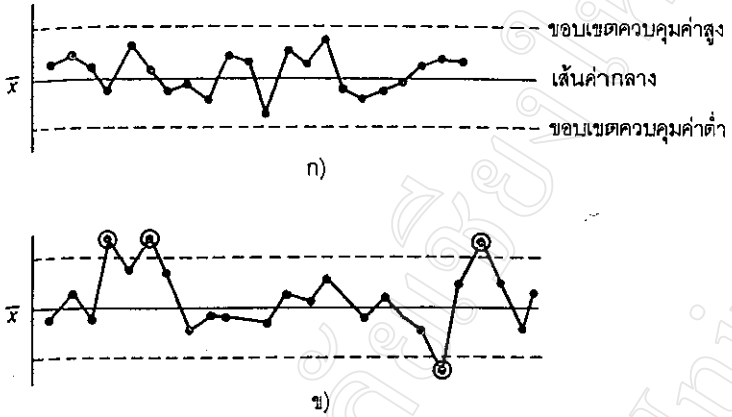
วัตถุประสงค์และประโยชน์ของแผนภูมิควบคุมมีดังนี้

1. เฝ้าติดตามกระบวนการผลิตที่กำลังดำเนินการอยู่
2. คักจับแนวโน้มของสภาวะ "นอกการควบคุมทางสถิติ" ของกระบวนการผลิตเป็นการป้องกันการเกิดของเสีย (Defectives) อันสอดคล้องกับปรัชญาที่ว่า "do it right at the first time"
3. เป็นสื่อกลางสำหรับการอธิบายถึงสมรรถนะหรือสถานะของกระบวนการผลิต
   แผนภูมิควบคุมช่วยให้มีข้อมูลสำหรับการวินิจฉัยกระบวนการผลิต (Diagnostic information) อีกทั้งยังให้ข้อมูลที่สำคัญของพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตและบอกถึงความมีเสถียรภาพ (stability) ของกระบวนการผลิตในช่วงเวลาหนึ่งๆ
4. เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงผลผลิต (Improving productivity)
   แผนภูมิควบคุมที่ใช้ได้ผลจะช่วยลดของเสีย (Scrap) และการแก้ไขใหม่ (Rework)
5. ในกรณีที่กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติแล้วสามารถทำนายสมรรถนะของกระบวนการผลิต ลดความผันแปร และการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยไม่จำเป็น ดังปรัชญาที่ว่า "if it isn't broken, don't fix it"

ขั้นตอนหลักในการทำและประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมมีดังนี้

1. จัดตั้งทีมงาน
2. เลือกตัวแปรหรือคุณลักษณะเชิงคุณภาพที่จะควบคุม
3. ศึกษากระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องในเบื้องต้น
4. เก็บและรวบรวมข้อมูลคุณภาพที่เลือกไว้ และพล็อตลงในแผนภูมิ
   แผนภูมิควบคุมที่มีข้อมูลอย่างน้อย 20 ล็อตขึ้นไปจึงจะเป็นประโยชน์ในการยืนยันความมั่นคงสม่ำเสมอของกระกระบวนการ ในสถานะการณ์ที่ต้องการยืนยันจากจำนวนล็อตที่มีอยู่น้อยก็อาจใช้แผนภูมิควบคุมที่มาจากข้อมูล 10 ล็อตได้
5. ควบคุมกระบวนการผลิต
   - คำนวณขอบเขตควบคุมจากข้อมูลคุณภาพที่รวบรวมได้ซึ่งเป็นผลของความแปรผันและวิธีการสุ่มตัวอย่าง
   - บ่งชี้สาเหตุพิเศษและดำเนินการกำจัดออกไป

6. พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิต (Process capability)
7. วิเคราะห์และพัฒนาปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง
   - ทำการลดปริมาณความแปรผันจากสาเหตุธรรมชาติ
8. ฝ่ายบริหารให้ความเห็นชอบและให้การสนับสนุน



รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุม 2 กรณี

ก. แสดงแผนภูมิควบคุมซึ่งบ่งบอกถึงสถานะภาพกระบวนการผลิตขณะนั้นว่าอยู่ภายใต้การควบคุม

ข. แสดงแผนภูมิควบคุมซึ่งบ่งบอกถึงสถานะภาพกระบวนการผลิตขณะนั้นว่าอยู่นอกการควบคุม จะต้องได้รับการแก้ไขและกำจัดสาเหตุแห่งปัญหาออกไป

2.2.4.3.1 แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Control Charts for Attributes)

เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้สำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนับได้แต่วัดไม่ได้ เช่น จำนวนจุดเสียบนชิ้นงาน จำนวนรูบนผ้าหนึ่งผืน จำนวนคนงานที่ขาด หลอดไฟฟ้าที่ดับ

ชนิดของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

- แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p-chart)
- แผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย (np-chart)
- แผนภูมิควบคุมจำนวนจุดเสียต่อหน่วย (c-chart)
- แผนภูมิควบคุมจำนวนจุดเสียเฉลี่ยต่อหน่วย (u-chart)

ในการศึกษานี้มีการใช้เฉพาะแผนภูมิควบคุมแบบ p-chart เท่านั้น สำหรับแผนภูมิควบคุมเชิงคุณลักษณะจึงไม่กล่าวรายละเอียดของแผนภูมิแบบอื่น

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (แบบ p)

Fraction nonconforming (p) เป็นอัตราส่วนของจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ไม่ได้กับจำนวนผลิตภัณฑ์รวมทั้งกลุ่มที่นำมาตรวจสอบทั้งหมด อัตราส่วนนี้อาจใช้อธิบายคุณสมบัติทางด้านคุณภาพอย่างใดอย่างหนึ่งหรือพิจารณารวมหลายๆอย่าง มีนิยามศัพท์ที่แตกต่างกันอยู่สองคำคือ nonconformity และ

nonconforming unit โดยที่ nonconformity คืออาการอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีข้อบกพร่องไม่เป็นไปตามข้อกำหนด และ nonconforming unit คือผลิตภัณฑ์ชิ้นใดชิ้นหนึ่งที่มีข้อบกพร่องหนึ่งอาการหรือมากกว่า การเขียนแผนภูมิควบคุมสามารถเขียนสำหรับควบคุมหนึ่งข้อบกพร่องหรือมากกว่าก็ได้แต่การเขียนแผนภูมิควบคุมสำหรับควบคุมทีละหลายข้อบกพร่องในแผนภูมิเดียวกันอาจทำให้แปลความได้ยาก อัตราส่วน p จะนำไปใช้เขียนแผนภูมิควบคุมเพื่อดูว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นชุดนั้นๆใช้ได้ดีหรือมีความแปรผัน (variation) เพื่อจะได้ทราบว่าเมื่อใดควรที่จะปรับปรุงแก้ไข เช่นจากแผนภูมิผลการตรวจสอบอาจจะมีข้อผิดพลาด (error) มากบ้างน้อยบ้าง ผู้ตรวจสอบจะสามารถเปรียบเทียบผลการตรวจสอบจริงกับผลการตรวจสอบที่กำหนดเป็นมาตรฐาน นอกจากนั้นแผนการควบคุมแบบ p ยังสามารถบอกจุดบกพร่องของแผนภูมิควบคุมความแปรผันได้ และยังช่วยให้ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ว่าจะขายผลิตภัณฑ์ได้มากน้อยเพียงใด การสร้างแผนภูมิแบบนี้ใช้หลักการแจกแจงแบบทวินาม (Binomial distribution) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ถือว่ามีข้อบกพร่อง ดังนั้น

$$p = \frac{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องจากการตรวจสอบ}}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ทำการตรวจสอบ}}$$

เหตุผลที่ใช้การแจกแจงแบบทวินามในแผนภูมิควบคุมแบบ p เพราะแผนภูมิควบคุมแบบ p นี้สามารถช่วยให้ผู้บริโภคหรือตัวแทนจำหน่ายซื้อสินค้าจากผู้ผลิตหรือหน่วยธุรกิจให้ได้สินค้าที่มีมาตรฐานตามที่กำหนดได้ เนื่องจากลักษณะการแจกแจงแบบทวินามเป็นดังนี้

- ตัวแปรสุ่มเป็นตัวแปรแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete random variables)
- การทดลองแต่ละครั้งไม่ขึ้นต่อกันแม้ว่าจะทดลองซ้ำๆ กันกี่ครั้งก็ตาม และความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ต้องการศึกษาจะเท่ากันทุกครั้งที่ทำการทดลอง

การหาขอบเขตการควบคุมแบบ p ทำได้โดยคำนวณอัตราส่วน p ของแต่ละกลุ่ม และคำนวณหาค่าอัตราส่วน p เฉลี่ยของทุกกลุ่มจะได้ค่า $\bar{p}$ ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานหรือเป้าหมาย จากนั้นคำนวณค่าขอบเขตควบคุมบนและล่างด้วยค่าบวกและลบสามเท่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($+/-3\sigma$) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{Center line (CL)} = \bar{p}$$

$$\text{Upper control limit (UCL)} = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

$$\text{Lower control limit (LCL)} = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$$

แผนภูมิควบคุมแบบ p สามารถใช้ตรวจสอบกระบวนการนี้อยู่ภายใต้การควบคุมตามที่กำหนดไว้หรือไม่ กระบวนการคงที่สม่ำเสมอหรือไม่ และยังใช้เป็นแนวทางปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้ โดยพิจารณาดูว่าถ้าจุดใดอยู่นอกขอบเขตการควบคุมให้ทำการตรวจสอบหาสาเหตุแล้วทำการแก้ไขสาเหตุนั้น หาขอบเขตการควบคุมใหม่โดยลบจุดที่อยู่นอกขอบเขตการควบคุมออกถ้าจุดใดหาสาเหตุที่บกพร่อง

ไม่ได้ไม่ต้องลบจุดนั้นออก และเนื่องจากค่าอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่อง (p) มีค่าเป็นลบไม่ได้ ดังนั้นถ้าคำนวณได้ค่าขอบเขตการควบคุมล่างเป็นลบให้ถือว่าเป็นศูนย์

ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมแบบ p

จากตารางข้างล่างแสดงผลการตรวจสอบแม่เหล็กถาวรโดยใช้รีเลย์ที่รวบรวมข้อมูลไว้เป็นช่วงเวลา 5 เดือน แม่เหล็กทั้งหมดที่ทำการตรวจสอบเป็นจำนวน 14,091 ชิ้น จำนวนที่พบข้อบกพร่องทั้งหมดเท่ากับ 1,030 ชิ้น

$$\text{ขนาดตัวอย่างเฉลี่ย } (\bar{n}) = \frac{14,091}{19} = 741.6$$

$$\text{อัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ที่มีข้อบกพร่องเฉลี่ย } (\bar{p}) = \frac{1,030}{14,091} = 0.073$$

ตารางข้อมูลสำหรับแผนควบคุมแบบ p			
กลุ่มตัวอย่าง : การผลิตระหว่างสัปดาห์			
สัปดาห์ที่	จำนวนแม่เหล็ก		อัตราส่วน
	ตรวจสอบ	บกพร่อง	p
1	724	48	0.066
2	763	83	0.109
3	748	70	0.094
4	748	85	0.114
5	724	45	0.062
6	727	56	0.077
7	726	48	0.066
8	719	67	0.093
9	759	37	0.049
10	745	52	0.07
11	736	47	0.064
12	739	50	0.068
13	723	47	0.065
14	748	57	0.076
15	770	51	0.066
16	756	71	0.094
17	719	53	0.074
18	757	34	0.045
19	760	29	0.038
Total	14,091	1,030	
Average	741.6	54.2	0.073

ขอบเขตควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุมแบบ p คือ

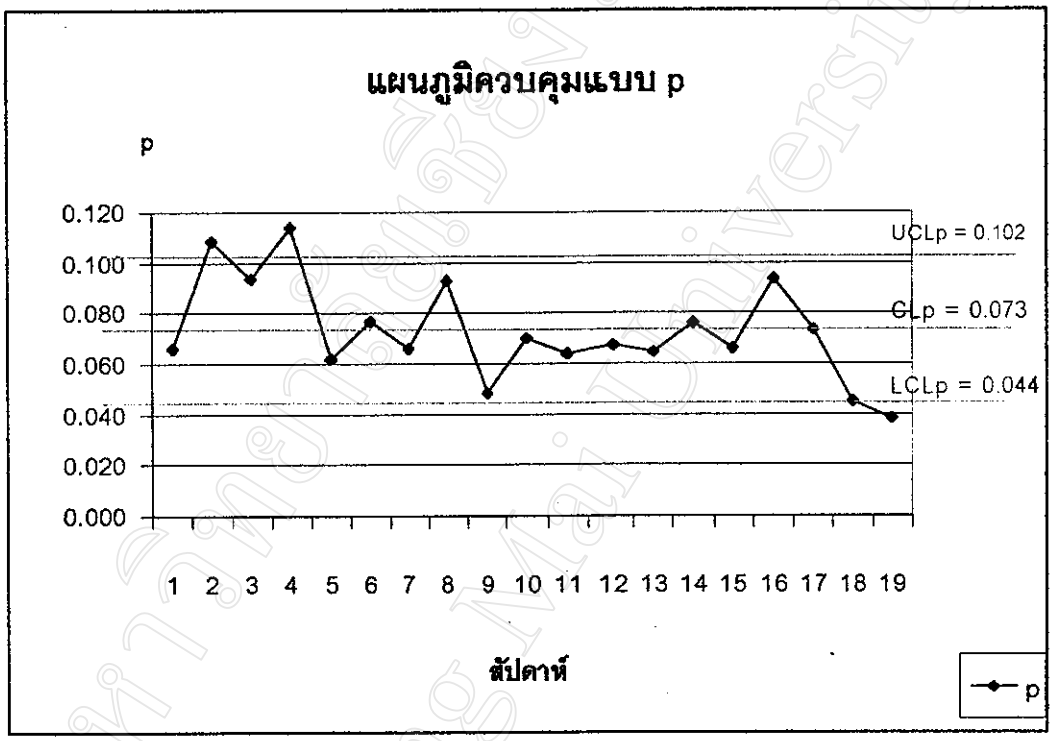
$$= \bar{p} +/- 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/\bar{n}}$$

$$= 0.073 +/- 3\sqrt{0.073(1-0.073)/741.6}$$

$$= 0.073 +/- 0.0287$$

$$= 0.102 \text{ และ } 0.044$$

นำมาเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงแผนภูมิควบคุมแบบ p สำหรับการตรวจสอบคุณภาพแม่เหล็ก

จากรูปที่ 2.17 จุดที่ 2 และ 4 ออกนอกขอบเขตควบคุมค่าสูง (UCLp) แสดงถึงค่าอัตราส่วนข้อบกพร่อง (p) ที่สูงเกินกว่าการควบคุมจำเป็นต้องค้นหาสาเหตุของปัญหาและปรับปรุงแก้ไขให้คุณภาพดีขึ้น จุดสุดท้ายของตัวอย่างที่มีค่าต่ำกว่าขอบเขตควบคุมค่าต่ำ (LCLp) อันแสดงถึงค่าอัตราส่วนข้อบกพร่องที่มีค่าต่ำลงมาก แม้อาจเป็นไปได้ว่ามีการกระทำเพื่อการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นแต่ก็ต้องระวังว่าไม่ใช่เป็นการที่พนักงานตรวจทำการยอมรับของเสียโดยความผิดพลาด

2.2.4.3.2 แผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงแปรผัน (Control Charts for Variables Data)

เป็นแผนภูมิควบคุมที่ใช้สำหรับข้อมูลเชิงแปรผันที่เป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือคุณลักษณะที่สามารถวัดได้เป็นตัวเลขที่ต่อเนื่อง เช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ขนาดของผลิตภัณฑ์ ความต้านทานไฟฟ้า แรงดึง เวลา เป็นต้น

ลักษณะของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงแปรผัน จำแนกได้ 2 ลักษณะได้แก่

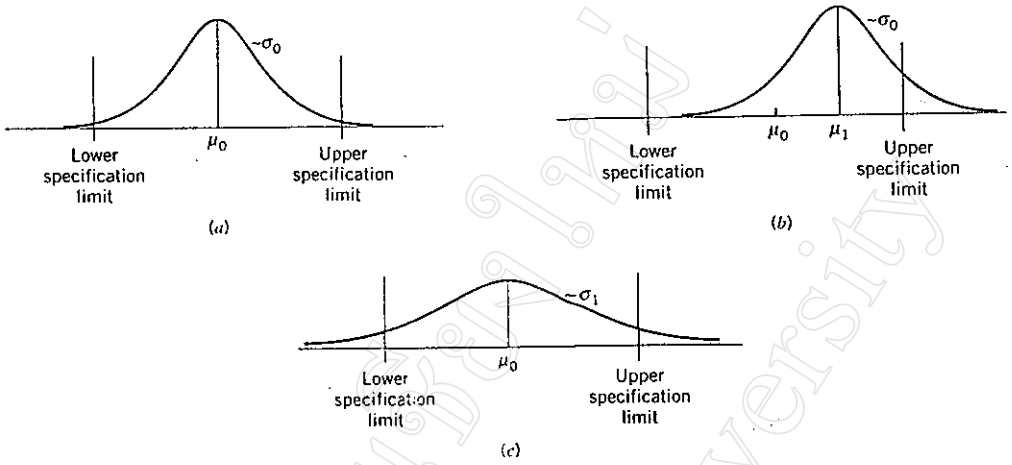
- แผนภูมิที่แสดง ตำแหน่ง (Location) ของกระบวนการ เช่น $\overline{X}$–chart, X-chart
- แผนภูมิที่แสดง การกระจายตัว (Spread) ของกระบวนการ เช่น R-chart, S-chart, MR-chart

ชนิดของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลเชิงแปรผัน จำแนกได้ 2 ลักษณะได้แก่

- แผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัย ($\overline{X}$-R chart)
- แผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$-S chart)
- แผนภูมิค่าวัดและแผนภูมิพิสัยเคลื่อนที่ (X-MR chart)

ในการศึกษานี้มีการใช้เฉพาะชนิดแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัยเท่านั้น จึงไม่กล่าวรายละเอียดของแผนภูมิชนิดอื่น

ในการควบคุมคุณลักษณะเชิงคุณภาพ (Quality Characteristic) ที่เป็นข้อมูลเชิงแปรผันมักจำเป็นต้องติดตามดูทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความผันแปร การควบคุมค่าเฉลี่ยจะใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับค่าเฉลี่ย (Control chart for means) และการควบคุมค่าความผันแปรจะใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Control chart for the standard deviation: S chart) หรือแผนภูมิควบคุมสำหรับค่าพิสัย (Control chart for the range: R chart) โดยทั่วไปนิยมใช้ R chart ในการควบคุมคุณลักษณะเชิงคุณภาพแต่ละอย่างที่ต่างกันจะแยกใช้แผนภูมิควบคุม $\overline{X}$-R chart คนละแผนภูมิ และถือว่าเรื่องสำคัญมีความจำเป็นที่ต้องควบคุมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความผันแปรของกระบวนการผลิต รูปที่ 2.18 แสดงการกระจายผลผลิตของกระบวนการผลิต รูป (a) ทั้งค่าเฉลี่ย μ_0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_0 อยู่ในความควบคุมที่ค่ากลาง (Nominal) ดังนั้นผลผลิตทั้งหมดของกระบวนการผลิตวัตถุดิบจึงตกอยู่ภายในขอบเขตข้อกำหนดทั้งหมด รูป (b) ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตได้เลื่อนไปเป็นค่า $\mu_1 > \mu_0$ ทำให้ได้วัตถุดิบที่มีข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิต รูป (c) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการผลิตได้เลื่อนไปเป็นค่า $\sigma 1 > \sigma_0$ ทำให้มีผลผลิตบางส่วนของกระบวนการผลิตที่ตกอยู่ภายนอกขอบเขตข้อกำหนดทั้งๆที่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตยังคงเป็น μ_0 เช่นเดิม



รูปที่ 2.18 แสดงผลผลิตของกระบวนการผลิตวัตถุดิบที่มีค่า μ และค่า σ ที่แตกต่างกัน

แผนภูมิควบคุมสำหรับ $\bar{X}$ และ R (Control Charts for $\bar{X}$ and R)

สมมุติว่าคุณลักษณะเชิงคุณภาพของกระบวนการผลิตวัตถุดิบอย่างหนึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ σ ถ้า X1, X2,...Xn คือตัวอย่างจำนวน n ตัวอย่าง ดังนั้นค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากับ

$$\bar{X} = \frac{X1 + X2 + \ldots + Xn}{n}$$

ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถล่วงรู้ถึงค่า μ และ σ ของกระบวนการผลิตวัตถุดิบได้ดังนั้นจึงต้องอาศัยการประมาณการจากการสุ่มแบบกลุ่มย่อย (Subgroup) ในการประมาณการควรทำการสุ่มกลุ่มย่อยประมาณ 20 ถึง 25 กลุ่มย่อย สมมุติว่าทำการสุ่ม m กลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มย่อยมีการตรวจคุณภาพไว้ n ตัวอย่าง โดยทั่วๆไป n จะมีจำนวนน้อย เช่น 4, 5 หรือ 6 เนื่องจากว่าค่าใช้จ่ายในการตรวจคุณลักษณะคุณภาพเชิงแปรผันจะมีค่าใช้จ่ายสูง ให้ $\bar{X}1, \bar{X}2, \ldots, \bar{X}m$ เป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มย่อย ดังนั้นค่าประมาณที่ดีที่สุดของ μ (ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิต) คือค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยกลุ่มย่อย (Grand average: $\bar{\bar{X}}$)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}1 + \bar{X}2 + \ldots + \bar{X}m}{m}$$

การสร้างแผนภูมิควบคุมจำเป็นต้องประมาณการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ ของกระบวนการผลิตวัตถุดิบโดยจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานหรือค่าพิสัยจาก m กลุ่มย่อย ในการศึกษานี้จะศึกษาค่าพิสัย ค่าพิสัย (Range: R) คือค่ามากที่สุดลบค่าที่น้อยที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง

$$R = Xmax - Xmin$$

ให้ R1, R2, ...,Rm เป็นค่าพิสัยของ m กลุ่มย่อย ดังนั้น ค่าพิสัยเฉลี่ยเท่ากับ

$$\bar{R} = \frac{R1 + R2 + ...+ Rm}{m}$$

การหาค่าขอบเขตควบคุมแผนภูมิค่าเฉลี่ยทำได้โดยใช้ $\bar{\bar{X}}$ เป็นค่าเป้าหมายจากนั้นคำนวณขอบเขตควบคุมบนและล่างด้วยค่าบวกและลบสามเท่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (+/-3σ) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

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

$$CL = \bar{\bar{X}}$$

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

การหาค่าขอบเขตควบคุมแผนภูมิพิสัยทำได้โดยใช้ $\bar{R}$ เป็นค่าเป้าหมายจากนั้นคำนวณขอบเขตควบคุมบนและล่างด้วยค่าบวกและลบสามเท่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (+/-3σ) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$UCL = D_4\bar{R}$$

$$CL = \bar{R}$$

$$LCL = D_3\bar{R}$$

ค่า A_2, D_3 และ D_4 ดูได้จากตารางที่ 2.9 ข้างล่างสำหรับจำนวนตัวอย่างต่างๆกันในกลุ่มย่อย และตัวอย่างแผนภูมิควบคุมชนิดแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัยได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.19

ตารางที่ 2.9 แฟกเตอร์สำหรับการสร้างแผนภูมิควบคุมเชิงแปรผัน

Appendix VI Factors for Constructing Variables Control Charts

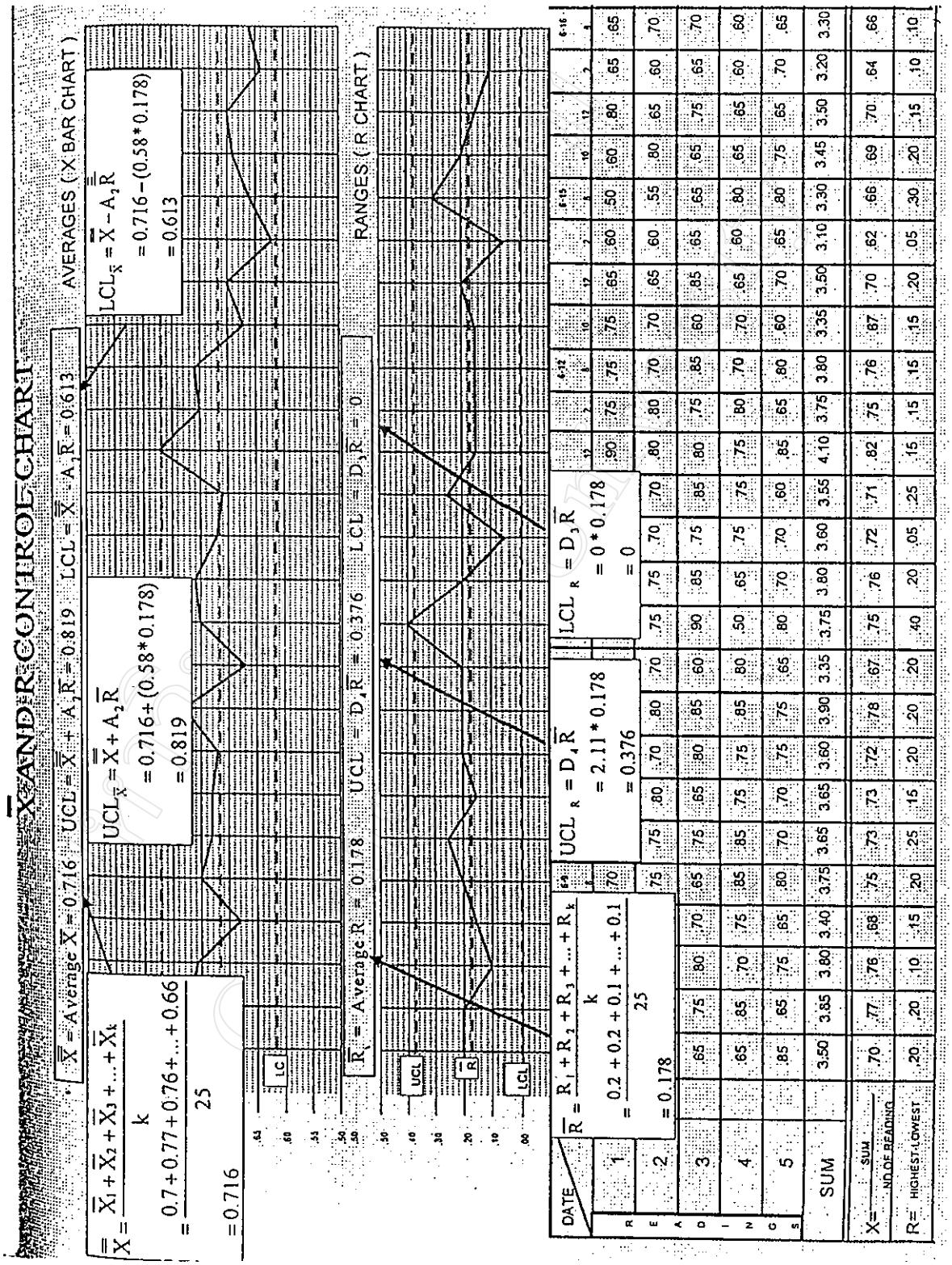
Observations in Sample, n	Chart for Averages: Factors for Control Limits			Chart for Standard Deviations: Factors for Center Line		Chart for Standard Deviations: Factors for Control Limits				Chart for Ranges: Factors for Center Line		Chart for Ranges: Factors for Control Limits				
	A	A_2	A_3	c_4	$1/c_4$	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

For $n > 25$

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}, \quad A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}}, \quad c_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3},$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}, \quad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}},$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}.$$



รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุมชนิดแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัย ($\bar{X}$-R chart)

2.2.4.3.3 การตีความกระบวนการควบคุมจากแผนภูมิควบคุม

สิ่งสำคัญที่สุดของการควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิควบคุมคือการตีความหมายจากภาพที่ปรากฏบนแผนภูมิเพื่อโยงเหตุผลไปที่สภาวะของกระบวนการผลิตซึ่งเป็นที่มาของข้อมูลที่นำมาเขียนเป็นแผนภูมิควบคุม อาการผิดปรกติต่างๆในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะแสดงออกให้เห็นเป็นรูปธรรมในแผนภูมิควบคุม เมื่อตรวจพบความผิดปรกติของกระบวนการผลิตจากการอ่านแผนภูมิควบคุมแล้วให้ไปทำการแก้ไขที่สาเหตุของความผันแปรใดๆในกระบวนการผลิตนั้นเพื่อปรับสภาวะการผลิตให้กลับสู่สภาวะที่อยู่ในความควบคุมได้ต่อไป

ต่อไปนี้เป็นขั้นตอนการตีความกระบวนการควบคุมจากแผนภูมิควบคุม

1. วิเคราะห์การเรียงตัวของจุดพล็อตบนแผนภูมิควบคุม
   - จุดพล็อตตกนอกขอบเขตควบคุม
   - การเกิดแนวโน้มของจุดพล็อต
   - รูปแบบของจุดพล็อตไม่เป็นแบบสุ่ม
2. หาและบ่งชี้สาเหตุพิเศษ (Assignable causes) ในกระบวนการผลิต
3. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมใหม่
4. ใช้ค่าของเขตควบคุมใหม่ในการควบคุมกระบวนการต่อไป

การวิเคราะห์การเรียงตัวของจุดพล็อตบนแผนภูมิควบคุม

- การวิเคราะห์เมื่อจุดพล็อตตกนอกขอบเขตควบคุม

ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ข) และสามารถสรุปตามชนิดแผนภูมิควบคุมได้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การวิเคราะห์เมื่อจุดพล็อตตกนอกขอบเขตควบคุม

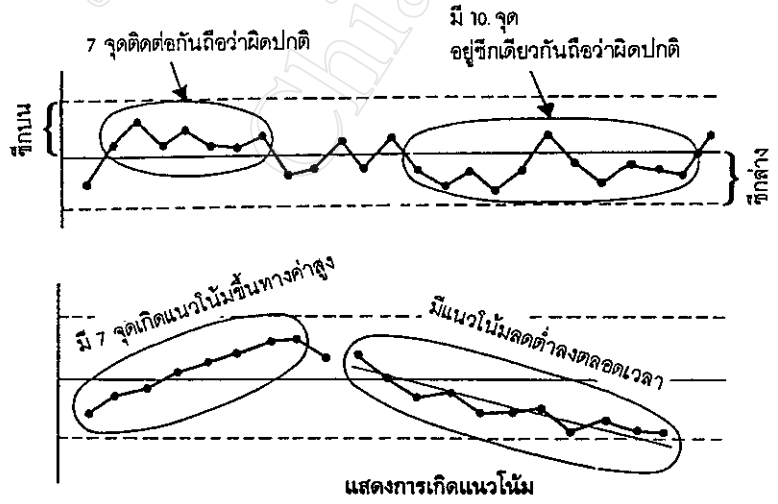
ชนิดแผนภูมิควบคุม	ขอบเขตควบคุมบน (UCL)	ขอบเขตควบคุมล่าง (LCL)
แผนภูมิ p	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือพล็อตจุดผิด 2. กระบวนการผลิตแย่ลง 3. ระบบการตรวจจับมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องตรวจจับ	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือพล็อตจุดผิด 2. กระบวนการผลิตดีขึ้น 3. ระบบการตรวจจับมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด
แผนภูมิค่าเฉลี่ย	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือพล็อตจุดผิด 2. มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต 3.ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องมือวัด	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือพล็อตจุดผิด 2. มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต 3. ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องมือวัด
แผนภูมิพิสัย	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือ พล็อตจุดผิด 2. การกระจายของความผันแปรมากขึ้น 3.ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องมือวัด 4. ความละเอียด (Resolution) ของเครื่องมือวัดไม่เพียงพอ	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิดหรือพล็อตจุดผิด 2. การกระจายของความผันแปรลดลง 3. ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องมือวัด

- การวิเคราะห์การเกิดแนวโน้มของจุดพล็อต

การเกิดแนวโน้มคือการที่มีจุดต่อเนื่องกันไปปรากฏติดต่อกันบนด้านใดด้านหนึ่งของค่ากลาง หรือปรากฏไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการสลับฟันปลาเลย การเกิดแนวโน้มที่มีความยาวตั้งแต่ 7 จุดขึ้นไปตีความได้ว่า "เกิดความผิดปรกติขึ้นแล้วในกระบวนการผลิต ณ ช่วงที่เกิดแนวโน้มนั้น" ดังแสดงในรูปที่ 2.20 การวิเคราะห์การเกิดแนวโน้มของจุดพล็อตได้สรุปไว้ในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 การวิเคราะห์การเกิดแนวโน้มของจุดพล็อต

ชนิดแผนภูมิควบคุม	เกิดแนวโน้มด้านบนหรือเพิ่มขึ้น	เกิดแนวโน้มด้านล่างหรือลดลง
แผนภูมิ P	1. กระบวนการผลิตแย่ลง 2. เปลี่ยนแปลงระบบการตรวจจับ	1. กระบวนการผลิตดีขึ้น 2. เปลี่ยนแปลงระบบการตรวจจับ
แผนภูมิค่าเฉลี่ย	1. ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลง 2. เปลี่ยนแปลงระบบการตรวจวัด	1. ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลง 2. เปลี่ยนแปลงระบบการตรวจวัด
แผนภูมิค่าพิสัย	1. การกระจายของความผันแปรมากขึ้น 2. ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ผู้วัด เครื่องมือ	1. การกระจายของความผันแปรลดลง ควรทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตต่อไป 2. ระบบการตรวจวัดมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้ปกปิดการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะที่แท้จริงของกระบวนการผลิต



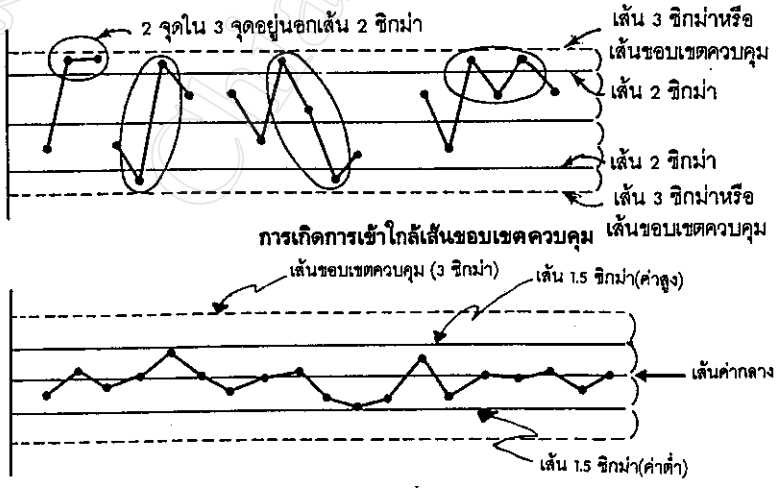
รูปที่ 2.20 แสดงการเกิดแนวโน้มของจุดบนแผนภูมิ

- การวิเคราะห์รูปแบบของจุดพล็อตไม่เป็นแบบสุ่ม

รูปแบบของจุดพล็อตไม่เป็นแบบสุ่มเกิดขึ้นได้ 2 แบบคือ เกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม และเกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง หากแบ่งระยะ 3σ จากเส้นค่ากลางออกเป็นเส้นระยะ 2σ แล้วพบว่ามีจุด 2 ใน 3 จุดที่อยู่ต่อเนื่องกันในแต่ละช่วงได้ตกลงไปในพื้นที่ระหว่างเส้น 2σ กับเส้นขอบเขตควบคุม (3σ) ถือว่าเกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม หากพบว่าเส้นกราฟทั้งหมดตกอยู่ระหว่างเส้น 1.5σ นับจากเส้นค่ากลางขึ้นไปและลงมาแล้ว มิได้หมายความว่ากระบวนการผลิตนั้นอยู่ภายใต้การควบคุมแต่กลับแสดงว่าอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในการกำหนดขนาดของกลุ่มย่อยและอาจมีการปะปนกันของข้อมูลที่นำมาจากประชากรที่ต่างกันและเกิดปะปนกันในกลุ่มย่อยได้ จะต้องทำการตรวจสอบทบทวนวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่ การวิเคราะห์รูปแบบของจุดพล็อตไม่เป็นแบบสุ่มได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 การวิเคราะห์รูปแบบของจุดพล็อตไม่เป็นแบบสุ่ม

ชนิดแผนภูมิควบคุม	เกิดการเข้าใกล้เส้นขอบเขตควบคุม	เกิดการเข้าใกล้เส้นค่ากลาง
แผนภูมิ P แผนภูมิค่าเฉลี่ย แผนภูมิพิสัย	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิด หรือพล็อตจุดผิด 2. กลุ่มตัวอย่างมาจากประชากรหลายแหล่ง 3. ความละเอียดของเครื่องมือวัดไม่เพียงพอ 4. มีการปรับกระบวนการผลิต	1. คำนวณค่าขอบเขตควบคุมผิด หรือพล็อตจุดผิด 2. กลุ่มตัวอย่างมาจากประชากร 2 แหล่งที่มีค่าเฉลี่ยต่างกัน 3. มีการขัดเกลาข้อมูล



รูปที่ 2.21 แสดงการเกิดรูปแบบของจุดบนแผนภูมิไม่เป็นแบบสุ่ม

การหาและบ่งชี้สาเหตุพิเศษในกระบวนการผลิต

- แผนภูมิค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ chart)

แผนภูมิค่าเฉลี่ยบอกถึงการเปลี่ยนแปลงระดับกระบวนการซึ่งเป็นผลมาจากค่าวัดของทั้งกลุ่มย่อยและเป็นปฏิกริยาความแปรผันภายนอกระหว่างกลุ่มย่อย แผนภูมิค่าเฉลี่ยช่วยในการควบคุมระยะยาว (Long term)

- แผนภูมิพิสัย (R chart)

สาเหตุพิเศษบางครั้งก็มีประโยชน์ เช่น ทำให้ค่า R ลดลง ควรศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการ แผนภูมิพิสัยบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของการกระจายตัวซึ่งเป็นผลกระทบจากค่าวัดที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดภายในกลุ่มย่อยเดียวกันเท่านั้นและเป็นปฏิกริยาของความแปรผันภายในของกลุ่มย่อย แผนภูมิพิสัยช่วยในการควบคุมระยะสั้น (Short term)

สาเหตุพิเศษที่ส่งผลกระทบต่อแผนภูมิควบคุม ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 สาเหตุพิเศษที่ส่งผลกระทบต่อแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัย

สาเหตุพิเศษที่ส่งผลกระทบต่อแผนภูมิควบคุม	
แผนภูมิค่าเฉลี่ย	1. การเปลี่ยนแปลง เช่น ล็อตของวัตถุดิบ 2. การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์เครื่องมือและการปรับตั้ง 3. การเปลี่ยนแปลงผู้ปฏิบัติงาน 4. ทำการสอบเทียบเครื่องมือ
แผนภูมิพิสัย	1. ความไม่คงที่ (Inconsistent) เช่น คุณภาพวัตถุดิบ 2. อุปกรณ์ไม่มีการซ่อมแซม 3. แรงงานขาดประสบการณ์และการฝึกอบรม 4. ความเมื่อยล้าของคนงาน

การคำนวณค่าขอบเขตควบคุมใหม่

1. ตัดจุดที่อยู่นอกขอบเขตควบคุมที่ทราบสาเหตุพิเศษออกทั้งแผนภูมิค่าเฉลี่ยและแผนภูมิพิสัย
2. ตัดจุดที่อยู่นอกขอบเขตควบคุมที่ทราบสาเหตุพิเศษหรือตัด 7 จุดต่อเนื่องออกสำหรับแผนภูมิค่าเฉลี่ยเท่านั้น
3. คำนวณค่า $\bar{\bar{X}}$, $\bar{R}$, UCLx, LCLx, UCL_R, LCL_R ใหม่

2.2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis)

2.2.5.1 ความหมายของความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

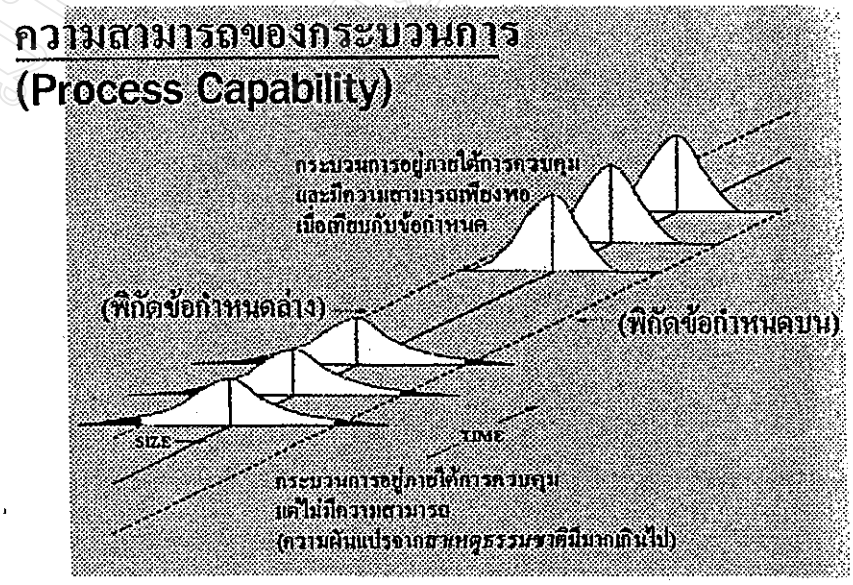
ความสามารถของกระบวนการ หมายถึง ความสม่ำเสมอของกระบวนการซึ่งจะแสดงถึงขนาดของความผันแปรอันเนื่องจากสาเหตุโดยธรรมชาติ (Chance causes of Variability) ของกระบวนการภายใต้การดำเนินการตามปรกติ ดังรูปที่ 2.22

2.2.5.2 การศึกษาความสามารถของกระบวนการผลิต (Process Capability Study)

การศึกษาความสามารถของกระบวนการ หมายถึง การศึกษาถึงความผันแปรโดยธรรมชาติของกระบวนการเทียบกับความผันแปรที่ยอมให้โดยผ่านทางขอบเขตข้อกำหนด (Specification) การศึกษาความสามารถของกระบวนการจะครอบคลุมถึงผลอันเนื่องจากพนักงานที่แตกต่างกัน การปรับเปลี่ยนและแต่งเครื่องจักร การเปลี่ยนล็อตวัตถุดิบ ตลอดจนความผันแปรอื่นๆตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาอยู่

จุดมุ่งหมายของการศึกษาความสามารถของกระบวนการก็เพื่อสร้างความไว้วางใจในการส่งมอบผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ปราศจากข้อบกพร่อง (Quality) ตรงตามเวลา (Delivery) และใช้ต้นทุนต่ำสุดเท่าที่เป็นไปได้ (Cost)

กระบวนการที่มีความสามารถรองรับความผันแปรตามสาเหตุธรรมชาติในขณะดำเนินการผลิตจะเป็นการช่วยลดต้นทุนเนื่องจากสินค้าคุณภาพไม่ดี (Cost of Poor Quality: COPQ) การประมาณค่าความสามารถของกระบวนการจะไม่สามารถดำเนินการได้จนกว่ากระบวนการจะอยู่ภายใต้การควบคุมและการเพิ่มความสามารถของกระบวนการ คือการลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ

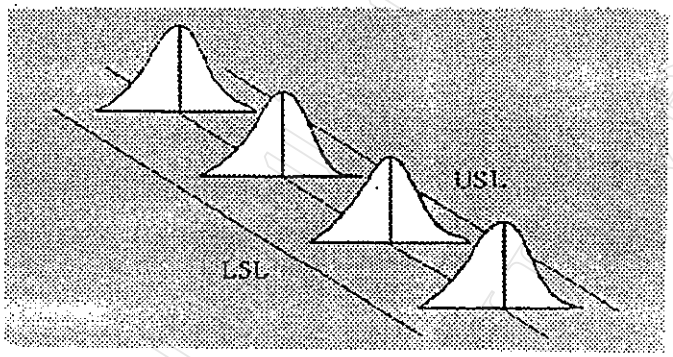


รูปที่ 2.22 แสดงกระบวนการผลิตที่มีความสามารถและไม่มีความสามารถ

2.2.5.3 ประเภทของกระบวนการผลิต

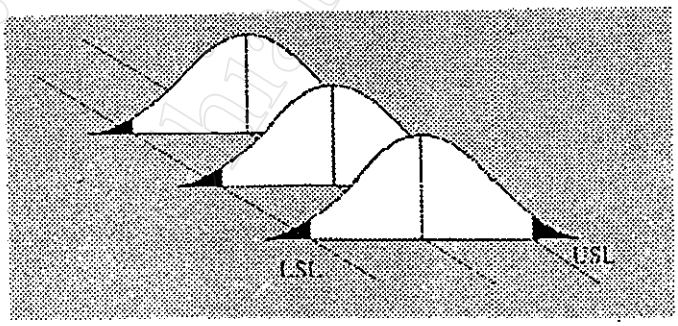
หากพิจารณาถึงความสามารถของกระบวนการผลิตและการควบคุมกระบวนการผลิตสามารถแบ่งกระบวนการผลิตออกได้เป็น 4 ประเภทดังนี้ คือ

ประเภทที่ 1 *กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ และความสามารถของกระบวนการผลิตสามารถยอมรับได้* ดังรูปที่ 2.23 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเท่ากับค่ากลาง (Nominal) ของข้อกำหนด (Specification) กระบวนการผลิตมีแต่ความแปรผันเนื่องจากสาเหตุธรรมชาติที่มีค่าความ แปรผันต่ำ



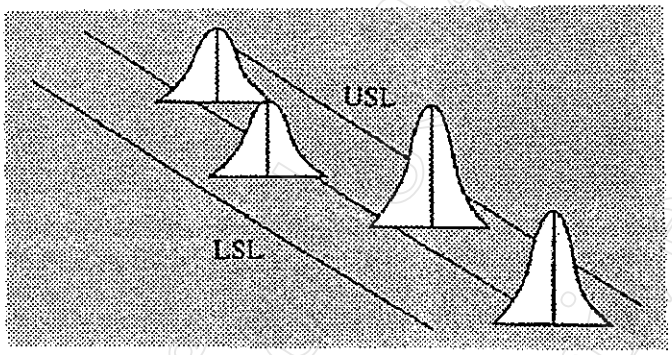
รูปที่ 2.23 แสดงกระบวนการผลิตในประเภทที่ 1

ประเภทที่ 2 *กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ แต่ความสามารถของกระบวนการผลิตไม่สามารถยอมรับได้* ดังรูปที่ 2.24 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเท่ากับค่ากลาง (Nominal) ของข้อกำหนด (Specification) กระบวนการผลิตมีแต่ความแปรผันเนื่องจากสาเหตุธรรมชาติแต่มีค่าความแปรผันมากเกินไป



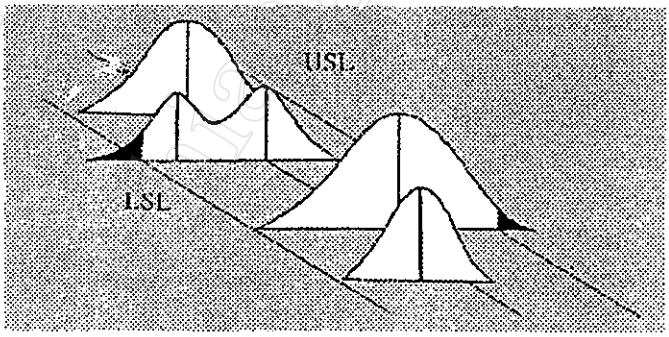
รูปที่ 2.24 แสดงกระบวนการผลิตในประเภทที่ 2

ประเภทที่ 3 *กระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ แต่ความสามารถของกระบวนการผลิตสามารถยอมรับได้* ดังรูปที่ 2.25 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเบี่ยงเบนจากค่ากลาง (Nominal) ของข้อกำหนด (Specification) กระบวนการผลิตมีแต่ความแปรผันเนื่องจากสาเหตุธรรมชาติที่มีค่าความแปรผันต่ำ



รูปที่ 2.25 แสดงกระบวนการผลิตในประเภทที่ 3

ประเภทที่ 4 *กระบวนการผลิตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมทางสถิติ และความสามารถของกระบวนการผลิตก็ไม่สามารถยอมรับได้* ดังรูปที่ 2.26 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการผลิตเบี่ยงเบนจากค่ากลาง (Nominal) ของข้อกำหนด (Specification) กระบวนการผลิตมีทั้งความแปรผันเนื่องจากสาเหตุธรรมชาติและความแปรผันเนื่องจากสาเหตุพิเศษที่มีค่าความแปรผันสูง



รูปที่ 2.26 แสดงกระบวนการผลิตในประเภทที่ 4

ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของกระบวนการและการควบคุมกระบวนการได้สรุปไว้ดังตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.14 แสดงประเภทของกระบวนการโดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถของกระบวนการและการควบคุมกระบวนการ

		การควบคุมกระบวนการ	
		อยู่ภายใต้การควบคุม	อยู่นอกการควบคุม
ความสามารถของกระบวนการ	ยอมรับได้	ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 3
	ยอมรับไม่ได้	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 4

2.2.5.4 ดัชนีบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการ

การศึกษาความสามารถของกระบวนการ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ระดับคือระยะสั้น และระยะยาว ระยะสั้นจะทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลการวัดที่รวบรวมมาจากการผลิต 1 ครั้ง ค่าดัชนีที่ใช้ในการศึกษาคือ Pp และ Ppk ระยะยาวจะทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการจากข้อมูลการวัดที่รวบรวมมาจากการผลิตที่ครอบคลุมช่วงเวลาที่ยาวนานกว่า ค่าดัชนีที่ใช้ในการศึกษาคือ **Cp** และ **Cpk** ในการศึกษานี้จะใช้เฉพาะดัชนีบ่งชี้ความสามารถของกระบวนการระยะยาว Cpk เท่านั้น

ดัชนีแสดงศักยภาพของกระบวนการ (Process Potential Index)

$$\mathbf{Cp} = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะระหว่างค่าสูงและค่าต่ำ}}{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของธรรมชาติกระบวนการจากค่ากลาง}}$$

$$\mathbf{Cp} = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

ดัชนีแสดงความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index)

$$\mathbf{Cpk} = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของข้อกำหนดเฉพาะจากค่ากลางกระบวนการ}}{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมของธรรมชาติกระบวนการจากค่ากลาง}}$$

กำหนดให้ $\mathbf{Cpu} = \dfrac{USL - \bar{X}}{3\sigma}$ _____(1)

และ $\mathbf{Cpl} = \dfrac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}$ _____(2)

จากสมการที่ (1) และ (2) จะได้ **Cpk = ค่าต่ำที่สุดระหว่าง ค่า Cpu หรือ Cpl**

ค่า Cpu คือความห่างของค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างจากค่าข้อกำหนดสูงสุดต่ออัตราส่วน 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนค่า Cpl คือความห่างของค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างจากค่าข้อกำหนดต่ำสุดต่ออัตราส่วน 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความสามารถของกระบวนการที่ดีที่สุดคือค่าที่ได้จากค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับค่ากลางของข้อกำหนดซึ่งแสดงว่ากระบวนการผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะตรงตามค่ามาตรฐานหรือค่าเป้าหมาย แต่กระบวนการที่มีความสามารถต่ำหรือไม่มีความสามารถคือกระบวนการที่ผลิตผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะเบี่ยงเบนออกห่างจากค่ามาตรฐานหรือค่าเป้าหมายอาจเบี่ยงเบนไปทางข้อกำหนดค่าต่ำหรือข้อกำหนดค่าสูงก็ได้ ฉะนั้นในการพิจารณาค่าความสามารถของกระบวนการใดๆ (Cpk) จึงเลือกพิจารณาค่าที่ต่ำที่สุดระหว่างค่า Cpu หรือ Cpl ค่าต่ำสุดของ Cp และ Cpk ที่แนะนำได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.15 และ 2.16 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.15 ค่าต่ำสุดที่แนะนำสำหรับดัชนี Cp[5]

สภาพการณ์	2-sided Spec	1-sided Spec
1. กระบวนการผลิตที่กำลังใช้อยู่	1.33	1.25
2. กระบวนการผลิตใหม่	1.50	1.45
3. พารามิเตอร์เกี่ยวกับความปลอดภัย, ความแข็งแรง หรือพารามิเตอร์วิกฤติ สำหรับกระบวนการผลิตที่กำลังใช้อยู่	1.50	1.45
4. พารามิเตอร์เกี่ยวกับความปลอดภัย, ความแข็งแรง หรือพารามิเตอร์วิกฤติ สำหรับกระบวนการผลิตใหม่	1.67	1.60

หมายเหตุ: 2-sided Spec คือข้อกำหนดที่กำหนดทั้งค่าสูงสุดและต่ำสุด

1-sided Sped คือข้อกำหนดที่กำหนดเพียงค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุด

ตารางที่ 2.16 ค่าต่ำสุดที่แนะนำสำหรับดัชนี Cpk[6]

สภาพการณ์	Cpk
1. กระบวนการทั่วไป	1.00 ($6\sigma/6\sigma$)
2. กระบวนการที่มีความสามารถ (Capable)	1.33 ($8\sigma/6\sigma$)
3. กระบวนการที่มีเสถียรภาพสูง (Stable)	2.00 ($12\sigma/6\sigma$)

[5] Douglas C. Montgomery. *Introduction to Statistical Quality Control.* 3rd edition, John Wiley&Sons, Inc., 1997 (pp. 441)

[6] Douglas C. Montgomery. *Introduction to Statistical Quality Control.* 3rd edition, John Wiley&Sons, Inc., 1997 (pp. 441)

จากที่อธิบายไว้ข้างต้นค่าความสามารถของกระบวนการที่ดีที่สุดคือค่าที่ได้จากค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับค่ากลางของข้อกำหนดแต่ค่าความสามารถของกระบวนการจะสูงหรือต่ำยังขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของค่าเฉลี่ยประชากรซึ่งพิจารณาได้จากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) จากสูตร Cpk ถ้าสมมุติว่าค่ากลางของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเท่ากับค่ากลางของข้อกำหนดพอดีฉะนั้นค่า Cpu เท่ากับ Cpl เป็นเศษของสมการที่เป็นค่าคงที่ และให้ส่วนของสมการคือ 3σ แปรผันได้ จะเห็นว่าค่า σ น้อยๆ คือค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมีการเกาะกลุ่มกันหนาแน่นเศษของสมการที่เป็นค่าคงที่จะมีค่าสูงกว่าส่วนของสมการหลายเท่ายังผลให้ Cpk มีค่าสูงและแสดงว่ากระบวนการมีความสามารถและเสถียรภาพสูง

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University