

## ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๔๕๗๖ (พ.ศ. ๒๕๕๖)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข้อแนะนำเทคนิคทางสถิติสำหรับระบบการบริหารงานคุณภาพ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อแนะนำเทคนิคทางสถิติสำหรับระบบการบริหารงานคุณภาพ มาตรฐานเลขที่ มอก.10017 - 2556 ไว้ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ให้มีผลตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๑๖ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๖

ประเสริฐ บุญชัยสุข

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

# มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

## ข้อเสนอแนะเทคนิคทางสถิติ

### สำหรับระบบการบริหารงานคุณภาพ

#### 0. บทนำ

จุดมุ่งหมายของมาตรฐานนี้คือ การช่วยองค์กรในการชี้แจงเทคนิคทางสถิติที่จะเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำ นำไปใช้รักษาและปรับปรุงระบบการบริหารงานคุณภาพให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 9001

ในบริบทนี้ เทคนิคทางสถิติมีประโยชน์ในการติดตามความแปรปรวนซึ่งอาจถูกสังเกตพบในพฤติกรรมและผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการทั้งหมดในทางปฏิบัติเมื่ออยู่ภายใต้สถานะเสถียรตามที่ปรากฏ ความแปรปรวนสามารถทำให้เห็นเป็นตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์และกระบวนการ และสามารถเห็นความแปรปรวนในช่วงต่าง ๆ ตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การวิจัยตลาดจนถึงการให้บริการลูกค้าและการกำจัดซากในท้ายที่สุด

เทคนิคทางสถิติสามารถช่วยในการวัด อธิบาย วิเคราะห์ แปรผล และสร้างตัวแบบความแปรปรวนนั้น แม้จะมีจำนวนข้อมูลค่อนข้างจำกัด การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติอาจทำให้มีความเข้าใจที่ดีขึ้นเกี่ยวกับธรรมชาติ ขอบเขต และสาเหตุของความแปรปรวน สิ่งนี้สามารถช่วยในการแก้ไขและแม้แต่ป้องกันปัญหาซึ่งมีสาเหตุมาจากความแปรปรวนนั้น

เทคนิคทางสถิติสามารถช่วยให้ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นจากข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อช่วยในการตัดสินใจและการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์และกระบวนการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้บรรลุความพึงพอใจของลูกค้า เทคนิคเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น การวิจัยตลาด การออกแบบ การพัฒนา การผลิต การทวนสอบ การติดตั้งและการให้บริการ

รายงานทางวิชาการนี้ถูกกำหนดขึ้นเพื่อให้ข้อเสนอแนะและช่วยองค์กรในการพิจารณา และการเลือกเทคนิคทางสถิติที่เหมาะสมกับความต้องการขององค์กร เกณฑ์ตัดสินความต้องการเทคนิคทางสถิติและความเหมาะสมของเทคนิคที่เลือกใช้ยังคงเป็นเอกสิทธิ์ขององค์กร

เทคนิคทางสถิติที่อธิบายในรายงานทางวิชาการนี้ยังสามารถนำไปใช้กับมาตรฐานอื่น ๆ ในอนุกรมมาตรฐาน ISO 9000 โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตรฐาน ISO 9004

## 1. ขอบข่าย

มาตรฐานนี้ให้คำแนะนำในการเลือกเทคนิคทางสถิติที่เหมาะสมซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อองค์กรในการจัดทำนำไปใช้ รักษา และปรับปรุงระบบการบริหารงานคุณภาพให้สอดคล้องตามมาตรฐาน ISO 9001 โดยการตรวจสอบข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 9001 ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ รวมทั้งการชี้แจงและการอธิบายเทคนิคทางสถิติซึ่งเป็นประโยชน์เมื่อนำมาใช้กับข้อมูลเช่นนั้น

บัญชีรายชื่อเทคนิคทางสถิติที่อ้างถึงในรายงานทางวิชาการนี้ไม่สมบูรณ์หรือครบถ้วน และไม่ได้ตัดโอกาสในการใช้เทคนิคอื่น ๆ (ทางสถิติหรืออย่างอื่น) ซึ่งเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อองค์กร มากไปกว่านั้นรายงานทางวิชาการนี้ไม่พยายามกำหนดว่าต้องใช้เทคนิคทางสถิติใด หรือไม่พยายามแนะนำว่าจะนำเทคนิคนั้นไปใช้อย่างไร

มาตรฐานนี้ไม่ได้จัดทำขึ้นเพื่อจุดมุ่งหมายตามสัญญา กฎหมาย หรือการรับรอง/การจดทะเบียน รายงานทางวิชาการนี้ไม่ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นบัญชีรายการตรวจสอบภาคบังคับสำหรับความสอดคล้องตามข้อกำหนดมาตรฐาน ISO 9001 เหตุอันสมควรแก่นำการเทคนิคทางสถิติมาใช้ก็ต้องช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการบริหารงานคุณภาพ

หมายเหตุ 1 คำศัพท์ “เทคนิคทางสถิติ” และ “วิธีทางสถิติ” มักถูกใช้สลับเปลี่ยนกันได้อยู่บ่อย ๆ

หมายเหตุ 2 สิ่งที่อ้างถึงในรายงานทางวิชาการนี้เกี่ยวกับ “ผลิตภัณฑ์” จะนำไปใช้ได้กับประเภทผลิตภัณฑ์ทั่วไป ซึ่งรวมถึงบริการ ซอฟต์แวร์ ฮาร์ดแวร์ และวัสดุแปรรูป หรือส่วนผสมของรายการที่กล่าวถึงข้างต้น ซึ่งสอดคล้องกับคำนิยามของ “ผลิตภัณฑ์” ในมาตรฐาน ISO 9001

## 2. มาตรฐานอ้างอิง

มาตรฐานอ้างอิงต่อไปนี้อาจไม่ได้สำหรับการนำมาตรฐานนี้ไปใช้งาน สำหรับมาตรฐานอ้างอิงที่ระบุวันที่ ให้ใช้เฉพาะฉบับที่อ้างถึง สำหรับมาตรฐานอ้างอิงที่ไม่ระบุวันที่ ให้ใช้ฉบับล่าสุด (รวมทั้งฉบับแก้ไข)

มาตรฐาน ISO 9001 ระบบการบริหารงานคุณภาพ – ข้อกำหนด

## 3. การชี้แจงความต้องการเทคนิคทางสถิติ

ความต้องการสำหรับข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งอาจเกี่ยวเนื่องอย่างสมเหตุสมผลกับการปฏิบัติตามข้อและข้อย่อยของมาตรฐาน ISO 9001 ถูกชี้แจงไว้ในตารางที่ 1 อาจมีเทคนิคทางสถิติมากกว่าหนึ่งเทคนิคที่องค์กรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เมื่อถูกนำมาใช้กับข้อมูลเหล่านั้นอย่างเหมาะสม

หมายเหตุ เทคนิคทางสถิติสามารถนำไปใช้กับข้อมูลเชิงคุณภาพได้ หากข้อมูลนั้นสามารถถูกแปลงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ

หากไม่มีความต้องการข้อมูลเชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องตามที่กำหนดในข้อหรือข้อย่อยใดของมาตรฐาน ISO 9001 จะไม่มีการชี้แจงเทคนิคทางสถิติ

เทคนิคทางสถิติที่ถูกอ้างถึงในรายงานทางวิชาการนี้จะจำกัดเฉพาะเทคนิคทางสถิติที่เป็นที่รู้จัก ในทำนองเดียวกัน การใช้เทคนิคทางสถิติที่ไม่ซับซ้อนเท่ากันที่ถูกอ้างถึงในรายงานนี้

เทคนิคทางสถิติแต่ละเทคนิคข้างล่างนี้จะถูกบรรยายอย่างกระชับในข้อ 4 เพื่อช่วยองค์กรในการประเมินความเกี่ยวข้องและคุณค่าของเทคนิคทางสถิติที่ถูกอ้างถึง และเพื่อช่วยตัดสินว่าองค์กรควรใช้เทคนิคเหล่านั้นในบริบทที่เฉพาะเจาะจงหรือไม่

**ตารางที่ 1 - ความต้องการเกี่ยวกับข้อมูลเชิงปริมาณและเทคนิคทางสถิติที่นำมาใช้**

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001               | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                         | เทคนิคทางสถิติ                                   |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>4. ระบบการบริหารงานคุณภาพ</b>                |                                                                        |                                                  |
| 4.1 ข้อกำหนดทั่วไป                              | คู่มือของรายงานทางวิชาการนี้                                           |                                                  |
| 4.2 ข้อกำหนดด้านเอกสาร                          |                                                                        |                                                  |
| 4.2.1 ทั่วไป                                    | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 4.2.2 คู่มือคุณภาพ                              | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 4.2.3 การควบคุมเอกสาร                           | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 4.2.4 การควบคุมบันทึก                           | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| <b>5. ความรับผิดชอบด้านการบริหาร</b>            |                                                                        |                                                  |
| 5.1 ความมุ่งมั่นของฝ่ายบริหาร                   | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.2 การมุ่งเน้นลูกค้า                           | การตัดสินใจความต้องการของลูกค้า<br>ต้องประเมินความพึงพอใจของ<br>ลูกค้า | ดูข้อ 7.2.2 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 8.2.1 ในตารางนี้ |
| 5.3 นโยบายคุณภาพ                                | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.4 การวางแผน                                   |                                                                        |                                                  |
| 5.4.1 วัตถุประสงค์คุณภาพ                        | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.4.2 การวางแผนระบบการบริหาร<br>งานคุณภาพ       | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.5 ความรับผิดชอบ อำนาจหน้าที่<br>และการสื่อสาร | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.5.1 ความรับผิดชอบและอำนาจ<br>หน้าที่          | ไม่มี                                                                  |                                                  |
| 5.5.2 ตัวแทนฝ่ายบริหาร                          | ไม่มี                                                                  |                                                  |

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001                     | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                   | เทคนิคทางสถิติ                                                                                           |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.5.3 การสื่อสารภายใน                                 | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 5.6 การทบทวนของฝ่ายบริหาร                             |                                                                  |                                                                                                          |
| 5.6.1 ทั่วไป                                          | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 5.6.2 การทบทวนปัจจัยนำเข้า<br>ก) ผลการตรวจประเมิน     | การได้รับและประเมินผลข้อมูล<br>การตรวจประเมิน                    | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                              |
| ข) ข้อมูลป้อนกลับจากลูกค้า                            | การได้รับและประเมินผลข้อมูล<br>ป้อนกลับจากลูกค้า                 | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                              |
| ค) สมรรถนะของกระบวนการและ<br>ความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ | การประเมินสมรรถนะของ<br>กระบวนการและความสอดคล้อง<br>ของผลิตภัณฑ์ | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ |
| ง) สถานะของการปฏิบัติการแก้ไข<br>และป้องกัน           | การได้รับและประเมินผลข้อมูล<br>การปฏิบัติการแก้ไขและป้องกัน      | สถิติพรรณนา                                                                                              |
| 5.6.3 การทบทวนปัจจัยส่งออก                            | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6. การบริหารทรัพยากร                                  |                                                                  |                                                                                                          |
| 6.1 การจัดให้มีทรัพยากร                               | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.2 ทรัพยากรบุคคล                                     |                                                                  |                                                                                                          |
| 6.2.1 ทั่วไป                                          | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.2.2 ความสามารถ ความตระหนัก<br>และการฝึกอบรม         |                                                                  |                                                                                                          |
| 6.2.2 ก)                                              | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.2.2 ข)                                              | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.2.2 ค) ประเมินประสิทธิผลของ<br>มาตรการที่ดำเนินการ  | การประเมินความสามารถและ<br>ประสิทธิผลของการฝึกอบรม               | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                              |
| 6.2.2 ง)                                              | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.2.2 จ)                                              | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |
| 6.3 โครงสร้างพื้นฐาน                                  | ไม่มี                                                            |                                                                                                          |

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001             | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                             | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6.4 สภาพแวดล้อมในการทำงาน                     | การเฝ้าติดตามสภาพแวดล้อม<br>ในการทำงาน                                     | สถิติพรรณนา แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ                                                                                                                                                                                |
| <b>7. การทำให้เกิดผลิตภัณฑ์</b>               |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.1 การวางแผนการทำให้เกิด<br>ผลิตภัณฑ์        | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.2 กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ<br>ลูกค้า       |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.2.1 การตัดสินใจกำหนดเกี่ยวกับ<br>ผลิตภัณฑ์  | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.2.2 การทบทวนข้อกำหนด<br>เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์  | การประเมินความสามารถของ<br>องค์กรในการบรรลุข้อกำหนด<br>ที่ระบุ             | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์การวัด<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การสุ่มตัวอย่าง การ<br>กำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ                                                                                                  |
| 7.2.3 การสื่อสารกับลูกค้า                     | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.3 การออกแบบและการพัฒนา                      |                                                                            |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.3.1 การวางแผนการออกแบบ<br>และการพัฒนา       | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.3.2 ปัจจัยนำเข้าของการออกแบบ<br>และการพัฒนา | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |
| 7.3.3 ปัจจัยส่งออกของการ<br>ออกแบบและการพัฒนา | การทบทวนว่าผลงานการออกแบบ<br>สอดคล้องกับข้อกำหนดของปัจจัย<br>นำเข้าหรือไม่ | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง การจำลอง<br>การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา |
| 7.3.4 การทบทวนการออกแบบและ<br>การพัฒนา        | ไม่มี                                                                      |                                                                                                                                                                                                                               |

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001                     | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                                            | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.3.5 การทวนสอบการออกแบบ<br>และการพัฒนา               | การทวนสอบว่าผลงานการออกแบบ<br>สอดคล้องกับข้อกำหนดของปัจจัย<br>นำเข้าหรือไม่               | สถิติพรรณนา การออกแบบ<br>การทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง การจำลอง<br>การวิเคราะห์อนุกรมเวลา |
| 7.3.6 การพิสูจน์ความใช้ได้ของการ<br>ออกแบบและการพัฒนา | การพิสูจน์ความใช้ได้ของผลิตภัณฑ์<br>ว่าสอดคล้องกับการใช้และ<br>ความต้องการที่กำหนดหรือไม่ | สถิติพรรณนา การออกแบบ<br>การทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง การจำลอง                           |
| 7.3.7 การควบคุมการเปลี่ยนแปลง<br>การออกแบบและการพัฒนา | การประเมินผล ทวนสอบ และ<br>พิสูจน์ความใช้ได้ของผลที่เกิดจาก<br>การเปลี่ยนแปลงการออกแบบ    | สถิติพรรณนา การออกแบบ<br>การทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง การจำลอง                           |
| 7.4 การจัดซื้อ<br>7.4.1 กระบวนการจัดซื้อ              | การทำให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่<br>จัดซื้อเป็นไปตามข้อกำหนดการ<br>จัดซื้อที่ระบุไว้         | สถิติพรรณนา การทดสอบ<br>สมมติฐาน การวิเคราะห์การวัด<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง                                                         |

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001                                          | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                                                              | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.4.1 กระบวนการจัดซื้อ (ต่อ)                                               | การประเมินความสามารถของ<br>ผู้ขายในการขายผลิตภัณฑ์ที่เป็นไป<br>ตามข้อกำหนดขององค์กร                         | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การวิเคราะห์ความสามารถ<br>ของกระบวนการ การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การสุ่มตัวอย่าง                                                                                              |
| 7.4.2 ข้อมูลการจัดซื้อ                                                     | ไม่มี                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                |
| 7.4.3 การทวนสอบผลิตภัณฑ์ที่<br>จัดซื้อ                                     | การจัดให้มีการตรวจและกิจกรรม<br>อื่นเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่<br>จัดซื้อเป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุ<br>ไว้ | สถิติพรรณนา การทดสอบ<br>สมมติฐาน การวิเคราะห์การวัด<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์ความ<br>เชื่อถือได้ การสุ่มตัวอย่าง                                                                  |
| 7.5 การผลิตและการให้บริการ<br>7.5.1 การควบคุมการผลิตและการ<br>ให้บริการ    | การเฝ้าติดตามและควบคุมกิจกรรม<br>การผลิตและการบริการ                                                        | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์การวัด<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ การวิเคราะห์<br>อนุกรมเวลา |
| 7.5.2 การพิสูจน์ความใช้ได้ของ<br>กระบวนการสำหรับการผลิต<br>และการให้บริการ | การพิสูจน์ความใช้ได้ เฝ้าติดตาม<br>และควบคุมกระบวนการซึ่งผลผลิต<br>ไม่สามารถวัดได้โดยทันที                  | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ การวิเคราะห์<br>อนุกรมเวลา                     |
| 7.5.3 การชี้บ่งและการสอบกลับได้                                            | ไม่มี                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                |
| 7.5.4 ทรัพย์สินของลูกค้า                                                   | การทวนสอบคุณลักษณะของ<br>ทรัพย์สินของลูกค้า                                                                 | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                                                                                                                                    |



| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001                        | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                                                                                                 | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.5.5 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์                              | การเฝ้าติดตามผลจากการขนถ่าย<br>การบรรจุหีบห่อและการเก็บรักษา<br>ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์                                                             | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ การวิเคราะห์<br>อนุกรมเวลา                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7.6 การควบคุมเครื่องมือเฝ้าติดตาม<br>และเครื่องมือวัด    | การทำให้มั่นใจว่าการเฝ้าติดตาม<br>กระบวนการวัดและเครื่องมือวัด<br>สอดคล้องกับข้อกำหนด<br><br>การประเมินความใช้ได้ของการวัด<br>ในอดีต ถ้าจำเป็น | สถิติพรรณนา การวิเคราะห์การวัด<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิ<br>ควบคุมกระบวนการทางสถิติ การ<br>กำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ<br>การวิเคราะห์อนุกรมเวลา<br><br>สถิติพรรณนา การทดสอบ<br>สมมติฐาน การวิเคราะห์การวัด การ<br>วิเคราะห์การถดถอย การสุ่มตัวอย่าง<br>การกำหนดความคลาดเคลื่อนทาง<br>สถิติ การวิเคราะห์อนุกรมเวลา |
| 8. การวัด การวิเคราะห์และ<br>การปรับปรุง<br>8.1 ทั่วไป   | ไม่มี                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 8.2 การเฝ้าติดตามและการวัด<br>8.2.1 ความพึงพอใจของลูกค้า | การเฝ้าติดตามและวิเคราะห์ข้อมูล<br>เกี่ยวกับการรับรู้ของลูกค้า                                                                                 | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 8.2.2 การตรวจประเมินภายใน                                | การวางแผนโปรแกรมการตรวจ<br>ประเมินภายในและต้องรายงาน<br>ข้อมูลจากการตรวจประเมิน                                                                | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| ข้อ/ข้อย่อยของมาตรฐาน<br>ISO 9001                 | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                                                                                                                            | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8.2.3 การเฝ้าติดตามและการวัด<br>กระบวนการ         | การเฝ้าติดตามและวัดกระบวนการ<br>ของระบบบริหารงานคุณภาพเพื่อ<br>แสดงถึงความสามารถของ<br>กระบวนการในการบรรลุผลตามที่<br>วางแผนไว้                                           | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ การวิเคราะห์<br>อนุกรมเวลา                                                        |
| 8.2.4 การเฝ้าติดตามและการวัด<br>ผลิตภัณฑ์         | การเฝ้าติดตามและวัดคุณลักษณะ<br>ของผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่างๆที่<br>เหมาะสมที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์<br>เพื่อทวนสอบว่าได้บรรลุข้อกำหนด                                           | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์การวัด การวิเคราะห์<br>ความสามารถของกระบวนการ<br>การวิเคราะห์การถดถอย<br>การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้<br>การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุม<br>กระบวนการทางสถิติ การวิเคราะห์<br>อนุกรมเวลา |
| 8.3 การควบคุมผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็น<br>ไปตามข้อกำหนด | การตัดสินใจขอบเขตของผลิตภัณฑ์ที่<br>ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ถูกส่ง<br>มอบแล้ว<br><br>การทวนสอบซ้ำผลิตภัณฑ์ที่ได้รับ<br>การแก้ไขเพื่อให้มั่นใจในความ<br>สอดคล้องกับข้อกำหนด | สถิติพรรณนา การสุ่มตัวอย่าง<br><br>ดูข้อ 8.2.4 ในตารางนี้                                                                                                                                                                                               |
| 8.4 การวิเคราะห์ข้อมูล                            | การได้รับและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อ<br>ประเมินประสิทธิผลของระบบการ<br>บริหารงานคุณภาพ และเพื่อ<br>ประเมินความเป็นไปได้ในการ<br>ปรับปรุงในด้าน<br><br>ก) ความพึงพอใจของลูกค้า | <br><br><br><br><br><br>ดูข้อ 8.2.1 ในตารางนี้                                                                                                                                                                                                          |

| ข้อ/ข้อย่อของมาตรฐาน<br>ISO 9001                   | ความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ                                                                                                                                                                                                 | เทคนิคทางสถิติ                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    | ข) ความสอดคล้องกับข้อกำหนด<br>ผลิตภัณฑ์<br>ค) คุณลักษณะของกระบวนการ<br>และแนวโน้ม<br>ง) ผู้ขาย                                                                                                                                 | ดูข้อ 8.2.4 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 8.2.3 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 7.4.1 ในตารางนี้                                                                                                                          |
| 8.5 การปรับปรุง<br>8.5.1 การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง | การปรับปรุงกระบวนการของระบบ<br>การบริหารงานคุณภาพผ่านการใช้<br>ข้อมูลเชิงปริมาณในเรื่องเกี่ยวกับ<br>- การออกแบบและการพัฒนา<br>- การจัดซื้อ<br>- การผลิตและการให้บริการ<br>- การควบคุมเครื่องมือเพื่อติดตาม<br>และเครื่องมือวัด | ดูข้อ 7.3.3 7.3.5 7.3.6 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 7.4.1 7.4.3 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 7.5.1 7.5.2 7.5.5 ในตารางนี้<br>ดูข้อ 7.6 ในตารางนี้                                                                    |
| 8.5.2 การปฏิบัติการแก้ไข                           | การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความ<br>ไม่สอดคล้องเพื่อช่วยให้เข้าใจ<br>สาเหตุ                                                                                                                                                     | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิ<br>ควบคุมกระบวนการทางสถิติ การ<br>วิเคราะห์อนุกรมเวลา |
| 8.5.3 การปฏิบัติการป้องกัน                         | การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความ<br>ไม่สอดคล้องและความไม่<br>สอดคล้องที่อาจเกิดขึ้นเพื่อช่วยให้<br>เข้าใจสาเหตุ                                                                                                                 | สถิติพรรณนา การออกแบบการ<br>ทดลอง การทดสอบสมมติฐาน<br>การวิเคราะห์ความสามารถของ<br>กระบวนการ การวิเคราะห์การ<br>ถดถอย การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิ<br>ควบคุมกระบวนการทางสถิติ การ<br>วิเคราะห์อนุกรมเวลา |

## 4. คำอธิบายเกี่ยวกับเทคนิคทางสถิติ

### 4.1 ทัวไป

เทคนิคหรืออนุกรมเทคนิคทางสถิติที่อาจช่วยให้องค์กรบรรลุความต้องการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณตามที่ปรากฏในตารางที่ 1 มีดังต่อไปนี้

- สถิติพรรณนา (descriptive statistics)
- การออกแบบการทดลอง (design of experiments)
- การทดสอบสมมติฐาน (hypothesis testing)
- การวิเคราะห์การวัด (measurement analysis)
- การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (process capability analysis)
- การวิเคราะห์การถดถอย (regression analysis)
- การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ (reliability analysis)
- การสุ่มตัวอย่าง (sampling)
- การจำลอง (simulation)
- แผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ (statistical process control (SPC) charts)
- การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ (statistical tolerancing)
- การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (time series analysis)

จากรายชื่อเทคนิคทางสถิติที่หลากหลายข้างต้น อาจกล่าวได้ว่าสถิติพรรณนา (ซึ่งรวมถึงวิธีกราฟฟิก) เป็นองค์ประกอบสำคัญของหลายเทคนิคที่กล่าวถึง

อย่างที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้ เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกเทคนิคในรายชื่อข้างต้นคือเทคนิคนั้นต้องเป็นที่รู้จักและถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง และการนำไปใช้ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้

การเลือกเทคนิคและการนำไปใช้จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและจุดมุ่งหมายของการใช้งาน ซึ่งแตกต่างกันเป็นกรณี ๆ ไป

คำอธิบายอย่างย่อของแต่ละเทคนิคหรืออนุกรมเทคนิคได้ให้ไว้ในข้อ 4.2 ถึง 4.13 คำอธิบายมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยผู้อ่านในการประเมินความสามารถในการนำไปใช้ที่อาจเกิดขึ้นและประโยชน์ของการใช้เทคนิคทางสถิติในการนำข้อกำหนดระบบการบริหารงานคุณภาพไปสู่การปฏิบัติ

การนำเทคนิคทางสถิติที่อ้างถึงที่นี่ไปใช้งานจริงต้องการคำแนะนำและความเชี่ยวชาญที่มากกว่าที่มีไว้ในรายงานทางวิชาการนี้ ข้อมูลจำนวนมากเกี่ยวกับเทคนิคทางสถิติสามารถหาได้ทั่วไปจากหนังสือ วารสาร รายงาน คู่มืออุตสาหกรรมและแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ซึ่งอาจช่วยองค์กรในการใช้เทคนิคทางสถิติอย่างมี

ประสิทธิผล<sup>1)</sup> อย่างไรก็ตามการอ้างถึงแหล่งข้อมูลเหล่านี้อยู่นอกเหนือไปจากขอบข่ายของรายงานทางวิชาการนี้ และการค้นหาข้อมูลเหล่านี้ให้เป็นการริเริ่มของแต่ละองค์กร

## 4.2 สถิติพรรณนา

### 4.2.1 คืออะไร

สถิติพรรณนามาหมายถึงขั้นตอนดำเนินการสรุปและนำเสนอข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อแสดงให้เห็นคุณลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

คุณลักษณะของข้อมูลที่เป็นที่สนใจโดยทั่วไปคือค่ากลาง (โดยมากจะใช้เป็นค่าเฉลี่ย) และการกระจาย (โดยทั่วไปถูกวัดเป็นค่าพิสัยหรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) คุณลักษณะที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการแจกแจงของข้อมูล ซึ่งมักถูกอธิบายด้วยรูปร่างของการแจกแจง (เช่น อนุกรมความเบ้ ซึ่งใช้อธิบายความสมมาตร)

ข้อมูลที่ได้จากสถิติพรรณนาสามารถถูกสื่ออย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผลโดยวิธีการกราฟิกที่หลากหลาย ซึ่งรวมถึงการแสดงข้อมูลที่ค่อนข้างง่าย เช่น

- แผนภูมิแนวโน้ม (trend chart) (อาจเรียกว่า “แผนภูมิการวิ่ง” (run chart)) ซึ่งเป็นการพล็อตคุณลักษณะที่สนใจในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อสังเกตพฤติกรรมตามเวลา
- แผนภูมิการกระจาย (scatter plot) ซึ่งช่วยในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัวโดยพล็อตตัวแปรต้นบนแกนนอน (แกนเอ็กซ์) และค่าของตัวแปรตามบนแกนตั้ง (แกนวาย) และ
- ฮิสโตแกรม (histogram) ซึ่งวาดให้เห็นการแจกแจงของค่าของคุณลักษณะที่สนใจ

มีวิธีการกราฟิกจำนวนมากสามารถช่วยในการแปลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล วิธีเหล่านี้มีตั้งแต่เครื่องมือที่ค่อนข้างง่ายที่อธิบายข้างต้น (และวิธีอื่น ๆ เช่น แผนภูมิแท่ง (bar-charts) และแผนภูมิพาย (pie-charts) จนถึงเทคนิคที่ซับซ้อนมากกว่า ซึ่งรวมถึงเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสเกลพิเศษ (เช่น การพล็อตความน่าจะเป็น) และกราฟฟิกที่เกี่ยวข้องกับหลายมิติและหลายตัวแปร

วิธีการกราฟิกมีประโยชน์เพราะสามารถช่วยให้เห็นลักษณะที่ผิดปกติของข้อมูลอยู่บ่อย ๆ ซึ่งอาจไม่ถูกตรวจจับได้โดยทันทีในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ วิธีการกราฟิกถูกนำมาใช้อย่างมากในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสำรวจหรือทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และในการประมาณการค่าพารามิเตอร์ที่อธิบาย

<sup>1)</sup> มาตรฐานและรายงานทางวิชาการของ ISO และ IEC ที่เกี่ยวกับเทคนิคทางสถิติดังที่ปรากฏในบรรณานุกรม สิ่งที่ถูกอ้างถึงในที่นี้เพื่อใช้เป็นข้อมูล รายงานทางวิชาการนี้ไม่ได้กำหนดว่าต้องปฏิบัติตามให้สอดคล้องตามเทคนิคเหล่านั้น

ความสัมพันธ์เช่นนั้น วิธีการฟิสิกมีการนำไปใช้ที่สำคัญในการสรุปและสถิติพรรณนา (รวมถึงวิธีการฟิสิก) ถูกนำมาใช้โดยนัยสำหรับเทคนิคทางสถิติจำนวนมากที่ถูกอ้างถึงในรายงานทางวิชาการนี้ และควรถูกคำนึงถึงในฐานะองค์ประกอบพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางสถิติ

#### 4.2.2 ใช้สำหรับอะไร

สถิติพรรณนาใช้สำหรับการสรุปและการอธิบายลักษณะของข้อมูล มักเป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และบ่อยครั้งเป็นขั้นตอนแรกในการใช้เทคนิคทางสถิติอื่น ๆ

คุณลักษณะของข้อมูลตัวอย่างอาจใช้เป็นฐานในการอนุมานเกี่ยวกับคุณลักษณะของประชากรซึ่งถูกชักตัวอย่างมาวิเคราะห์ พร้อมความคลาดเคลื่อนและระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

#### 4.2.3 ประโยชน์

สถิติพรรณนาเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและค่อนข้างง่ายในการสรุปและการอธิบายลักษณะของข้อมูล และเป็นวิธีที่สะดวกในการนำเสนอข้อมูล ในบางกรณี วิธีการฟิสิกจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการนำเสนอข้อมูลและสื่อสารข้อมูล

สถิติพรรณนาอาจนำไปใช้ได้กับทุกเหตุการณ์ที่ต้องใช้ข้อมูล สามารถช่วยในการวิเคราะห์และตีความข้อมูล และเป็นเครื่องช่วยที่มีคุณค่าในการตัดสินใจ

#### 4.2.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

สถิติพรรณนาเป็นเครื่องมือวัดคุณลักษณะเชิงปริมาณ (เช่น ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของข้อมูลตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม เครื่องมือวัดเหล่านี้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับขนาดของตัวอย่างและวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ เครื่องมือวัดเชิงปริมาณเหล่านี้ไม่สามารถเป็นค่าประมาณที่ถูกต้องของคุณลักษณะของประชากรที่สุ่มตัวอย่างมาได้ เว้นเสียแต่การสุ่มตัวอย่างเป็นไปตามข้อสมมติฐานทางสถิติที่เกี่ยวข้อง

#### 4.2.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

สถิติพรรณนาสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเกือบทุกเรื่องเมื่อมีการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือแง่มุมอื่น ๆ ของระบบการบริหารงานคุณภาพ และอาจนำไปใช้ในการทบทวนของฝ่ายบริหาร ตัวอย่างบางส่วนของ การนำไปใช้มีดังต่อไปนี้

- การสรุปผลการวัดที่สำคัญของคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ (เช่น ค่ากลางและการกระจาย)
- การอธิบายสมรรถนะของพารามิเตอร์ของกระบวนการ เช่น อุณหภูมิของเตาอบ
- การอธิบายลักษณะของเวลาที่ใช้ในการส่งมอบสินค้าหรือเวลาที่ใช้ในการให้บริการ
- การสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจลูกค้า เช่น ความพึงพอใจหรือความไม่พึงพอใจของลูกค้า

- การแสดงให้เห็นภาพข้อมูลที่ได้จากการวัด เช่น ข้อมูลการสอบเทียบเครื่องมือ
- การแสดงให้เห็นการแจกแจงของคุณลักษณะของกระบวนการโดยใช้ฮิสโตแกรม เทียบกับขีดจำกัดของข้อกำหนดรายการสำหรับคุณลักษณะนั้น ๆ
- การประเมินความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างตัวแปรเชิงกระบวนการ (เช่น อุณหภูมิ) กับประสิทธิผลของกระบวนการโดยใช้แผนแผนภูมิการกระจาย

#### 4.3 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

##### 4.3.1 คืออะไร

การออกแบบการทดลอง หมายถึง การสืบค้นที่ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการประเมินทางสถิติของผลลัพธ์เพื่อให้ได้ข้อสรุป ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ระบุ

การออกแบบการทดลองโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบภายใต้การสืบค้น และการประเมินทางสถิติเกี่ยวกับผลต่อระบบจากการเปลี่ยนแปลงนั้น อาจมีวัตถุประสงค์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องของคุณลักษณะบางประการของระบบ หรือเพื่อการสืบค้นอิทธิพลของปัจจัยหนึ่งหรือหลายปัจจัยต่อคุณลักษณะบางประการของระบบ

การจัดการหรือวิธีการเฉพาะที่ใช้ในการทดลองเป็นองค์ประกอบของการออกแบบการทดลอง และการออกแบบนั้นถูกขับเคลื่อนด้วยวัตถุประสงค์ของการดำเนินการและเงื่อนไขของการดำเนินการทดลอง มีหลายเทคนิคซึ่งอาจถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง เริ่มตั้งแต่เทคนิคเชิงวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) จนถึงเทคนิคที่แสดงผลด้วยภาพกราฟฟิก เช่น การพล็อตความน่าจะเป็น

##### 4.3.2 ใช้สำหรับอะไร

การออกแบบการทดลองอาจถูกใช้เพื่อประเมินผลเกี่ยวกับคุณลักษณะบางประการของผลิตภัณฑ์ กระบวนการหรือระบบ เพื่อจุดมุ่งหมายในการพิสูจน์ความสอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนด หรือเพื่อการประเมินเชิงเปรียบเทียบระหว่างระบบต่าง ๆ

การออกแบบการทดลองมีประโยชน์อย่างมากสำหรับการสืบค้นระบบที่ซับซ้อน ซึ่งผลสัมฤทธิ์ของระบบอาจได้รับอิทธิพลมาจากปัจจัยจำนวนมาก วัตถุประสงค์ของการทดลองอาจเพื่อหาค่าสูงสุดหรือค่าที่เหมาะสมของคุณลักษณะที่สนใจ หรือเพื่อลดความแปรผัน การออกแบบการทดลองอาจถูกนำไปใช้เพื่อชี้แจงปัจจัยที่มีอิทธิพลมากกว่าในระบบ ขนาดของอิทธิพล และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ (ตัวอย่าง ปฏิสัมพันธ์) ที่เกี่ยวข้อง ข้อค้นพบอาจถูกนำไปใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ หรือเพื่อควบคุมหรือปรับปรุงระบบที่มีอยู่

ข้อมูลจากการทดลองอาจถูกนำไปใช้เพื่อสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายคุณลักษณะที่สนใจของระบบในรูปของฟังก์ชันของปัจจัยที่มีอิทธิพล พร้อมข้อจำกัดที่เกี่ยวข้อง (ซึ่งจะถูกอ้างถึงอย่างย่อในข้อ 4.3.4) ตัวแบบเช่นนั้นอาจถูกนำไปใช้เพื่อจุดมุ่งหมายในการทำนายผล

#### 4.3.3 ประโยชน์

เมื่อทำการประมาณการหรือพิสูจน์ความใช้ได้ของคุณลักษณะที่สนใจ ต้องมั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ได้รับไม่เปลี่ยนแปลงโดยง่ายเนื่องจากความแปรผันโดยธรรมชาติ สิ่งนี้นำไปใช้กับการประเมินที่ตามมาตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้นและนำไปใช้กับองศาที่มากกว่าในการเปรียบเทียบสองระบบหรือมากกว่า การออกแบบการทดลองอนุญาตให้ทำการประเมินเช่นนั้นได้ที่ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด

ข้อได้เปรียบสำคัญของการออกแบบการทดลองคือค่อนข้างมีประสิทธิภาพและมีความคุ้มค่าในการสอบสวนผลที่เกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยในกระบวนการ เมื่อเปรียบเทียบกับ การสอบสวนทีละปัจจัย ความสามารถในการชั่งปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่แน่นอนสามารถนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกกว่าเกี่ยวกับกระบวนการ ประโยชน์เช่นนี้ถูกกล่าวถึงเป็นพิเศษเมื่อต้องเกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ซับซ้อน (เช่น กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีอิทธิพลจำนวนมาก)

ท้ายสุดเมื่อดำเนินการสอบสวนระบบที่มีความเสี่ยงของการสรุปความเป็นเหตุเป็นผลอย่างไม่ถูกต้องในกรณีที่มีสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวแปรสองตัวหรือมากกว่า ความเสี่ยงของความผิดพลาดเช่นนี้สามารถทำให้น้อยลงได้โดยการใช้หลักการที่ดีของการออกแบบการทดลอง

#### 4.3.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

ระดับของความแปรปรวนที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ (มักถูกอธิบายเป็น “สิ่งรบกวน”) เป็นสิ่งที่มีอยู่จริงในทุกกระบวนการ และบางครั้งสิ่งนี้สามารถทำให้มองไม่เห็นผลลัพธ์ของการสอบสวนและนำไปสู่ข้อสรุปที่ไม่ถูกต้อง แหล่งที่มาของความคลาดเคลื่อนอื่น ๆ รวมถึงผลที่ถูกรบกวนจากปัจจัยที่ไม่รู้จัก (หรือไม่ได้เป็นที่ยอมรับโดยง่าย) ซึ่งอาจจะมียุ่จริง หรือผลการรบกวนของการพึ่งพากันและกันระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ในระบบ ความเสี่ยงที่เกิดจากความผิดพลาดเหล่านี้สามารถทำให้เบาบางลงโดยการทดลองที่ถูกออกแบบมาอย่างดี เช่น ผ่านการเลือกขนาดตัวอย่างหรือข้อควรพิจารณาอื่น ๆ ในการออกแบบการทดลอง ความเสี่ยงเหล่านี้ไม่สามารถกำจัดให้หมดไป ดังนั้น ต้องระลึกรู้เสมอเมื่อจะสรุปผลการทดลอง

หากจะกล่าวอย่างเข้มงวด ข้อค้นพบจากการทดลองจะใช้ได้เฉพาะกับตัวแปรที่อยู่ในพิสัยที่ถูกนำมาพิจารณาในการทดลองเท่านั้น ดังนั้น ต้องใช้ความระมัดระวังในการประมาณค่านอกพิสัย (หรือการประมาณค่าระหว่างกลาง) เกินไปกว่าค่าของตัวแปรที่ถูกพิจารณาในการทดลองมาก ๆ



ท้ายสุด ทฤษฎีการออกแบบการทดลองมีข้อสมมติฐานพื้นฐานบางอย่าง (เช่น การคงอยู่ของความสัมพันธ์แบบ canonical ระหว่างตัวแบบทางคณิตศาสตร์และสิ่งที่เกิดขึ้นจริงทางกายภาพที่กำลังดำเนินการศึกษา) ซึ่งความถูกต้องสมบูรณ์หรือความเพียงพอเป็นประเด็นในการถกเถียง

#### 4.3.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

การนำการออกแบบการทดลองมาใช้ที่เป็นที่รู้จักคือใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ ตัวอย่างเช่น ในการพิสูจน์ผลของการรักษาทางการแพทย์ หรือในการประเมินความมีประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกันของการรักษาโดยวิธีต่าง ๆ ตัวอย่างการใช้ในภาคอุตสาหกรรม คือ การทดสอบความใช้ได้ของผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานการใช้งานที่กำหนด

การออกแบบการทดลองถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการชี้แจงปัจจัยที่มีอิทธิพลในกระบวนการที่ซับซ้อนและด้วยเหตุนี้เพื่อควบคุมหรือปรับปรุงค่าเฉลี่ยหรือลดค่าความแปรปรวนของคุณลักษณะที่สนใจ (เช่น ประสิทธิภาพกระบวนการ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ความทนทาน ระดับเสียง) การทดลองดังกล่าวถูกดำเนินการบ่อย ๆ ในการผลิต ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ และเคมีภัณฑ์ การทดลองถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางในด้านเกษตรกรรมและการแพทย์ด้วย ขอบข่ายการนำไปใช้ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกมากมาย

### 4.4 การทดสอบสมมติฐาน

#### 4.4.1 คืออะไร

การทดสอบสมมติฐานเป็นขั้นตอนทางสถิติในการตัดสินใจภายใต้ระดับความเสี่ยงที่ระบุว่าชุดข้อมูล (โดยทั่วไปมาจากตัวอย่าง) สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดหรือไม่ สมมติฐานอาจเกี่ยวข้องกับข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงหรือตัวแบบทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรืออาจเกี่ยวข้องกับค่าของพารามิเตอร์บางรายการของการแจกแจง (เช่น ค่าเฉลี่ย)

ขั้นตอนสำหรับการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวข้องกับการประเมินหลักฐาน (ในรูปของข้อมูล) เพื่อตัดสินใจว่าสมมติฐานที่กำหนดซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแบบหรือพารามิเตอร์ทางสถิติควรหรือไม่ควรถูกปฏิเสธ

การทดสอบสมมติฐานต้องอาศัยเทคนิคทางสถิติที่อ้างถึงในรายงานทางวิชาการนี้มาใช้อย่างชัดเจนหรือโดยนัย เช่น การสุ่มตัวอย่าง แผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ การออกแบบการทดลอง การวิเคราะห์ถดถอย และการวิเคราะห์การวัด

#### 4.4.2 ใช้สำหรับอะไร

การทดสอบสมมติฐานถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางเพื่อช่วยในการสรุป ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนดว่าสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ของประชากร (ซึ่งประมาณการจากตัวอย่าง) ถูกต้องหรือไม่ ขั้นตอนอาจถูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทดสอบว่าพารามิเตอร์ของประชากรเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ หรืออาจถูกนำไปใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างของประชากรสองกลุ่มหรือมากกว่าสองกลุ่ม ดังนั้น การทดสอบสมมติฐานจึงมีประโยชน์ในการตัดสินใจ

การทดสอบสมมติฐานถูกนำไปใช้สำหรับการทดสอบข้อสมมติของตัวแบบ เช่น การแจกแจงของประชากรเป็นแบบปกติหรือไม่ หรือข้อมูลจากตัวอย่างมีการกระจายแบบสุ่มหรือไม่

ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานอาจถูกนำไปใช้ในการตัดสินใจช่วงของค่า (มักเรียกว่า “ช่วงความเชื่อมั่น”) ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด มีค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์อยู่ในช่วงดังกล่าว

### 4.5 การวิเคราะห์การวัด

#### 4.5.1 คืออะไร

การวิเคราะห์การวัด (อาจถูกเรียกว่า “การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการวัด” หรือ “การวิเคราะห์ระบบการวัด”) เป็นชุดของขั้นตอนในการประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัดภายใต้ช่วงของสถานะที่ระบบทำงานอยู่ ความผิดพลาดของการวัดอาจถูกวิเคราะห์โดยใช้วิธีเดียวกันกับที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

#### 4.5.2 ใช้สำหรับอะไร

ควรคำนึงถึงความไม่แน่นอนของการวัดทุกครั้งที่เกี่ยวข้อง การวิเคราะห์การวัดถูกใช้เพื่อประเมิน ณ ระดับความเชื่อมั่นที่ระบุ ว่าระบบการวัดมีความเหมาะสมสำหรับจุดมุ่งหมายที่ตั้งใจไว้หรือไม่ ถูกใช้เพื่อประเมินความแปรผันจากแหล่งต่างๆเป็นตัวเลข เช่น ความผันแปรเนื่องจากผู้ประเมิน (เช่น บุคคลที่ดำเนินการวัด) หรือความแปรผันจากกระบวนการวัด หรือจากตัวเครื่องมือวัด การวิเคราะห์การวัดถูกนำไปใช้เพื่ออธิบายความผันแปรเนื่องจากระบบการวัดโดยคิดเป็นสัดส่วนของความผันแปรของกระบวนการทั้งหมด หรือของความผันแปรที่ยอมรับได้ทั้งหมด

#### 4.5.3 ประโยชน์

การวิเคราะห์การวัดเป็นวิธีเชิงปริมาณและมีประสิทธิภาพในเชิงต้นทุนเพื่อใช้ในการเลือกเครื่องมือวัด หรือเพื่อตัดสินใจว่าเครื่องมือมีขีดความสามารถในการประเมินพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์หรือของกระบวนการที่กำลังถูกตรวจสอบหรือไม่

การวิเคราะห์การวัดเป็นพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบและใกล้เคียงความแตกต่างในการวัด โดยการหาปริมาณความแปรผันจากแหล่งต่าง ๆ ในระบบการวัด

#### 4.5.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

สำหรับทุกกรณียกเว้นกรณีที่ง่ายที่สุด การวิเคราะห์การวัดต้องถูกดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการฝึกอบรม หากไม่ดำเนินการด้วยความใส่ใจและความชำนาญ ผลของการวิเคราะห์การวัดอาจจะผิดพลาดและมีแนวโน้มเกิดค่าใช้จ่ายสูงเนื่องจากการมองในแง่บวกมากเกินไป ทั้งในผลการวัดและความสามารถยอมรับได้ของผลิตภัณฑ์ ในทางตรงข้าม การมองในแง่ลบมากเกินไปสามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ระบบการวัดที่เพียงพออยู่แล้วโดยไม่จำเป็น

#### 4.5.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

##### 4.5.5.1 การตัดสินใจความไม่แน่นอนของการวัด

การประเมินค่าความไม่แน่นอนของวัดสามารถใช้เพื่อสนับสนุนหลักประกันขององค์กรที่ให้แก่ลูกค้า (ภายใน หรือ ภายนอก) ว่ากระบวนการวัดมีขีดความสามารถในการวัดระดับคุณภาพที่ต้องการได้อย่างเพียงพอ การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนของการวัดสามารถชี้ให้เห็นค่าความผันแปรในส่วนที่มีผลวิกฤตต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และให้ข้อเสนอแนะแก่องค์กรในการจัดสรรทรัพยากรไปยังส่วนเหล่านั้นเพื่อปรับปรุงหรือรักษาคุณภาพ

##### 4.5.5.2 การเลือกเครื่องมือใหม่

การวิเคราะห์การวัดสามารถช่วยให้ข้อเสนอแนะการเลือกเครื่องมือใหม่โดยการตรวจสอบสัดส่วนความผันแปรที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือ

##### 4.5.5.3 การตัดสินใจคุณลักษณะของวิธีการวัด (ความจริง ความแม่นยำ ความทำซ้ำได้ ความทนซ้ำได้ ฯลฯ)

การวิเคราะห์การวัดช่วยในการเลือกวิธีการวัดที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้เพื่อประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ รวมทั้งอาจช่วยองค์กรในการสร้างสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพของวิธีการวัดต่าง ๆ ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

##### 4.5.5.4 การทดสอบความชำนาญ

ระบบการวัดขององค์กรหนึ่งอาจถูกประเมินและหาปริมาณเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการวัดของระบบการวัดอื่น ๆ นอกจากให้หลักประกันแก่ลูกค้าแล้ว การทดสอบความชำนาญอาจช่วยให้องค์กรปรับปรุงวิธีหรือฝึกอบรมบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์การวัด

## 4.6 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

### 4.6.1 คืออะไร

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเป็นการตรวจสอบความแปรปรวนและการแจกแจงโดยธรรมชาติของกระบวนการ เพื่อประมาณการความสามารถในการผลิตผลลัพธ์ซึ่งสอดคล้องกับช่วงความผันแปรที่ยอมรับได้ตามข้อกำหนดรายการ

เมื่อข้อมูลเป็นตัวแปรที่วัดค่าได้ (ของผลิตภัณฑ์หรือของกระบวนการ) ความแปรปรวนโดยธรรมชาติของกระบวนการจะถูกระบุในรูป “การแพร่กระจาย (spread)” ของกระบวนการเมื่ออยู่ในการควบคุมทางสถิติ (ดูข้อ 4.11) และโดยทั่วไปถูกวัดเป็นค่าหกเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $6\sigma$ ) ของการแจกแจงของกระบวนการ ถ้าข้อมูลของกระบวนการเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงแบบปกติ (“รูประฆัง”) การแพร่กระจายจะ (โดยทฤษฎี) ครอบคลุมร้อยละ 99.73 ของประชากร

ความสามารถของกระบวนการสามารถแสดงเป็นค่าดัชนีซึ่งเกี่ยวข้องกับความแปรปรวนของกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงต่อค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของข้อกำหนดรายการ ดัชนีความสามารถที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับข้อมูลตัวแปร คือ  $C_p$  (อัตราส่วนของความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ทั้งหมดหารด้วย  $6\sigma$ ) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับความสามารถของกระบวนการในทางทฤษฎี ซึ่งอยู่กึ่งกลางพอดีระหว่างขีดยอมรับด้านบนและขีดยอมรับด้านล่าง ดัชนีที่ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวางอีกตัวหนึ่งคือ  $C_{pk}$  ซึ่งอธิบายความสามารถของกระบวนการที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจอยู่กึ่งกลางหรือไม่อยู่กึ่งกลางก็ได้  $C_{pk}$  มักนำไปใช้กับสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับข้อกำหนดรายการข้างเดียว (one-sided specifications) ดัชนีความสามารถอื่น ๆ ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับความแปรปรวนระยะยาวและความแปรปรวนระยะสั้น และสำหรับความแปรปรวนรอบๆค่าเป้าหมายของกระบวนการ

เมื่อข้อมูลกระบวนการเกี่ยวข้องกับ “คุณสมบัติ” (เช่น ร้อยละของการไม่เป็นไปตามข้อกำหนด หรือจำนวนข้อบกพร่อง) ความสามารถของกระบวนการจะถูกระบุเป็นสัดส่วนของสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดโดยเฉลี่ย หรืออัตราการเกิดข้อบกพร่องโดยเฉลี่ย

### 4.6.2 ใช้สำหรับอะไร

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการถูกใช้เพื่อประเมินความสามารถของกระบวนการในการผลิตผลลัพธ์ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดรายการอย่างสม่ำเสมอ และเพื่อประมาณการจำนวนผลิตภัณฑ์ที่คาดว่าจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

แนวความคิดนี้อาจถูกนำไปประยุกต์ใช้กับการประเมินความสามารถของส่วนย่อยของกระบวนการ เช่น เครื่องจักรกลเฉพาะ การวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องจักรอาจถูกใช้ เช่น เพื่อประเมินผลเครื่องมือเฉพาะ หรือเพื่อประเมินผลของเครื่องมือต่อความสามารถของกระบวนการโดยรวม

## 4.6.3 ประโยชน์

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการเป็นการประเมินความแปรปรวนโดยธรรมชาติของกระบวนการและจัดให้มีค่าประมาณของร้อยละของรายการที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งคาดว่าจะเกิดขึ้นนี้ช่วยให้องค์กรสามารถประมาณการต้นทุนของความไม่สอดคล้อง และสามารถช่วยให้ข้อเสนอแนะในการตัดสินใจเกี่ยวกับการปรับปรุงกระบวนการ

## 4.6.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

แนวความคิดเกี่ยวกับความสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับกระบวนการอย่างเคร่งครัดในการควบคุมทางสถิติ ดังนั้น การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการควรถูกดำเนินการให้เชื่อมโยงกับวิธีการควบคุมเพื่อการทดสอบการควบคุมอย่างต่อเนื่อง

ค่าประมาณการร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดอาจเปลี่ยนแปลงไปตามข้อสมมติเกี่ยวกับการแจกแจงแบบปกติ ในกรณีที่การแจกแจงแบบปกติอย่างเคร่งครัดไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นจริงในทางปฏิบัติ ค่าประมาณการนั้นควรถูกนำไปใช้ด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่กระบวนการมีค่าอัตราส่วนความสามารถที่สูง

ดัชนีความสามารถอาจทำให้เข้าใจผิดได้เมื่อการแจกแจงของกระบวนการไม่เป็นแบบปกติอย่างมาก ค่าประมาณการร้อยละของหน่วยที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดควรอยู่บนพื้นฐานของวิธีวิเคราะห์ที่ถูกพัฒนาสำหรับการแจกแจงที่เหมาะสมกับข้อมูลเหล่านั้น ในทำนองเดียวกันในกรณีของกระบวนการที่มีสาเหตุของความผันแปรที่ถูกกำหนดขึ้นโดยระบบ เช่น ความสึกหรอของเครื่องมือ วิธีพิเศษควรถูกนำมาใช้ในการคำนวณและแปลผลความสามารถ

## 4.6.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

ความสามารถของกระบวนการถูกใช้เพื่อสร้างข้อกำหนดรายการทางวิศวกรรมที่สมเหตุสมผลสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้น เพื่อทำให้มั่นใจว่าความแปรปรวนของชิ้นส่วนมีความสม่ำเสมอสอดคล้องกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ประกอบขึ้น ในทางตรงข้าม เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนแคบเป็นสิ่งจำเป็น ผู้ผลิตชิ้นส่วนต้องบรรลุระดับความสามารถของกระบวนการที่ระบุเพื่อให้มั่นใจว่าได้ผลิตสูงและมีของเสียน้อยที่สุด

เป้าหมายความสามารถของกระบวนการที่สูง (เช่น  $C_p \geq 2$ ) บางครั้งถูกนำมาใช้ในระดับชิ้นส่วนและระบบย่อยเพื่อให้สามารถบรรลุคุณภาพและความเชื่อถือได้ของระบบที่ซับซ้อนตามที่ต้องการ

การวิเคราะห์ความสามารถของเครื่องจักรถูกใช้เพื่อประเมินความสามารถของเครื่องจักรในการผลิตและทำงานตามข้อกำหนดที่ระบุ สิ่งนี้ช่วยในการตัดสินใจว่าจะซื้อหรือจะซ่อม

ผู้ผลิตยานยนต์ อากาศยาน อิเล็กทรอนิกส์ อาหาร ผลิตภัณฑ์ยา และเครื่องมือแพทย์ ใช้ความสามารถของกระบวนการเป็นเกณฑ์สำคัญในการประเมินผู้ขายและผลิตภัณฑ์ สิ่งนี้ช่วยให้ผู้ผลิตลดการตรวจสอบผลิตภัณฑ์และวัสดุที่จัดซื้อให้เหลือน้อยที่สุด

บางบริษัทในอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการติดตามดัชนีความสามารถของกระบวนการเพื่อชี้แจงความต้องการสำหรับการปรับปรุงกระบวนการ หรือเพื่อทวนสอบความมีประสิทธิภาพของการปรับปรุงเหล่านั้น

#### 4.7 การวิเคราะห์การถดถอย

##### 4.7.1 คืออะไร

การวิเคราะห์การถดถอยเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของคุณลักษณะที่สนใจ (โดยทั่วไปเรียกว่า “ตัวแปรตาม”) กับปัจจัยที่อาจเป็นสาเหตุ (โดยทั่วไปเรียกว่า “ตัวแปรอิสระ”) เช่น ความสัมพันธ์ที่กำหนดโดยตัวแบบซึ่งสามารถมาจากวิทยาศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และอื่น ๆ หรือความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ วัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้เข้าใจสาเหตุที่อาจเป็นไปได้ของความแปรผันในตัวแปรตาม และเพื่ออธิบายปริมาณความแปรผันที่มีสาเหตุจากปัจจัยแต่ละตัว สิ่งนี้ทำได้โดยการหาสัมพัทธ์ทางสถิติของความแปรปรวนของตัวแปรตามกับความแปรปรวนของตัวแปรอิสระ และจะได้รับค่าที่ดีที่สุดที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนระหว่างค่าตัวแปรตามที่คาดหวังกับค่าตัวแปรตามที่เกิดขึ้นจริงมีค่าน้อยที่สุด

##### 4.7.2 ใช้สำหรับอะไร

การวิเคราะห์การถดถอยอนุญาตให้ผู้ใช้งานดำเนินการดังต่อไปนี้

- เพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่อาจเป็นไปได้ต่อตัวแปรตาม และเพื่อใช้ข้อมูลนี้ในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่ประมาณการได้ของตัวแปรตามเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปรอิสระ
- เพื่อทำนายค่าของตัวแปรตาม สำหรับค่าตัวแปรอิสระที่กำหนด
- เพื่อทำนาย (ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด) พิสัยของค่าตัวแปรตามที่เกิดจากค่าตัวแปรอิสระมีค่าตามที่กำหนด
- เพื่อประมาณการทิศทางและขนาดของความเกี่ยวเนื่องระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ (ถึงแม้ว่าความเกี่ยวเนื่องนั้นไม่ได้เป็นเหตุเป็นผลกัน) ตัวอย่างเช่น ข้อมูลนั้นอาจถูกใช้เพื่อตัดสินใจผลของการเปลี่ยนแปลงปัจจัย เช่น อุณหภูมิต่อประสิทธิภาพกระบวนการ ในขณะที่ปัจจัยอื่นมีค่าคงที่

#### 4.7.3 ประโยชน์

การวิเคราะห์การถดถอยสามารถช่วยให้มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ และผลลัพธ์ที่สนใจ และความเข้าใจอย่างถ่องแท้เหล่านั้นสามารถช่วยนำไปสู่การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่ศึกษาและปรับปรุงกระบวนการในที่สุด

ความเข้าใจอย่างถ่องแท้ที่ได้รับจากการวิเคราะห์การถดถอยมาจากความสามารถในการอธิบายรูปแบบข้อมูลผลลัพธ์อย่างแม่นยำ เปรียบเทียบชุดข้อมูลที่แตกต่างแต่เกี่ยวข้องกัน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่อาจเป็นไปได้ เมื่อความสัมพันธ์ถูกจัดทำเป็นตัวแทนอย่างดี การวิเคราะห์การถดถอยสามารถกำหนดค่าประมาณของขนาดเชิงสัมพันธ์ของผลจากตัวแปรอิสระและความแข็งแกร่งเชิงสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น ข้อมูลนี้อาจมีคุณค่าในการควบคุมหรือปรับปรุงผลสัมฤทธิ์ของกระบวนการ

การวิเคราะห์การถดถอยสามารถให้ค่าประมาณของขนาดและแหล่งที่มาของสิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลลัพธ์ซึ่งมาจากปัจจัยต่าง ๆ มีวัดค่าไม่ได้หรือถูกละเว้นในการวิเคราะห์ ข้อมูลนี้อาจถูกใช้เพื่อปรับปรุงระบบการวัดหรือกระบวนการ

การวิเคราะห์การถดถอยอาจถูกใช้เพื่อทำนายค่าของตัวแปรตามสำหรับค่าที่กำหนดของตัวแปรอิสระหนึ่งตัวหรือหลายตัว ในทำนองเดียวกันการวิเคราะห์การถดถอยอาจถูกใช้เพื่อพยากรณ์ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรอิสระต่อผลลัพธ์ที่มีอยู่หรือที่ทำนายไว้

#### 4.7.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

ในการสร้างตัวแทนของกระบวนการ ต้องมีทักษะในการกำหนดตัวแทนการถดถอยที่เหมาะสม (เช่น เชิงเส้นตรง เอ็กโปเนนเชียล ตัวแปรหลายตัว) และมีทักษะในการวินิจฉัยเพื่อปรับปรุงตัวแทนการมีอยู่ของตัวแปรที่ถูกละเว้น ความผิดพลาดของการวัด และแหล่งที่มาของความแปรผันที่อธิบายไม่ได้ในผลลัพธ์สามารถทำให้การสร้างตัวแทนซับซ้อนยิ่งขึ้น ข้อสมมติเฉพาะเบื้องหลังตัวแทนความถดถอย และคุณลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่เป็นตัวกำหนดว่าเทคนิคการประมาณใดจะเหมาะสมกับปัญหาการวิเคราะห์การถดถอย

บางครั้งปัญหาที่ต้องเผชิญระหว่างการพัฒนาตัวแทนการถดถอยคือการมีข้อมูลซึ่งยังมีปัญหาในด้านความถูกต้องสมบูรณ์ ความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูลนั้นควรถูกตรวจสอบหากเป็นไปได้ เพราะการรวมเข้ามาหรือการละเว้นข้อมูลจากการวิเคราะห์สามารถส่งผลกระทบต่อค่าประมาณการของพารามิเตอร์ในตัวแทนและผลลัพธ์ด้วยเหตุนี้

การทำให้ตัวแทนง่ายขึ้นโดยการลดจำนวนตัวแปรอิสระให้เหลือน้อยที่สุดเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างตัวแทน การรวมเข้ามาของตัวแปรที่ไม่จำเป็นสามารถบดบังอิทธิพลของตัวแปรอิสระและลดความ

แม่นยำของค่าที่ทำนายได้จากตัวแบบ อย่างไรก็ตามการละเว้นตัวแปรอิสระที่สำคัญอาจจำกัดขอบเขตของตัวแบบและความมีประโยชน์ของผลลัพธ์อย่างรุนแรง

#### 4.7.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

การวิเคราะห์การถดถอยถูกใช้เพื่อสร้างตัวแบบคุณลักษณะของการผลิต เช่น ประสิทธิภาพ จำนวนที่ผลิตได้ คุณภาพของผลงาน รอบเวลา ความน่าจะเป็นของการไม่ผ่านของการทดสอบหรือการตรวจ และรูปแบบที่หลากหลายของข้อบกพร่องในกระบวนการ การวิเคราะห์การถดถอยถูกใช้เพื่อชี้แจงปัจจัยที่สำคัญที่สุดในกระบวนการเหล่านั้นและขนาดและธรรมชาติของปัจจัยที่มีผลต่อความแปรผันของคุณลักษณะที่สนใจ

การวิเคราะห์การถดถอยถูกใช้เพื่อทำนายผลลัพธ์จากการทดลอง หรือจากการศึกษาชนิดควบคุมตัวแปร ทั้งการศึกษาไปข้างหน้าหรือการศึกษาย้อนไปในอดีตของความแปรผันในวัสดุหรือสภาวะการผลิต

การวิเคราะห์การถดถอยถูกใช้เพื่อทดสอบการแทนที่วิธีการวัดหนึ่งด้วยอีกวิธีหนึ่ง เช่น การแทนที่วิธีการวัดแบบทำลายหรือสิ้นเปลืองเวลาด้วยวิธีการวัดแบบไม่ทำลายหรือประหยัดเวลา

ตัวอย่างของการนำการถดถอยที่ไม่เป็นเส้นตรงไปใช้ เช่น การสร้างตัวแบบความเข้มข้นของยาในฟังก์ชันของเวลาและน้ำหนักของผู้ใช้ การสร้างตัวแบบปฏิกิริยาทางเคมีในฟังก์ชันของเวลา อุณหภูมิ และความดัน

### 4.8 การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้

#### 4.8.1 คืออะไร

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้เป็นการประยุกต์ใช้วิศวกรรมศาสตร์และวิธีการวิเคราะห์เพื่อใช้ในการประเมิน การทำนาย และการรับประกันผลงานที่ปราศจากปัญหาตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์หรือระบบที่กำลังศึกษา<sup>2)</sup>

เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ต้องใช้วิธีทางสถิติเพื่อดำเนินการเกี่ยวกับความไม่แน่นอน คุณลักษณะของการลุ่ม หรือความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้น (ของการล้มเหลว และอื่น ๆ) ตลอดอายุการใช้งาน การวิเคราะห์เช่นนี้โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับการใช้ตัวแบบทางสถิติที่เหมาะสมเพื่ออธิบายลักษณะของตัวแปรที่สนใจ เช่น ระยะเวลาที่จะเกิดความล้มเหลว (time-to-failure) หรือ

<sup>2)</sup> การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้มีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับสาขาวิชาที่กว้างกว่าที่เรียกว่า “ความสามารถในการพึ่งพาได้ (dependability)” ซึ่งรวมถึง ความสามารถในการบำรุงรักษา (maintainability) และการมีพร้อมใช้งาน (availability) สิ่งเหล่านี้และเทคนิคที่เกี่ยวข้องอื่นๆถูกกำหนดและอภิปรายในเอกสารเผยแพร่ของ IEC ที่อ้างถึงในบรรณานุกรม



ระยะเวลาระหว่างความล้มเหลวแต่ละครั้ง (time-between-failures) พารามิเตอร์ของวิธีทางสถิติเหล่านี้ ถูกประมาณการจากข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการหรือการทดสอบภายในโรงงานหรือจากการดำเนินงานภาคสนาม

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ห้อมล้อมด้วยเทคนิคอื่น ๆ (เช่น การวิเคราะห์รูปแบบและผลของข้อผิดพลาด) ซึ่งให้น้ำหนักความสำคัญกับธรรมชาติทางกายภาพและสาเหตุของการล้มเหลว และการป้องกันและการลดการล้มเหลว

#### 4.8.2 ใช้สำหรับอะไร

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ถูกใช้สำหรับจุดมุ่งหมายดังต่อไปนี้

- เพื่อทดสอบมาตรวัดความเชื่อถือได้เป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ บนพื้นฐานของข้อมูลจากการทดสอบภายในระยะเวลาที่กำหนดและเกี่ยวข้องกับจำนวนตัวอย่างทดสอบที่กำหนด
- เพื่อทำนายความน่าจะเป็นของการดำเนินงานที่ปราศจากปัญหาหรือมาตรวัดความเชื่อถือได้อื่น ๆ เช่น อัตราความล้มเหลว หรือค่าเฉลี่ยของระยะเวลาระหว่างการล้มเหลวแต่ละครั้งขององค์ประกอบหรือของระบบ
- เพื่อสร้างตัวแบบของแบบแผนของการล้มเหลวและภาพจำลองที่เกิดขึ้นจากการใช้งานผลิตภัณฑ์หรือบริการ
- เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทางสถิติสำหรับพารามิเตอร์ที่ออกแบบ เช่น ความเครียดและความแข็งแรง ซึ่งจะเป็ประโยชน์สำหรับการออกแบบตามความน่าจะเป็น
- เพื่อชี้บ่งองค์ประกอบวิกฤตหรือมีความเสี่ยงสูงและรูปแบบหรือกลไกของการล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น และเพื่อรองรับการค้นหาสาเหตุและมาตรการป้องกัน

เทคนิคทางสถิติที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้จะต้องกำหนดระดับความเชื่อมั่นทางสถิติมาพร้อมกับค่าประมาณการของพารามิเตอร์ของตัวแบบความเชื่อถือได้ซึ่งถูกพัฒนาขึ้น และค่าทำนายที่ได้จากการใช้ตัวแบบนั้น

#### 4.8.3 ประโยชน์

การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้เป็นมาตรวัดเชิงปริมาณของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์หรือบริการต่อการล้มเหลวหรือการหยุดชะงักของการให้บริการ กิจกรรมด้านความเชื่อถือได้จะเกี่ยวเนื่องอย่างใกล้ชิดกับปริมาณความเสี่ยงในการทำงานของระบบ ความเชื่อถือได้มักเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับรู้เกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์หรือบริการ และต่อความพึงพอใจของลูกค้า

ประโยชน์ของการใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ ประกอบด้วย

- ความสามารถในการทำนายและทำให้เป็นตัวเลขเกี่ยวกับโอกาสของการล้มเหลวหรือมาตรวัดความเชื่อถือได้อื่น ๆ ภายในระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด
- ความเข้าใจอย่างถ่องแท้เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเกี่ยวกับทางเลือกของการออกแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้การปรับลดงานที่ไม่จำเป็นและกลยุทธ์การคลี่คลายปัญหา
- การพัฒนาเกณฑ์การยอมรับหรือปฏิเสธสำหรับการทดสอบความสอดคล้องเพื่อแสดงว่าบรรลุข้อกำหนดด้านความเชื่อถือได้
- ความสามารถในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันและกำหนดการเปลี่ยนอะไหล่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ บริการและข้อมูลการสึกหรอเสื่อมสภาพ และ
- ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงการออกแบบให้บรรลุวัตถุประสงค์ด้านความเชื่อถือได้อย่างประหยัด

#### 4.8.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

ข้อสมมติพื้นฐานของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้คือสมรรถนะของระบบที่กำลังศึกษาสามารถอธิบายได้อย่างมีเหตุผลจากการแจกแจงทางสถิติ ดังนั้น ความถูกต้องของค่าประมาณการความเชื่อถือได้จะขึ้นอยู่กับความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อสมมตินี้

ความซับซ้อนของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้จะมีมากขึ้นเมื่อปรากฏรูปแบบการล้มเหลวจำนวนมาก ซึ่งอาจจะหรืออาจจะไม่เป็นไปตามลักษณะการแจกแจงทางสถิติที่เหมือนกัน เมื่อจำนวนการล้มเหลวที่สังเกตเห็นในการทดสอบความเชื่อถือได้มีจำนวนน้อย สิ่งนี้สามารถส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นทางสถิติและความแม่นยำที่มาพร้อมกับค่าประมาณการความเชื่อถือได้

สถานะที่ดำเนินการทดสอบความเชื่อถือได้มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการทดสอบเกี่ยวข้องกับรูปแบบของ “ความเครียดที่เร่งตัวขึ้น” (เช่น ความเครียดที่มากกว่าความเครียดซึ่งผลิตภัณฑ์จะได้รับในการใช้งานปกติ) อาจเป็นความยุ่งยากในการตัดสินใจความสัมพันธ์ระหว่างการล้มเหลวที่สังเกตได้ภายใต้การทดสอบและสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาพการใช้งานปกติ และสิ่งนี้จะเพิ่มความไม่แน่นอนของค่าทำนายของความเชื่อถือได้

#### 4.8.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

ตัวอย่างโดยทั่วไปของการนำการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ไปใช้ รวมถึง

- การทวนสอบว่าองค์ประกอบหรือผลิตภัณฑ์สามารถบรรลุข้อกำหนดด้านความเชื่อถือได้ที่กำหนด

- การประมาณการวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของข้อมูลจากการทดสอบในระยะแนะนำผลิตภัณฑ์ใหม่
- ข้อเสนอแนะในการตัดสินใจว่าจะสร้างหรือซื้อผลิตภัณฑ์บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้และผลกระทบโดยประมาณต่อเป้าหมายการส่งมอบและค่าใช้จ่ายที่ตามมาที่เกี่ยวข้องกับการล้มเหลวที่คาดการณ์ไว้
- การประมาณการความสมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์บนพื้นฐานของผลการทดสอบการปรับปรุงคุณภาพและการเพิ่มขึ้นของความเชื่อถือได้ และการกำหนดเป้าหมายการนำซอฟต์แวร์วางตลาดให้สอดคล้องเข้ากันได้กับความต้องการของตลาด และ
- การตัดสินใจคุณลักษณะสำคัญของการสืบทอดหรือเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อช่วยปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือเพื่อวางหมายกำหนดการบำรุงรักษาและน้ำพักน้ำแรงที่ต้องใช้

#### 4.9 การสุ่มตัวอย่าง

##### 4.9.1 คืออะไร

การสุ่มตัวอย่างเป็นวิธีทางสถิติอย่างเป็นระบบสำหรับให้ได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะบางประการของประชากรโดยการศึกษาส่วนที่เป็นตัวแทน (เรียกว่า ตัวอย่าง) ของประชากร มีเทคนิคการสุ่มตัวอย่างที่หลากหลายซึ่งอาจนำมาใช้ (เช่น การสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย การสุ่มตัวอย่างเชิงชั้น การสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ การสุ่มตัวอย่างตามลำดับ การสุ่มตัวอย่างข้ามล็อต) และการเลือกเทคนิคขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายของการสุ่มและสถานะของการดำเนินการสุ่ม

##### 4.9.2 ใช้สำหรับอะไร

การสุ่มตัวอย่างสามารถแบ่งอย่างหลวม ๆ เป็นสองประเภท คือ “การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ” และ “การสุ่มตัวอย่างเพื่อการสำรวจ”

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเพื่อการยอมรับหรือไม่ยอมรับ “ล็อต” (เช่น กลุ่มรายการ) บนพื้นฐานของผลที่ได้จากตัวอย่างซึ่งถูกเลือกจากล็อตนั้น แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับที่หลากหลายมีไว้พร้อมใช้งานตามความต้องการและการนำไปใช้ที่เฉพาะเจาะจง

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการสำรวจถูกใช้ในการศึกษาโดยการแจกแจง (enumerative study) หรือการศึกษาเชิงวิเคราะห์ (analytical study) เพื่อประมาณการค่าของคุณลักษณะหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งในประชากร หรือเพื่อประมาณการคุณลักษณะเหล่านั้นมีการแจกแจงของประชากรอย่างไร การสุ่มตัวอย่างเพื่อการสำรวจมักเกี่ยวข้องเนื่องกับการทำโพลล์ข้อมูลที่รวบรวมจากความคิดเห็นของคนในหัวข้อหนึ่ง ๆ เช่น การสำรวจลูกค้า สามารถนำไปใช้กับการรวบรวมข้อมูลเพื่อจุดมุ่งหมายอื่น เช่น การตรวจประเมิน

รูปแบบพิเศษของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการสำรวจคือการสุ่มตัวอย่างเพื่อสำรวจตรวจค้น ซึ่งถูกใช้ในการศึกษาโดยการเจนนับเพื่อได้รับข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของประชากรหรือกลุ่มย่อยของประชากร เช่น การสุ่มตัวอย่างจากการผลิต ซึ่งอาจถูกดำเนินการในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ การนำไปใช้อีกอย่างหนึ่งคือการสุ่มตัวอย่างจากกองวัสดุ (เช่น แร่ธาตุ ของเหลว และก๊าซ) สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ถูกกำหนดขึ้น

#### 4.9.3 ประโยชน์

แผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดขึ้นอย่างเหมาะสมช่วยให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายและแรงงานเมื่อเปรียบเทียบกับ การสำรวจสำมะโนประชากรหรือการตรวจสอบล็อตร้อยละ 100 เมื่อการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบทำลาย การสุ่มตัวอย่างเป็นหนทางเดียวในทางปฏิบัติเพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ตรงประเด็น

การสุ่มตัวอย่างเป็นหนทางที่มีประสิทธิภาพในด้านต้นทุนและทันเวลาเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับค่าหรือการแจกแจงของคุณลักษณะที่สนใจของประชากร

#### 4.9.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

เมื่อกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง ควรเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดในการตัดสินใจเกี่ยวกับขนาดตัวอย่าง ความถี่ของการสุ่ม การเลือกตัวอย่าง พื้นฐานในการแบ่งกลุ่มย่อย หรือแง่มุมอื่น ๆ ของวิธีการสุ่ม

การสุ่มตัวอย่างต้องการให้ตัวอย่างถูกเลือกอย่างไม่ลำเอียง (เช่น ตัวอย่างเป็นตัวแทนของประชากร) หากสิ่งนี้ไม่สามารถปฏิบัติได้ จะทำให้ได้ค่าประมาณการที่ไม่ดีของคุณลักษณะของประชากร ในกรณีของการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ ตัวอย่างที่ไม่ได้เป็นตัวแทนสามารถทำให้มีการปฏิเสธล็อตที่มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้โดยไม่จำเป็น หรือมีการยอมรับล็อตที่มีคุณภาพที่ยอมรับไม่ได้โดยไม่ต้องการ ถึงแม้จะได้ตัวอย่างที่ไม่ลำเอียง ข้อมูลที่ได้รับจากตัวอย่างอยู่ภายใต้ความผิดพลาดในระดับหนึ่ง ขนาดของความผิดพลาดนี้สามารถทำให้ลดลงได้โดยการใช้ขนาดตัวอย่างที่ใหญ่ขึ้น แต่ไม่สามารถกำจัดได้ทั้งหมด ขึ้นอยู่กับคำถามที่เฉพาะและบริบทของการสุ่มตัวอย่าง ขนาดตัวอย่างที่ต้องการเพื่อให้บรรลุระดับความเชื่อมั่นและความแม่นยำที่ต้องการอาจใหญ่เกินกว่าจำนวนที่ปฏิบัติได้

#### 4.9.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการสำรวจที่ถูกนำมาใช้บ่อย ๆ คือการวิจัยตลาด เพื่อประมาณการ (บอก) สัดส่วนของประชากรผู้อาจซื้อผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง ๆ การนำไปใช้อีกอย่างหนึ่งคือในการตรวจประเมินผลคลังเพื่อประมาณการร้อยละของรายการที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

การสุ่มตัวอย่างถูกใช้เพื่อตรวจสอบกระบวนการของผู้ปฏิบัติงาน เครื่องจักร หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อเฝ้าติดตามความแปรผันและเพื่อกำหนดมาตรการแก้ไขและป้องกัน

การสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเพื่อการประกันว่าวัสดุที่นำมาใช้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุ

โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างเทกอง จำนวนหรือคุณสมบัติของส่วนประกอบในวัสดุเทกอง (เช่น แร่ธาตุของเหลว และก๊าซ) สามารถประมาณค่าได้

#### 4.10 การจำลอง (Simulation)

##### 4.10.1 คืออะไร

การจำลองเป็นการรวมขั้นตอนของระบบ (เชิงทฤษฎีหรือเชิงประจักษ์) ที่ถูกแสดงเป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาคำตอบของปัญหา หากการเป็นตัวแทนเกี่ยวข้องกับแนวคิดของทฤษฎีความน่าจะเป็นสำหรับตัวแปรอย่างสุ่ม การจำลองอาจเรียกว่า “วิธีมอนติคาร์โล”

##### 4.10.2 ใช้เพื่ออะไร

ในบริบทของวิทยาศาสตร์เชิงทฤษฎี การจำลองถูกใช้เมื่อไม่รู้ทฤษฎีที่ครอบคลุมเพียงพอในการหาคำตอบของปัญหา (หรือ ถ้ารู้ ก็นำมาใช้ไม่ได้หรือยากในการหาคำตอบ) และคำตอบสามารถได้รับจากการใช้คอมพิวเตอร์อย่างไ้เวลา ในบริบทเชิงประจักษ์ การจำลองถูกใช้หากระบบสามารถถูกอธิบายได้อย่างเพียงพอโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การจำลองยังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการสอนสถิติ

วิวัฒนาการความสามารถในการประมวลผลในราคาที่ค่อนข้างไม่แพงเป็นผลให้การจำลองถูกนำไปใช้งานเพิ่มขึ้นสำหรับปัญหาที่ก่อนหน้านี้ไม่เคยหาคำตอบได้

##### 4.10.3 ประโยชน์

ในทางวิทยาศาสตร์เชิงทฤษฎี การจำลอง (วิธีมอนติคาร์โล) ถูกใช้ หากการคำนวณอย่างชัดเจนเพื่อหาคำตอบของปัญหาอาจเป็นไปได้หรือยุ่งยากเกินไปที่จะดำเนินการโดยตรง (เช่น การรวมจำนวนจาก  $n$  มิติ) คล้ายคลึงกันในบริบทเชิงประจักษ์ การจำลองถูกใช้เมื่อการสืบสวนสอบสวนเชิงประจักษ์อาจเป็นไปได้หรือมีค่าใช้จ่ายมากเกินไป ประโยชน์ของการจำลองคือการให้คำตอบที่สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายหรือให้คำตอบได้เลย

การใช้การจำลองในการสอนสถิติสามารถแสดงให้เห็นภาพความแปรผันอย่างสุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ

##### 4.10.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

ในทางวิทยาศาสตร์เชิงทฤษฎี การพิสูจน์บนพื้นฐานของการให้เหตุผลเชิงแนวคิดจะเป็นที่ชื่นชอบมากกว่าการใช้การจำลอง เพราะการจำลองไม่ได้ทำให้มีความเข้าใจในความเป็นเหตุเป็นผลของผลลัพธ์

การจำลองโดยคอมพิวเตอร์สำหรับตัวแบบเชิงประจักษ์อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของตัวแบบที่อาจไม่เพียงพอ (เช่น อาจไม่ได้แสดงให้เห็นปัญหาอย่างเพียงพอ) ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้แทนการสืบสวนสอบสวน และการทดลองเชิงประจักษ์ที่เกิดขึ้นจริง

#### 4.10.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

โครงการขนาดใหญ่ (เช่น โปรแกรมอวกาศ) ใช้วิธีมอนติคาร์โลเป็นประจำ การนำไปใช้ไม่ได้มีข้อจำกัดเกี่ยวกับประเภทของอุตสาหกรรมที่เฉพาะเจาะจง การนำไปใช้โดยทั่วไปประกอบด้วย การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ การจำลองกระบวนการ ความเพิ่มประสิทธิภาพของระบบให้สูงที่สุด ทฤษฎีความเชื่อถือได้และการทำนาย การนำไปใช้ที่เฉพาะเจาะจง เช่น

- การสร้างตัวแบบความแปรผันของการประกอบย่อยทางกล
- การสร้างตัวแบบภาวการณ์ความสั่นสะเทือนของการประกอบที่ยูกยากซับซ้อน
- การกำหนดหมายกำหนดการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมที่สุด
- การดำเนินการวิเคราะห์ต้นทุนและการวิเคราะห์อื่น ๆ ในกระบวนการออกแบบและการผลิต เพื่อให้การจัดสรรทรัพยากรมีประสิทธิภาพสูงสุด

### 4.11 แผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ

#### 4.11.1 กี่อะไร

แผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ หรือ “แผนภูมิควบคุม” เป็นกราฟที่แสดงข้อมูลที่ได้มาจากตัวอย่างซึ่งถูกเก็บจากกระบวนการเป็นระยะ ๆ แล้วนำมาพล็อตตามลำดับ “ขีดจำกัดการควบคุม” เป็นสิ่งสำคัญของแผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติ ขีดจำกัดการควบคุมอธิบายความแปรปรวนโดยธรรมชาติของกระบวนการขณะอยู่ในภาวะเสถียร หน้าที่ของแผนภูมิควบคุมคือช่วยประเมินเสถียรภาพของกระบวนการและสิ่งนี้ถูกกระทำโดยการตรวจสอบข้อมูลที่ถูกพล็อตโดยเปรียบเทียบกับขีดจำกัดการควบคุม

ตัวแปรใด ๆ (ข้อมูลจากการวัด) หรือคุณสมบัติ (ข้อมูลจากการนับ) ที่แสดงให้เห็นคุณลักษณะที่สนใจของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการอาจนำมาพล็อต ในกรณีของข้อมูลจากการวัด แผนภูมิควบคุมมักถูกใช้เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงไปจากศูนย์กลางของกระบวนการ และแผนภูมิควบคุมอีกอันหนึ่งถูกใช้เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของความแปรปรวนของกระบวนการ

สำหรับข้อมูลคุณสมบัติ โดยทั่วไปแผนภูมิควบคุมจะบันทึกข้อมูลจำนวนหรือสัดส่วนของสิ่งที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดหรือจำนวนรายการข้อบกพร่องที่พบในตัวอย่างที่ถูกเลือกออกมาจากกระบวนการ

รูปแบบตามประเพณีนิยมของแผนภูมิควบคุมสำหรับข้อมูลตัวแปรเรียกว่า แผนภูมิ “Shewhart” ยังมีแผนภูมิควบคุมรูปแบบอื่น ๆ แผนภูมิควบคุมแต่ละแบบจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในสถานการณ์พิเศษ ตัวอย่างของแผนภูมิควบคุมเหล่านี้ รวมถึง “แผนภูมิผลรวมสะสม (cusum charts)” ซึ่งมีความไวเพิ่มขึ้นต่อการปรับเปลี่ยนกระบวนการเพียงเล็กน้อยและ “แผนภูมิค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่” (แบบเฉื่อยกันหรือถ่วงน้ำหนัก) ซึ่งปรับความแปรผันระยะสั้นให้ราบเรียบขึ้นเพื่อเปิดเผยแนวโน้มที่คงอยู่ต่อเนื่อง

#### 4.11.2 ใช้เพื่ออะไร

แผนภูมิควบคุมกระบวนการทางสถิติถูกใช้เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ ข้อมูลที่ถูกพล็อตซึ่งอาจเป็นค่าที่อ่านได้แต่ละครั้งหรือค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ยของตัวอย่างจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับขีดจำกัดการควบคุม ณ ระดับที่ง่ายที่สุด จุดที่ถูกพล็อตข้างนอกขีดจำกัดการควบคุมส่งสัญญาณว่าอาจมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการเนื่องจาก “สาเหตุที่ระบุได้” สิ่งนี้ชี้แจงความจำเป็นในการสอบสวนสืบสวนสาเหตุของค่าที่อ่านได้อยู่ “นอกการควบคุม” และปรับกระบวนการที่จำเป็น สิ่งนี้ช่วยในการรักษาเสถียรภาพของกระบวนการและปรับปรุงกระบวนการในระยะยาว

การใช้แผนภูมิควบคุมอาจถูกปรับแต่งเพื่อสามารถบ่งบอกการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้รวดเร็วเพิ่มขึ้น หรือเพิ่มความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยผ่านการใช้เกณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในการแปลผลแนวโน้มและแบบแผนของข้อมูลที่ถูกพล็อต

#### 4.11.3 ประโยชน์

นอกเหนือจากการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่ง่ายในการมองเห็นโดยผู้ใช้ แผนภูมิควบคุมอำนวยความสะดวกในการดำเนินการอย่างเหมาะสมต่อความแปรผันของกระบวนการโดยการช่วยผู้ใช้งานทำความเข้าใจการแปรผันจากการสุ่มซึ่งมีอยู่โดยธรรมชาติในกระบวนการที่มีเสถียรภาพจากความแปรผันที่อาจมาจาก “สาเหตุที่ระบุได้” (เช่น ความแปรผันที่ระบุสาเหตุเฉพาะเจาะจงได้) ซึ่งการตรวจจับและการแก้ไขที่ทันเวลาอาจช่วยปรับปรุงกระบวนการ ตัวอย่างเช่น บทบาทและคุณค่าของแผนภูมิควบคุมในกระบวนการซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมข้างล่างนี้

- การควบคุมกระบวนการ : แผนภูมิควบคุมตัวแปรถูกใช้เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงในศูนย์กลางกระบวนการหรือความแปรปรวนของกระบวนการและเพื่อจุดประสงค์การปฏิบัติการแก้ไขด้วยเหตุนี้จึงเป็นการรักษาหรือฟื้นฟูเสถียรภาพของกระบวนการ
- การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ : ถ้ากระบวนการอยู่ในสถานะที่มีเสถียรภาพ ข้อมูลจากแผนภูมิควบคุมอาจถูกใช้เพื่อประมาณการความสามารถของกระบวนการในภายหลัง

- การวิเคราะห์ระบบการวัด : การใช้ขีดจำกัดการควบคุมเป็นการสะท้อนความแปรปรวนตามธรรมชาติของระบบการวัด แผนภูมิควบคุมสามารถแสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความแปรปรวนของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ที่สนใจหรือไม่ แผนภูมิควบคุมอาจถูกใช้เพื่อเฝ้าติดตามกระบวนการวัดด้วยตัวเอง
- การวิเคราะห์สาเหตุและผล : สหสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในกระบวนการและแบบแผนแผนภูมิควบคุมสามารถช่วยในการอนุมานสาเหตุที่ระบุได้และในการวางแผนการปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ
- การปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง : แผนภูมิควบคุมถูกใช้ในการเฝ้าติดตามความแปรผันของกระบวนการและช่วยในการชี้แจงและจัดการกับสาเหตุของความแปรผันนั้น แผนภูมิควบคุมถูกพบว่ามีประสิทธิภาพเมื่อถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมเชิงระบบเพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องภายในองค์กร

#### 4.11.4 ขีดจำกัดและข้อควรระวัง

เป็นสิ่งสำคัญในการเลือกกระบวนการตัวอย่างที่สามารถเปิดเผยให้เห็นความแปรผันของสิ่งที่สนใจ และตัวอย่างเช่นนั้นถูกเรียกว่า “กลุ่มย่อยตามเหตุผล” สิ่งนี้เป็นหัวใจของการใช้และแปลผลแผนภูมิควบคุมกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพและการเข้าใจแหล่งที่มาของความแปรผันของกระบวนการ กระบวนการที่มีระยะเวลาสั้นจะมีความยุ่งยากพิเศษเนื่องจากไม่ค่อยมีข้อมูลที่เพียงพอในการนำเสนอเพื่อกำหนดขีดจำกัดการควบคุมที่เหมาะสม

มีความเสี่ยงของ “การแจ้งเตือนที่ผิด” เมื่อแปลผลแผนภูมิควบคุม (เช่น ความเสี่ยงในการสรุปว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทั้ง ๆ ที่ไม่มี) รวมทั้งมีความเสี่ยงจากความล้มเหลวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นแล้ว ความเสี่ยงเหล่านี้สามารถถูกทำให้ลดลงได้แต่ไม่สามารถกำจัดให้หมดไปได้

#### 4.11.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

บริษัทในอุตสาหกรรมยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ อาหารและอื่น ๆ มักใช้ประโยชน์จากแผนภูมิควบคุม (สำหรับคุณลักษณะวิกฤต) เพื่อให้บรรลุและแสดงให้เห็นความสามารถและเสถียรภาพของกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ถ้าได้รับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด แผนภูมิควบคุมจะถูกใช้เพื่อช่วยกำหนดความเสี่ยงและตัดสินใจขอความช่วยเหลือของการปฏิบัติการแก้ไข

แผนภูมิควบคุมถูกใช้ในการแก้ปัญหาในสถานที่ทำงาน แผนภูมิควบคุมถูกนำมาใช้ในทุกระดับขององค์กรเพื่อสนับสนุนการรับรู้เกี่ยวกับปัญหาและการวิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริง



แผนภูมิควบคุมถูกใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลเพื่อลดการแทรกแซงกระบวนการที่ไม่จำเป็น (การปรับแต่งที่มากเกินไป) โดยช่วยให้พนักงานสามารถจำแนกแยกแยะระหว่างความแปรผันโดยธรรมชาติของกระบวนการและความแปรผันที่สามารถระบุสาเหตุได้

แผนภูมิควบคุมสำหรับคุณลักษณะของตัวอย่าง เช่น เวลาในการตอบสนองโดยเฉลี่ย อัตราการเกิดความผิดพลาดและความถี่ของข้อร้องเรียน ถูกใช้ในการวัด วินิจฉัยและปรับปรุงสมรรถนะของอุตสาหกรรมบริการ

#### 4.12 การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติ

##### 4.12.1 คืออะไร

การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติเป็นขั้นตอนที่อยู่บนพื้นฐานของหลักการทางสถิติที่ใช้เพื่อกำหนดความคลาดเคลื่อน โดยใช้ประโยชน์จากการแจกแจงทางสถิติของขนาดขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการตัดสินใจความคลาดเคลื่อนโดยรวมสำหรับสิ่งที่ประกอบขึ้นมา

##### 4.12.2 ใช้สำหรับอะไร

เมื่อประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็น โมดูล ปิจัยวิกฤตหรือข้อกำหนดในการประกอบและความสามารถในการสับเปลี่ยนของโมดูลมักไม่ใช่ขนาดของชิ้นส่วนแต่ละอันแต่เป็นขนาดโดยรวมซึ่งเป็นผลของการประกอบ

ค่าสุดโต่งสำหรับขนาดโดยรวม (เช่น ค่าที่ใหญ่มากหรือเล็กมาก) จะเกิดขึ้นในกรณีที่ขนาดของชิ้นส่วนแต่ละอันอยู่ในช่วงปลายของค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดของความคลาดเคลื่อนแต่ละรายการ ภายใต้กรอบห่วงโซ่ความคลาดเคลื่อน ถ้าความคลาดเคลื่อนแต่ละรายการถูกบวกรวมกันเป็นความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวมจะเรียกว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมทางเลขคณิต

สำหรับการกำหนดความคลาดเคลื่อนโดยรวมทางสถิติ โดยการสมมติว่าในการประกอบเกี่ยวข้องกับชิ้นส่วนจำนวนมาก ขนาดจากปลายข้างหนึ่งของช่วงของความคลาดเคลื่อนแต่ละรายการจะถูกปรับสมดุลโดยขนาดจากปลายอีกข้างหนึ่งของช่วงของความคลาดเคลื่อน เช่น ขนาดของชิ้นส่วนอันหนึ่งตกอยู่ในข้างที่ต่ำกว่าของช่วงความคลาดเคลื่อนอาจถูกจับคู่กับขนาดของชิ้นส่วนอีกอันหนึ่ง (หรือการรวมกันของชิ้นส่วนหลายอัน) ซึ่งตกอยู่ในข้างที่สูงกว่าของช่วงความคลาดเคลื่อน บนพื้นฐานทางสถิติขนาดโดยรวมจะมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงแบบปกติภายใต้สถานการณ์เช่นนั้น ความจริงนี้ค่อนข้างเป็นอิสระจากรูปแบบการแจกแจงของขนาดแต่ละรายการและอาจถูกใช้เพื่อประมาณการช่วงความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวมของโมดูลที่ประกอบขึ้นมา หรือมีฉะนั้นหากกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวม อาจจะถูกใช้ในการตัดสินใจช่วงความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของชิ้นส่วนแต่ละรายการ

#### 4.12.3 ประโยชน์

ชุดของค่าความคลาดเคลื่อนที่กำหนด (ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกัน) การคำนวณความคลาดเคลื่อนโดยรวมทางสถิติจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวมซึ่งน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวมที่คำนวณโดยวิธีทางเลขคณิตอย่างมีนัยสำคัญ

สิ่งนี้หมายความว่าค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดโดยรวมที่กำหนด การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติจะอนุญาตให้ใช้ความคลาดเคลื่อนที่กว้างกว่าสำหรับขนาดแต่ละรายการเมื่อเปรียบเทียบกับความคลาดเคลื่อนโดยการคำนวณทางเลขคณิต ในทางปฏิบัติสิ่งนี้สามารถเป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญ เพราะความคลาดเคลื่อนที่กว้างกว่าจะเกี่ยวเนื่องกับวิธีการผลิตที่ง่ายกว่าและมีประสิทธิภาพด้านต้นทุนมากกว่า

#### 4.12.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติต้องการชิ้นส่วนอันหนึ่งในการเริ่มต้นสร้างโมดูลที่ประกอบขึ้นมาสามารถยอมรับให้อยู่นอกช่วงความคลาดเคลื่อนของขนาดทั้งหมด สิ่งต่อไปนี้จำเป็นต้องถูกดำเนินการก่อนเพื่อให้การกำหนดความคลาดเคลื่อนทางสถิติสามารถนำไปใช้ (โดยไม่ต้องถูกบังคับให้ใช้วิธีขั้นสูง)

- ขนาดที่แท้จริงของแต่ละรายการสามารถถูกพิจารณาเป็นตัวแปรสุ่มที่ไม่เกี่ยวพันกัน
- ห่วงโซ่ของขนาดเป็นเส้นตรง
- ห่วงโซ่ของขนาดต้องมียาวน้อยที่สุด 4 รายการ
- ความคลาดเคลื่อนแต่ละรายการมีลำดับขนาดที่เหมือนกัน
- การแจกแจงของขนาดแต่ละรายการในห่วงโซ่ของขนาดเป็นที่รับรู้

เป็นที่ชัดเจนว่าข้อกำหนดบางประการสามารถบรรลุได้ก็ต่อเมื่อการผลิตชิ้นส่วนแต่ละรายการสามารถถูกควบคุมและเฝ้าติดตามอย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ยังอยู่ระหว่างการพัฒนา ประสบการณ์และความรู้ทางวิศวกรรมควรให้แนวทางในการนำการกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติไปใช้

#### 4.12.5 ตัวอย่างการนำไปใช้

ทฤษฎีความคลาดเคลื่อนทางสถิติถูกนำไปใช้เป็นประจำในการประกอบชิ้นส่วนซึ่งเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นหรือการแยกออกอย่างง่าย (เช่น เฟลาและรู) ภาคอุตสาหกรรมซึ่งใช้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิติรวมถึงอุตสาหกรรมทางกล อิเล็กทรอนิกส์และเคมี ทฤษฎียังถูกนำไปใช้ในการจำลองโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยเพื่อตัดสินค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่ยอมรับได้

## 4.13 การวิเคราะห์หอนุกรมเวลา

## 4.13.1 คืออะไร

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเป็นชุดของวิธีการสำหรับการศึกษาชุดของสิ่งที่สังเกตพบตามลำดับเวลา การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาถูกใช้ที่นี่เพื่ออ้างถึงเทคนิคการวิเคราะห์ในการนำไปใช้ เช่น

- การพบแบบแผน “ความล่าช้า (lag)” โดยการมองทางสถิติว่าสิ่งที่สังเกตพบแต่ละครั้งมีความสัมพันธ์กับสิ่งที่สังเกตพบก่อนหน้าอย่างไร และทำซ้ำๆ สำหรับช่วงเวลาต่อ ๆ ไป
- การพบแบบแผนที่เป็นวัฏจักรหรือตามฤดูกาล เพื่อให้เข้าใจปัจจัยเชิงเหตุผลในอดีตอาจมีอิทธิพลซ้ำในอนาคตได้อย่างไร และ
- การใช้เครื่องมือทางสถิติในการทำนายสิ่งที่จะสังเกตพบในอนาคตหรือเพื่อให้เข้าใจว่าปัจจัยเชิงเหตุผลใดจะส่งผลกระทบมากที่สุดต่อความแปรปรวนในหอนุกรมเวลา

เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หอนุกรมเวลา รวมถึง “แผนภูมิแนวโน้ม” อย่างง่าย ในรายงานทางวิชาการนี้ การพล็อตเบื้องต้นเช่นนั้นจัดเป็นวิธีการที่ง่ายที่อ้างถึงใน “สถิติพรรณนา” (ดูข้อ 4.2.1)

## 4.13.2 ใช้สำหรับอะไร

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาถูกใช้เพื่ออธิบายแบบแผนของข้อมูลหอนุกรมเวลา เพื่อชี้บ่ง “ค่าที่อยู่นอกขอบเขต” (เช่น ค่าสุดโต่งซึ่งความเข้าใจได้ของค่าเหล่านั้นควรถูกตรวจสอบ) เพื่อช่วยให้เข้าใจแบบแผนหรือเพื่อทำการปรับปรุง และเพื่อการตรวจจับจุดกลับของแนวโน้ม การใช้ประโยชน์อีกทางหนึ่งคือเพื่ออธิบายแบบแผนของหอนุกรมเวลาหนึ่งเปรียบเทียบกับแบบแผนของอีกหอนุกรมเวลาหนึ่งตามวัตถุประสงค์โดยธรรมชาติของการวิเคราะห์การถดถอย

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาถูกใช้เพื่อทำนายค่าในอนาคตของหอนุกรมเวลาร่วมด้วยขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างที่รู้จักกันว่า “ช่วงการพยากรณ์” มีการใช้อย่างมากในด้านการควบคุมและมักถูกนำไปใช้กับกระบวนการอัตโนมัติ ในกรณีนี้ตัวแบบความน่าจะเป็นจะเข้ากันได้กับหอนุกรมเวลาในอดีต ค่าในอนาคตจะถูกทำนาย และค่าพารามิเตอร์เฉพาะของกระบวนการจะถูกปรับเพื่อทำให้กระบวนการบรรลุเป้าหมายโดยมีความแปรผันน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

## 4.13.3 ประโยชน์

วิธีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลามีประโยชน์ในการวางแผน ในการควบคุมทางวิศวกรรม ในการชี้บ่งการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการ ในการพยากรณ์ และในการวัดผลเนื่องจากการแทรกแซงจากภายนอกหรือจากมาตรการแก้ไข

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลามีประโยชน์สำหรับการเปรียบเทียบสมรรถนะของกระบวนการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับค่าที่ทำนายจากหอนุกรมเวลาหากต้องมีการเปลี่ยนแปลง

วิธีหอนุกรมเวลาอาจทำให้เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในแบบแผนของสาเหตุและผลที่เป็นไปได้ วิธีนี้ใช้สำหรับแบ่งแยกสาเหตุจากระบบ (หรือที่กำหนดได้) จากสาเหตุโดยธรรมชาติ และสำหรับแยกองค์ประกอบของวัฏจักร ฤดูกาล และแนวโน้มที่อยู่ในแบบแผนหอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลามีประโยชน์เพื่อให้เข้าใจว่ากระบวนการจะแสดงพฤติกรรมอย่างไรภายใต้สภาวะที่กำหนด และการปรับแต่งอะไร (ถ้ามี) สามารถส่งผลให้กระบวนการดำเนินไปในทิศทางของค่าเป้าหมาย หรือการปรับแต่งอะไรสามารถลดความแปรปรวนของกระบวนการได้

#### 4.13.4 ข้อจำกัดและข้อควรระวัง

ข้อจำกัดและข้อควรระวังที่ถูกอ้างถึงสำหรับการวิเคราะห์การถดถอยต้องนำไปใช้กับการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาด้วย เมื่อสร้างตัวแบบกระบวนการเพื่อให้เข้าใจสาเหตุและผล ต้องมีระดับทักษะในการเลือกตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดและในการใช้เครื่องมือวินิจฉัยเพื่อปรับปรุงตัวแบบ

ไม่ว่าจะนำมารวมหรือละเว้นจากการวิเคราะห์ สิ่งที่สังเกตพบแม้เพียงรายการเดียวหรือกลุ่มเล็ก ๆ สามารถมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อตัวแบบ ดังนั้น สิ่งที่สังเกตพบที่มีอิทธิพลควรถูกทำความเข้าใจหรือถูกแยกออกจาก “ค่าที่อยู่นอกขอบเขต” ของข้อมูล

เทคนิคการประมาณการหอนุกรมเวลาที่แตกต่างกันสามารถให้ผลสำเร็จที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับแบบแผนในหอนุกรมเวลาและจำนวนระยะเวลาที่ต้องการค่าทำนาย ซึ่งสัมพันธ์กับจำนวนระยะเวลาข้อมูลหอนุกรมเวลาที่มี การเลือกตัวแบบควรพิจารณาวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ ธรรมชาติของข้อมูล ต้นทุนเชิงสัมพัทธ์ และคุณสมบัติในการวิเคราะห์และทำนายผลของตัวแบบต่าง ๆ

#### 4.13.5 ตัวอย่างของการนำไปใช้

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาถูกนำไปใช้ในการศึกษาแบบแผนของผลงานตามเวลา เช่น ผลการวัดกระบวนการ ข้อร้องเรียนของลูกค้า ความไม่สอดคล้อง ผลิตภัณฑ์ และผลการทดสอบ

การนำไปใช้เพื่อการพยากรณ์รวมถึงการทำนายชิ้นส่วนอะไหล่ อัตราการไม่มาทำงาน ค่าสั่งซื้อของลูกค้า ความต้องการวัสดุ ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า

การวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเชิงสาเหตุถูกใช้เพื่อพัฒนาตัวแบบเพื่อทำนายความต้องการ เช่น ในบริบทของความเชื่อถือได้ ถูกใช้เพื่อทำนายจำนวนเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาที่กำหนดและการแจกแจงของระยะห่างของเหตุการณ์แต่ละครั้ง เช่น เครื่องจักรไม่สามารถใช้งานได้