

## บทที่ 5

### เทคนิคการควบคุมคุณภาพที่สำคัญบางประเภท

เทคนิคการควบคุมคุณภาพ จะมีประโยชน์ได้ ก็ต่อเมื่อ เราสามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม ทำให้การจัดการและการดำเนินงานควบคุมบรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้ นั่นก็หมายความว่า เราจะต้องรู้ว่า เราควรจะใช้เทคนิคใดกับการดำเนินงานประเภทใด หรือปัญหาแบบใด จะนำไปใช้เมื่อใดอย่างไร และเพื่อประโยชน์อะไร ในบทที่ 3 และบทที่ 4 เราได้พูดถึงการใช้แผนภูมิการควบคุมในการควบคุมกระบวนการผลิต หรือกำหนดมาตรฐานการผลิต การหาสมรรถภาพของเครื่องจักร เปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด เพื่อจะได้เลือกวิธีการผลิตให้ดีขึ้น หรือปรับปรุงการออกแบบให้เหมาะสมต่อไป

เมื่อแผนภูมิการควบคุมแสดงให้เห็นว่า มีจุดออกนอกเส้นการควบคุมและมีปัญหาเกิดขึ้นในการค้นหาสาเหตุของปัญหา หรือเรามีปัญหาเกิดขึ้นในกระบวนการ เช่น ผลิตภัณฑ์มีรอยตำหนิ มีของเสียมาก เครื่องจักรหยุดทำงานบ่อยครั้ง ต้นทุนการผลิตสูง การใช้แผนภูมิการควบคุมไม่เหมาะสมกับปัญหาเหล่านี้ เราจำเป็นต้องเลือกใช้เทคนิคอื่นที่เหมาะสมกว่านี้ วิธีที่นิยมปฏิบัติทั่วไป คือการนำข้อมูลนั้นมาจำแนกแยกแยะหรือวิเคราะห์ออกมา เพื่อให้สามารถระบุสาเหตุที่แท้จริงได้ นอกเหนือจากการใช้การจำแนกข้อมูล เราอาจใช้แผนภูมิแท่งตามลำดับการกระจาย (ฮิสโตแกรม) แผนภูมิพาเรโต ผังก้างปลา แผนภูมิการกระจาย ฯลฯ การจะเลือกใช้อะไร ก็ขึ้นอยู่กับลักษณะงานหรือปัญหาที่เกิดขึ้นนั้น

#### 5.1 แผนภูมิแท่งตามลำดับการกระจายหรือฮิสโตแกรม

ฮิสโตแกรมเหมาะที่จะใช้กับงานหรือปัญหาที่มีข้อมูลเป็นเชิงปริมาณ นั่นก็คือ สามารถหาค่าได้เป็นตัวเลข จะโดย การชั่ง ตวง หรือวัดแบบใดก็ตาม ข้อมูลที่ได้นั้นมีเป็นจำนวนมาก หรือมีค่าตัวเลขซ้ำกันอยู่มาก การทำฮิสโตแกรมจะช่วยให้ประหยัดเวลา และสรุปผลได้รัดกุม สะดวกและเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

##### 5.1.1 ขั้นตอนในการทำฮิสโตแกรม

การทำฮิสโตแกรมเรามีขั้นตอน ดังนี้

- (1) พิจารณาข้อมูลทั้งหมด (N ตัว) เลือกข้อมูลที่มีค่าสูงสุด  $X_U$  และที่มีค่าต่ำสุด  $X_L$  หาพิสัย

$$R = X_U - X_L$$

- (2) พิจารณาจำนวนแท่งหรือชั้น (k) ที่จะทำแผนภูมิ โดยทั่วไปมักจะใช้ระหว่าง 6-25 ชั้น แล้วแต่ที่เราต้องการรายละเอียดในการวิเคราะห์มากน้อยแค่ไหน และจำนวนข้อมูลมีขนาดไหน ซึ่ง H.A. Sturges เสนอไว้ว่า

$$k = 1 + 3.3 \log_{10} N$$

เมื่อ k เป็นจำนวนชั้นที่ต้องการ และ N เป็นจำนวนข้อมูลทั้งหมด

- (3) หาคความกว้าง (i) ของแท่งหรือชั้น จาก

$$i = R/k$$

อาจปรับตัวเลขเพื่อให้ง่ายในทางปฏิบัติ

- (4) สร้างตารางแจกแจงความถี่ เรียงลำดับชั้น จากชั้นที่ 1 ถึงชั้นสุดท้าย เริ่มจาก  $X_L \pm \frac{i}{2}$ ,  $(X_L + i) \pm \frac{i}{2}$ ,  $(X_L + 2i) \pm \frac{i}{2}$ , .... หาจำนวนข้อมูลหรือความถี่ในแต่ละชั้น การหาความถี่ของชั้นมักจะอาศัยรอยขีด (tally)
- (5) เขียนแผนภูมิ ซึ่งมีลักษณะเป็นกราฟแท่ง มีความสูงของแท่งกราฟเท่ากับความถี่ของข้อมูลในแต่ละชั้น และความกว้างของแท่งกราฟแต่ละแท่ง เท่ากับความกว้าง (i) ของชั้นข้อมูล

#### ตัวอย่าง 5.1

จากการเก็บตัวอย่างหม้อเบตเตอร์ที่ผลิตเสร็จแล้ว 10 วัน ๆ ละ 4 หม้อ มาชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม) บันทึกผลที่ได้ และหาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของน้ำหนักหม้อที่ได้ในแต่ละวัน ปรากฏผลดังนี้

วันที่	น้ำหนักหม้อ (กิโลกรัม)				น้ำหนักต่ำสุด	น้ำหนักสูงสุด
1	11.78	11.85	11.90	11.68	11.68	11.90
2	11.69	11.75	11.80	11.84	11.69	11.84
3	11.56	11.67	11.82	11.75	11.55	11.82
4	11.86	11.79	11.65	11.62	11.62	11.86
5	11.67	11.73	11.52	11.69	11.52	11.73
6	11.90	11.82	11.75	11.73	11.73	11.90
7	11.88	11.64	11.70	11.58	11.58	11.88
8	11.72	11.80	11.80	11.80	11.72	11.80
9	11.65	11.65	11.75	11.80	11.65	11.80
10	11.70	11.72	11.85	11.69	11.69	11.85

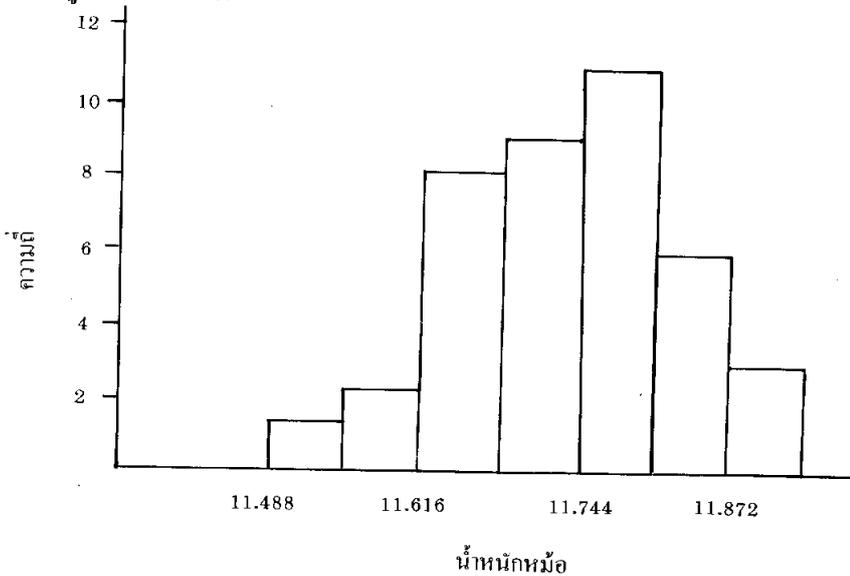
จงเขียนฮิสโตแกรม แสดงการกระจายของน้ำหนักหม้อเบตเตอร์

**วิธีทำ**

- หาน้ำหนักหม้อที่น้อยที่สุด ( $X_L$ ) และมากที่สุด  $X_U$  เพื่อความสะดวก เราหาน้ำหนักน้อยที่สุด และมากที่สุด ของแต่ละวันก่อน จากนั้นจึงหาค่า  $X_L$  จากค่าต่ำสุดของน้ำหนักน้อยที่สุด และ  $X_U$  จากค่าสูงสุดของน้ำหนักมากที่สุดของที่ได้ในแต่ละวัน  
 ดังนั้น  $X_L = 11.52, X_U = 11.90$   
 เราจะได้  $R = 11.90 - 11.52 = 0.38$
- หาจำนวนชั้น  $k = 1 + 3.3 \log(40) = 6.3$   
 ปรับตัวเลขเพื่อความสะดวก เราให้  $k = 6$
- หาความกว้างของชั้น  $i = \frac{0.38}{6} = 0.064$
- สร้างตารางแจกแจงความถี่ เริ่มจาก  $11.52 \pm 0.064/2, (11.52 + 0.064) \pm 0.064/2, (11.52 + 0.128) \pm 0.064/2, \dots$  หาความถี่ในแต่ละชั้น ได้ผลดังนี้

น้ำหนักหม้อ	รอยขีด	ความถี่
11.488-11.552		1
11.552-11.616		2
11.616-11.680		4
11.680-11.744		5
11.744-11.808		6
11.808-11.872		5
11.872-11.936		3

5. เขียนแผนภูมิฮิสโตแกรม



### 5.1.2 ลักษณะของฮิสโตแกรมและการแปลความหมาย

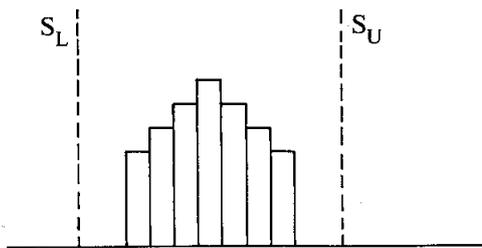
เมื่อเราเขียนแผนภูมิฮิสโตแกรม เราจะได้กราฟแท่งที่แสดงความถี่ของค่าตัวเลขเรียงลำดับจากน้อยไปหามาก ดังนั้น ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดจากฮิสโตแกรม ก็คือ เราสามารถตรวจการกระจายของค่าคุณสมบัติที่ต้องการตรวจสอบหรือควบคุม ว่าเป็นไปในลักษณะของธรรมชาติหรือไม่ การกระจายที่ดี ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. ต้องมีฐานแคบ
2. มีค่าเฉลี่ยอยู่กึ่งกลางฐาน
3. มีลักษณะเป็นสมภาพ (symmetry).

คุณสมบัตินอกจากนี้ เช่น ฐานกว้างเกินไป รูปร่างโย้หรือเอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง หรือมีรูปร่างผิดปกติ เช่น มีจุดยอดหลายแห่ง มีลักษณะใกล้เคียงรูปสี่เหลี่ยม ฯลฯ ย่อมแสดงว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการ สิ่งผิดปกติเหล่านี้ต้องมีสาเหตุระบุได้ (assignable cause) เราจะต้องค้นหาสาเหตุเพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป นอกเหนือจากการพิจารณารูปร่างของฮิสโตแกรมแล้ว เราจะต้องนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดบน  $S_U$  (Upper Specification limit) และ/หรือ เกณฑ์กำหนดล่าง  $S_L$  (Lower Specification limit) เพื่อจะดูว่ากระบวนการนั้นเหมาะสมหรือไม่ และเพื่อหาสมรรถนะของกระบวนการได้ สรุปได้ว่า เราจะใช้ฮิสโตแกรมเพื่อประกอบการวิเคราะห์ ดูความเหมาะสมหรือหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ

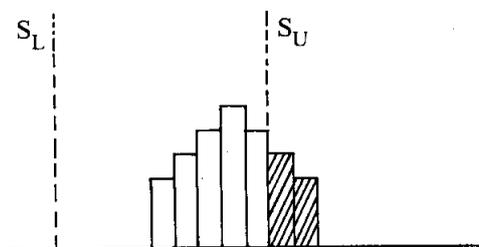
ลักษณะของฮิสโตแกรมและปัญหาที่อาจเกิดขึ้น มีดังนี้

1. มีการกระจายที่ดี และอยู่ภายในเกณฑ์กำหนด



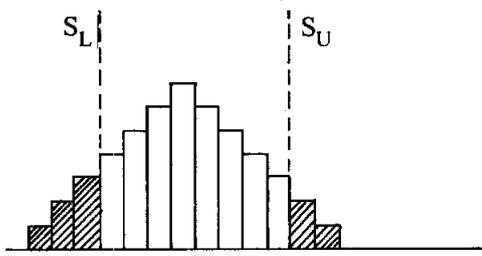
หมายความว่า กระบวนการนี้อยู่ภายใต้การควบคุม การประกอบการนี้ใช้ได้

2. มีการกระจายที่ดี แต่อยู่นอกเกณฑ์กำหนด



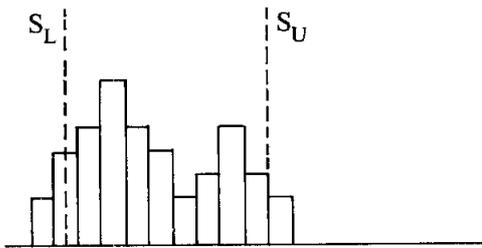
หมายความว่า กระบวนการนี้อยู่ภายใต้การควบคุมแล้ว แต่ระดับการควบคุมยังไม่เหมาะสม ควรปรับวิธีการทำงานให้เข้าหาจุดกลาง นั่นคือให้ได้ค่าเฉลี่ยอยู่กึ่งกลางของ  $S_L$  กับ  $S_U$

3. ฐานฮิสโตแกรมกว้างเกินไป และมีค่าออกนอกเกณฑ์กำหนด



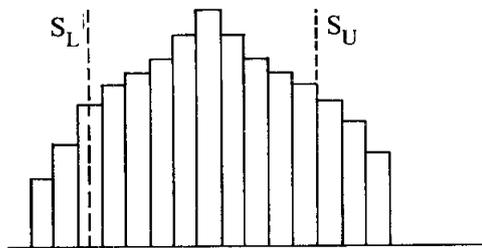
หมายความว่า กระบวนการอยู่นอกการควบคุม สาเหตุอาจจะมาจากเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาเป็นเวลานาน เป็นต้น

4. มีลักษณะเป็นภูเขา 2 ยอด



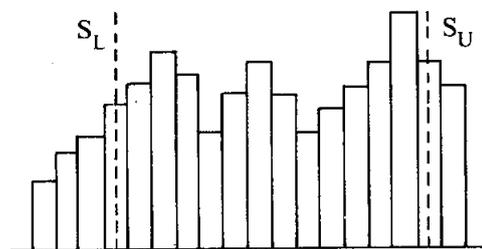
แสดงว่ามีองค์ประกอบบางอย่างที่ทำให้เกิดการแจกแจงผิดปกติ สาเหตุอาจจะเกิดจากการปะปนกันระหว่างการแจกแจง 2 อย่างที่มีค่าเฉลี่ยต่างกันมาก เช่น ใช้เครื่องจักร 2 เครื่องทำงาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ เป็นต้น

5. มีลักษณะเป็นสันเขา (plateau)



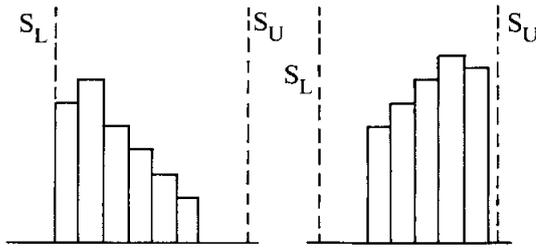
แสดงว่า กระบวนการผลิตยังใช้ไม่ได้ ซึ่งสาเหตุอาจเกิดจากการทำงานของเครื่องจักรหลายเครื่อง หรือวิธีการทำงานยังไม่เหมาะสม

6. มีลักษณะเป็นฟันเลื่อย (saw teeth)



แสดงว่า การเก็บข้อมูลไม่เหมาะสม เครื่องวัดอาจผิดปกติ หรือเนื่องจากการละเลยของคนตรวจ หรือข้อมูลมาจากการทำงานของเครื่องจักรหลายเครื่อง

## 7. มีลักษณะคล้ายผาชัน (cliff-like)



แสดงว่า มีการตรวจสอบวัตถุดิบคัดส่วนที่ไม่ดีออกไปแล้ว ก่อนที่จะส่งแผนกผลิต หรือในกระบวนการผลิตที่ตรวจสอบโดยเครื่องอัตโนมัติ ผ่าน-ไม่ผ่าน

ลักษณะของฮิสโตแกรมที่มีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น จำเป็นต้องดำเนินการแก้ไขค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้น ซึ่งอาจทำฮิสโตแกรม แยกตามสาเหตุที่เกิดขึ้น เช่น สาเหตุมาจากการทำงานของเครื่องจักรหลายเครื่อง เราทำฮิสโตแกรมแยกตามประเภทเครื่องจักร หรือแยกตามอายุใช้งานของเครื่องจักร ถ้าสาเหตุจากการตรวจสอบ มีคนตรวจสอบหลายคน เราก็ทำฮิสโตแกรมแยกตามคนที่ตรวจสอบ หรือสาเหตุจากวัตถุดิบ เราก็ทำฮิสโตแกรมแยกตามรุ่นหรือตามแหล่งที่มาของวัตถุดิบ เป็นต้น ต่อจากนั้น จัดการแก้ไขสาเหตุที่ตรวจพบนั้น

## 5.2 แผนภูมิพาเรโต

ในการผลิตสินค้า มักจะมีปัญหาหรือข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่ทำให้คุณภาพของสินค้าเปลี่ยนแปลงไปจากที่กำหนดไว้เสมอ การที่เราจะแก้ไขปัญหาหรือข้อบกพร่องให้ได้หมดทุกกรณี เป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก หรืออาจทำไม่ได้เลย ทั้งนี้เพราะเรามีความสามารถจำกัด มีแรงงานจำกัด เวลาจำกัด และไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายที่เสียไป เราจึงจำเป็นต้องพิจารณาให้ได้ว่า ปัญหาหรือข้อบกพร่องใดสำคัญที่สุด ที่เราควรสนใจแก้ไขปรับปรุงให้ได้ก่อน หากเราพิจารณาข้อมูลที่รวบรวมมาได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ดูจำนวนครั้งของแต่ละสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาหรือข้อบกพร่อง จะช่วยให้เราเห็นตัวเลขหรือปริมาณความมากน้อยของสาเหตุต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน และจะพบว่า มีสาเหตุใหญ่เพียงไม่กี่อย่างเท่านั้นที่มีบทบาทสำคัญ ที่ทำให้เกิดปัญหาหรือข้อบกพร่อง ดังนั้น ถ้าจะแก้ไขปัญหาหรือข้อบกพร่องให้สำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ต้องแก้ที่สาเหตุใหญ่เสียก่อน ปัญหาปลีกย่อยหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ ที่เหลืออาจจะไม่ต้องปรับปรุงแก้ไขก็ได้ การจะวิเคราะห์ปัญหาเหล่านี้ได้ ต้องอาศัยการทำแผนภูมิพาเรโต

### 5.2.1 ขั้นตอนในการทำแผนภูมิพาเรโต

ศึกษาลักษณะของปัญหาหรือข้อบกพร่องหรือความเสียหายที่เกิดขึ้น ว่ามาจากสาเหตุอะไรบ้าง เก็บรวบรวมข้อมูลไว้ เพื่อทำแผนภูมิพาเรโต ขั้นตอนในการทำแผนภูมิมีดังนี้

- 1) กำหนดระยะเวลาที่จะรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสาเหตุต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาหรือข้อบกพร่อง อาจเป็นจำนวนชั่วโมง เป็นจำนวนวัน เป็นอาทิตย์ 1 เดือนหรือมากกว่า และเมื่อกำหนดระยะเวลาไว้อย่างไรแล้ว ต้องรักษาระยะเวลานั้นไว้ เพื่อสะดวกในการเปรียบเทียบกัน ภายหลัง
- 2) แยกหัวข้อต่าง ๆ ออกตามสาเหตุที่เราทราบว่ามี เพื่อจะได้จัดทำตารางเก็บข้อมูล บันทึกจำนวนครั้งที่เกิดขึ้นของปัญหาหรือข้อบกพร่องไว้ จะได้ว่าเกิดขึ้นเพราะหัวข้อใด
- 3) รวบรวมข้อมูลที่ได้จาก (2) และแจกแจงตามหัวข้อที่กำหนดไว้ ดังนี้
  - 3.1 เรียงลำดับหัวข้อจากปริมาณมากที่สุดของข้อมูลไปหาปริมาณน้อยที่สุด สำหรับหัวข้อที่มีปริมาณน้อย ให้รวบรวมเป็น "อื่น ๆ"
  - 3.2 หาเปอร์เซ็นต์ของแต่ละหัวข้อ โดยกำหนดว่า ผลรวมของจำนวนข้อมูลที่มีคิดเป็น 100%
  - 3.3 หาเปอร์เซ็นต์สะสมตั้งแต่หัวข้อแรก เรียงลำดับจนถึงหัวข้อสุดท้าย
- 4) เขียนกราฟแท่ง โดยมีความสูงของแต่ละแท่งเท่ากับเปอร์เซ็นต์ของแต่ละหัวข้อ มีระยะความกว้างของแต่ละแท่งเท่ากัน เรียงลำดับจากหัวข้อที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดไปหาน้อยที่สุด
- 5) เขียนกราฟเส้นตรงจากปลายมุมของแท่งแรก ตามเปอร์เซ็นต์สะสมของข้อมูลจาก (3.3) ไปเรื่อย ๆ จนครบทุกแท่ง
- 6) ลงรายการต่าง ๆ ตามหัวข้อที่เขียนแสดงไว้

#### ตัวอย่าง 5.2

ในการพิจารณาแก้ไขเพื่อลดอัตราการเสียของอุปกรณ์ กข ซึ่งเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ กันดังนี้

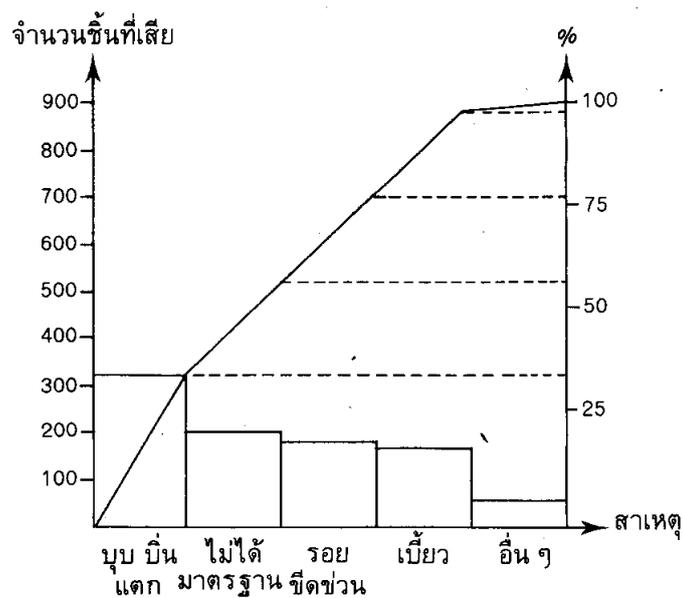
- ก) อุปกรณ์บุบ บิ่น แตก
- ข) อุปกรณ์มีรอยขีดข่วน
- ค) อุปกรณ์เบี้ยว
- ง) ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบไม่ได้มาตรฐาน
- จ) สาเหตุอื่น ๆ

เพื่อที่จะตัดสินใจให้ได้ว่า ควรจะเลือกแก้ไขที่สาเหตุใดก่อนที่เป็นสาเหตุสำคัญ แผนกการผลิตอุปกรณ์ กข จึงได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเสียของอุปกรณ์นี้เป็นเวลา 1 เดือน แยกเป็น 4 สัปดาห์ปรากฏผลดังนี้

ลำดับที่	บุง บิน แดก	มีรอยขีดข่วน	เบี้ยว	ชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐาน	อื่น ๆ	ผลรวม
1	92	50	55	60	10	267
2	100	40	50	72	15	277
3	70	60	25	48	16	219
4	60	20	30	20	7	137
ผลรวม	322	170	160	200	48	900

จากข้อมูลที่รวบรวมได้ นำมาเรียงลำดับหัวข้อ จากที่มีปริมาณมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด หาเปอร์เซ็นต์ของแต่ละหัวข้อเทียบกับจำนวนทั้งหมด คือ 900 แล้วหาเปอร์เซ็นต์สะสมจะได้

ลำดับ	สาเหตุ	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์สะสม
1	บุง บิน แดก	322	$\frac{322}{900} \times 100 = 35.78$	35.78
2	ชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐาน	200	$\frac{200}{900} \times 100 = 22.22$	58.00
3	มีรอยขีดข่วน	170	$\frac{170}{900} \times 100 = 18.89$	76.89
4	เบี้ยว	160	$\frac{160}{900} \times 100 = 17.78$	94.67
5	อื่น ๆ	48	$\frac{48}{900} \times 100 = 5.33$	100.00
รวม		900	100	



จากกราฟจะเห็นชัดว่า อุปกรณ์บูบ บีน แดก เป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดต่ออัตราการเสียหายของอุปกรณ์ กข รองลงมาก็คือ ชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐาน เราจึงควรแก้ไขเรื่องที่อุปกรณ์ บูบ บีน แดก เสียก่อน แล้วจึงมาพิจารณาเรื่องชิ้นส่วนไม่ได้มาตรฐาน หลังจากการแก้ปัญหาแล้ว ความสำคัญของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาจะเปลี่ยนแปลงไป ส่วนการเปลี่ยนแปลงของสาเหตุใด จะมีมากน้อยเพียงใด เราต้องเก็บรวบรวมข้อมูล ภายหลังจากการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุสำคัญ ๆ แล้ว ตามหัวข้อเดิม ภายในระยะเวลาเดียวกัน คือ 1 เดือน เขียนแผนภูมิพาเรโต นำมาเปรียบเทียบกับแผนภูมิเดิม

#### ข้อสังเกต

1. ภายหลังจากการทำแผนภูมิพาเรโต เมื่อเราปรับปรุงแก้ไขสาเหตุที่สำคัญเรียบร้อยแล้ว เราทำแผนภูมิพาเรโตโดยอาศัยข้อมูลที่ปรับปรุงแล้ว เก็บรวบรวมมาภายในระยะเวลาเท่ากัน จะพบว่า ความสูงของแท่งกราฟของสาเหตุสำคัญ ๆ จะลดลง ลำดับของกราฟแท่งจะเปลี่ยนแปลงไป ถ้าไม่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับของกราฟแท่ง ก็แสดงว่า การควบคุมกระบวนการผลิตนั้นยังไม่เพียงพอ
2. บ่อยครั้งที่เราจะพบว่า สาเหตุที่ทำให้ของเสียเป็นจำนวนมากที่สุด เมื่อประเมินค่าความเสียหายออกมาเป็นจำนวนเงินแล้ว จะสูญเสียน้อยกว่าสาเหตุที่ทำให้ของเสียรอง ๆ ลงมา ซึ่งให้เห็นว่า ความสำคัญของปัญหา อาจจะไม่ได้อยู่ที่จำนวนครั้งของเสีย แต่อาจจะอยู่ที่ค่าใช้จ่ายอันเกิดจากการที่มีสาเหตุของเสียนั้น ลำดับความสำคัญของปัญหา จะจัดเรียงตามมูลค่าของเงินที่ประเมินได้จากสาเหตุของเสียแต่ละสาเหตุ

ในทางปฏิบัติ การจัดลำดับความสำคัญของปัญหา จะเลือกตามจำนวนครั้งที่เกิดขึ้น หรือเลือกตามมูลค่าความเสียหายที่มีข้อเสีย นั้น ๆ ก็ต้องพิจารณาตามความเหมาะสมและเป้าหมายที่วางไว้

#### 5.2.2 การใช้แผนภูมิพาเรโตในการแก้ปัญหา

โดยเหตุที่ แผนภูมิพาเรโตเป็นกราฟที่ชี้ให้เห็นสาเหตุของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่ทำให้ของเสีย ว่ามีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง แต่ละสาเหตุเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด คิดค่าเสียหายเป็นเงินได้เท่าใด การใช้แผนภูมิพาเรโตจึงมีประโยชน์มากในการที่จะทำให้ได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องและจะนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ หากมีการประสานงานกัน ดังนั้น การใช้แผนภูมิพาเรโตในการแก้ปัญหา จึงมีสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ต้องมีเป้าหมายที่แน่นอน เป้าหมายจะต้องชัดเจน หากสามารถกำหนดเป็นตัวเลขหรือเป็นจำนวนได้ยิ่งดี และจะต้องกำหนดระยะเวลาที่แน่นอน

การทำงานของแต่ละฝ่ายที่เกี่ยวข้อง จะประสานกันได้ดี ก็ต่อเมื่อมีเป้าหมายเดียวกัน หากกำหนดเป้าหมายไม่ชัดเจน การดำเนินงานอาจจะไปคนละแนวทางกัน ทำให้เกิดความขัดแย้งกันได้

- วิเคราะห์ปัญหา ลำดับความสำคัญของสาเหตุที่จะต้องแก้ไขดูว่าสาเหตุที่สำคัญ ๆ มีอะไรบ้าง กี่อย่าง เพื่อว่าทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง จะได้ทำงานประสานกัน ให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้
- ดำเนินการแก้ไขและติดตามผล โดยการตรวจสอบหาปริมาณของเสียจากจำนวนผลผลิตเท่าเดิม แล้วเปรียบเทียบหา % ของเสียจากสาเหตุต่าง ๆ เขียนแผนภูมิพาเรโตเทียบกับแผนภูมิที่ทำไว้ก่อนการแก้ไข

ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของแผนภูมิ เราจะแสดงการเปรียบเทียบทั้ง % ของเสียจากสาเหตุต่าง ๆ ที่เทียบกับจำนวนของเสียทั้งหมด และที่เทียบจากจำนวนผลผลิตทั้งหมด และนิยมเขียน % ส่วนที่ได้แก้ไขให้ลดลงไว้ทางซ้ายของแกนตั้ง

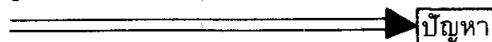
### 5.3 แผนภูมิแก๊งปลา

ในการปรับปรุงแก้ไขปัญหา สิ่งสำคัญที่สุดก็คือการวิเคราะห์หาสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา โดยรวบรวมความรู้ ความคิดเห็นต่าง ๆ ของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม สรุปผลออกมาให้ได้ว่า ปัญหานั้นอยู่ที่ไหน เกิดขึ้นจากอะไรบ้าง มีสาเหตุอะไรที่มากเกี่ยวข้องกัน เกี่ยวข้องกันอย่างไร จะก่อให้เกิดผลอะไรในขั้นสุดท้าย และควรจะแก้ไขที่จุดใด

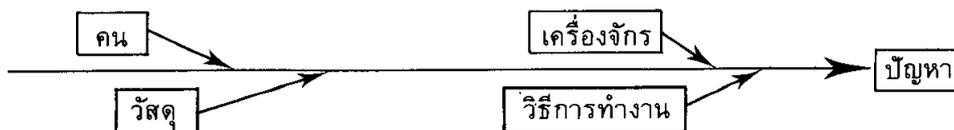
#### 5.3.1 ขั้นตอนในการทำแผนภูมิแก๊งปลา

นำผลสรุปที่ได้จากการรวบรวมความคิดเห็นของสมาชิก เกี่ยวกับสาเหตุต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหามาจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อทำแผนภูมิแก๊งปลา ตามขั้นตอน ดังนี้

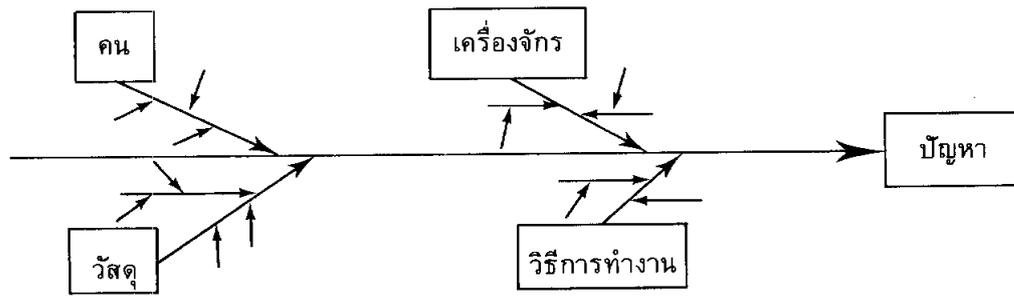
- พิจารณาปัญหาที่เราต้องการปรับปรุง
- เขียนลูกศร และเขียนปัญหาหรือหัวข้อเรื่องที่ต้องการทำไว้ทางหัวลูกศร



- รวบรวมสาเหตุใหญ่ ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหา ที่เราต้องการแก้ไขหรือปรับปรุง เขียนสาเหตุที่ได้นั้น ลงไปตรงทางแยกใหญ่ที่เราขีดขึ้น โดยปกติ เราแบ่งสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดปัญหา ออกได้เป็น 4 พวก ซึ่งเรียกว่า 4 M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุ (Material) และวิธีการทำงาน (Method)



4. ลงรายละเอียดปลีกย่อยที่รวบรวมได้ จากการเสนอความคิดเห็นของสมาชิก ลงไปในสาเหตุใหญ่แต่ละข้อ ตามที่เห็นว่าเกี่ยวข้องกัน หรือเป็นเรื่องเดียวกัน



#### หมายเหตุ

1. สาเหตุใหญ่อาจมีมากกว่า 4M หรือเป็นสาเหตุอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ 4M ก็ได้
2. ข้อควรระวัง อย่าเขียนแผนภูมิแก๊งปลาคนเดียว ต้องเขียนจากความเห็นของสมาชิกในกลุ่ม โดยจะต้องรวบรวมประสบการณ์และความคิดเห็น จากสมาชิกในกลุ่มให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ใช้คำถาม “ทำไม” อยู่เสมอ เพื่อว่าสมาชิกทุกคนจะได้เสนอความเห็นเพื่อตอบคำถามนั้น ยังมีคำถามมากเท่าใด แผนภูมิแก๊งปลาจึงแสดงให้เห็นชัดว่า ปัญหาอยู่ที่ไหน อันเป็นแนวทางในการพิจารณาว่า ควรจะแก้ไขที่จุดใด

#### ตัวอย่างที่ 5.3

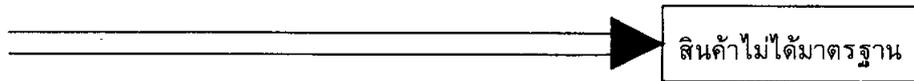
โรงงานผลิตสินค้า กขค ได้ตรวจสอบพบว่า ในการผลิตสินค้า กขค แต่ละงวด มี % สินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมมาก นอกจากนั้น ยังมีลูกค้าต่อว่าในเรื่องของคุณภาพสินค้านี้มามาก โรงงานจึงได้มาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขคุณภาพสินค้า เพื่อลดปริมาณสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน และเพื่อให้ลูกค้าพอใจ ให้ความเชื่อถือในคุณภาพสินค้านี้ โดยการรวมกลุ่มสมาชิกที่เกี่ยวข้องกับการผลิตทุกขั้นตอน ร่วมกันทำงานเพื่อแก้ปัญหานี้จากการรวบรวมความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม สรุปได้ว่ามีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. เครื่องจักรเสียบ่อย
2. ต้องการปริมาณสินค้าจำนวนมาก
3. รางเลื่อนเร็วเกินไป
4. เริงงานมากเกินไป
5. เครื่องบรรจุไม่ดี
6. เข้าชิ้นส่วนประกอบไม่ได้มาตรฐาน
7. การตรวจสอบไม่ดี
8. ชิ้นส่วนประกอบไม่ได้มาตรฐาน
9. ขาดการบำรุงรักษาที่ดี
10. การประกอบไม่ถูกวิธี
11. เสียงรบกวนมาก
12. หัวหน้างานไม่ให้คำแนะนำ
13. ไม่ตั้งใจทำงาน
14. ไม่มีการฝึกอบรม
15. มีฝุ่นละอองมาก
16. ชิ้นส่วนประกอบเก็บไว้นานเกินไป

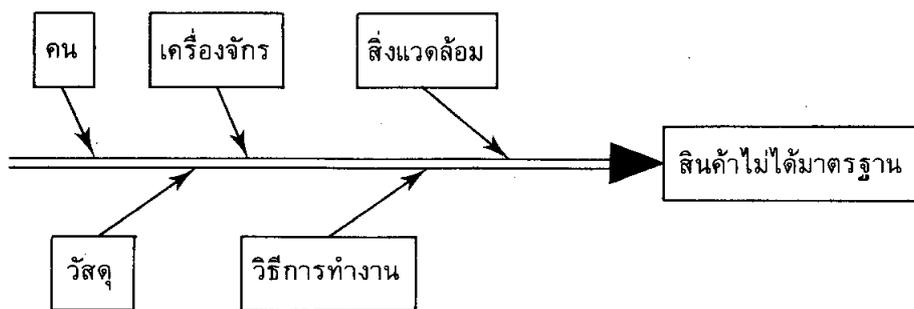
- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 17. แสงสว่างในโรงงานไม่เพียงพอ            | 18. ใช้ชิ้นส่วนประกอบไม่ได้สัดส่วน |
| 19. ระบบการระบายอากาศไม่ดี                | 20. จัดลำดับการทำงานไม่ถูกขั้นตอน  |
| 21. เสียเวลารอคอยในการผลิตแต่ละขั้นตอนมาก |                                    |

วิธีทำ เขียนแผนภูมิแก๊งปลาได้ดังนี้

1. พิจารณาปัญหาที่เราต้องการปรับปรุง ซึ่งในที่นี้คือ สินค้าไม่ได้มาตรฐาน
2. เขียนลูกศร และเขียนปัญหาไว้ทางหัวลูกศร



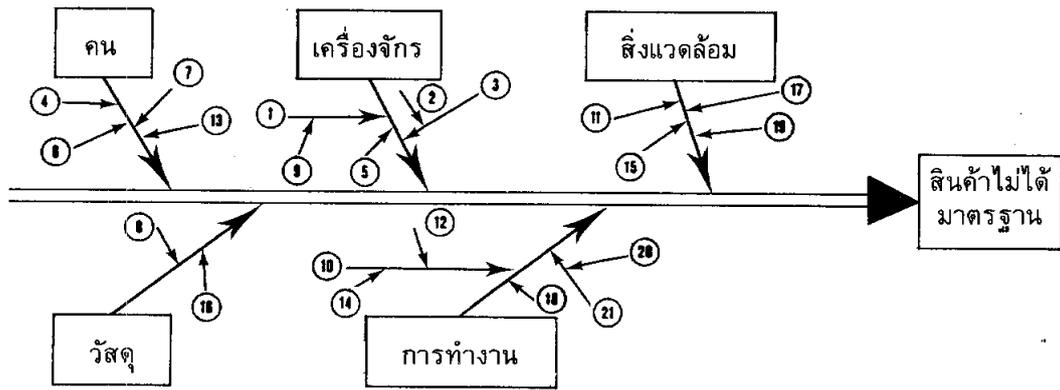
3. เขียนสาเหตุใหญ่ ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหา



4. ลงรายละเอียดปลีกย่อยที่รวบรวมได้ ที่สัมพันธ์กับสาเหตุใหญ่แต่ละข้อลงไป ซึ่งจะเห็นได้ว่า

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| - ข้อ 4, 6, 7, 13            | เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับคน           |
| - ข้อ 1, 2, 3, 5, 9          | เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับเครื่องจักร  |
| - ข้อ 11, 15, 17, 19         | เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม  |
| - ข้อ 8, 16                  | เป็นเรื่องเกี่ยวกับวัสดุ           |
| - ข้อ 10, 12, 14, 18, 20, 21 | เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับวิธีการทำงาน |

เมื่อเติมสาเหตุย่อยเหล่านี้ลงไปแล้ว เราจะได้แผนภูมิแก๊งปลาดังนี้



### 5.3.2 การใช้แผนภูมิแก๊งปลาในการแก้ปัญหา

การที่เราจะมาพิจารณาว่า จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยอาศัยแผนภูมิแก๊งปลา ได้อย่างไรนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงก็คือ

1. พิจารณาสาเหตุแต่ละอย่างว่าอยู่ในวิสัยของกลุ่มที่จะปรับปรุงแก้ไขได้หรือไม่ คำนึงกับค่าใช้จ่ายหรือไม่
2. ลำดับความสำคัญของสาเหตุที่จะต้องปรับปรุงแก้ไขแต่ละข้อ ตรวจสอบการปฏิบัติงานจริง เมื่อสามารถระบุได้ว่าสาเหตุที่แท้จริงหรือสาเหตุที่สำคัญที่สุดอยู่ตรงไหน จะได้นำไปแก้ไขต่อไป
3. ทดลองหาวิธีแก้ เปรียบเทียบผลที่ได้เพื่อประกอบการพิจารณาเลือกวิธีการแก้ไขปรับปรุง จัดทำตารางแผนการปรับปรุงแก้ไขที่เราเลือก และติดตามผล ดังนี้

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีแก้ไข	วันที่แก้ไข	ผู้รับผิดชอบ ผล	หมายเหตุ

## 5.4 แผนภูมิแสดงการกระจาย

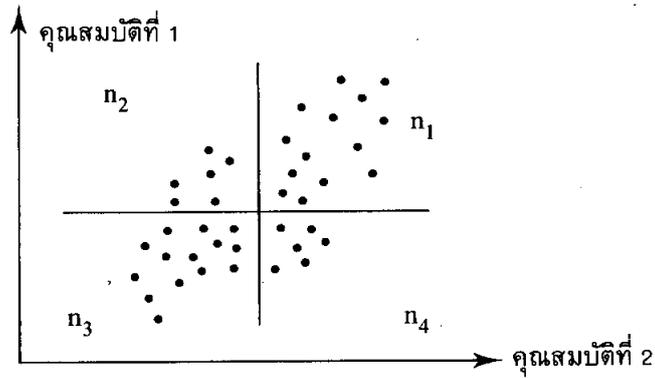
การควบคุมคุณภาพ นอกจากจะต้องเลือกใช้เทคนิคการควบคุมให้เหมาะสมแล้ว การเลือกค่าคุณสมบัติที่ต้องการควบคุมก็มีความสำคัญด้วย มิฉะนั้นแล้วจะทำให้การควบคุมไม่ได้ผลเท่าที่ควร บ่อยครั้งที่เราจะพบว่าคุณสมบัติของสิ่งที่เราต้องการควบคุมมีความสัมพันธ์กัน เราอาจไม่จำเป็นที่จะต้องควบคุมคุณสมบัตินั้นทุกอย่าง แต่อาจจะควบคุมอย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เก็บข้อมูลได้ง่าย หรือมีผลกระทบต่อคุณสมบัติอื่น ๆ

### 5.4.1 การเขียนแผนภูมิแสดงการกระจาย

วิธีการเบื้องต้น ง่าย ๆ ที่นิยมใช้ทางด้านปฏิบัติ และเหมาะสมสำหรับพนักงานทั่วไปในการแก้ปัญหาการควบคุมคุณภาพ ที่มีคุณสมบัติ 2 อย่างมีความสัมพันธ์กัน ก็คือการใช้แผนภูมิแสดงการกระจายซึ่งเป็นกราฟแสดงการกระจายของคุณภาพ 2 อย่างร่วมกัน โดยให้แกนนอนแทนคุณสมบัติหนึ่ง และแกนตั้งแทนอีกคุณสมบัติหนึ่ง ผลที่ได้จากแผนภูมิ จะทำให้เราทราบว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ และความสัมพันธ์นั้นเป็นอย่างไร

การเขียนแผนภูมิแสดงการกระจายและอ่านผลที่ได้จากแผนภูมิ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทดสอบคุณสมบัติทั้ง 2 ที่ต้องการดูความสัมพันธ์ จากการปฏิบัติการในแต่ละครั้ง นำตัวเลขข้อมูลที่วัดได้รวบรวมไว้ในตารางเป็นคู่ ๆ
2. ใช้กระดาษกราฟ แบ่งสเกลตามแกนตั้งสำหรับคุณสมบัติที่ 1 และสเกลตามแกนนอนสำหรับคุณสมบัติที่ 2 นำข้อมูลจากตารางมาเขียนจุดแสดงคุณสมบัติแต่ละคู่บนกราฟ
3. จากแผนภูมิที่แสดงการกระจายของจุดทั้งหมด เราลากเส้นขนานกับแกนตั้งแบ่งครึ่งจุดเหล่านั้น นั่นก็คือ จำนวนจุดทางด้านซ้ายจะต้องเท่ากับจำนวนจุดทางด้านขวา กรณีที่มีจำนวนจุดทั้งหมดเป็นจำนวนคี่ เส้นขนานจะลากผ่านจุด ๆ หนึ่งที่อยู่ที่กึ่งกลาง
4. ลากเส้นขนานกับแนวนอนแบ่งครึ่งจุดทั้งหมด ถ้ามีเป็นจำนวนคี่ เส้นขนานนี้จะลากผ่านจุด ๆ หนึ่งที่อยู่ที่กึ่งกลาง เราจะได้ จำนวนจุดเหนือเส้นขนานเท่ากับจำนวนจุดใต้เส้นขนานพอดี
5. เส้นตรงจาก (3) และ (4) จะตั้งฉากซึ่งกันและกัน และแบ่งจุดทั้งหมดเป็น 4 ส่วน ในขั้นตอนนี้ จะบอกให้เราทราบว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันหรือไม่อย่างไร โดยการเปรียบเทียบผลรวมของจำนวนจุดที่อยู่ในแนวทแยงมุม สมมุติว่าเรานับจำนวนจุดในแต่ละส่วนได้เป็น  $n_1, n_2, n_3$  และ  $n_4$  ดังนี้



6. อ่าน ได้ดังนี้  
ถ้า

- ก.  $n_1 + n_3 > n_2 + n_4$  แสดงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ในทางบวก (คุณสมบัติทั้ง 2 เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน)
- ข.  $n_1 + n_3 < n_2 + n_4$  แสดงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ในทางลบ (คุณสมบัติทั้ง 2 เคลื่อนที่ในทิศทางตรงข้ามกัน)
- ค.  $n_1 + n_3 \equiv n_2 + n_4$  แสดงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 ไม่มีความสัมพันธ์กัน
- กรณีของข้อ ก กับ ข เรากล่าวว่า คุณสมบัติทั้งสองมีสหสัมพันธ์กัน

#### 5.4.2 การคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

แผนภูมิการกระจายจะบอกให้เราทราบว่า คุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร แต่ไม่ได้บอกขนาดของความสัมพันธ์ว่ามีมากน้อยแค่ไหน ค่าที่จะบอกถึงขนาดของความสัมพันธ์ และลักษณะของความสัมพันธ์ว่าเป็นอย่างไร คือ ส.ป.ส. สหสัมพันธ์  $\rho$  ซึ่งเราประมาณค่าด้วยตัว  $r$  และถ้าต้องการความแน่นอนเราก็ต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของค่า  $r$  ซึ่งเป็นเรื่องที่นักศึกษาเคยเรียนมาแล้วใน ST 204 จึงขอสรุปขั้นตอนในการคำนวณและการทดสอบไว้ ดังต่อไปนี้

ก. กรณีของข้อมูลเก็บจาก Bivariate Normal Distribution

1. เก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ  $n$  ครั้ง วัดค่าคุณสมบัติที่ 1 เป็น  $X$  และวัดค่าคุณสมบัติที่ 2 เป็น  $Y$  เก็บรวบรวมไว้ในตารางเป็นคู่ ๆ
2. จากตารางข้อมูล หาค่า  $XY, X^2$  และ  $Y^2$
3. หาผลบวกของ  $X, Y, XY, X^2$  และ  $Y^2$  จะได้  $\Sigma X, \Sigma Y, \Sigma XY, \Sigma X^2$  และ  $\Sigma Y^2$  ตามลำดับ
4. หาค่า  $r$  จากสูตร

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \dots\dots ①$$

ค่าของ r จะอยู่ระหว่าง -1 กับ 1

5. สรุปผลที่ได้จากค่า r

ก) ค่า r เป็น + แสดงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

$r = +1$  แสดงว่าจุดทุกจุดอยู่บนเส้นตรงที่มีความลาดชันเป็น + มีความหมายว่า คุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ในทิศทางเดียวกัน

ข) ค่า r เป็น - แสดงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน

$r = -1$  แสดงว่า จุดทุกจุดอยู่บนเส้นตรงที่มีความลาดชัน เป็น - มีความหมายว่า คุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงอย่างสมบูรณ์ ในทิศทางตรงข้ามกัน

ค)  $r = 0$  มีความหมายว่าคุณสมบัติทั้ง 2 ไม่มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง

6. การทดสอบเพื่อความแน่นอน เราใช้ตัวสถิติทดสอบ

$$T = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} \dots\dots ②$$

เปรียบเทียบกับค่า  $t_{n-2}$  ถ้าค่า  $T > t_{n-2}$  เราจะสรุปว่า คุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันจริง

#### หมายเหตุ

1. บ่อยครั้งที่การคำนวณตามสูตร ① ทำให้เสียเวลาและยุ่งยากมาก เราอาจปรับค่าเสียใหม่ซึ่งทำให้สะดวกและง่ายกว่าเดิมคือ

ให้  $x = X - \bar{X}$  และ  $y = Y - \bar{Y}$  หากค่า  $xy, x^2, y^2$  และคำนวณค่า  $\sum xy, \sum x^2$  และ  $\sum y^2$  สูตร ① จะเปลี่ยนเป็น

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \dots\dots ①$$

2. ค่าของ r ไม่ได้บอกถึงการเป็นเหตุเป็นผลกันระหว่างคุณสมบัติทั้ง 2 บอกได้แต่เพียงว่าคุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันในลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงร่วมกัน มากน้อยเพียงใดเท่านั้นเอง การที่จะมาพิจารณาว่า คุณสมบัติหนึ่งควรจะเป็นเหตุหรือควรจะมีอิทธิพลต่ออีกคุณสมบัติหนึ่งหรือไม่ ก็ต้องอาศัยข้อมูลแวดล้อมและการวิเคราะห์โดยเหตุผลเป็นเครื่องประกอบการตัดสินใจ เช่น เราพบว่า การผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์หนึ่ง ค่าของความแข็งแรงกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ มีสหสัมพันธ์สูงมาก  $r$  เข้าใกล้ +1 โดยการพิจารณาด้วยเหตุผล เราจะสรุปว่า ปริมาณวัตถุดิบ มีผลต่อความแข็งแรงของชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้

- ข. กรณีของการทดสอบที่เป็นอิสระจากรูปการแจกแจง การใช้ Spearman rank correlation coefficient  $r_s$  ในการวัดขนาดและลักษณะความสัมพันธ์
1. จากตารางที่เก็บรวบรวมข้อมูลเป็นคู่ ๆ ให้อันดับกับค่าคุณสมบัติที่ 1 และอันดับกับค่าคุณสมบัติที่ 2 ซึ่งเรียงลำดับตามขนาดของมัน
  2. หาผลต่างระหว่างอันดับเป็นคู่ ๆ ให้เป็นค่า  $d$
  3. ยกกำลังสองค่าผลต่าง  $d$  หาผลบวกเป็น  $\Sigma d^2$
  4. คำนวณหาค่า

$$r_s = 1 - \frac{6\Sigma d^2}{n(n^2 - 1)} \quad \dots \textcircled{3}$$

$-1 \leq r_s \leq 1$  ค่า  $r_s$  มีความหมายเช่นเดียวกับค่า  $r$

5. การทดสอบเพื่อความแน่นอน

เราจะกล่าวว่า คุณสมบัติทั้ง 2 มีความสัมพันธ์กันจริง ถ้า

$|r_s| \geq$  ค่าที่อ่านได้จากตารางค่าวิกฤติของ Rank Correlation Coefficient

หรือ  $|r_s \sqrt{n-1}| \geq Z$  (ขนาดตัวอย่าง  $n$  โต)

รายละเอียดเกี่ยวกับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ขอให้นักศึกษากลับไปทบทวนใน ST 204

#### ตัวอย่างที่ 5.4

จากข้อมูลการผลิตชิ้นส่วน  $K$  ที่เก็บมาระหว่างกระบวนการผลิต วัดความเหนียวของชิ้นส่วน และปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนนั้น ปรากฏผลดังนี้

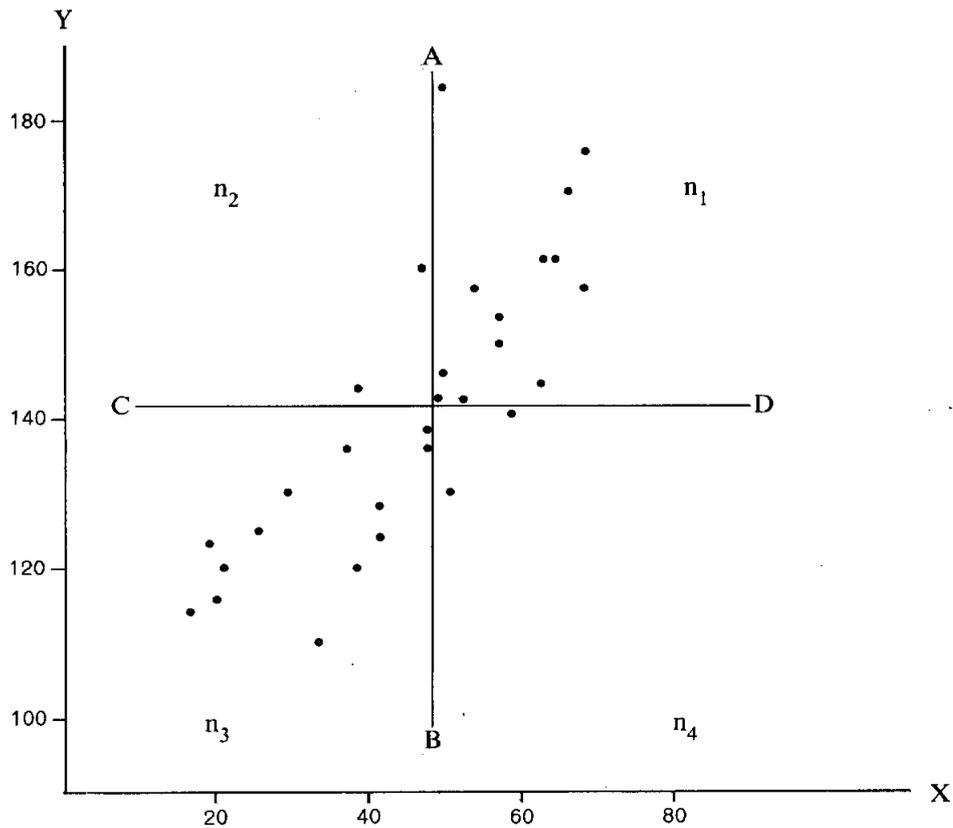
ชั้นที่	ความเหนียว	ปริมาณของ วัตถุดิบที่ใช้	ชั้นที่	ความเหนียว	ปริมาณของ วัตถุดิบที่ใช้
1	144	39	16	130	48
2	220	47	17	135	45
3	138	45	18	114	17
4	145	47	19	116	20
5	162	65	20	124	19
6	142	46	21	136	36
7	170	67	22	142	50
8	124	42	23	120	39
9	158	67	24	120	21
10	154	56	25	160	44

ชั้นที่	ความเหนียว	ปริมาณของ วัตถุดิบที่ใช้	ชั้นที่	ความเหนียว	ปริมาณของ วัตถุดิบที่ใช้
11	162	64	26	158	53
12	150	56	27	144	63
13	140	59	28	130	29
14	110	34	29	125	25
15	128	42	30	175	69

- ก) จงเขียนแผนภูมิการกระจาย แผนภูมิจะบอกอะไรแก่ท่านบ้าง
- ข) จงหาขนาดของความสัมพันธ์โดยใช้สูตร 1 และแสดงการทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$  ว่า ความเหนียวของชั้นส่วนจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้หรือไม่
- ค) จงวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความเหนียวของชั้นส่วนกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ส.ป.ส. สหสัมพันธ์อันดับของ Spearman ( $r_s$ ) เปรียบเทียบผลที่ได้กับผลจากข้อ ข

#### วิธีทำ

- ก) เขียนแผนภูมิการกระจายตามขั้นตอนต่อไปนี้
1. แบ่งสเกลบนกระดาษ ให้แกนตั้งแทนความเหนียวของชั้นส่วน : Y แกนนอนแทนปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ : X
  2. นำข้อมูลจากตารางมาเขียนจุดบนกราฟ จะได้แผนภูมิแสดงการกระจายของข้อมูลทั้งหมด
  3. ลากเส้น AB ขนานกับแกนตั้งแบ่งครึ่งจุดทั้งหมด
  4. ลากเส้น CD ขนานกับแกนนอนแบ่งครึ่งจุดทั้งหมด
  5. เส้น AB จะตั้งฉากกับเส้น CD และแบ่งจุดทั้งหมดเป็น 4 ส่วน นับจำนวนจุดในแต่ละส่วนได้  $n_1 = 13 = n_3, n_2 = 2 = n_4$
- จะได้แผนภูมิการกระจาย ดังนี้



พิจารณาจากแผนภูมิ จะเห็นว่า ค่าของ  $n_1 + n_3 > n_2 + n_4$  จากลักษณะที่ได้ เราถือว่า ความเหนียวของชิ้นส่วน (Y) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ (X) อาศัยหลัก เหตุผล จะเห็นได้ว่า การควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วน K ไม่จำเป็นต้องควบคุมความเหนียวของ ชิ้นส่วนและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ เราเลือกควบคุมปริมาณวัตถุดิบที่ใช้อย่างเดียวก็เพียงพอแล้ว

ข) หาผลคูณของ X กับ Y แต่ละคู่ = XY

ยกกำลังสองของค่า X =  $X^2$ , ยกกำลังสองของค่า Y =  $Y^2$

หาผลบวกของ X, Y, XY,  $X^2$  และ  $Y^2$  ตามลำดับ จะได้

$$\Sigma X = 1,354, \Sigma Y = 4,276, \Sigma XY = 199,576, \Sigma X^2 = 67,894 \text{ และ } \Sigma Y^2 = 624,260$$

คำนวณหาค่า r จะได้

$$r = \frac{30 \times 199,576 - 1,354 \times 4,276}{\sqrt{[30 \times 67,894 - (1,354)^2][30 \times 624,260 - (4,276)^2]}} = 0.657$$

จากค่า  $r$  ที่ได้ แสดงว่า ความเหี่ยวของชิ้นส่วนกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

ซึ่งเราสามารถทดสอบให้แน่ใจ ตามขั้นตอนดังนี้

1) สมมุติฐานในการทดสอบ :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_a : \rho > 0$$

2) ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$

3) เราไม่ยอมรับ  $H_0$  ถ้า

$$T_{\text{คำนวณ}} > t_{28,0.05} = 1.701$$

4) คำนวณค่า  $T$  จะได้

$$T = \frac{0.657}{\sqrt{1-(0.657)^2}} \sqrt{28} = 4.61$$

5) สรุปได้ว่า ความเหี่ยวของชิ้นส่วนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้

ผลสรุปที่ได้นี้ เป็นข้อยืนยันการตัดสินใจจากแผนภูมิการกระจายในข้อ ก ได้เป็นอย่างดี

ค) จากตารางข้อมูล เราให้อันดับกับค่า  $X$  (ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้) และให้อันดับกับค่า  $Y$  (ความเหี่ยวของชิ้นส่วน)

หาผลต่างระหว่างอันดับของแต่ละชิ้น =  $d$

ยกกำลังสองค่า  $d$  แต่ละค่า แล้วหาผลรวม  $\Sigma d^2 = 805.5$

แสดงให้เห็น ดังตารางต่อไปนี้

ชิ้นที่	ค่า X	อันดับของ X	ค่า Y	อันดับของ Y	d	d <sup>2</sup>	ชิ้นที่	ค่า X	อันดับของ X	ค่า Y	อันดับของ Y	d	d <sup>2</sup>
1	144	18.5	39	9.5	9	81	16	130	10.5	48	19	-8.5	72.25
2	220	30	47	17.5	12.5	156.25	17	135	12	45	14.5	-2.5	6.25
3	138	14	45	14.5	-.5	0.25	18	114	2	17	1	1	1
4	145	20	47	17.5	2.5	6.25	19	116	3	20	3	0	0
5	162	26.5	65	27	-.5	0.25	20	124	6.5	19	2	4.5	20.25
6	142	16.5	46	16	.5	0.25	21	136	13	36	8	5	25
7	170	28	67	28.5	-.5	0.25	22	142	16.5	50	20	-3.5	12.25
8	124	6.5	42	11.5	-5	25	23	120	4.5	39	9.5	5	25
9	158	23.5	67	28.5	-5	25	24	120	4.5	21	4	.5	0.25
10	154	22	56	22.5	-.5	0.25	25	160	25	44	13	12	144
11	162	26.5	64	26	.5	0.25	26	158	23.5	53	21	2.5	6.25

ชั้นที่	ค่า X	อันดับของ X	ค่า Y	อันดับของ Y	d	d <sup>2</sup>	ชั้นที่	ค่า X	อันดับค่า X	ค่า Y	อันดับค่า Y	d	d <sup>2</sup>
12	150	21	56	22.5	-1.5	2.25	27	144	18.5	63	25	-6.5	42.25
13	140	15	59	24	-9	81	28	130	10.5	29	6	4.5	20.25
14	110	1	34	7	-6	36	29	125	8	25	5	3	9
15	128	9	42	11.5	-2.5	6.25	30	175	29	69	30	-1	1

คำนวณหาค่า  $r_s$  จะได้

$$r_s = 1 - \frac{6 \times 805.5}{30(30^2 - 1)} = 0.82$$

การทดสอบ จะมีขั้นตอนแบบเดียวกับข้อ ข แต่เราจะใช้ตัวสถิติ Z (ถือว่า n โต) ค่าของตัวสถิติที่คำนวณได้คือ

$$r_s \sqrt{n-1} = 0.82 \sqrt{30-1} = 4.41$$

มีค่ามากกว่า  $Z_{.05} = 1.645$

เราจึงสรุปว่า ความเหนียวของชิ้นส่วนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ โดยปราศจากข้อสงสัย

จะเห็นว่า ผลสรุปที่ได้จาก ข้อ ข และ ค เป็นข้อสรุปเดียวกัน

### 5.4.3 แผนภูมิการกระจายกับเส้นถดถอย

การพิจารณาความสัมพันธ์จากแผนภูมิการกระจาย หรือจากการคำนวณหาค่า ส.ป.ส. สหสัมพันธ์ เราไม่สนใจว่าคุณสมบัติใดเป็นเหตุและคุณสมบัติใดเป็นผล แต่เมื่อเราพบว่าคุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน เราอาจพิจารณาโดยอาศัยสิ่งแวดล้อมหรือโดยอาศัยเหตุผลซึ่งได้ว่า ตัวใดจะเป็นเหตุ ตัวใดจะเป็นผล มีอีกวิธีการหนึ่งที่จะใช้ทำการวิเคราะห์เพื่อดูอิทธิพลของคุณสมบัติหนึ่ง (X) ที่มีต่ออีกคุณสมบัติหนึ่ง (Y) หรือเพื่อใช้ประโยชน์จาก X ในการทำนายค่า Y คือวิธีการ “การถดถอย” ในที่นี้เราจะพูดถึงการถดถอยเชิงเส้นตรงของ Y บน X ซึ่งมีความหมายว่าค่าเฉลี่ยของ  $Y/x$  ( $\mu_{Y/X}$ ) มีความเกี่ยวข้องกับ X ในรูปของเส้นตรงที่มีสมการ

$$\mu_{Y/X} = \beta_0 + \beta_1 X$$

กล่าวได้ว่า การถดถอยของ Y บน X ก็คือความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ Y เมื่อกำหนดค่า  $X = x$  กับค่าของ X นั้นเอง หากเราควบคุมค่าของ X ไว้ ก็เท่ากับว่า เราได้ควบคุมค่าของ Y ไว้ด้วย

เราประมาณเส้นถดถอยไว้ด้วย เส้นถดถอยตัวอย่าง

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X \dots(4)$$

ในเมื่อ

$$b_1 = \frac{n\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2} = \frac{\Sigma xy}{\Sigma x^2} \dots(5)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X} \dots(6)$$

จากแผนภูมิการกระจาย จะแสดงให้เห็นถึงกลุ่มจุดที่แสดงสัมพันธภาพระหว่างคุณสมบัติ X กับคุณสมบัติ Y เราใช้การกระจายของจุดเป็นแนวทางในการพิจารณาความสัมพันธ์ เมื่อเราเขียนเส้นถดถอยลงบนแผนภูมิ เส้นตรงนี้จะแสดงสัมพันธภาพระหว่างคุณสมบัติทั้ง 2 แทนที่กลุ่มจุด และเราอาจจะตัดสินใจได้ว่า สมมติฐานเกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงนั้นสมเหตุสมผลหรือไม่ เพียงใด

### ตัวอย่างที่ 5.5

จากข้อมูลในตัวอย่างที่ 5.4 จงเขียนแผนภูมิการกระจายและเส้นถดถอยตัวอย่าง

วิธีทำ

จากตัวอย่าง 5.4 ข้อ ข เราได้

$$\Sigma X = 1,354, \Sigma Y = 4,276, \Sigma XY = 199,576 \text{ และ } \Sigma X^2 = 67,894$$

ดังนั้น

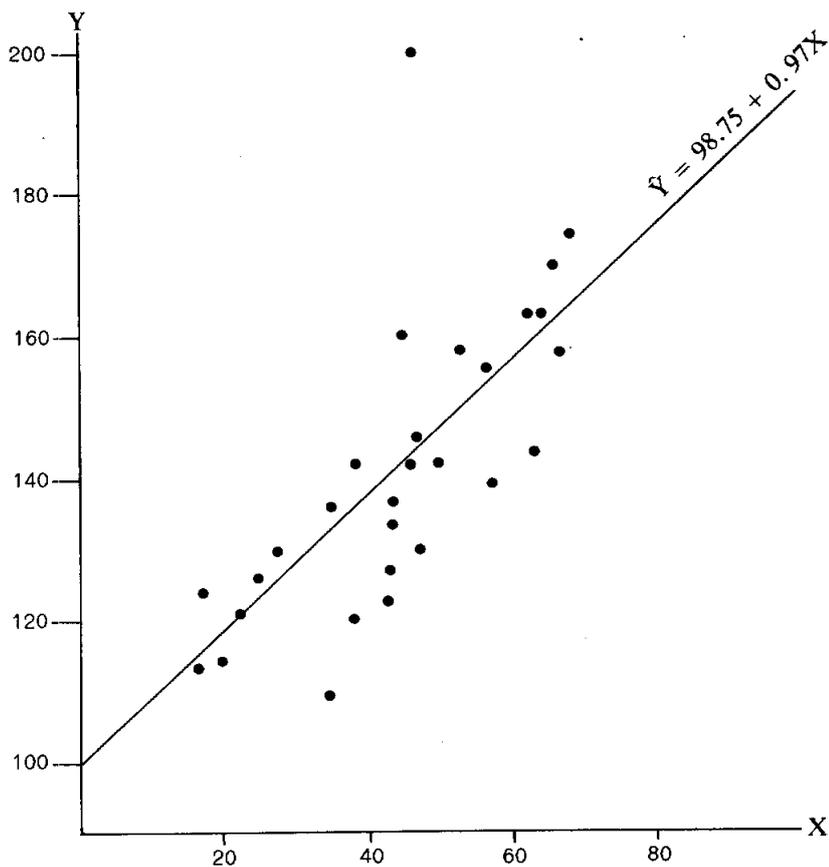
$$b_1 = \frac{30 \times 199,576 - 1,354 \times 4,276}{30 \times 67,894 - (1,354)^2} = 0.97$$

$$b_0 = \frac{4,276}{30} - 0.97 \times \frac{1,354}{30} = 98.75$$

สมการเส้นถดถอยตัวอย่าง คือ

$$\hat{Y} = 98.75 + 0.97 X$$

เขียนแผนภูมิการกระจายและเส้นถดถอยบนกราฟ ดังนี้



จากกราฟ แสดงว่า การใช้ตัวแบบเชิงเส้นตรงสมเหตุสมผล สนับสนุนข้อเท็จจริงที่ว่า ปริมาณการใช้วัตถุดิบมีอิทธิพลต่อความเหนียวของชิ้นส่วน

หมายเหตุ

1. หากเราตัดสินใจไม่ได้ว่า การใช้ตัวแบบเชิงเส้นตรงสมเหตุสมผลจริงหรือไม่ เราอาจทดสอบความมีนัยสำคัญของค่า  $\beta_1$  โดยใช้ตัวสถิติ

$$T = \frac{b_1}{S_{b_1}} \quad (\text{df.} = n-2) \quad \dots(7)$$

$$\text{เมื่อ } S_b = \sqrt{\frac{\Sigma Y^2 - b_0 \Sigma Y - b_1 \Sigma XY}{(n-2) \Sigma (X-X)^2}} \quad \dots(8)$$

2. ความสัมพันธ์ระหว่าง  $b_1$  กับ  $r$  คือ

$$r^2 = \frac{b_1^2 S_x^2}{S_y^2} \quad \dots(9)$$

ค่า  $100^2$  เป็น % ของความแปรปรวนของค่า Y ที่อธิบายได้ด้วยเส้นถดถอย หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ % ของความแปรปรวนของค่า Y ที่เนื่องมาจากอิทธิพลของค่า X  
 \*ให้นักศึกษากลับไปทบทวนรายละเอียดในเรื่องการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์จากหนังสือ สถิติวิเคราะห์เบื้องต้น (ST 204) บทที่ 5 ของ รศ.ดร.รสสุคนธ์ หังสมฤกษ์\*

#### 5.4.4 การใช้แผนภูมิการกระจาย

ในการใช้แผนภูมิการกระจาย มีสิ่งที่จะต้องคำนึงดังต่อไปนี้

1. จะต้องศึกษาว่าแพกเตอร์ใดที่เป็นตัวทำให้เกิดความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อะไรเป็นความผันแปรในแพกเตอร์นั้น การควบคุมความผันแปรในแพกเตอร์ดังกล่าว จะมีอิทธิพลต่อการควบคุมความผันแปรในคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากน้อยแค่ไหน
2. การทดสอบคุณภาพ จะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์นั้นเสื่อมคุณภาพหรือถูกทำลายไปหรือไม่ ถ้าเป็นเช่นนั้น จะมีวิธีการตรวจสอบทางอ้อมอย่างไรที่จะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสื่อมคุณภาพหรือถูกทำลายไป ซึ่งการทดสอบทางอ้อมจะต้องมีความสัมพันธ์หรือมีอิทธิพลสูงต่อการทดสอบโดยตรง

### แบบฝึกหัด

1. โรงงานผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ ได้เก็บตัวอย่างชิ้นส่วนมาวัดความยาววันละ 10 ชิ้น เป็นเวลา 10 วัน ได้ผลดังนี้

วันที่	ความยาวชิ้นส่วนอุปกรณ์ (มิลลิเมตร)									
1	57.6	40.7	53.8	75.5	82.3	73.3	80.5	72.7	80.5	86.8
2	55.7	32.6	62.7	61.4	72.4	73.8	62.2	65.4	58.7	49.2
3	56.4	59.3	75.0	46.4	55.1	53.6	61.8	48.5	56.2	59.8
4	58.7	56.4	65.5	49.5	50.7	64.3	48.9	52.5	64.3	60.0
5	50.5	49.4	46.8	72.0	68.7	52.5	59.4	60.3	47.5	58.3
6	50.5	52.5	52.8	68.5	55.8	55.8	62.4	57.2	60.3	59.6
7	44.0	50.0	59.5	71.0	59.5	63.5	64.3	55.4	49.6	50.2
8	43.3	45.5	54.6	58.9	57.5	54.2	49.8	56.5	56.5	54.6
9	40.8	50.0	55.9	62.4	55.2	60.7	62.8	56.5	58.4	62.5
10	59.3	35.5	53.7	59.7	45.9	56.5	57.2	60.3	49.8	51.3

จงเขียนนิสโตแกรม (ใช้  $k = 10$ )

2. (จากโจทย์ข้อ 8 หน้า 155 ในหนังสือ “การควบคุมคุณภาพสมัยใหม่” ของ ดร.เจริญ วัชรरังษี)  
การเก็บตัวเลขแผ่นกระเบื้องเสียของโรงงานผลิตกระเบื้องซีเมนต์มุงหลังคา ได้ข้อมูลดังตาราง

ข้อมูล 1 สัปดาห์ 31 พ.ค. - 6 มิ.ย.

ตำแหน่งกระเบื้องเสีย	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	จันทร์	อังคาร	พุธ
	31	1	2	4	5	6
1. เครื่องผลิต	140	148	118	128	116	173
2. สายพานพ่นสี	139	78	95	187	182	140
3. เครื่องเคลือบผิว	51	76	88	33	63	59
4. รถยกกระเบื้อง	650	540	590	550	560	490
5. เครื่องแกะแบบ	57	96	79	100	90	120
6. สาเหตุอื่น ๆ	41	55	2	17	54	21

- 2.1 จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แผ่นกระเบื้องเสีย ที่เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ  
2.2 จงเขียนแผนภูมิพาเรโตจากข้อมูล  
2.3 ถ้าผลผลิตทั้งสัปดาห์ = 140,000 แผ่น จงคำนวณหาเปอร์เซ็นต์แผ่นกระเบื้องเสีย ทั้งสัปดาห์  
2.4 ถ้าตั้งเป้าหมายให้มีเปอร์เซ็นต์แผ่นกระเบื้องเสียลดลงได้มากที่สุด ท่านคิดว่าจะมีวิธีการอย่างไร
3. โรงงานผลิตตุ้ยมี่ประสบปัญหาเกี่ยวกับโครงตุ้ยมี่รอยตำหนิ จากการศึกษาบัญหานี้ ในช่วง 6 เดือนแรกของปี สรุปลักษณะที่เสียของโครงตุ้ยมี่ และรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

ลักษณะที่เสีย	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
โครงตุ้ยมี่รอยขีด	79	84	63	71	95	86
โครงตุ้ยมี่เบี้ยว	52	38	44	51	37	32
มุมโครงตุ้ยมี่รู	180	192	175	230	227	262
อาร์คมุมตุ้ยมี่หลุด	103	102	120	115	108	124
อาร์คแผ่นหลังตุ้ยมี่หลุด	65	48	42	67	69	54
จุดอาร์คไม่ครบ	17	22	14	19	17	21
ชิ้นส่วนโครงตุ้ยมี่ไม่มีมาตรฐาน	31	25	33	30	37	28
สาเหตุอื่น ๆ	55	42	37	35	41	52

จงเขียนแผนภูมิพาเรโต

ถ้าตั้งเป้าหมายว่าจะลดการเสียของโครงตู้เย็นให้มากที่สุด ท่านคิดว่าจะมีวิธีการอย่างไร

4. จากปัญหาในข้อ 3 โรงงานตั้งเป้าหมายว่า จะลดอัตราเสียของมูมตู้เย็นปีนรุ ผลจากการรวบรวมสาเหตุของปัญหาได้ว่า
- |    |                         |    |                              |
|----|-------------------------|----|------------------------------|
| 1  | เดินลวดเชื่อมเร็วเกินไป | 11 | ไม่สนใจทำงาน                 |
| 2  | ลวดเชื่อมคุณภาพไม่ดี    | 12 | ไม่มีการฝึกอบรม              |
| 3  | หัวเชื่อมไม่เหมาะกับงาน | 13 | หัวหน้างานไม่ให้คำแนะนำ      |
| 4  | องศาการเชื่อมไม่ถูกวิธี | 14 | จัดขั้นตอนการทำงานไม่เหมาะสม |
| 5  | รอยเชื่อมไม่ดี          | 15 | จัดคนทำไม่เหมาะกับงาน        |
| 6  | เหล็กเป็นสนิม           | 16 | มูมตู้พับไม่เสมอกัน          |
| 7  | แผ่นเหล็กบาง            | 17 | แรงดันลมไม่พอ                |
| 8  | รางเลื่อนเร็วเกินไป     | 18 | สายลมเล็กไป                  |
| 9  | ต้องการยอดผลิตมาก       | 19 | ลมรั่ว                       |
| 10 | เร่งงานมากเกินไป        |    |                              |

จงเขียนแผนภูมิแก๊งปลา

5. ในการผลิตสินค้า AB พบว่า ความผันแปรในคุณภาพของสินค้าขึ้นอยู่กับแพกเตอร์ 2 อย่าง คือ ปริมาณสินค้าที่ได้กับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจำเป็นจะต้องควบคุมทั้งปริมาณที่ได้กับอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ จึงต้องศึกษาว่าปริมาณที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิที่ใช้หรือไม่ เพื่อว่า อาจจะไม่จำเป็นต้องควบคุมทั้ง 2 อย่างแต่จะควบคุมอย่างใดอย่างหนึ่งที่ง่ายหรือสะดวกกว่า จากการตรวจสอบการปฏิบัติการ 27 ครั้ง ปรากฏผลดังนี้

ครั้งที่	อุณหภูมิ	ปริมาณสินค้า	ครั้งที่	อุณหภูมิ	ปริมาณสินค้า
1	58.4	766.9	14	68.3	779.4
2	48.2	670.5	15	62.1	750.8
3	52.7	713.8	16	58.7	765.1
4	60.1	780.4	17	53.5	699.3
5	57.2	751.7	18	49.3	662.7
6	53.1	708.5	19	61.9	742.2
7	49.7	711.4	20	56.9	755.7
8	55.8	722.7	21	58.0	765.7
9	52.7	718.2	22	58.3	762.4
10	62.5	780.2	23	60.6	771.3
11	57.9	758.7	24	59.1	769.8
12	36.5	594.6	25	48.5	696.4
13	43.8	653.4	26	57.3	749.5
			27	61.2	782.5

จงเขียนแผนภูมิการกระจาย และคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์อันดับ  $r_s$  สรุปผลที่ได้ ( $r_s = 0.8747$ )

6. การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ D จะต้องควบคุมแรงดึงของผลิตภัณฑ์ แต่การตรวจสอบแรงดึงของผลิตภัณฑ์ จะทำให้ผลิตภัณฑ์ใช้การไม่ได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการตรวจสอบแบบอื่น ที่ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย นั่นก็คือ ต้องมาศึกษาดูว่าแรงดึงของผลิตภัณฑ์ จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความแข็งของมันหรือไม่ (การตรวจสอบความแข็งไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เสียหาย) ผลจากการศึกษาในจำนวน 12 ครั้ง ปรากฏดังนี้

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ความแข็ง	65	50	55	70	55	70	65	55	70	50	65	55
แรงดึง	85	74	76	87	85	98	94	81	91	76	90	74

จงเขียนแผนภูมิการกระจายและเส้นถดถอย

แสดงการทดสอบและสรุปผล

( $b_0 = 30.056$ ,  $b_1 = 0.897$ )