บทที่ 5
เทคนิคการควบคุมคุณภาพอื่น ๆ

การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต จะต้องใช้แผนภูมิควบคุมชนิดต่างๆ ให้เหมาะสมกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ ถ้ากระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุมโดยมีจุดตกนอกพิกัดควบคุม แสดงว่ามีปัญหาเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการผลิตมีของเสียมาก เครื่องจักรหยุดชะงักบ่อย ผลิตภัณฑ์มีข้อบกพร่องมาก ค่าใช้จ่ายในโรงงานสูงมาก ซึ่งใช้แผนภูมิควบคุมจะไม่ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ต้องนำปัญหาไปค้นหาสาเหตุต่างๆ จำแนกข้อมูลออกมา และเลือกใช้เทคนิคการควบคุมคุณภาพอื่นๆ ให้เหมาะสมกับปัญหา ซึ่งมีฮิสโตแกรม แผนภูมิพาเรโต ไดอะแกรมเหตุและผล และแผนภูมิการกระจาย

1. ฮิสโตแกรม

ก่อนที่จะสร้างฮิสโตแกรม จะมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งมีค่าเป็นตัวเลขที่อาจจะเกิดจากการชั่ง ตวง วัด มาเป็นจำนวนมากพอที่จะสร้างฮิสโตแกรมว่าข้อมูลกระจายลักษณะใด

1.1 การสร้างฮิสโตแกรม

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

(1) เก็บรวบรวมข้อมูลของแต่ละวัน หรือ แต่ละลอต หรือ แต่ละกลุ่ม ทั้งหมด N ตัว

(2) ข้อมูลในแต่ละแถว หาข้อมูลที่มีค่าสูงสุด (X_{max}) และข้อมูลที่มีค่าต่ำสุด (X_{min}) และคำนวณค่าพิสัยของข้อมูลทั้งหมด

$$\text{พิสัย} = X_{max} - X_{min}$$

(3) พิจารณาจำนวนชั้น หรือ แท่ง (k) ได้จากตารางมาตรฐาน คือ

จำนวนข้อมูล (N)	จำนวนชั้น (k)
ต่ำกว่า 50	5-7
50 - 100	6-10
100 - 250	7-12
มากกว่า 250	10-20

หรือจะประมาณจำนวนชั้นได้จาก $k \cong \sqrt{N}$

หรือจะประมาณจำนวนชั้นได้จาก $k = 1 + 3.3 \log N$

(4) หาความกว้างของชั้น (i) ได้จาก $i = R/k$

ทศนิยมที่ได้ ควรปรับ i เป็น 1.0 อาจปรับค่ามากขึ้น หรือ น้อยลง ตามความเหมาะสม และเพื่อสะดวกในการคำนวณ

(5) การสร้างตารางแจกแจงความถี่ เรียงลำดับชั้น จากชั้นแรก ถึงชั้นสุดท้าย คือ $(X_{min}, X_{min} + i - 1), (X_{min} + i, X_{min} + 2i - 1), \ldots$ หรือจะเริ่มชั้นแรกแตกต่างไปได้ แล้วหาความถี่ของชั้น โดยเขียนรอยขีด (tally) ของแต่ละชั้น

(6) เขียนกราฟแท่งของแต่ละชั้น โดยมีความกว้างเท่ากับ i และความสูงของกราฟแท่งเท่ากับ ความถี่ของข้อมูลแต่ละชั้น

ตัวอย่าง 5.1 โรงงานผลิตชิ้นส่วนประกอบเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งได้ เก็บตัวอย่างชิ้นส่วน วัดความยาววันละ 10 ชิ้น เป็นเวลา 10 วัน ได้ข้อมูลดังนี้

วันที่	ความยาวของชิ้นส่วน (มิลลิเมตร)										X_{max}	X_{min}
1	24	31	81	27	42	51	58	82	21	54	82	21
2	53	60	32	83	55	64	33	51	41	58	83	32
3	45	70	57	25	50	51	66	55	32	23	70	23
4	64	58	52	84	56	52	33	43	45	58	84	33
5	36	85	68	37	53	40	54	55	49	50	85	36
6	74	52	40	35	41	28	56	72	61	63	74	28
7	59	62	60	56	39	34	46	75	69	68	75	34
8	30	61	59	76	59	76	51	73	42	52	76	30
9	48	87	78	65	57	63	43	66	79	64	87	43
10	65	44	49	67	47	71	69	45	46	62	71	44

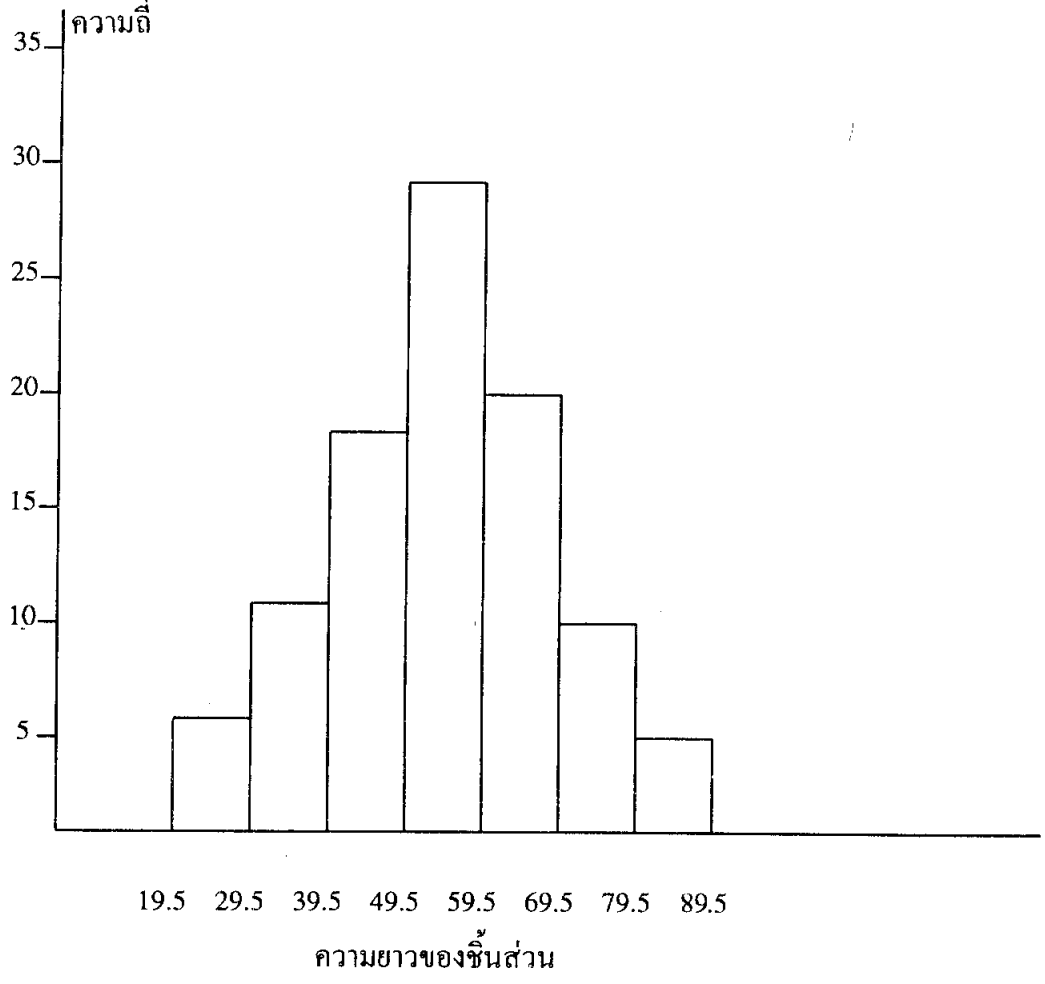
คำตอบ $X_{max} = 87$ $X_{min} = 21$

$R = 87 - 21 = 66$

จากตาราง $N = 100$ ได้ $k = 7$

ความกว้าง $= i = 66/7 = 9.4 \cong 10$

ความยาวของชิ้นส่วน	รอยขีด	ความถี่
20 - 29	𝍸 I	6
30 - 39	𝍸 𝍸 I	11
40 - 49	𝍸 𝍸 𝍸 III	18
50 - 59	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 IIII	29
60 - 69	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸	20
70 - 79	𝍸 𝍸	10
80 - 89	IIIII I	6

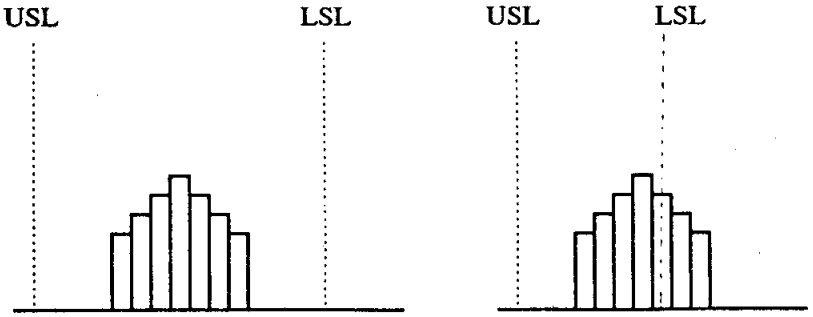


1.2 ลักษณะและความหมายของฮิสโตแกรม

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการสร้างฮิสโตแกรม คือ สามารถทราบการกระจายของข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบ ว่ามีการกระจายที่ดีหรือไม่ ฐานกว้างเกินไปหรือไม่ ค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกึ่งกลางฐานหรือไม่ ลักษณะของฮิสโตแกรม มีลักษณะสมมาตรหรือไม่ อยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนด USL และ LSL หรือไม่ ถ้าลักษณะของฮิสโตแกรม ผิดปกติ แสดงว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จึงต้องดำเนินการค้นหาสาเหตุและแก้ไขต่อไป สรุปก็คือ จะใช้ฮิสโตแกรมเพื่อประกอบการวิเคราะห์ และหาสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ

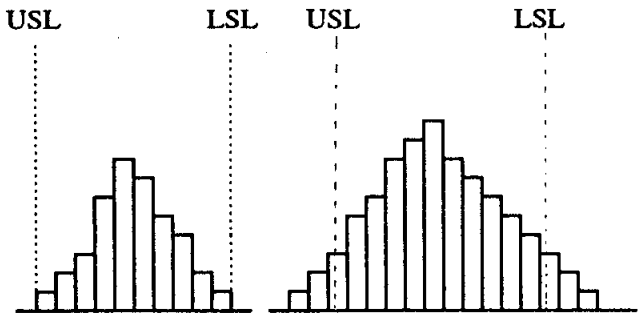
ลักษณะของฮิสโตแกรม มีดังนี้

1. การกระจายที่ดี กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุม
2. การกระจายที่ดี แต่มีด้านหนึ่งออกนอกขอบเขตที่กำหนด ถือว่า ระดับการควบคุมยังไม่เหมาะสม ควรปรับวิธีการทำงานให้ค่าเฉลี่ยอยู่กึ่งกลางระหว่าง USL และ LSL



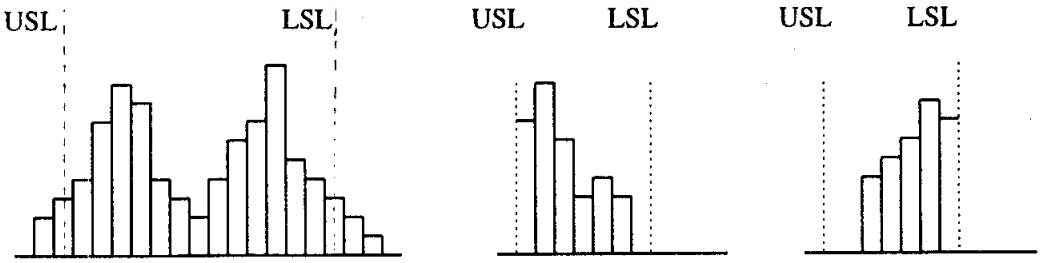
(1) (2)

3. การกระจายมีฐานกว้าง แต่อยู่ในขอบเขตที่กำหนดค่าเฉลี่ยอยู่ตรงกึ่งกลางพอดี ในทางปฏิบัติต้องการลักษณะเช่นนี้
4. การกระจายมีฐานกว้างมาก และยู่นอกขอบเขตที่กำหนด แสดงว่า เครื่องจักรขาดการบำรุงรักษาเป็นเวลานาน ทำให้ กระบวนการผลิตอยู่นอกการควบคุม



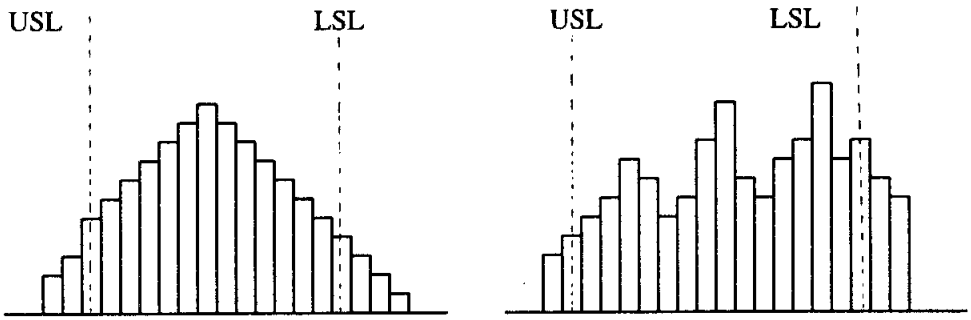
(3) (4)

5. การกระจายมีลักษณะเป็น 2 ยอด (Bimodal) แสดงว่า มีการปนกันระหว่างการแจกแจง 2 ชนิด ที่มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมาก อาจใช้เครื่องจักร 2 เครื่องทำงาน หรือใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน หรือมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ในการทำงาน



(5) (6)

6. การกระจายเป็นลักษณะผาชันแสดงว่า มีการคัดวัตถุดิบที่เสียก่อนเข้ากระบวนการผลิต หรือเกิดจากการอ่านค่าไม่ถูกต้อง อ่านเฉพาะค่าบวก หรือเกิดจากการตรวจสอบโดยเครื่องอัตโนมัติ
7. การกระจายเข้าลักษณะสันเขา แสดงว่า กระบวนการผลิตเกิดจากการทำงานของเครื่องจักรหลายเครื่อง หรืออาจเกิดจากวิธีการทำงานยังไม่เหมาะสม
8. การกระจายของข้อมูลเกิดจากการเก็บข้อมูลไม่ถูกต้อง เครื่องวัดอ่านค่าไม่ชัดเจน หรือเกิดจากการทำงานของเครื่องจักรหลายเครื่อง



(7) (8)

2. แผนภูมิพาเรโต

แผนภูมิพาเรโตเป็นแผนภูมิแท่ง ซึ่งแสดงปริมาณของสาเหตุที่มีปริมาณมากที่สุดเรียงตามลำดับจนถึงปริมาณที่น้อยที่สุด ของปัญหาหนึ่งๆ ที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรม ที่ต้องนำมาวิเคราะห์ปัญหา และนำมาแก้ไขได้อย่างตรงเป้าหมาย เกิดความรวดเร็ว ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงาน

ปัญหาหรือข้อบกพร่องหรือผลิตภัณฑ์ที่คัดทิ้ง เราต้องพิจารณาว่า ปัญหา หรือข้อบกพร่องใดที่สำคัญที่สุด ที่ควรจะปรับปรุงแก้ไขก่อน โดยทำการรวบรวม ปริมาณของสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหา ภายในระยะเวลาที่กำหนด พิจารณาปริมาณของสาเหตุ ว่าสาเหตุใดมีปริมาณมากที่สุด หรือ จะพิจารณามูลค่าที่ทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด ก็จะนำสาเหตุนั้นๆ มาแก้ไขปรับปรุงก่อน

2.1 การสร้างแผนภูมิพาเรโต

(1) เขียนรายการของปัญหา หรือข้อบกพร่อง หรือความเสียหายที่เกิดขึ้นออกมาเป็นรายการที่ชัดเจน

(2) กำหนดระยะเวลาที่จะทำการรวบรวม สาเหตุต่างๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหา ช่วงเวลาของงาน อาจจะเป็นจำนวนชั่วโมง เป็นกะ เป็นจำนวนวัน เป็นสัปดาห์ เป็นเดือน สามเดือน หรือหนึ่งปี และทุกครั้งที่ทำการรวบรวมสาเหตุ ให้ยึดถือระยะเวลาที่กำหนดไว้เริ่มแรกด้วย เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบปริมาณสาเหตุต่อไป

(3) บันทึกเป็นตารางรวบรวมสาเหตุแต่ละประเภท หาผลรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นของแต่ละสาเหตุ

(4) เรียงลำดับจากปริมาณสาเหตุมากที่สุด ไปหา ปริมาณสาเหตุน้อยที่สุด คำนวณเปอร์เซนต์ของแต่ละสาเหตุ และเปอร์เซนต์สะสมของแต่ละสาเหตุ จากปริมาณสาเหตุมากที่สุด ไปหาปริมาณสาเหตุน้อยที่สุด

(5) เขียนกราฟแท่ง โดยความสูงของกราฟแท่งแต่ละแท่ง เท่ากับเปอร์เซนต์ของแต่ละสาเหตุ ความกว้างของกราฟแท่งจะต้องเท่ากัน แท่งกราฟแต่ละแท่งจะเขียนรายการของสาเหตุไว้ และเรียงลำดับจากสาเหตุที่มีเปอร์เซนต์สูงที่สุด ไปหาสาเหตุที่มีเปอร์เซนต์ต่ำที่สุด

(6) เขียนกราฟเส้นตรง จากปลายมุมล่างด้านซ้ายของแท่งแรก ตามเปอร์เซนต์สะสมของแต่ละสาเหตุ ไปจนครบทุกสาเหตุ

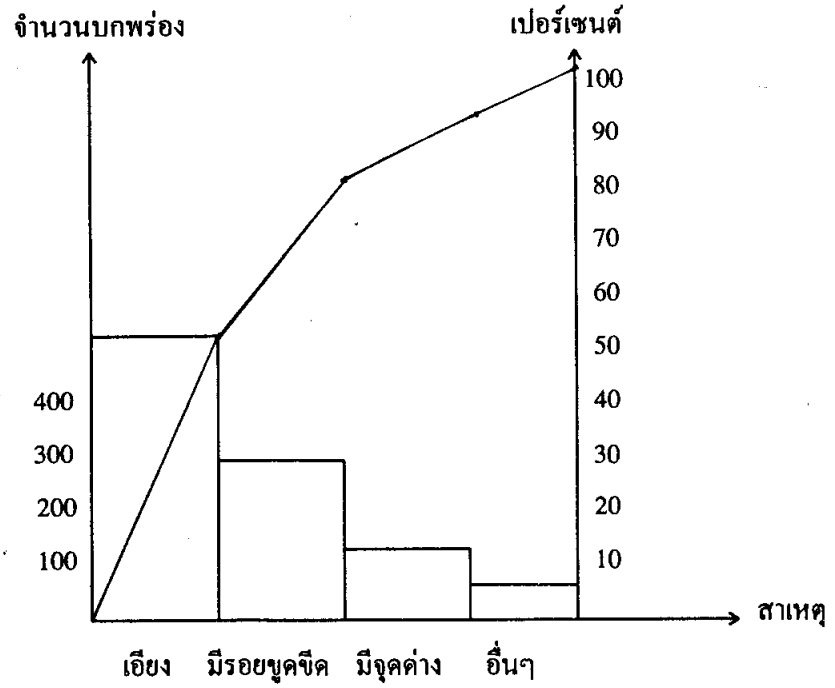
ตัวอย่างที่ 5.2 ในการตรวจสอบเครื่องกลึง ที่ผลิตได้คุณภาพแตกต่างกัน รวบรวมสาเหตุต่างๆ เป็นเวลา 15 วัน ได้ข้อมูล ดังตารางต่อไปนี้

วันที่	มีรอยขูดขีด	เอียง	มีจุดด่าง	อื่นๆ	วันที่	มีรอยขูดขีด	เอียง	มีจุดด่าง	อื่นๆ
1	22	36	6	3	9	14	31	8	6
2	23	39	3	2	10	16	30	7	9
3	30	41	8	4	11	12	22	4	5
4	18	37	14	5	12	13	27	11	2
5	20	28	15	3	13	21	35	13	1
6	21	39	10	6	14	22	29	10	6
7	19	33	9	2	15	19	23	6	7
8	12	29	5	7	รวม	282	479	129	68

จากข้อมูล จงพิจารณาว่า จะแก้ไขสาเหตุใดก่อน

คำตอบ

สาเหตุ	จำนวน	เปอร์เซนต์	เปอร์เซนต์สะสม
1. เอียง	479	(479/958) x 100 = 50.00	50.00
2. มีรอยขูดขีด	282	(282/958) x 100 = 29.44	79.44
3. มีจุดด่าง	129	(129/958) x 100 = 13.46	92.90
4. อื่นๆ	68	(68/958) x 100 = 7.10	100.00
รวม	958		



จากกราฟ สาเหตุที่สำคัญที่สุดของการผลิตเครื่องกลั่น คือ การเอียง จึงต้องแก้ไขปรับปรุงสาเหตุเครื่องกลั่นเอียงก่อน แล้วจึงแก้ไขสาเหตุรองลงมาตามลำดับ ภายหลังการปรับปรุงแก้ไขสาเหตุแล้ว ควรเก็บข้อมูล เป็นระยะเวลา 15 วัน จากลอตต่างๆ เพื่อเขียนแผนภูมิพาเรโต เปรียบเทียบกับแผนภูมินี้

การสร้างแผนภูมิพาเรโต อาจจะพิจารณาปริมาณมูลค่า ที่ทำให้เกิดความเสียหายมากที่สุด เพราะบางสาเหตุมีปริมาณสาเหตุน้อย แต่ก่อให้เกิดมูลค่าความเสียหายมากก็ได้ จึงควรสร้างแผนภูมิพาเรโตให้ตรงตามวัตถุประสงค์และความเหมาะสมของปัญหาที่เกิดขึ้น

3. ไดอะแกรมเหตุและผล

(Cause And Effect Diagram or Fish Bone Diagram or Ishigawa Diagram)

แผนภูมิชนิดนี้ เหมาะสำหรับการระดมความคิดเห็นเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุต่างๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา ซึ่งจะทำให้ทราบว่าปัญหาอยู่ที่ไหน มีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง แต่ละสาเหตุเกี่ยวข้องกันหรือไม่ อย่างไร เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไข

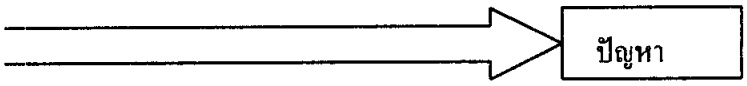
3.1 การเขียนไดอะแกรมเหตุและผล

องค์ประกอบที่ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีอะไรบ้าง ให้รวบรวมความคิดเห็น จากสมาชิกในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด นำมาจัดเป็นกลุ่มๆ แล้วดำเนินการตาม

ขั้นตอนต่อไปนี้

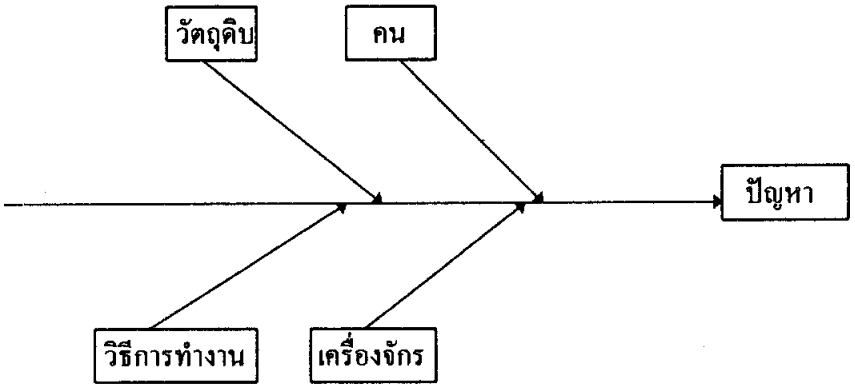
(1) พิจารณาว่าอะไรเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น

(2) เขียนปัญหาไว้ทางขวามือ แล้วเขียนลูกศรใหญ่ชี้ไปทางขวามือ นำปัญหาไว้ทางหัวลูกศร

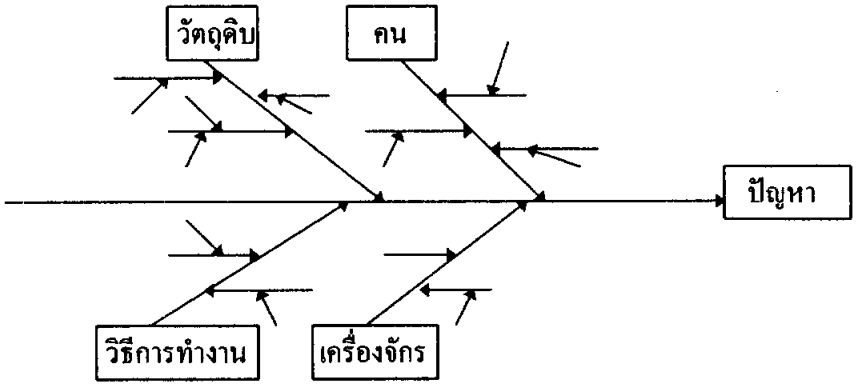


(3) เขียนสาเหตุใหญ่ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา เป็นลูกศรย่อย ดังรูป

จากข้อมูลที่ผ่านมา ปกติปัญหาส่วนใหญ่ จะเกิดจาก คน เครื่องจักร วัตถุดิบ และวิธีการทำงาน



(4) จากสาเหตุใหญ่ แต่ละสาเหตุ เขียนสาเหตุย่อยที่เกี่ยวข้องลงไป



<u>ตัวอย่างที่ 5.3</u> โรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ได้รับข้อมูลจากคนไข้ว่าเมื่อ คนไข้ได้พบแพทย์และทำการตรวจรักษาแล้ว ก็ต้องนั่งรอเพื่อรับใบสั่งยา พร้อมทั้งใบเสร็จค่ารักษาพยาบาล เป็นเวลานานมาก ปัญหา

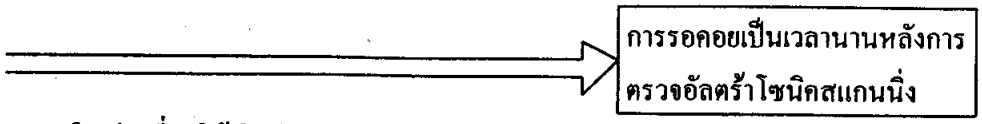
ที่เกิดขึ้น ในโรงพยาบาลแห่งนี้ คือ การลดเวลารอคอยของคนไข้หลังจากได้รับการตรวจด้วยเครื่องอัลตร้าโซนิคสแกนนิ่ง จึงรวบรวมสาเหตุทั้งหมดจากแผนกต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ข้อมูลดังนี้

1. มีจำนวนผลการตรวจของคนไข้เป็นจำนวนมาก
2. มีคนไข้เป็นจำนวนมาก
3. การป้อนข้อมูลใช้เวลามาก
4. การคิดเงินค่าตรวจใช้เวลามาก
5. เครื่องคอมพิวเตอร์แสดงผลข้อมูลช้า
6. การค้นหาประวัติใช้เวลานาน
7. ผลการตรวจจากทุกแผนกส่งมาให้คิดเงินพร้อมๆ กัน
8. พยาบาลขาดประสบการณ์ในการตรวจ
9. ห้องตรวจอยู่ไกล
10. ใบผลการตรวจของคนไข้ยากต่อการแยกแยะ
11. พยาบาลมีจำนวนน้อย ไม่พอให้บริการคนไข้
12. ผลการตรวจถูกส่งมาทีเดียวพร้อมๆ กัน
13. มีคนไข้สองคน จองเวลาเข้าตรวจพร้อมกัน

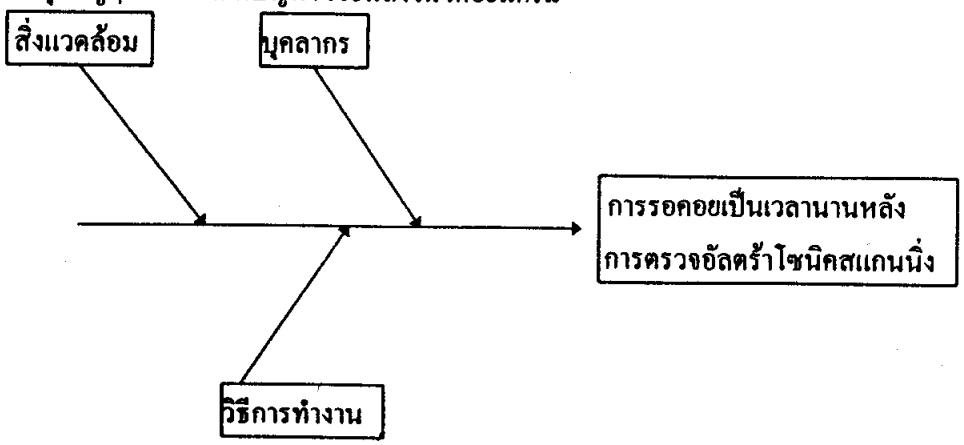
<u>คำตอบ</u> เขียนไดอะแกรมเหตุและผล ได้ดังนี้

(1) ปัญหาที่เกิดขึ้นและนำไปปรับปรุงคือ การรอคอยเป็นเวลานานหลังการตรวจอัลตราโซนิคสแกนนิ่ง

(2) เขียนปัญหาไว้ทางขวามือ และเขียนหัวลูกศร



(3) สาเหตุใหญ่ๆ ที่ทำให้เกิดปัญหา เขียนลงในไดอะแกรม



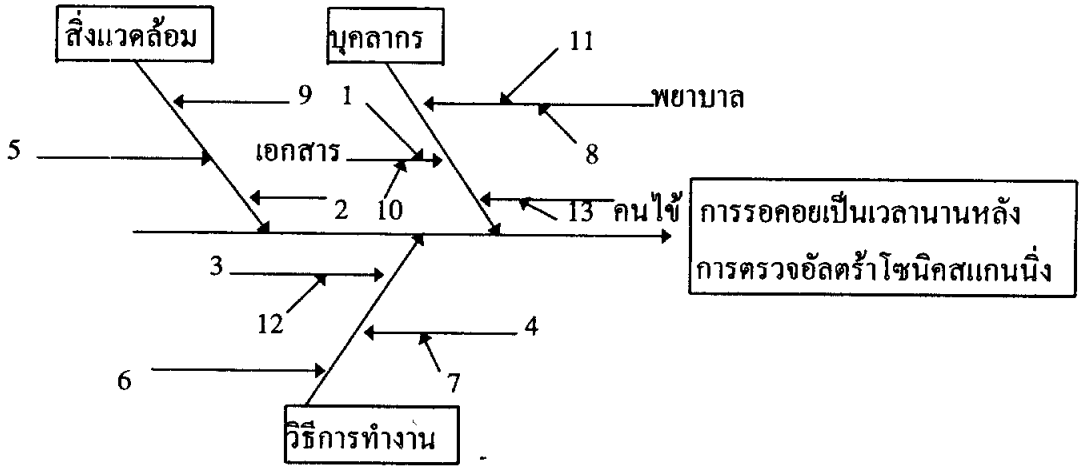
(4) ลงรายการสาเหตุย่อยที่รวบรวมไว้ ให้สัมพันธ์กับสาเหตุใหญ่แต่ละสาเหตุ จะได้ว่า

ข้อ 2, 5, 9 เป็นสาเหตุเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ข้อ 1, 8, 10, 11, 13 เป็นสาเหตุเกี่ยวกับบุคลากร

ข้อ 3, 4, 6, 7, 12 เป็นสาเหตุเกี่ยวกับวิธีการทำงาน

จากนั้นเขียนสาเหตุย่อยๆ นี้ลงได้ ไดอะแกรมเหตุและผล ดังนี้



3.2 การนำไดอะแกรมเหตุและผลไปใช้ในการแก้ปัญหา

การเขียนไดอะแกรมเหตุและผล เป็นการระดมความคิดเห็นของบุคคลในหน่วยงาน จะใช้ความคิดเห็นของคนๆ เดียวไม่ได้ การพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงาน ว่าควรแก้ไขที่จุดใดต้องนำไดอะแกรมเหตุและผลมาใช้ คือ

(1) รวบรวมความคิดเห็นของทุกๆ คน ทั้งผู้ฝึกงาน ว่าสาเหตุอะไรบ้างที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สาเหตุเหล่านั้น สามารถที่จะไปแก้ไขได้หรือไม่ แก้ไขแล้วให้ผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างไร ตรงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่ เกิดปัญหาน้อยลงมากหรือไม่ คุ้มค่ากับการเสียเวลาเสียค่าใช้จ่ายหรือไม่

(2) เขียนรายการของสาเหตุที่จะแก้ไข เรียงตามลำดับความสำคัญ พร้อมทั้งวิธีการปรับปรุงแก้ไข มีการวางแผนและรูปแบบการแก้ไขไว้

(3) นำไดอะแกรมเหตุและผลไปใช้แก้สาเหตุแล้วบันทึกผลที่ได้ เพื่อใช้เปรียบเทียบ กับการแก้ไขปรับปรุงแบบอื่นๆ ต่อไป ให้ทำเป็นตารางการปรับปรุงแก้ไขในแต่ละแบบเพื่อดูผลที่ได้ คือ

ปัญหา	สาเหตุ	วันที่แก้ไข	วิธีการแก้ไข	ผลที่ได้

หมายเหตุ _____

(4) ทำการตรวจสอบผลการแก้ไขปรับปรุง

(5) กำหนดรูปแบบการแก้ไขปรับปรุง ให้เป็นมาตรฐาน

4. แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram)

แผนภูมิการกระจาย ช่วยให้สามารถตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลสองชุดได้ หรือตรวจสอบคุณสมบัติตามที่ต้องการ จะควบคุมว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีความสัมพันธ์กันก็ไม่จำเป็นที่จะต้องควบคุมทุกๆ คุณสมบัติ แต่สามารถเลือกควบคุมคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งที่เก็บรวบรวมข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว การพิจารณาว่าคุณสมบัติสองคุณสมบัติมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ สามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ

4.1 เขียนแผนภูมิการกระจาย

(1) รวบรวมข้อมูลของคุณสมบัติทั้งสอง เขียนลงตารางเป็นคู่ ๆ

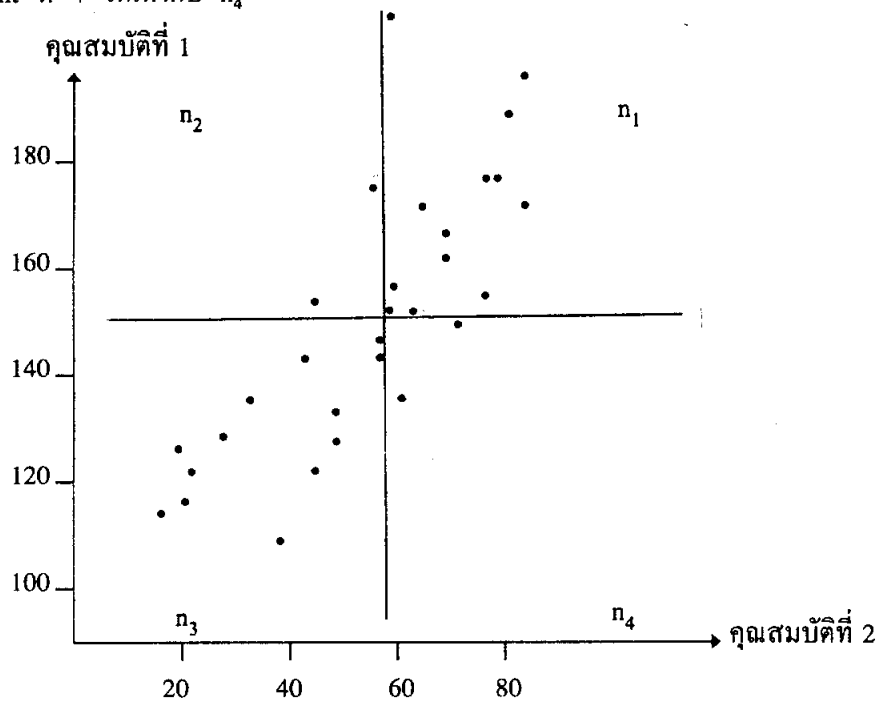
(2) นำกระดาษกราฟธรรมดา เขียนเส้นตรงตามแกนตั้ง แบ่งสเกล สำหรับคุณสมบัติที่ 1 และขีดเส้นตามแกนนอน แบ่งสเกล สำหรับคุณสมบัติที่ 2 นำข้อมูลจากตารางมาเขียนจุดแสดงคุณสมบัติทีละคู่บนกราฟ

(3) แผนภูมิที่ได้ในข้อ (2) จะแสดงการกระจายของจุด ให้ลากเส้นตรงขนานกับแกนตั้งให้แบ่งครึ่งจำนวนจุดทั้งหมด คือ จำนวนจุดที่อยู่ทางด้านซ้ายมือ จะต้องเท่ากับ จำนวนจุดที่อยู่ทาง

ด้านขวามือ แต่ถ้าจำนวนจุดทั้งหมดเป็นเลขคี่ ให้ลากเส้นขนานกับแกนตั้ง ผ่านจุดๆ หนึ่งที่อยู่ตรงกลาง

(4) ลากเส้นตรงขนานกับแกนนอน ให้แบ่งครึ่งจำนวนจุดทั้งหมด คือ จำนวนจุดที่อยู่เหนือเส้นนี้ จะต้องเท่ากับจำนวนจุดที่อยู่ใต้เส้นนี้ เช่นเดียวกันถ้าจำนวนจุดทั้งหมดเป็นเลขคี่ ให้ลากเส้นขนานกับแกนนอน โดยผ่านจุดๆ หนึ่งที่อยู่ตรงกลาง

(5) เส้นตรงที่ได้จากข้อ (3) และข้อ (4) จะแบ่งจุดทั้งหมดเป็น 4 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 จำนวนจุดที่อยู่ใน Quadrant ที่ 1 ให้เท่ากับ n_1 ส่วนที่ 2 จำนวนจุดที่อยู่ใน Quadrant ที่ 2 ให้เท่ากับ n_2 ส่วนที่ 3 จำนวนจุดที่อยู่ใน Quadrant ที่ 3 ให้เท่ากับ n_3 และส่วนที่ 4 จำนวนจุดที่อยู่ใน Quadrant ที่ 4 ให้เท่ากับ n_4



(6) เปรียบเทียบจำนวนจุด $n_1 + n_3$ และ $n_2 + n_4$ ดังนี้

- ถ้า $n_1 + n_3 > n_2 + n_4$ แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทางบวก หรือ คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน

- ถ้า $n_1 + n_3 < n_2 + n_4$ แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กันในทางลบ หรือ คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน

- ถ้า $n_1 + n_3 = n_2 + n_4$ แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

การที่จะพิจารณาว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กันแน่นอนหรือไม่ ควรใช้การทดสอบสมมติฐาน ในกรณี 4.2 หรือ 4.3

4.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ และการทดสอบสมมติฐาน

4.2.1 การใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การใช้แผนภูมิการกระจาย จะทราบเพียงแต่ว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ แต่ไม่ทราบถึงขนาดของความสัมพันธ์ ตัวที่จะบอกขนาดของความสัมพันธ์คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดย ρ คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของประชากร r คือ สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง ซึ่งจะนำค่า r ไปประมาณค่า ρ โดยที่

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

เมื่อ X, Y คือค่าสมบัติที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n คือขนาดตัวอย่าง หรือ จำนวนคู่ของคุณสมบัติ 1 และ 2

ความหมายของค่า r

- ถ้า r เป็นบวก แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน
- ถ้า r เป็นลบ แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน
- ถ้า r เป็น 0 แสดงว่า คุณสมบัติทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

การทดสอบสมมติฐาน

1. H_0 : $\rho = 0$ H_a : $\rho \neq 0$

   หรือ H_0 : คุณสมบัติทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กัน

   H_a : คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

2. ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ

$$t = \frac{r\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{1-r^2}}$$

3. เปรียบเทียบค่า t กับ $t_{\alpha/2,\, n-2}$ คือ $|t| > t_{\alpha/2,\, n-2}$ จะปฏิเสธ H_0

   นั่นคือ คุณสมบัติทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน

4.2.2 การใช้ Spearman rank correlation coefficient (r_s)

การบอกลักษณะความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทั้งสอง อาจใช้ r_s ได้ โดยความหมายของ

r_s จะมีความหมายเหมือนกับค่า r โดยที่

$$r_s = 1 - \frac{6\sum d^2}{n(n^2 - 1)}$$

เมื่อ d คือค่าผลต่างระหว่างอันดับของคุณสมบัติทั้งสอง

n คือขนาดตัวอย่าง หรือ จำนวนคู่ของคุณสมบัติ 1 และ 2

ในการเก็บรวบรวมข้อมูล จะเก็บเป็นคู่ๆ แล้วให้อันดับ กับค่าคุณสมบัติที่ 1 ซึ่งจะเรียงอันดับจากค่าคุณสมบัติน้อยที่สุด ไปหาค่ามากที่สุด ค่าคุณสมบัติใดเท่ากันจะต้องมีอันดับเดียวกัน และให้อันดับกับค่าคุณสมบัติที่ 2 เช่นเดียวกัน แต่ละคู่ของคุณสมบัติทั้งสอง หาค่าผลต่างของอันดับ แล้วนำไปคำนวณค่า r_s

การทดสอบสมมติฐาน

ค่า r_s เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ จากตาราง Rank Correlation Coefficient จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|r_s| >$ ค่าวิกฤติ

หรือ ถ้า n โต จะได้ว่า จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $|r_s \sqrt{n-1}| \geq Z_{\alpha/2}$

4.3 การพยากรณ์เส้นสมการถดถอย

เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของคุณสมบัติทั้งสองว่าคุณสมบัติใดเป็นตัวแปรอิสระ และคุณสมบัติใดเป็นตัวแปรตาม เมื่อเขียนแผนภูมิการกระจายได้ลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น เราจะกำหนดคุณสมบัติหนึ่ง เป็นตัวแปรอิสระ (X) และอีกคุณสมบัติหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (Y) ในการพยากรณ์ค่า Y อาศัย สมการถดถอย คือ

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X$$

เมื่อ

$$b_1 = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1\bar{X}$$

การทดสอบสมมติฐาน

เพื่อให้แน่ใจว่า คุณสมบัติหนึ่ง มีอิทธิพลต่ออีกคุณสมบัติหนึ่ง ต้องทดสอบความมีนัยสำคัญของค่า β_1

$H_0 : \beta_1 = 0 \qquad H_a : \beta_1 > 0$

ตัวสถิติที่ใช้ทดสอบ คือ $$t = \frac{b_1}{\sqrt{\frac{\sum Y^2 - b_0\sum Y - b_1\sum XY}{(n-2)\sum (X - \bar{X})^2}}}$$

เปรียบเทียบ t กับค่า $t_{\alpha, n-2}$ จากตาราง คือจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $t > t_{\alpha, n-2}$

เมื่อทำการพยากรณ์เส้นสมการถดถอย แล้วสามารถพิจารณาประสิทธิภาพในการพยากรณ์ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยใช้ R^2 ถ้าค่า R^2 มีค่ามากเพียงใด ก็แสดงว่าตัวแปรอิสระสามารถใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามได้มากเท่านั้น คือ

$$R^2 = \frac{b_1^2 S_X^2}{S_Y^2}$$

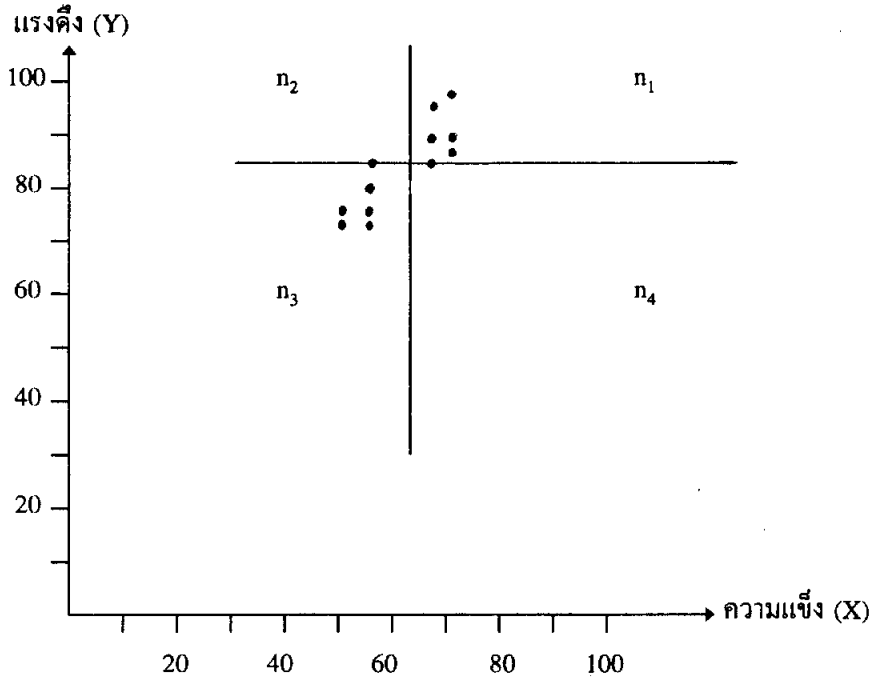
<u>ตัวอย่างที่ 5.4</u> ในการศึกษาเกี่ยวกับแรงดึงของผลิตภัณฑ์ ว่ามีความสัมพันธ์กับความแข็ง ของผลิตภัณฑ์หรือไม่ ได้ข้อมูลดังนี้

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

1. จงเขียนแผนภูมิการกระจายของคุณสมบัติทั้งสอง พร้อมทั้งสรุปผลที่ได้
2. จงหาขนาดของความสัมพันธ์ (r) และทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ ว่าแรงดึงของผลิตภัณฑ์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ความแข็งของผลิตภัณฑ์หรือไม่
3. จงหา ขนาดของความสัมพันธ์ โดยใช้ Spearman rank correltion coefficient และวิเคราะห์ว่าแรงดึงของผลิตภัณฑ์ ขึ้นอยู่กับความแข็ง หรือไม่ โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากข้อ 2
4. จงพยากรณ์เส้นสมการถดถอยของตัวอย่าง

คำตอบ

1.



ได้ $n_1 = 5, n_2 = 0, n_3 = 5, n_4 = 0$

$\therefore\ n_1 + n_3 = 10 \qquad n_2 + n_4 = 0$

$\therefore\ n_1 + n_3 > n_2 + n_4$

นั่นคือ แรงดึงของผลิตภัณฑ์ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความแข็งของผลิตภัณฑ์ คือถ้าความแข็งมีค่ามากขึ้น ก็ต้องออกแรงดึงมากขึ้น

2.

ครั้งที่	Y	X	Y^2	X^2	XY	ครั้งที่	Y	X	Y^2	X^2	XY
1	85	65	7,225	4,225	5,525	8	81	55	6,561	3,025	4,455
2	74	50	5,476	2,500	3,700	9	91	70	8,281	4,900	6,370
3	76	55	5,776	3,025	4,180	10	76	50	5,776	2,500	3,800
4	87	70	7,569	4,900	6,090	11	90	65	8,100	4,225	5,850
5	85	55	7,225	3,025	4,675	12	74	55	5,476	3,025	4,070
6	98	70	9,604	4,900	6,860	รวม	1,011	725	85,905	44,475	61,685
7	94	65	8,836	4,225	6,110						

$\sum Y = 1{,}011 \quad \sum X = 725 \quad \sum Y^2 = 85{,}905 \quad \sum X^2 = 44{,}475 \quad \sum XY = 61{,}685, \; n = 12$

$$r = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} = \frac{12(61{,}685) - (725)(1{,}011)}{\sqrt{[12(44{,}475) - (725)^2][12(85{,}905) - (1{,}011)^2]}}$$

$$= 7245/\sqrt{70{,}567{,}425} = 0.862$$

ความสัมพันธ์ของแรงดึงกับความแข็ง มีขนาด = 0.86

การทดสอบสมมติฐาน $H_0 : \rho = 0 \quad H_a : \rho \neq 0$

$$t = \frac{r\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{1 - r^2}} = \frac{(0.86)\sqrt{10}}{\sqrt{1 - (0.86)^2}} = \frac{2.72}{0.5103} = 5.3$$

$t_{\alpha/2,\, n-2} = t_{0.005,\, 10} = 3.169$ นั่นคือ $t > t_{0.005,\, 10}$ จะปฏิเสธ H_0

นั่นคือ แรงดึงของผลิตภัณฑ์ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ ความแข็งของผลิตภัณฑ์

3. เรียงค่าข้อมูลของแต่ละชุดจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด และให้อันดับของข้อมูลแต่ละชุด แล้วจึงคำนวณหาค่า d ของแต่ละคู่ เช่น

Y	74	74	76	76	81	85	85	87	90	91	94	98
อันดับของ Y	1.5	1.5	3.5	3.5	5	6.5	6.5	8	9	10	11	12
X	50	50	55	55	55	55	65	65	65	70	70	70
อันดับของ X	1.5	1.5	4.5	4.5	4.5	4.5	8	8	8	11	11	11

อันดับของ X เมื่อ X มีค่าเป็น 55 หาได้จาก (3+4+5+6)/4 = 4.5

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
อันดับของ Y	6.5	1.5	3.5	8	6.5	12	11	5	10	3.5	9	1.5	
อันดับของ X	8	1.5	4.5	11	4.5	11	8	4.5	11	1.5	8	4.5	
d	-1.5	0	-1	-3	2	1	3	0.5	-1	2	1	-3	
d^2	2.25	0	1	9	4	1	9	0.25	1	4	1	9	41.5

$r_s = 1 - 6\sum d^2/[n(n^2-1)] = 1 - 6(4.15)/[12(12^2-1)] = 0.85$

ความสัมพันธ์ของแรงดึง กับความแข็งของผลิตภัณฑ์ มีขนาด = 0.85

การทดสอบสมมติฐาน $H_0 : \rho = 0$ $H_a : \rho \neq 0$

$r_s = 0.85, |r_s\sqrt{n-1}| = (0.85)(\sqrt{11}) = 2.82$

$Z_{\alpha/2} = Z_{0.005} = 2.58$ $\therefore |r_s\sqrt{n-1}| > Z_{0.005}$ ดังนั้นปฏิเสธ H_0

นั่นคือ แรงดึงกับความแข็งมีความสัมพันธ์กัน

ผลสรุปที่ได้เช่นเดียวกับข้อ 2

4. จากการคำนวณได้ว่า $\sum Y = 1,011$ $\sum X = 725$ $\sum XY = 61,685$ $\sum X^2 = 44,475$

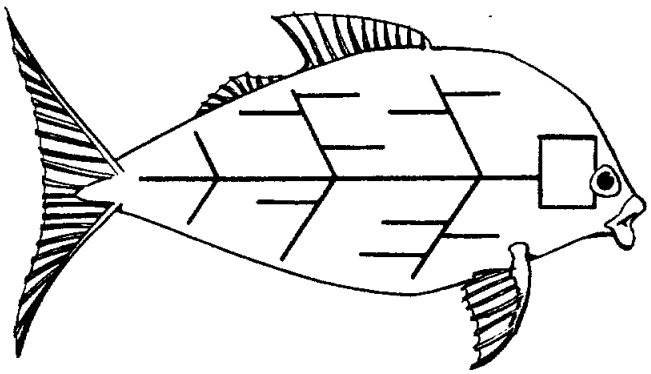
$$b_1 = \frac{12(61,685) - (725)(1,011)}{12(44,475) - (725)^2} = 0.897$$

$b_0 = 1,011/12 - (0.897)(725/12) = 30.056$

พยากรณ์เส้นสมการถดถอยของตัวอย่าง คือ

$\hat{Y} = 30.056 + 0.897X$

FISHBONE DIAGRAM



แบบฝึกหัดบทที่ 5

1. โรงงานผลิตไม้อัด พบว่ามีการคัดไม้อัดทิ้งจำนวนมาก เพราะไม้อัดมีรอยตำหนิต่างๆ กัน จึงรวบรวมข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นทั้งหมด เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ได้ข้อมูลดังนี้

ลักษณะที่บกพร่อง	สัปดาห์ที่							
	1	2	3	4	5	6	7	8
รอยแตก	12	21	30	5	8	7	15	17
รอยขีดข่วน	8	2	3	9	5	1	3	4
รอยพอง	30	42	16	22	10	9	32	43
รอยตัดไม่เรียบ	4	1	1	3	2	13	15	2
รอยตาไม้	2	5	3	4	8	9	1	1

โรงงานมีเป้าหมายว่าจะต้องลดจำนวนไม้อัดที่คัดทิ้ง ท่านคิดว่าควรทำอย่างไร มีวิธีการแก้ไขอย่างไร

2. จากข้อ 1 ปัญหาของโรงงานผลิตไม้อัด คือ รอยพองของไม้อัด มีปริมาณมากที่สุด โรงงานจึงรวบรวมสาเหตุที่ทำให้เกิดรอยพอง จากทุกแผนกที่เกี่ยวข้อง ได้สาเหตุใหญ่ๆ คือ
(1) เครื่องอัดไม่ดี (2) ไม้ที่นำมาอัดไม่ดี (3) น้ำเข้า (4) กาวที่ใช้ไม่ดี
และรวบรวมสาเหตุจากความคิดเห็นของพนักงาน ได้ข้อมูลดังนี้

1. เครื่องอัดมีความดันต่ำ
2. ไม้แข็ง
3. กาวถูกความร้อน
4. ฝนตกใส่ไม้
5. กาวหมดอายุ
6. ไอน้ำน้อยเกินไป
7. ฝาปิดขวดกาว ปิดไม่สนิท
8. ความชื้นสูง
9. ไม้ผุ
10. ความดันของเครื่องอัด ต่ำเกินไป
11. กาวคุณภาพต่ำ
12. ท่อไอน้ำของเครื่องอัดรั่ว
13. กาวมีความเหนียวน้อย
14. ฝาภาชนะถูกเปิดทิ้งไว้
15. กาวมีความข้นต่ำ
16. ท่อน้ำรั่ว

จงเขียนไดอะแกรมเหตุและผล

3. ในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีทางเลือก 2 ทาง คือ ถ้าต้องการความถูกต้องแม่นยำของค่าที่วัดได้ จะต้องใช้เครื่องวัดที่มีราคาแพง แต่ถ้าใช้เครื่องวัดที่มีราคาไม่แพงนัก จะได้ค่าที่วัดได้มีความถูกต้องน้อย ถ้ากำหนดให้ Y คือเครื่องมือที่ราคาถูก และ X คือเครื่องวัดที่ให้ค่าความถูกต้องแม่นยำ จึงเก็บข้อมูลจากเครื่องมือ 10 เครื่อง และค่าที่วัดไว้จากเครื่องมือเหล่านั้น

X	24	26	25	29	30	27	25	23	22	27
Y	23	25	24	28	29	26	24	22	21	27

จงเขียนแผนภูมิการกระจาย และพยากรณ์เส้นสมการถดถอย พร้อมทั้งทดสอบสมมติฐาน สรุปผลที่ได้

4. จากการเก็บตัวอย่างชิ้นส่วนของอุปกรณ์ ชั่งน้ำหนักเป็นกรัม เก็บข้อมูลมา 5 วัน วันละ 10 ชิ้น ได้ข้อมูล ดังนี้

วันที่	น้ำหนัก (กรัม)									
1	47	52	47	60	47	49	50	46	48	53
2	57	50	49	49	62	59	50	65	52	57
3	60	52	66	51	56	57	45	53	55	61
4	56	52	61	54	48	55	59	50	57	54
5	55	56	52	55	60	54	51	55	49	56

จงสร้างฮิสโตแกรม ที่มีจำนวนชั้น = 8

5. โรงงานผลิตลูกบิดเบเกอร์ไลท์แห่งหนึ่ง ได้ทำตารางบันทึกจำนวนข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในแต่ละประเภท ที่เกิดขึ้น จากเครื่องจักรที่แตกต่างกัน และจากพนักงานที่ควบคุมเครื่องจักร 4 คน ได้ข้อมูล ดังนี้

	เครื่องจักร	1		2	
	คนงาน	ก	ข	ค	ง
ชนิด	รอยขูดขีดที่ผิว	26	47	25	26
ของ	รอยแตก	15	18	3	6
ข้อ	รูปร่างผิดปกติ	0	0	2	4
บก	ไม่เรียบร้อย	5	7	2	5
พร่อง	อื่นๆ	0	0	2	2

จงสร้างแผนภูมิพาเรโต พร้อมทั้งวิจารณ์ข้อบกพร่องที่จะแก้ไข

6. ในการผลิตชิ้นส่วน D ของโรงงานแห่งหนึ่ง ต้องการศึกษาว่าความแข็งของชิ้นส่วน มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตหรือไม่ จึงรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้	34	30	40	34	39	35	42	40	40
ความแข็ง	22	22	25	28	15	24	24	22	15

(1) จงหาขนาดของความสัมพันธ์ (r) และทดสอบสมมติฐานที่ $\alpha = 0.01$

(2) จงหาค่า r_s และทดสอบสมมติฐาน ที่ $\alpha = 0.01$ เปรียบเทียบผลสรุปที่ได้กับข้อ (1)