บทที่ 4
แผนภูมิการควบคุมเชิงคุณภาพ

เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกตรวจสอบโดยการจำแนกประเภทว่าดี หรือไม่ดี หรือมีจุดบกพร่อง รอยตำหนิมากน้อยแค่ไหน ถ้าการตรวจสอบคุณสมบัติของข้อมูล ต้องการเพียงแยกที่ดีกับไม่ดี หรือใช้ได้กับใช้ไม่ได้ เราใช้แผนภูมิสัดส่วนของเสีย p-chart และแผนภูมิจำนวนของเสีย np-chart ในการตรวจสอบกระบวนการ แต่ถ้าหากตรวจสอบนั้นต้องการดูจำนวนรอยตำหนิหรือจุดบกพร่องในแต่ละชิ้น แต่ละส่วน หรือในแต่ละกลุ่มของผลิตภัณฑ์ เราใช้แผนภูมิแสดงจำนวนรอยตำหนิต่อชิ้น c-chart หรือแผนภูมิแสดงจำนวนรอยตำหนิต่อหน่วยตัวอย่าง u-chart

4.1 แผนภูมิสัดส่วนของเสียและแผนภูมิจำนวนของเสีย

ใช้ในการควบคุมปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการแต่ละขั้นตอน จนกระทั่งถึงขั้นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การตรวจสอบจะพิจารณาว่าของนั้นดี หรือชำรุด ได้มาตรฐานหรือไม่ได้มาตรฐาน นั่นคือเราแบ่งคุณสมบัติเป็น 2 ประเภท สมมุติว่ากระบวนการผลิตนี้มีสัดส่วนของเสีย p' เมื่อเราเก็บตัวอย่างจากกระบวนการผลิตนี้ มา n ชิ้น ตรวจดูคุณภาพว่าดีหรือเสีย สมมุติได้จำนวนของเสีย X ชิ้น เรากล่าวได้ว่า X เป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงแบบทวินาม (np') ซึ่งจะได้

$$E(X) = np' \ , \ Var(X) = np'(1-p')$$

โดยทั่วไปการเก็บตัวอย่างมาตรวจดูคุณภาพ มักจะมีขนาดตัวอย่างโต โดยใช้หลักของ C.L.T. เราจะประมาณการแจกแจงของ X ด้วยการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย np' ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sqrt{np'(1-p')}$

หากเราต้องการพิจารณาสัดส่วนของเสีย p ค่า p จะหาได้จาก

$$p = \frac{X}{n} = \frac{\text{จำนวนของเสียในตัวอย่าง}}{\text{ขนาดตัวอย่าง}}$$

เราจะได้

$$E(P) = E(X/n) = \frac{1}{n}E(X) = p'$$

และ $$Var(P) = Var(X/n) = (1/n^2)Var(X) = p'(1-p')/n$$

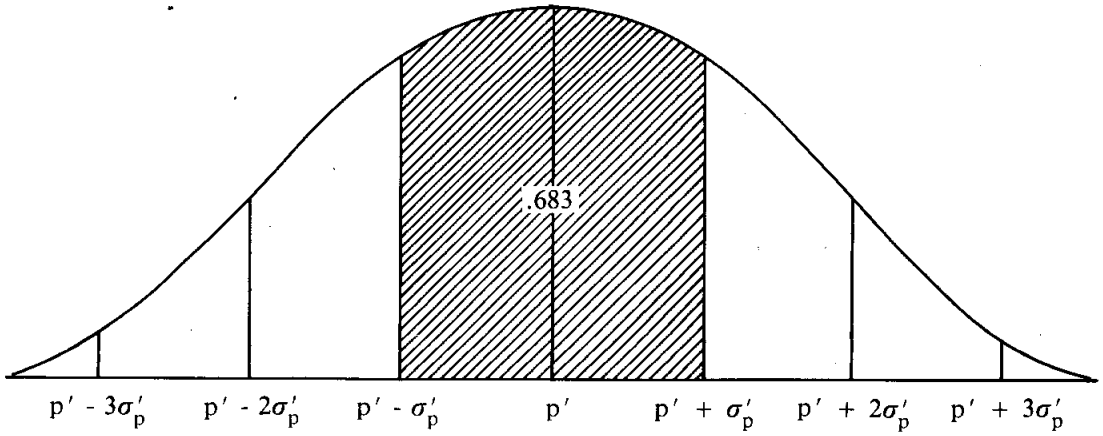
เช่นเดียวกัน เมื่อ n มีขนาดโต สัดส่วนของเสีย p จะประมาณด้วยการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ย p′ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma_p = \sqrt{p'(1-p')/n}$

ไม่ว่าจะเป็นกรณีของจำนวนของเสีย หรือสัดส่วนของเสีย สามารถบรรยายในลักษณะเดียวกันกับการแจกแจงแบบปกติ เช่นกรณีของสัดส่วนของเสีย เรากล่าวได้ว่า

ประมาณ 68.3% ของตัวอย่างจะมีสัดส่วนของเสียในช่วง $p' \pm \sigma'_p$

ประมาณ 95.5% ของตัวอย่างจะมีสัดส่วนของเสียในช่วง $p' \pm 2\sigma'_p$

ประมาณ 99.7% ของตัวอย่างจะมีสัดส่วนของเสียในช่วง $p' \pm 3\sigma'_p$



เขตการควบคุมสำหรับค่า X (หรือ np′) กับ p นิยมใช้ช่วงเชื่อมั่นประมาณ 99.7% หรือกำหนดในเขต $np' \pm \sigma'_{np}$ หรือ $p' \pm 3\sigma'_p$ เพราะสะดวกในการคำนวณ อย่างไรก็ตามเราอาจจะพิจารณาเขตการควบคุม ในช่วงความเชื่อมั่นอื่นอีกก็ได้

4.1.1 การทำแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย (p Chart) เมื่อ n คงที่

เช่นเดียวกับการทำ $\bar{X}$-R chart การทำ p chart ไม่เพียงแต่จะค้นหาสาเหตุที่ผิดปกติเกิดขึ้นจากความผันแปรเท่านั้น แต่ยังใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินว่า ระดับคุณภาพตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ การเขียนแผนภูมิของสัดส่วนของเสีย p จึงแยกเป็น

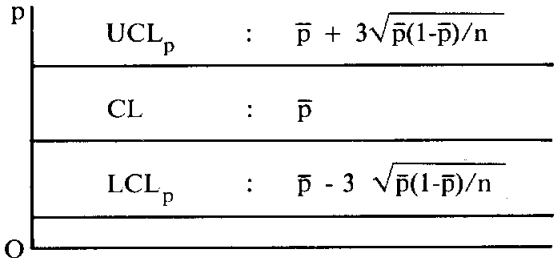
1. แผนภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา (past data) ใช้ในการตรวจสอบกระบวนการ เพื่อค้นหาสาเหตุที่ผิดปกติ หรือควรแก้ไขปรับปรุงที่จุดใด โดยมากจะเป็นการเริ่มต้นของการควบคุม ยังไม่ทราบว่า ค่ามาตรฐาน หรือสัดส่วนของเสียที่แท้จริงในกระบวนการนี้จะมีค่าเท่าใด การทำแผนภูมิจะต้องอาศัยผลที่ได้จากข้อมูลที่ได้สังเกตมา (observed data) ประมาณค่าสัดส่วนของเสียด้วย

$$\bar{p} = \Sigma p/N = \Sigma X/(nN)$$

เมื่อ N เป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่าง หรือจำนวนครั้งที่ได้ทำการตรวจสอบทั้งหมด

และ $$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

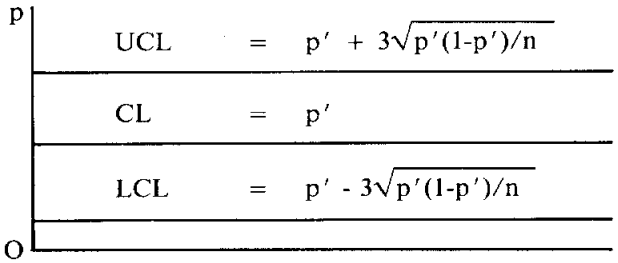
เขียนแผนภูมิการควบคุมได้ดังนี้



กลุ่มตัวอย่างที่

2. แผนภูมิที่ใช้ในการควบคุมปัจจุบัน เป็นแผนภูมิที่ใช้ในการตรวจสอบว่ากระบวนการยังคงอยู่ภายใต้การควบคุม ที่ระดับกำหนดไว้หรือไม่ เพื่อจะได้ดูว่า กระบวนการคงที่สม่ำเสมอหรือไม่ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพต่อไป การควบคุมภายใต้ระดับที่กำหนดให้นี้ จะขึ้นอยู่กับค่ามาตรฐาน p′ ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนของเสียที่แท้จริงของกระบวนการ ค่านี้จะให้รู้แน่ จะต้องใช้การตรวจของทั้งหมด (100%) แต่ในทางปฏิบัติเราจะอาศัยผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา หรือคำนวณจากเส้นโค้ง OC หากเราจะใช้ผลการวิเคราะห์จากข้อมูลที่แล้วมา โดยการแก้ไขปรับปรุงผลที่ได้ จนได้การควบคุมที่เหมาะสม ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนของเสีย $\bar{p}$ ของการควบคุมที่เหมาะสม จะถือได้ว่า เป็นค่ามาตรฐาน p′

แผนภูมิการควบคุมปัจจุบัน เขียนได้ดังนี้



กลุ่มตัวอย่างที่

ไม่ว่าจะเป็นกรณีที่รู้ค่ามาตรฐาน p′ หรือไม่รู้ค่าก็ตาม เรายังคงอาศัยผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างในการควบคุมคุณภาพ มีข้อแตกต่างอยู่ที่ว่า หากเป็นแผนภูมิที่ใช้ในการควบคุม

ปัจจุบัน นั่นก็คือ รู้ค่ามาตรฐาน p′ เราหาเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่าง ของแผนภูมิการควบคุมได้ ก่อนที่จะเก็บตัวอย่าง ดังนั้นผลที่ได้จากแต่ละตัวอย่าง สามารถบอกเหตุได้ทันทีว่ามีจุดอยู่นอกการควบคุม ควรจะต้องแก้ไขอย่างไรหรือไม่ สำหรับในกรณีที่เราไม่ทราบค่ามาตรฐาน p′ เราต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา การวิเคราะห์ดังกล่าว จะทำได้ก็ต่อเมื่อเราได้เก็บตัวอย่างมาครบแล้ว นำข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย p และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ $p(\sigma_p)$ จึงจะหาเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่างได้ เรามีขั้นตอนในการทำแผนภูมิสัดส่วนของเสีย ดังต่อไปนี้

1. **ก่อนการเก็บตัวอย่าง**

   1.1 กำหนดวิธีการ การปฏิบัติการ ในการเก็บตัวอย่างให้ชัดเจน

   1.2 กำหนดขนาดตัวอย่างที่จะเก็บ ขนาดตัวอย่างอาจจะขึ้นอยู่กับ จำนวนผลผลิตที่ผลิตได้ในแต่ละช่วงการผลิต ตัวอย่างที่มีขนาดโต ย่อมทำให้ได้ผลที่ถูกต้องมาก แต่ก็เสียค่าใช้จ่ายมากเช่นกัน ในการศึกษาทางด้านทฤษฎีเกี่ยวกับการกำหนดขนาดตัวอย่างกล่าวว่า

   1.2.1 ถ้า p′ เล็กมาก n ควรจะมีขนาดโตพอสมควร ที่จะทำให้เรามีโอกาสตรวจพบของเสียในตัวอย่างได้ เช่น อาจจะกำหนดว่า ในการตรวจ 100 ครั้ง ควรจะมีโอกาสตรวจพบของเสีย อย่างน้อยที่สุด 1 ชิ้น ในแต่ละตัวอย่าง สัก 90 ครั้ง นี่ก็หมายความว่า ถ้า $p' = 0.01$

   P (ตรวจพบของเสีย $\geqslant 1$) $= 0.9$

   นั่นก็คือ เราจะได้ $np' = 2.3$ หรือ $n = 230$ นั่นเอง

   1.2.2 การกำหนดขนาดตัวอย่างด้วยเหตุผลอื่น เช่น กำหนดว่า การใช้แผนภูมิการควบคุม จะทำให้เรามีโอกาสอย่างน้อยที่สุด 50% ในการตรวจพบการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของเสียในกระบวนการ จากตัวอย่างหนึ่ง เช่น สมมุติว่า มีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนของเสียในตัวอย่างหนึ่ง จาก 0.07 เป็น 0.12 หรือมากกว่า และเรามีโอกาสที่จะตรวจพบการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ อย่างน้อยที่สุด 50%

   ถ้า $np' \geqslant 5$ เมื่อ $p' = 0.12$ เราประมาณค่าได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ นี่ก็หมายความว่า n ควรจะมีขนาดที่จะทำให้ได้เส้นควบคุมบน เท่ากับผลบวกของสัดส่วนของเสียกับค่าที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการ ที่เราคาดว่า จะมีโอกาส 0.50 ในการตรวจพบจากตัวอย่างหนึ่ง (ถ้า $p' = UCL$ และการแจกแจงของ p เป็นแบบปกติ จะมีจุดอยู่เหนือ UCL ในสัดส่วน 0.50) ดังนั้นเราจะได้

$$3\sqrt{\frac{(0.07)(0.93)}{n}} = 0.12 - 0.07 = 0.05$$

นั่นคือ $n = 234$

ถ้า $np' < 5$ เราประมาณการแจกแจงของ p ด้วย**ปัวซอง** ผลที่ได้จะแตกต่างไป

1.3 กำหนดความถี่ในการเก็บตัวอย่าง โดยทั่วไปการพิจารณาความถี่ในการสุ่ม มักจะขึ้นอยู่กับความสะดวกในการบริหารงาน และอัตราการผลิต อย่างไรก็ตาม ถ้าการเก็บตัวอย่างทิ้งช่วงห่างเกินไป อาจจะเกิดผลเสียหาย ในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลง สัดส่วนของเสียที่แท้จริงโดยไม่รู้ ในชั่วระยะเวลาหนึ่ง ในทางตรงกันข้าม ถ้าเก็บตัวอย่างบ่อยเกินไป ก็ต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการตรวจและรักษาแผนภูมิ การกำหนดความถี่ในการเก็บจึงต้องพิจารณาในเรื่องเหล่านี้ด้วย

1.4 ภายหลังการกำหนดจากขั้นตอน (1.1) ถึง (1.3) ต่อไปเราสร้างตารางเก็บข้อมูล ซึ่งจะต้องเป็นตารางที่ง่าย และสะดวกในการเก็บ บันทึกข้อมูลข่าวสารที่จำเป็น ตัวอย่างหนึ่งของตารางเก็บข้อมูลมีดังนี้

ผลิตภัณฑ์หรือส่วนประกอบ ..... หมายเลข.....

คุณสมบัติที่ตรวจ .....

ฝ่ายตรวจสอบ ..... บันทึกโดย.....

เลขที่ลอท	วันที่	จำนวนที่นำมาตรวจ	จำนวนของที่เสีย	สัดส่วนของเสีย	เส้นควบคุม		หมายเหตุ
					สูงสุด	ต่ำสุด	

2. **ภายหลังการเก็บตัวอย่าง** วิเคราะห์ผลจากตัวอย่างโดยการเขียนแผนภูมิตามขั้นตอนต่อไปนี้

1) จากตารางข้อมูล ซึ่งบันทึกการเก็บข้อมูลในแต่ละกลุ่ม อาจกำหนดเป็นวันต่อวัน หรืออื่น ๆ แล้วแต่จำเป็น เมื่อทราบจำนวนของเสียในแต่ละตัวอย่าง และคำนวณหาสัดส่วนของเสีย p ในแต่ละกลุ่มจาก

$$p = \frac{\text{จำนวนชิ้นที่เสีย (X)}}{\text{จำนวนที่นำมาตรวจ (n)}}$$

ดังนั้นจำนวนชิ้นที่เสียในกลุ่ม $(X) = np$

2) หาค่าเฉลี่ย $\bar{p}$ จาก

$$\bar{p} = \frac{\text{ผลรวมของ p}}{\text{จำนวนกลุ่ม}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} p_i}{N}$$

$$= \frac{\text{ผลรวมของจำนวนชิ้นที่เสีย}}{nN} \quad , n_i = n \; \forall \; i$$

$\bar{p}$ จะเป็นค่ากลางของแผนภูมิสัดส่วนของเสีย

3) หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_p จาก

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

4) หาเส้นควบคุมบนและเส้นควบคุมล่างจาก $\bar{p} \pm 3\sigma_p$ (ถ้าได้ค่า LCL เป็น - ให้ใช้ค่า 0 แทน)

5) เขียนแผนภูมิ p-chart เขียนจุด p ที่ได้จากแต่ละกลุ่มตัวอย่างลงใน p-chart

6. อ่านผลและสรุปผลที่ได้จากแผนภูมิ ดำเนินการตรวจสอบและแก้ไข ถ้าจำเป็น

ตัวอย่างที่ 4.1 (Duncan หน้า 394-398)

จากตารางการตรวจชิ้นส่วนประกอบที่ผลิตจากกระบวนการผลิตต่อเนื่องมาวันละ 50 ชิ้น เป็นเวลา 28 วัน นับจำนวนชิ้นส่วนที่เสียจากการตรวจแต่ละวัน และคำนวณสัดส่วนที่เสีย p ดังนี้

วันที่	จำนวนที่เสีย	p	วันที่	จำนวนที่เสีย	p
เม.ย. 27	4	0.08	พ.ค. 11	4	0.08
28	9	0.18	12	3	0.06
29	10	0.20	14	11	0.22
30	11	0.22	15	8	0.16
พ.ค. 1	13	0.26	16	14	0.28
2	30	0.60	17	21	0.42
3	26	0.52	18	25	0.50
4	13	0.26	19	18	0.36
5	8	0.16	21	10	0.20
6	23	0.46	22	8	0.16
7	34	0.68	23	18	0.36
8	25	0.50	24	19	0.38
9	18	0.36	25	4	0.08
10	12	0.24	26	8	0.16

1. จงวิเคราะห์ผลที่ได้จากข้อมูลนี้ โดยใช้ p chart ตรวจสอบและแก้ไขเท่าที่จำเป็น
2. จากผลการแก้ไขขั้นแรก วิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่เหลือ เพื่อกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้ในการควบคุมการผลิตต่อไป และทดสอบผลเชิงสุ่ม โดยใช้การทดสอบแบบรัน (runs test) เหนือและใต้เส้นกลาง

วิธีทำ

ผลรวมของจำนวนชิ้นที่เสีย = 407 ชิ้น

ดังนั้น

$$\bar{p} = \frac{407}{(50)(28)} = 0.291$$

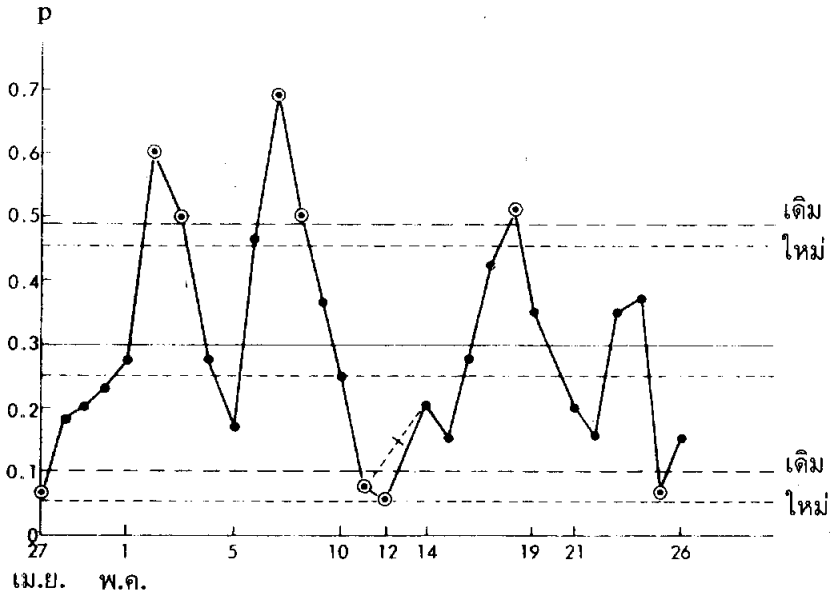
$$\sigma_p = \sqrt{\frac{(0.291)(0.709)}{50}} = 0.064$$

$$UCL = 0.291 + (3)(0.064) = 0.483$$

$$LCL = 0.291 - (3)(0.064) = 0.099$$

เขียนแผนภูมิควบคุม และเขียน p ลงในแผนภูมิ

แผนภูมิ p แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา



ผลที่ได้จากแผนภูมิ แสดงว่ากระบวนการอยู่นอกการควบคุม การประกอบชิ้นส่วนยังใช้ไม่ได้ ตรวจจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุม เพื่อหาสาเหตุที่ผิดปกติ จะได้ขจัดหรือป้องกันสาเหตุที่เกิดขึ้น ณ จุดนั้นต่อไป สมมุติผลจากการตรวจสอบจุดเหล่านี้ ปรากฏว่า

ในจำนวนจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุมบน ตรวจพบสาเหตุ 4 จุด คือในวันที่ 2, 3, 7 และ 8 พ.ค. ใช้คนตรวจสอบใหม่ที่ยังไม่ชำนาญงานพอ ได้แก้ไขโดยส่งคนตรวจสอบใหม่ทุกคนฝึกอบรมเรื่องการตรวจสอบใหม่ และตัดจุดทั้ง 4 นี้ออกไป สำหรับจุดที่อยู่ใต้เส้นควบคุม พบว่าในวันที่ 12 พ.ค. เกิดจากความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล จำนวนของเสียที่แท้จริงเป็น 7 ไม่ใช่ 3 จึงแก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง สำหรับจุดอื่นตรวจไม่พบสาเหตุ จึงต้องคงจุดเหล่านี้เอาไว้

สรุปได้ว่าเราตัดจุดออกไป 4 จุด คำนวณผลรวมของจำนวนชิ้นที่เหลือได้เท่ากับ 296 ชิ้น และได้

$$\bar{p} = \frac{296}{1200} = 0.247 \ , \ \sigma_p = \sqrt{\frac{(0.247)(0.753)}{50}} = 0.061$$

หาเส้นควบคุมใหม่ ได้

UCL = 0.247 + (3)(0.061) = 0.430

LCL = 0.247 - (3)(0.061) = 0.064

เขียนเส้นควบคุมที่ได้ใหม่ บนแผนภูมิ p chart พิจารณาจากแผนภูมิจะเห็นว่า ยังมีจุดอยู่เหนือเส้นควบคุมบนอีก 2 จุด ของวันที่ 6 และ 18 พ.ค. ซึ่งยังตรวจไม่พบสาเหตุ จึงต้องคงจุดทั้ง 2 ไว้

เราจะทดสอบต่อไปว่า ผลที่เกิดขึ้นมีสาเหตุจากการสุ่มหรือไม่ โดยใช้รันที่อยู่เหนือและใต้เส้นกลาง

กำหนด + แทนจุดเหนือเส้นกลาง และ - แทนจุดที่อยู่ใต้ ปรากฏผล ดังนี้

\- - - - + + - + + - - - - - + + + + - - + + - -

n = 24, r = 10, s = 14 ได้จำนวนรัน u = 9

จากตาราง IVa ค่าวิกฤติ k (ที่ α = 0.005) = 6

IVa ค่าวิกฤติ k (ที่ α = 0.05) = 8

จะเห็นได้ว่าค่าของ u มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ จึงไม่มีเหตุผลใดที่จะไม่ยอมรับการสุ่ม สรุปได้ว่า ไม่มีเหตุที่แสดงถึงผลที่เกิดจากการไม่เป็นเชิงสุ่ม

หมายเหตุ

1) การทดสอบว่าเป็นแบบสุ่ม เราอาจใช้เทียบค่ามัธยฐานหรือรันที่อยู่บนและล่าง หรือดูความยาวสูงสุดของรันก็ได้ ไม่ว่าจะทดสอบแบบใด เราได้ผลสรุปเหมือนกัน

2) จุดที่อยู่ต่ำกว่าเส้นควบคุมล่าง ใน p chart มักจะแสดงถึงความผิดพลาดในการตรวจสอบ ซึ่งจะชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องใช้มาตรฐานการตรวจสอบที่ดีกว่านี้ หรือต้องการผู้ตรวจสอบที่มีความรับผิดชอบมากกว่า นอกจากนี้ยังจัดเป็นการตรวจในการค้นหาเหตุผลว่า ทำไมคุณภาพ

ในบางวัน หรือบางกลุ่มจึงดีกว่ามาตรฐาน ซึ่งจะเป็นเกณฑ์ที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพต่อไป

จากตัวอย่าง 4.1 จะเห็นว่า ยังมีจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุม แต่เราค้นหาสาเหตุไม่พบ และข้อมูลเป็นแบบสุ่ม เราจึงต้องคงจุดนั้นไว้ และถือว่า

$$\bar{p} = 0.247$$

$$UCL = 0.430$$

$$LCL = 0.064$$

เป็นค่ามาตรฐานที่จะใช้ในการควบคุมกระบวนการต่อไปนั่นก็คือ เราเก็บตัวอย่างข้อมูลของวันต่อไปในเดือน พ.ค.ที่เหลือ และในเดือน มิ.ย. คำนวณหาสัดส่วนที่เสียในแต่ละวัน เขียนจุดที่ได้บนแผนภูมิเดิม วิเคราะห์ผลที่ได้จากแผนภูมิต่อไป ตรวจสอบแก้ไขเส้นควบคุมต่อไป จนกว่าจะได้ระดับที่เหมาะสม

4.1.2 การทำแผนภูมิควบคุมจำนวนของเสีย np-chart เมื่อ n คงที่

การทำ np-chart ใช้หลักการเดียวกันกับ p-chart แต่จะมีงานในการคำนวณน้อยกว่า ทำให้สะดวกและง่ายกว่า โดยเฉพาะเมื่อ n คงที่ ใน np-chart จะลดขั้นตอนที่ 1 คือ การคำนวณสัดส่วนของเสีย p เหลือเพียงการคำนวณ

$$n\bar{p} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนชิ้นที่เสีย}}{\text{จำนวนกลุ่ม}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$$

ซึ่งจะเป็นค่ากลางของแผนภูมิ np-chart เมื่อไม่รู้ค่า p′ แต่ถ้ารู้ค่า p′ค่ากลางจะอยู่ที่ np′ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณได้จาก

$$\sigma_{np} = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad \text{or} \quad \sigma_{np} = \sqrt{np'(1-p')}$$

ขึ้นอยู่กับว่า เราไม่รู้ค่า หรือรู้ค่า p′

แผนภูมิการควบคุม np-chart มีดังนี้

วิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา

np

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

$CL = n\bar{p}$

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

0

ตัวอย่างที่

ควบคุมกระบวนการปัจจุบัน

np

$UCL = np' + 3\sqrt{np'(1-p')}$

$CL = np'$

$LCL = np' - 3\sqrt{np'(1-p')}$

0

ตัวอย่างที่

ตัวอย่างที่ 4.2

ในการควบคุมคุณภาพของมอเตอร์ของเครื่องโกนหนวด จากการเก็บตัวอย่างมอเตอร์วันละ 200 ชิ้น เป็นเวลา 25 วัน ปรากฏผลดังต่อไปนี้

วันที่	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	
จำนวนชิ้นที่เสีย	2	2	1	3	1	5	4	2	1	4	6	2	
วันที่	15	16	17	18	19	20	22	23	24	25	26	27	29
จำนวนชิ้นที่เสีย	5	4	2	3	1	6	4	3	2	2	4	1	5

1. ข้อเท็จจริงที่ได้จะแสดงว่ากระบวนการผลิตมอเตอร์ อยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่
2. ถ้าระดับการควบคุมคงที่ จงประมาณเปอร์เซ็นต์การเก็บมอเตอร์จากกระบวนการเดิม ในวันที่ 31 มาตรวจจะพบจำนวนมอเตอร์ที่เสีย
   2.1 เพียง 7 ชิ้น
   2.2 อย่างน้อยที่สุด 7 ชิ้น

วิธีทำ

ผลรวมของจำนวนมอเตอร์ที่เสีย = 75

ดังนั้น

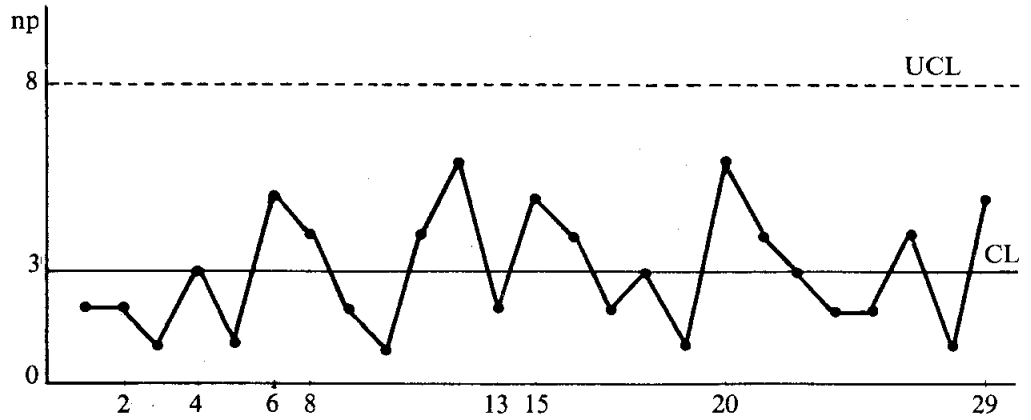
$$n\bar{p} = \frac{75}{25} = 3 \text{ หรือ}$$

$$\bar{p} = \frac{3}{200} = 0.015$$

$$UCL = 3 + 3\sqrt{200(.015)(.985)} = 8.157$$

$$LCL = 3 - 3\sqrt{200(.015)(.985)} < 0 \text{ ดังนั้น } LCL = 0$$

เขียน np-chart และจำนวนชิ้นที่เสียบนแผนภูมิ



ข้อเท็จจริงที่ได้ แสดงว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม ถ้าระดับการควบคุมนี้คงที่ เราถือว่า จำนวนของเสียที่แท้จริงจากกระบวนการนี้ จะเท่ากับ 3

เราประมาณ % ของจำนวนที่เสียในวันที่ 31 ได้ดังนี้

P(จำนวนที่เสีย = 7) = 0.988 - 0.966 = 0.022

P(จำนวนที่เสีย $\geqslant$ 7) = 1 - 0.966 = 0.034

นั่นคือ จำนวนที่คาดว่าจะเสียเพียง 7 ชิ้น = 2.2%

และจำนวนที่คาดว่าจะเสียอย่างน้อยที่สุด 7 ชิ้น = 3.4%

หมายเหตุ ค่าความน่าจะเป็นที่ได้ ดูจากตารางที่ I ท้ายเล่ม เมื่อ np′ = 3, X = 7 และ 6 ตามลำดับ

4.1.3 แผนภูมิการควบคุม เมื่อ n ไม่คงที่

ทั้ง $\overline{X}$ - R chart, p และ np-chart ขนาดที่เหมาะสมของเส้นควบคุม 3σ ขึ้นอยู่กับขนาดของตัวอย่าง ข้อแตกต่างในทางปฏิบัติก็คือ ค่าคุณสมบัติที่วัดได้เกือบทั้งหมดที่ใช้ใน $\overline{X}$ - R chart เพื่อการควบคุม มักจะกำหนดขนาดตัวอย่างคงที่ แต่ p-chart ตรงกันข้าม มักจะใช้ข้อมูลในเหตุผลอื่นมากกว่าการควบคุม ในหลายกรณี แผนภูมิการควบคุมสัดส่วนขึ้นอยู่กับการตรวจสอบทั้งหมด (100% inspection) ดังนั้นขนาดตัวอย่างจะแปรผันไปตามจำนวนที่ผลิตได้กะต่อกะ หรือวันต่อวัน

เมื่อจำนวนที่เก็บมาตรวจ (n) ไม่เท่ากัน เรามีทางเลือกในการทำแผนภูมิดังนี้

1. คำนวณหาเส้นควบคุมของแต่ละกลุ่ม ทำทุกกลุ่ม
2. ทำให้อยู่ในรูปมาตรฐาน $\frac{p - p'}{\sigma'_p}$ ซึ่งจะได้เขตการควบคุมอยู่ในช่วง -3, +3
3. ประมาณจำนวนที่เก็บมาตรวจ (n) โดยเฉลี่ย คำนวณเส้นควบคุมจากค่า n เฉลี่ยนี้ เป็นวิธีที่สะดวกและมีงานน้อย ถ้าค่าของ n ในกลุ่มใด น้อยกว่าค่าเฉลี่ยอย่างเห็นได้ชัดควรจะหาเส้นควบคุมที่แท้จริงของกลุ่มนั้น โดยเฉพาะเมื่อจุดอยู่นอกเส้นควบคุม ค่าประมาณของค่าเฉลี่ย n จะปรับปรุงได้ตลอดเวลาตามความจำเป็น

หมายเหตุ กรณีที่ไม่รู้ค่า p′ เราจะประมาณค่า p′ จาก

$$\overline{p} = \frac{\Sigma X}{\Sigma n}$$

อย่างไรก็ตาม การคำนวณเส้นควบคุมของแต่ละกลุ่มได้ผลที่ถูกต้องแน่นอนกว่า แต่การหาจากค่าเฉลี่ยของ n ดูได้ชัดเจนเข้าใจง่ายกว่า นอกจากนี้การคำนวณจากแต่ละกลุ่มมีข้อเสียดังนี้

1. เสียเวลา เสียค่าใช้จ่าย และเกิดความยุ่งยากในการคำนวณมาก

2. เป็นการยากต่อการอธิบายให้คนทั่วไปเข้าใจแผนภูมินี้โดยเฉพาะฝ่ายบริหาร ถึงเหตุผลที่ว่า ทำไมเส้นควบคุมจึงเปลี่ยนไปในแต่ละวัน

ตัวอย่างที่ 4.3 (Duncan หน้า 403-405)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา ถือว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมที่ระดับซึ่งมีค่ามาตรฐาน

$$p' = 0.042 \ , \ 3\sqrt{p'(1-p')} = 0.6015$$

ผลจากการเก็บข้อมูล 9 วัน มีดังต่อไปนี้

วันที่ (ก.ค.)	2	3	4	5	6	7	9	10	11
จำนวนที่นำมาตรวจ	90	105	105	155	155	155	210	155	155
จำนวนที่เสีย	0	0	4	8	2	0	4	7	5

จงเขียนแผนภูมิ p-chart ที่มีตัวอย่างขนาดต่าง ๆ และเขียน p-chart จากการแปลงตัวแปรเป็น $(p - p')/\sigma_p'$

วิธีทำ

การเขียน p chart เมื่อค่า n ไม่คงที่

ค่ากลางจะอยู่ที่ $p' = 0.042$

$UCL = 0.042 + \frac{0.6015}{n}$ จะแปรไปตามค่า n

$LCL < 0$ นั่นก็คือ LCL จะเป็น 0

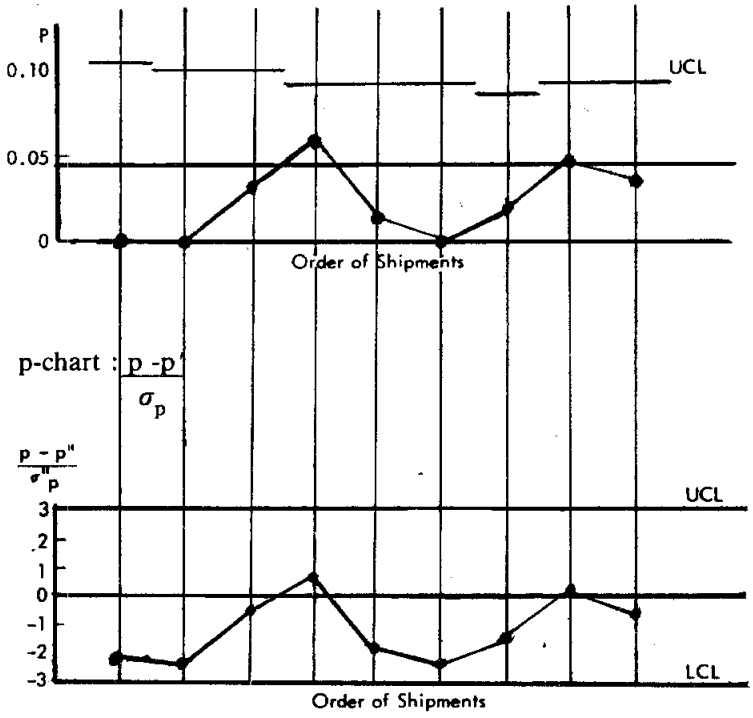
การเขียน p chart ตามค่า $\frac{p - p'}{\sigma_p'}$ ค่ากลางจะอยู่ที่ 0 และเส้นควบคุมอยู่ที่ -3 กับ 3

คำนวณ σ_p' จาก $\sqrt{\frac{p'(1-p')}{n}} = \frac{0.2005}{\sqrt{n}}$ ดังนั้น $\frac{p-p'}{\sigma_p'} = \frac{(p-0.042)\sqrt{n}}{0.2005}$

ผลของการคำนวณ p, UCL, $(p-p')/\sigma'_p$ ปรากฏในตารางดังนี้

วันที่	n	p	$UCL = .042 + \frac{.6015}{\sqrt{n}}$	$\frac{p - p'}{\sigma'_p} = \frac{(p - .042)\sqrt{n}}{0.2005}$
ก.ค. 2	90	0	0.105	-2.0
3	105	0	0.101	-2.1
4	105	0.038	0.101	-0.2
5	155	0.052	0.090	0.6
6	155	0.013	0.090	-1.8
7	155	0	0.090	-2.6
9	210	0.020	0.084	-1.6
10	155	0.045	0.090	0.2
11	155	0.032	0.090	-0.6

p-chart เมื่อ n ไม่คงที่



จะเห็นว่า กระบวนการยังคงอยู่ภายใต้การควบคุม

ตัวอย่างที่ 4.4

จากตารางการตรวจชิ้นส่วน ซึ่งมีจำนวนที่นำมาตรวจ (n) ในแต่ละวันไม่เท่ากัน นับจำนวนชิ้นที่เสีย X แล้ว คำนวณหาค่าสัดส่วนที่เสีย p ในแต่ละวัน ปรากฏผลดังนี้

วันที่	n	X	p	วันที่	n	X	p
ก.ค. 3	3,000	6	0.0020	ก.ค. 17	3,208	29	0.0090
4	2,086	16	0.0077	18	2,262	15	0,0066
5	3,650	10	0.0027	19	3,026	5	0.0017
6	2,159	21	0.0097	20	2,713	10	0.0037
7	2,745	27	0.0098	21	2,687	24	0.0089
10	2,606	3	0.0012	24	3,824	23	0.0060
11	2,159	21	0.0097	25	1,205	14	0.0116
12	2,745	22	0.0080	26	2,793	6	0.0021
13	3,114	30	0.0096	27	3,295	14	0.0042
14	1,768	18	0.0102	28	3,227	18	0.0056

จงวิเคราะห์ผลที่ได้จากข้อมูลนี้ และหาระดับการควบคุมที่จะใช้ในการผลิตวันต่อไป ถ้าค่าประมาณของผลผลิตโดยเฉลี่ยต่อวัน = 2,600 ชิ้น

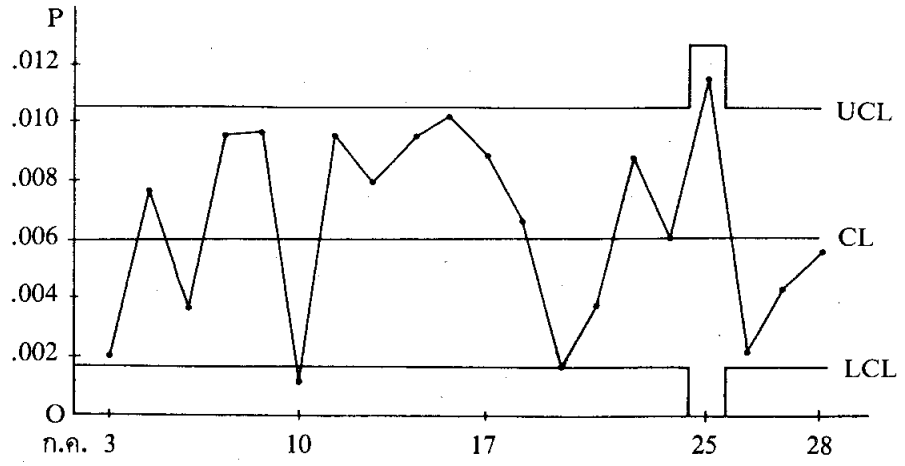
วิธีทำ

ผลรวมของจำนวนที่เสีย = 332, ผลรวมของจำนวนที่นำมาตรวจ = 54,272

$$\bar{p} = \frac{332}{54,272} = 0.0061, \quad 3\sigma = 3\sqrt{\frac{(0.0061)(0.9939)}{2,600}} = .0045$$

UCL = 0.0061 + 0.0045 = 0.0106, LCL = 0.0061 - 0.0045 = 0.0016

เขียนแผนภูมิ p-chart เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา



จุดของวันที่ 25 อยู่นอกเส้นควบคุม เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย n = 2,600 แต่ n ที่แท้จริงของวันที่ 25 คือ 1,250 เล็กกว่าค่าเฉลี่ยมาก เรายังสรุปไม่ได้ว่า จุดนี้อยู่เหนือเส้นควบคุม เมื่อพิจารณาเส้นควบคุมของจุดนี้ จะได้ว่า

$$UCL_{25} = .0061 + 3\sqrt{\frac{(0.0061)(0.9939)}{1,205}} = 0.0128$$

$$LCL_{25} = 0$$

แสดงว่า จุดนี้ยังคงอยู่ภายในเส้นควบคุม

สำหรับจุดที่อยู่ใต้เส้นควบคุมล่าง เรายังคงไว้ในแผนภูมิ จากแผนภูมิถือว่าไม่มีสิ่งที่แสดงเหตุของความผิดปกติ จึงสรุปว่ากระบวนการนี้ถูกต้องและใช้ได้ดีแล้ว

เราถือว่า สัดส่วนของเสียโดยเฉลี่ย 0.0061 เป็นค่ามาตรฐานที่จะใช้ในการควบคุมกระบวนการวันต่อไป

จะเห็นได้ว่า การใช้ค่าประมาณของ n เป็นวิธีการที่สะดวกและเป็นงานที่ใช้เวลาน้อยมาก จึงเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันมาก

เมื่อจำนวนที่เก็บมาตรฐานมีค่าไม่คงที่ เราจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเกี่ยวกับการแปลความหมายของรันที่อยู่เหนือและใต้ของ p-chart เนื่องจากว่า ขณะที่ค่าของ n แปรเปลี่ยนไปความผันแปรที่กำหนดให้ในอัตราส่วนของเสีย ตัวอย่างในแต่ละกรณีจะไม่มีระดับนัยสำคัญเดียวกัน เช่น โดยทั่วไป เมื่อ $p' = 0.10$ สัดส่วนของเสีย 0.12 แสดงว่ามี 2 จุด ในตัวอย่างอยู่เหนือค่าเฉลี่ย หรือถ้าสัดส่วนของเสียเป็น 0.14 แสดงว่าผลปรากฏในตัวอย่างจะมี 4 จุดอยู่เหนือค่าเฉลี่ย แต่ถ้าค่าของ n ไม่คงที่ เช่น ตัวอย่างแรกมีขนาดตัวอย่าง 400 ชิ้น ในตัวอย่างที่ 2 มีขนาด 25 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างที่ 2 เป็น 4 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างแรก ดังนั้นเมื่อพิจารณาในค่า $\frac{p - p'}{\sigma'_p}$ ของตัวอย่างแรก จะแสดงค่าที่เบี่ยงเบนเป็น 2 เท่าของตัวอย่างที่ 2 ในขณะที่ p-chart ธรรมดาแสดงถึงการเพิ่มขึ้น แต่ p-chart ของ $\frac{p-p'}{\sigma'_p}$ จะแสดงถึงการลดลง

หากจะเปรียบเทียบการใช้ p กับ np chart จะเห็นว่า

1. ถ้า n คงที่ จะใช้ p หรือ np chart ก็ได้ แต่โดยทั่วไปนิยมใช้ np-chart มากกว่า เพราะมีงานที่จะทำน้อยกว่า ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการคำนวณได้มากกว่า นอกจากนี้ คนทั่วไปเข้าใจในเรื่องของจำนวนมากกว่าเรื่องของสัดส่วน

2. ถ้า n ไม่คงที่ ซึ่งโดยลักษณะของการผลิตในโรงงานทั่วไป มักจะไม่คงที่ แผนภูมิ p chart ดูเข้าใจง่ายกว่า เพราะ np chart จะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของค่ากลางเส้น

ควบคุมบนและเส้นควบคุมล่าง ซึ่งยากต่อการตีความและดูให้เข้าใจได้ นอกจากนี้ การใช้ np-chart จะต้องเพิ่มงานมากกว่าการทำ p chart กล่าวคือ ต้องหาค่ากลาง np ของทุกกลุ่มที่ n ไม่เท่ากัน ในขณะที่ p chart ค่ากลางจะคงที่อยู่ที่ $\bar{p}$ ตลอดเวลาเราจึงนิยมใช้ p-chart มากกว่า

4.2 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ

เราใช้ $\bar{X}$-R chart กับของที่มีคุณสมบัติต่อเนื่อง หาได้จากการวัดค่าออกมา และใช้ p, np chart กับคุณสมบัติที่แยกออกได้ 2 ประเภท ดีหรือไม่ดี ยอมรับหรือไม่ยอมรับเป็นต้น ซึ่งแผนภูมิทั้ง 2 แบบนี้ จัดได้ว่าเป็นโปรแกรมการควบคุมคุณภาพทางสถิติที่มีประโยชน์และใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่ในบางกรณี $\bar{X}$-R chart ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ ขณะเดียวกันเราก็ไม่สะดวกต่อการใช้ p หรือ np เนื่องจากของหรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมคุณภาพมีขนาดใหญ่ มีรอยตำหนิหรือข้อเสียน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของมัน การที่เราจะนับจำนวนรอยตำหนิหรือข้อเสียในของหรือผลิตภัณฑ์นั้น แล้วคำนวณหาสัดส่วนรอยตำหนิ เป็นเรื่องที่ยากมาก หรือทำไม่ได้เลยหนทางที่เหมาะสมและสะดวกที่สุด คือการใช้แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิต่อหนึ่งหน่วยตัวอย่าง c chart หรือ u chart

เมื่อพูดถึงรอยตำหนิหรือข้อเสีย (defect) กับเสียหรือชำรุด (defective) มีข้อแตกต่างกันตรงที่ว่า เมื่อเราพูดถึงของเสียหรือของชำรุด เป็นการเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด หากของมีคุณภาพไม่ตรงตามเกณฑ์กำหนดอย่างน้อย 1 รายการ เรียกว่าเป็นของเสีย เช่น การตรวจคุณภาพของกระเบื้องปูพื้น เราจะบอกว่ากระเบื้องนั้นเสีย ถ้ามีรอยตำหนิอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้ มีรอยข่วน หรือมีฟองอากาศ หรือรอยพอง หรือมีรูปร่างเบี้ยว สำหรับข้อเสียหรือรอยตำหนิหมายถึงแต่ละรายการที่ไม่ตรงตามเกณฑ์กำหนด เช่น กรณีของกระเบื้องปูพื้นมีรอยข่วน 2 รอย มีฟองอากาศ 1 จุด และมีรอยพอง 3 แห่ง เรากล่าวว่ากระเบื้องแผ่นนี้มีข้อเสียหรือรอยตำหนิ เป็นจำนวนเท่ากับ 6 จึงกล่าวได้ว่าของเสียหรือของชำรุด ก็คือ ของที่มีข้อเสียหรือรอยตำหนิอย่างน้อยที่สุด 1 จุด นั่นเอง

4.2.1 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ เมื่อหน่วยตัวอย่างคงที่ : c chart

ในทางทฤษฎีสถิติ เมื่อเราพูดถึงความผันแปรของจำนวนรอยตำหนิในหนึ่งหน่วย เช่น รอยเปื้อน รอยด่าง บนผ้า 100 ตารางหลา หรือจำนวนที่มีตำหนิของลวดยาว 100 ฟุต เป็นต้น ชี้ให้เห็นว่า การแจกแจงของตัวแปรที่แสดงถึงจำนวนรอยตำหนิ จะประมาณได้ด้วยการแจกแจงของปัวซอง หรืออีกด้านหนึ่ง ถ้าเราจะพิจารณาในแง่ของสัดส่วนของเสีย p เมื่อจำนวนรอยตำหนิ แปลงให้อยู่ในรูปของสัดส่วน เช่น เราตรวจพบว่า ในผ้า 100 หลา มีรอยเปื้อน 1 รอย มีขนาด 1 ตร.ฟุต เราคำนวณได้สัดส่วนของรอยเปื้อนเท่ากับ $\frac{1}{900} = .001$ จะ

เห็นว่าค่าของ p = 0.001 น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดตัวอย่าง n = 900 ตร.ฟุต

ทางทฤษฎี (นักศึกษาทบทวนทฤษฎีการแจกแจงของตัวแปรเชิงสุ่ม และการแจกแจงของตัวอย่างที่เคยเรียนมาแล้วใน ST 204 การวิเคราะห์ทางสถิติ) จะพบว่า

เมื่อ C มีการแจกแจงแบบทวินาม (n,p′) ถ้าค่าของ p น้อยมาก $p < 0.10$ และ n โตมาก เราจะประมาณการแจกแจง C ด้วยการแจกแจงแบบปัวซอง ที่พารามิเตอร์ $c' = np$ นั่นก็คือ

$$f(c) = P(C = c) = \frac{e^{-c'} c'^{c}}{c!}$$

เมื่อ c' เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในหนึ่งหน่วยตัวอย่าง

c' เป็นค่ามาตรฐาน แสดงถึงค่ากลางของการควบคุม

ช่วงความเชื่อมั่นของ C เรากำหนดในระดับ 99.7% เช่นเดียวกัน นั่นก็คือ พิจารณาในช่วงที่ห่างจากค่ากลาง ไปทางด้านบนและด้านล่าง ในระยะ 3σ

เมื่อ C มีการแจกแจงแบบปัวซอง c'

$$E(C) = Var(C) = c', \sigma_c = \sqrt{Var(C)} = \sqrt{c'}$$

เช่นเดียวกัน โดยทั่วไปแล้ว เราไม่ทราบค่าของ c' จนกว่าจะได้มีการวิเคราะห์ข้อมูลหรือควบคุมกระบวนการจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่สุด

เมื่อเราไม่ทราบค่า c' เราประมาณได้จากค่าเฉลี่ย $\bar{c}$

เมื่อ $$\bar{c} = \frac{\text{ผลรวมของจำนวนรอยตำหนิ}}{\text{จำนวนหน่วยตัวอย่าง}} = \frac{\Sigma c}{N}$$

ต้องไม่ลืมว่า ใน 1 หน่วยตัวอย่าง จะต้องมีขนาดเดียวกันทุก ๆ ตัวอย่าง และใน 1 หน่วยตัวอย่างจะมีขนาดหรือปริมาณเท่าใดก็ได้ เช่น อาจจะเป็นความยาวของผ้า 100 ตร.หลา หรือ เฟอร์นิเจอร์ 1 ชุด หรือวิทยุ 5 เครื่อง เป็นต้น ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตาม ขนาดหรือปริมาณจะต้องคงที่ทุกครั้งที่มีการตรวจ เราแยกการควบคุมเป็น 2 แบบ แต่ละแบบมีแผนภูมิดังต่อไปนี้

c chart **ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา**

c	
	UCL = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
	CL = $\bar{c}$
	LCL = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

กลุ่มที่

c chart **ที่ใช้ควบคุมปัจจุบัน**

c	
	UCL = $c' + 3\sqrt{c'}$
	CL = c'
	LCL = $c' - 3\sqrt{c'}$

กลุ่มที่

ขั้นตอนในการทำ c chart

1. ก่อนเก็บตัวอย่าง

กำหนดวิธีการปฏิบัติในการตรวจสอบ เช่น กำหนดว่า จะมีวิธีการตรวจสอบแบบใดบ้าง จะต้องใช้เครื่องมืออะไรในการตรวจบ้าง และตรวจอย่างไร ขนาดและความถี่ของการตรวจแต่ละตัวอย่างกำหนดไว้อย่างไร ซึ่งก็ต้องดูตามความจำเป็นและเหมาะสม ต่อไปสร้างตารางการเก็บข้อมูล ในตารางนี้ควรจะออกแบบ บันทึกรอยตำหนิจากตำแหน่งต่าง ๆ ระบุทั้งคนทำ วันที่ทำ วัตถุดิบ ผลัด เครื่องจักร และประเภทของตำหนิ ตัวอย่างของตารางเก็บข้อมูลมีดังนี้

ชื่อชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์..... เครื่องจักร.....

แผนก..... ผู้ปฏิบัติงาน.....

ผู้ควบคุมคุณภาพ.....

ครั้งที่หรือลอทที่	ผู้ตรวจ	จำนวนรอยตำหนิแยกตามประเภท					ผลรวม c
		1	2	3	4	5	

2. ดำเนินการเก็บตัวอย่าง และวิเคราะห์ผลที่ได้

2.1 ในแต่ละหน่วยตัวอย่าง เราทำการตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนดไว้ นับจำนวนรอยตำหนิต่อตัวอย่าง c

2.2 กรณีที่เป็นการควบคุมกระบวนการปัจจุบัน เราเขียน c ในแผนภูมิที่สร้างไว้ แต่ถ้าเป็นการควบคุมระยะเริ่มต้น เราใช้การวิเคราะห์ข้อมูลที่แล้วมา นั่นก็คือ

คำนวณหาผลรวมของ c หาค่า $\bar{c}$, σ_c, UCL และ LCL เขียนแผนภูมิ c chart เขียนจุด c ในแผนภูมิ

2.3 อ่านผลและตีความหมายที่ได้จากแผนภูมิ

2.4 แก้ไขหรือปรับปรุงให้เหมาะสมตามความจำเป็น

ตัวอย่างที่ 4.5 (Duncan หน้า 419-422)

จากตารางเก็บข้อมูล แสดงข้อเสียต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการตรวจวิทยุ 5 เครื่อง ในจำนวน 25 กลุ่ม บันทึกผลรวมของรอยตำหนิต่อกลุ่ม (วิทยุ 5 เครื่อง) c ได้ดังนี้

กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม	กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม	กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม
1	77	10	77	18	89
2	64	11	59	19	55
3	75	12	54	20	25
4	93	13	41	21	54
5	45	14	87	22	22
6	61	15	40	23	49
7	49	16	22	24	33
8	65	17	92	25	20
9	45				

1. จงเขียนแผนภูมิการควบคุม และวิเคราะห์ผลที่ได้
2. ตรวจสอบและค้นหาสาเหตุที่ผิดปกติ และดำเนินการแก้ไข

จงใช้ระดับการควบคุมที่แก้ไขแล้ว ในการวิเคราะห์ผลต่อไป โดยเก็บมาตรวจเพิ่มเติมอีก 25 กลุ่ม ปรากฏผลดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม	กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม	กลุ่มที่	จำนวนรอยตำหนิต่อกลุ่ม
26	26	35	51	43	31
27	23	36	33	44	36
28	9	37	40	45	41
29	15	38	40	46	49
30	63	39	46	47	39
31	39	40	32	48	49
32	58	41	46	49	43
33	61	42	49	50	43
34	59				

ข้อเท็จจริงที่ได้จากตัวอย่าง และการค้นหาสาเหตุ ท่านจะสรุปผลที่ได้อย่างไร

วิธีทำ

1. ผลรวมของจำนวนรอยตำหนิ c = 1,393 ดังนั้น

$$\bar{c} = \frac{1,393}{25} = 55.7$$

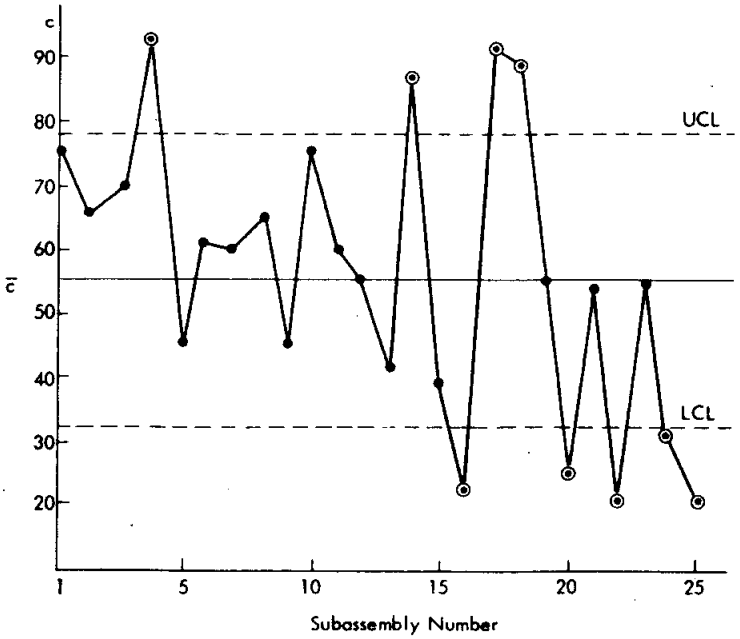
$$\sigma_c = \sqrt{55.7} = 7.5$$

$$UCL = 55.7 + 3(7.5) = 78.2$$

$$LCL = 55.7 - 3(7.5) = 33.2$$

เขียนแผนภูมิ c chart และเขียนจุด c ลงในแผนภูมิ

A *c*-Chart for Analyzing Past Data: Variation in Number of Defects per Group of 5 Radios



จากแผนภูมิ ชี้ให้เห็นว่า กระบวนการยังอยู่นอกการควบคุม การประกอบวิทยุยังใช้การไม่ได้ เนื่องจากยังมีจุด 9 จุด อยู่นอกเส้นควบคุม เรากลับไปตรวจสอบค้นหาสาเหตุต่อไป สมมติว่า

2. ผลจากการตรวจหาสาเหตุผิดปกติของจุดเหนือเส้นควบคุมบนพบว่า

กลุ่มที่ 17, 18 เกิดจากการใช้วัตถุดิบไม่ดี

กลุ่มที่ 4 เป็นความผิดพลาดของคนงาน

กลุ่มที่ 14 เกิดจากการใช้เครื่องจักรเก่า และทำงานไม่ถูกต้อง ซึ่งทั้งหมดนี้ได้รับการแก้ไขเป็นที่เรียบร้อย

สำหรับจุดที่อยู่ต่ำกว่าเส้นควบคุมล่าง พบว่า

กลุ่มที่ 16, 20, 22 และ 25 เกิดจากการใช้ผู้ตรวจสอบใหม่ ยังไม่มีความชำนาญงาน และไม่สามารถตรวจพบข้อเสียอื่น ๆ ที่มีอยู่ในวิทยุได้ กรณีนี้ได้แก้ไขในเรื่องผู้ตรวจสอบ

กลุ่มที่ 24 เป็นกลุ่มที่หาสาเหตุไม่พบ จึงเป็นจุดเดียวที่ยอมให้อยู่นอกเส้นควบคุม โดยมิได้ทำการแก้ไขใด ๆ

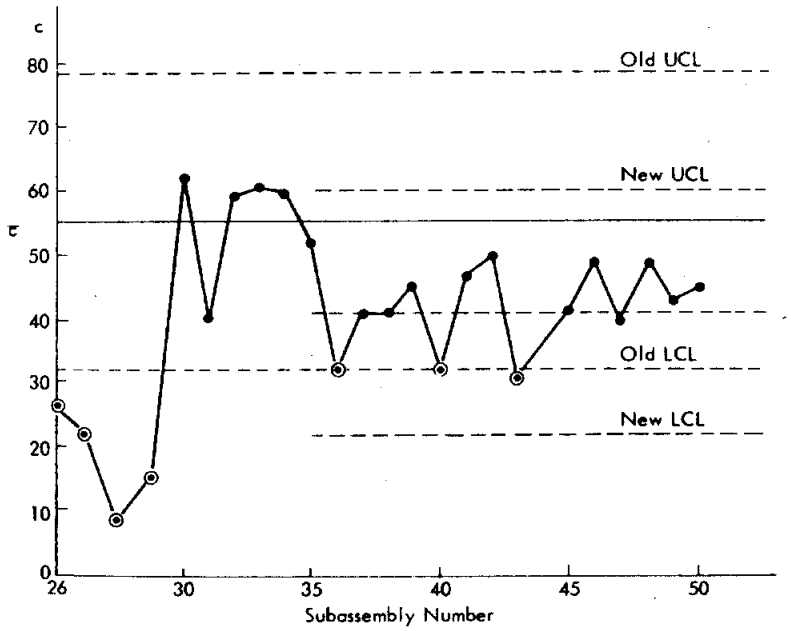
หาผลรวมของค่า c ที่เหลือ 17 จุด ได้เท่ากับ 943 ดังนั้น

$$\bar{c} = \frac{943}{17} = 55.5$$

จะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของรอยตำหนิต่อกลุ่ม ภายหลังการแก้ไข เราคำนวณค่า $\bar{c}$ ได้ใกล้เคียงค่าเดิมจึงถือว่าระดับการควบคุมไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น เราจะใช้ระดับการควบคุมเดิม ในการควบคุมกระบวนการต่อไป

จากแผนภูมิเดิม เราเขียนค่า c ที่ได้จากการตรวจเพิ่มเติมอีก 25 กลุ่ม ลงในแผนภูมิดังนี้

A *c*-Chart in Operation: Variation in Number of Defects per Group of 5 Radios:



จากแผนภูมิจะเห็นว่า มีจุดอยู่ใต้เส้นควบคุมล่าง ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่า น่าจะมีสาเหตุมาจากการตรวจสอบ หรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยบางอย่าง ที่ทำให้คุณภาพดีขึ้น จากการค้นหาสาเหตุพบว่า 4 จุดแรก ของกลุ่มที่ 26-29 เกิดจากความผิดพลาดของผู้ตรวจสอบ

ส่วนจุดในกลุ่มที่ 36, 40 และ 43 พบสาเหตุว่า เกิดจากการเปลี่ยนวัตถุดิบใหม่ ซึ่งได้เปลี่ยนที่สั่งซื้อวัตถุดิบใหม่ ตั้งแต่กลุ่มที่ 35 แล้ว อันเป็นผลให้ จำนวนรอยตำหนิที่ตรวจพบตั้งแต่กลุ่มที่ 35 เป็นต้นไป อยู่ในเกณฑ์ดี มีจำนวนต่ำกว่าค่ากลาง ซึ่งเห็นว่าเป็นผลดีต่อการประกอบการ จึงได้นำวัสดุใหม่มาใช้ต่อไป และปรับปรุงระดับการควบคุมใหม่ จากการเปลี่ยนวัสดุ นั่นก็คือ วิเคราะห์ผลจากข้อมูลกลุ่มที่ 35 ถึง 50 ดังนี้

ผลรวมของจำนวนรอยตำหนิจากกลุ่ม 35 — 50 = 668

ดังนั้น

$$\bar{c} = 668/16 = 41.7,\ \sigma_c = \sqrt{41.7} = 6.46$$

$$UCL = 41.7 + 3(6.46) = 61.1$$

$$LCL = 41.7 - 3(6.46) = 22.3$$

เขียนระดับการควบคุมใหม่ บนแผนภูมิ ตั้งแต่กลุ่ม 35 — 50 ปรากฏว่าทุกจุดอยู่ภายในเส้นควบคุมอย่างดี

เราจึงถือว่าระดับการควบคุมนี้ เป็นระดับที่เหมาะสม และควรจะใช้ควบคุมการประกอบการต่อไป นั่นก็คือการควบคุมกระบวนการต่อไป อยู่ในค่ามาตรฐาน $c' = 41.7$ ในช่วง 22.3 - 61.1

การทดสอบสาเหตุจากการสุ่ม เราทำได้โดยวิธีการเดียวกับกรณีของ $\bar{X}$ chart หรือ p chart เมื่อ n คงที่

ปัญหาต่อไป นอกเหนือจากการปรับให้กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมแล้ว ก็ต้องดูว่า ระดับการควบคุมเหมาะสมแค่ไหน ซึ่งกรณีนี้ทำได้โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด การเปรียบเทียบแตกต่างจากกรณีของ $\bar{X}$ chart ซึ่งจะต้องเขียนเกณฑ์กำหนดขั้นสูง และเกณฑ์ขั้นต่ำลงในแผนภูมิด้วย สำหรับใน p-chart หรือ u chart จะไม่เขียนลงในแผนภูมิ แต่จะกำหนดเกณฑ์ว่า กระบวนการนั้นมีของเสียได้กี่เปอร์เซ็นต์ จึงจะถือว่ายังใช้ได้อยู่ การพิจารณา % ของเสียจะต้องกำหนดลงไปว่า อย่างไรจึงจะเรียกว่าเสีย การหา % เราทำได้โดยใช้การแจกแจงแบบปัวซอง แต่ถ้า n โตเกินไป เราสามารถประมาณได้จากการแจกแจงแบบปกติโดยอาศัยหลักของ C.L.T.

ตัวอย่างเช่น เรากำหนดมาตรฐานไว้ว่า หากผลิตภัณฑ์ใด มีรอยตำหนิมากกว่า 8 จุด ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ชำรุด ทั้ง ๆ ที่กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์นี้อยู่ในความควบคุมที่ระดับ ซึ่งมีจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ย 4.8 จุดต่อหน่วยตัวอย่าง กรณีเช่นนี้ เราประมาณ % ผลิตภัณฑ์ชำรุด โดยประมาณค่าจากปัวซอง (4.8)

$$P(\text{จำนวนรอยตำหนิมากกว่า } 8) = 1 - P(C \leqslant 8) = 0.056$$

ผลิตภัณฑ์ผลิตจากกระบวนการนี้จะมีชำรุด 5.6%

4.2.2 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิ เมื่อขนาดตัวอย่างไม่คงที่ : u-chart

เมื่อขนาดของหน่วยตัวอย่างเปลี่ยนแปลง จากกลุ่มหนึ่งไปยังอีกกลุ่มหนึ่ง เรามีทางเลือก 3 ทาง ขึ้นอยู่กับขนาดของการเปลี่ยนแปร

ก) ถ้าขนาดแตกต่างกันเล็กน้อย เราไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงอะไร เพียงแต่คำนวณเส้นควบคุมโดยอาศัยค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่าง

ข) ถ้าขนาดแตกต่างกัน แต่ไม่มากจนเกินไป เราใช้ u chart และคำนวณเส้นควบคุม โดยใช้ค่าเฉลี่ยของขนาดตัวอย่าง

ค) ถ้าขนาดแตกต่างกันมาก เราใช้ u-chart และเส้นควบคุมแยกกัน โดยคำนวณจากแต่ละตัวอย่าง

ในกรณี ข หรือ ค เราต้องใช้ u chart ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่า u chart ก็คือแผนภูมิควบคุมในเทอมของค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิของหนึ่งหน่วยตัวอย่างที่ตรวจสอบ นี่ก็หมายความว่า

ถ้า c = จำนวนรอยตำหนิที่ตรวจพบในตัวอย่างใด ๆ

k = จำนวนของหน่วยตรวจสอบ (inspection unit) ในตัวอย่างนั้นเราจะได้ตัวแปรใหม่

$u = c/k$

การเขียนแผนภูมิควบคุม u chart ใช้หลักการเดียวกันกับกรณี c chart เพิ่มการคำนวณ $u = c/k$ เข้ามา จึงเห็นได้ว่าการทำ u chart จะมีงานในการคำนวณมากกว่า c chart รายละเอียดต่าง ๆ เป็นแบบเดียวกับ c chart นั่นก็คือ เราจะได้

$$\bar{u} = \frac{\Sigma c}{\Sigma k} = \text{เป็นค่ากลางของ u chart}$$

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/k}$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/k}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับการทำ p, np chart การทำ c chart ก็เปรียบเสมือนการทำ np-chart และการทำ u chart ก็เปรียบเสมือนการทำ p chart

ข้อสังเกต การแจกแจงของ u ไม่เป็นแบบปัวซอง แต่การแจกแจงของ ku เป็นแบบปัวซอง ให้เราพิจารณาจากตัวอย่าง กรณีที่เส้นควบคุมแปรไปตามขนาดของตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างที่ 4.6

ตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรทอผ้า เพื่อดูว่ากระบวนการผลิตอยู่ในความควบคุมหรือไม่ โดยเก็บตัวอย่างมาตรวจ 10 ลอท ปรากฏผลดังนี้

ลอทที่	ขนาดของผ้าที่ตรวจ (ตารางหลา)	จำนวนรอยตำหนิ	ลอทที่	ขนาดของผ้าที่ตรวจ (ตารางหลา)	จำนวนรอยตำหนิ
1	200	5	6	250	5
2	200	7	7	90	2
3	250	7	8	120	4
4	300	9	9	90	1
5	100	3	10	80	1

จงวิเคราะห์ผลที่ได้

ถ้ากระบวนการอยู่ในความควบคุมที่ระดับอันเป็นผลจากการวิเคราะห์นี้ และเราต้องการเปลี่ยนเส้นควบคุมในเทอมของ probability limits โดยกำหนดในค่าความน่าจะเป็น 0.975 กับ 0.025 จงหาตำแหน่งที่ถูกต้องของเส้นควบคุมบนและล่าง เมื่อขนาดของลอทที่นำมาตรวจสอบเท่ากับ 500 ตร.หลา

วิธีทำ

ก่อนอื่นเรากำหนดขนาดของหน่วยตัวอย่างที่ตรวจสอบเป็น 100 ตร.หลา คำนวณหาจำนวนหน่วยตัวอย่าง k และจำนวนรอยตำหนิต่อหนึ่งหน่วยตัวอย่าง u แล้วจึงคำนวณ u, UCL, LCL ดังนี้

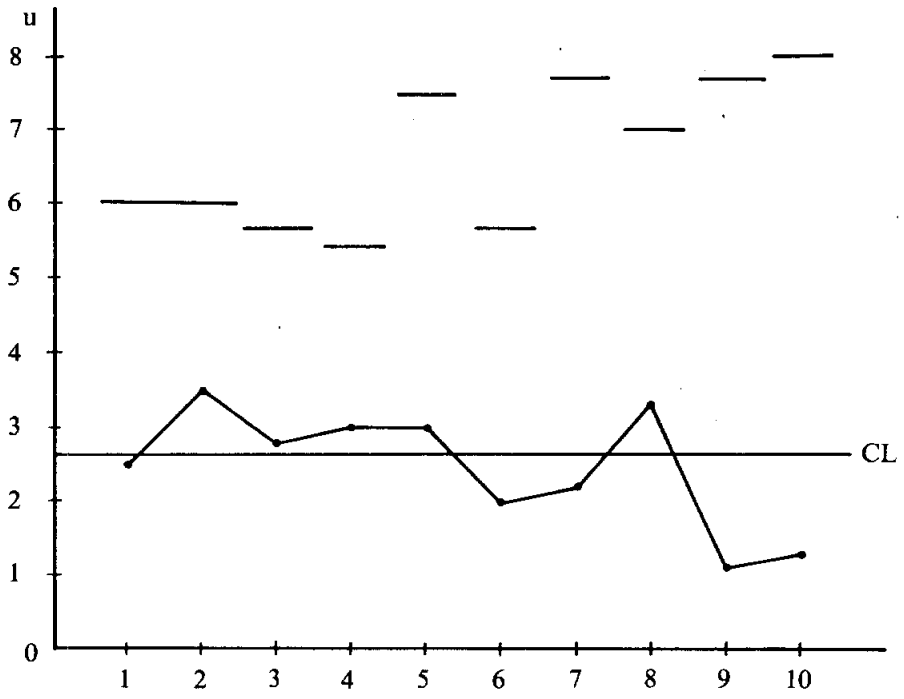
ลอทที่	ขนาดที่ตรวจ **n**	k	c	u	UCL $= 2.62 + 3\sqrt{\frac{2.62}{k}}$
1	200	2.0	5	2.5	6.05
2	200	2.0	7	3.5	6.05
3	250	2.5	7	2.8	5.69
4	300	3.0	9	3.0	5.42
5	100	1.0	3	3.0	7.48
6	250	2.5	5	2.0	5.69
7	90	0.9	2	2.2	7.74
8	120	1.2	4	3.3	7.05
9	90	0.9	1	1.1	7.74
10	80	0.8	1	1.3	8.05
	ผลรวม	16.8	44		

เราคำนวณได้ $\bar{u} = \frac{44}{16.8} = 2.62$

หาเส้นควบคุมบน ซึ่งจะมีค่าแปรผันไปตามค่า k สำหรับเส้นควบคุมล่าง จะมีค่าน้อยกว่า 0 ทุกตัวอย่าง

ดังนั้น

LCL = 0 หมด เขียนแผนภูมิ และค่า u ในแผนภูมิ



จากแผนภูมิ ไม่มีจุดใดอยู่นอกเส้นควบคุมของมันเอง เราจึงถือว่า กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้ความควบคุมแล้ว และจะถือว่า ค่ามาตรฐาน $u' = 2.62$

เมื่อต้องการเปลี่ยนเส้นควบคุมจาก $\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/k}$ เป็นเส้นควบคุมที่มีความน่าจะเป็น 0.975 และ 0.025 เมื่อ $k = 5$ ดังนั้น $ku' = (5)(2.62) = 13.1$ หรือเท่ากับ 13 โดยประมาณ จะเป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบปัวซอง เราหาค่า c ที่ความน่าจะเป็น 0.975 และ 0.25 ตามลำดับ

จะได้ว่า $P(C \leqslant 6 | ku' = 13) = 0.026$, $P(C \leqslant 20 | ku' = 13) = 0.975$

ดังนั้น $UCL = 20/5 = 4$, $LCL = 6/5 = 1.2$

ข้อสังเกต จะเห็นได้ว่า เมื่อ n ไม่คงที่ เส้นควบคุมจะแปรตามค่า k (ซึ่งแบ่ง n เป็นขนาดที่เท่ากัน) n หรือ k มีขนาดโตเท่าใดเส้นควบคุมจะแคบ แต่หาก n หรือ k มีขนาดเล็ก เส้นควบคุมจะยิ่งกว้าง ดังนั้นหากเราใช้ค่า k เฉลี่ยในการทำแผนภูมิการควบคุม เราต้องหาเส้นควบคุมที่แท้จริงของกลุ่มที่จุดอยู่นอกเส้นควบคุม แต่มีค่า k ต่ำกว่าค่า k เฉลี่ย

4.3 บทสรุป

การทำแผนภูมิการควบคุมเชิงคุณภาพ เราสรุปขั้นตอนในการดำเนินงานได้ ดังต่อไปนี้

1. ขั้นตัดสินใจ เตรียมการ เพื่อทำแผนภูมิการควบคุม
   - 1.1 กำหนดเป้าหมายในการทำแผนภูมิควบคุม
   - 1.2 เลือกสถานที่ที่ทำการตรวจสอบและคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม
   - 1.3 เลือกกลุ่มย่อย ซึ่งโดยทั่วไปการเลือกกลุ่มย่อย ต้องพยายามทำให้โอกาสที่จะเกิดความผันแปรภายในกลุ่มต่ำสุด
   - 1.4 เลือกแผนภูมิที่จะใช้
   - 1.5 เขียนแบบฟอร์ม สร้างตารางเก็บข้อมูล
2. ขั้นทำแผนภูมิการควบคุม
   - 2.1 เก็บข้อมูลและบันทึกข้อมูลที่ได้ลงในแบบฟอร์ม
   - 2.2 คำนวณหาค่าตัวสถิติควบคุมของแต่ละกลุ่ม ($\bar{p}$ หรือ $\bar{u}$)
   - 2.3 คำนวณหาค่ากลางของตัวสถิติควบคุม ($\bar{p}$, $n\bar{p}$, $\bar{c}$ หรือ $\bar{u}$)
   - 2.4 หาเส้นควบคุม
   - 2.5 เขียนแผนภูมิควบคุม และลงจุด p, np, c หรือ u
3. ดำเนินการต่อไป
   - 3.1 เลือกค่ามาตรฐานของตัวสถิติควบคุม เช่น p', np', c' หรือ u'
   - 3.2 หาเส้นควบคุม โดยใช้ค่ามาตรฐาน
   - 3.3 เขียนแผนภูมิ และลงจุดในแผนภูมิ
   - 3.4 ตีความหมายของการขาดการควบคุม วิเคราะห์สาเหตุ
   - 3.5 ทบทวนและปรับปรุงแก้ไขค่ามาตรฐานเป็นระยะ ๆ
4. รายงานและดำเนินการตามผลที่ได้จากแผนภูมิควบคุม
   - 4.1 ดำเนินการเพื่อทำให้กระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมที่เหมาะสม
   - 4.2 ปรับการออกแบบและเกณฑ์กำหนด ให้สัมพันธ์กับสมรรถนะของกระบวนการผลิต
   - 4.3 เสนอข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับระดับคุณภาพต่อผู้บริหาร

แบบฝึกหัด

1. กระบวนการผลิตอาหารกระป๋อง มักจะมี % ของเสีย (100 p′) 5% เสมอ เพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริงนี้ โรงงานได้สุ่มตัวอย่างอาหารกระป๋องมา 1 สัปดาห์ (6 วัน) วันละ 200 กระป๋อง พบว่ามีอาหารกระป๋องที่เสีย ดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5	6
จำนวนที่เสีย	4	8	7	12	17	14

จงเขียนแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย สรุปผล

ถ้าต้องการให้เกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (α) เป็น .01 เส้นควบคุมควรจะอยู่ที่ใด ในเมื่อ

$$\alpha = P\ (p < LCL,\ p > UCL)$$

(อยู่ภายใต้การควบคุม; .011, .089)

2. สุ่มตัวอย่างสลักเกลียวจากกระบวนการผลิต ในเดือนมีนาคมมา 25 วัน วันละ 200 อัน ตรวจสอบผลที่ได้ของแต่ละวัน นับจำนวนสลักเกลียวที่ชำรุด ปรากฏผลดังต่อไปนี้

วันที่	จำนวนชำรุด	วันที่	จำนวนชำรุด	วันที่	จำนวนชำรุด
2	22	12	5	23	28
3	18	13	21	24	42
4	44	14	13	25	31
5	22			26	8
6	30	16	20	27	23
7	14	17	34	28	16
		18	15		
9	28	19	20	30	18
10	20	20	17		
11	11	21	20		

2.1 จงหาเส้นควบคุม 3 σ ของ p-chart และของ np-chart

2.2 จงพิจารณาว่ากระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุมหรือไม่ เพราะเหตุใด

2.3 ถ้ากระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม จงพิจารณาว่า การอยู่นอกการควบคุมเป็นผลจากตัวอย่างสุ่มหรือไม่

2.4 จงหาเขตการควบคุมที่จะใช้กับกระบวนการผลิตต่อไป (ถือว่าทุกจุดที่อยู่นอกเขตการควบคุมมีสาเหตุที่ระบุได้)

(**คำตอบ** 0.174, 0.042 ; 0.17, 0.04)

3. ตามบันทึกของฝ่ายควบคุมคุณภาพบริษัทผลิตเครื่องไฟฟ้า รายงานว่า จากการเก็บตัวอย่างหลอดไฟมาตรวจสอบวันละ 100 หลอด เป็นเวลา 20 วัน ตรวจพบหลอดไฟที่ใช้การไม่ได้ 100 หลอด

3.1 จงเขียนแผนภูมิการควบคุมสัดส่วนของเสีย

3.2 อาศัยแผนภูมิที่ได้และจากการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมอีก 7 วัน ปรากฏผลดังนี้

วันที่	1	2	3	4	5	6	7
จำนวนที่ใช้การไม่ได้	2	4	1	5	13	2	6

ท่านจะสรุปผลที่ได้อย่างไร (แสดงให้เห็นด้วยกราฟ)

(**คำตอบ** 0.115, 0.05, 0)

4. จากการตรวจสอบกระบวนการผลิตขวดแก้ว โดยการสุ่มตัวอย่างมาวันละ 2,000 ขวด หาสัดส่วนที่ชำรุดในแต่ละวัน ได้ผลดังต่อไปนี้

วันที่ (ก.ย.)	1	2	3	4	5	7	8	9	10
สัดส่วนชำรุด	0.14	0.08	0.10	0.12	0.15	0.10	0.06	0.04	0.13
วันที่ (ก.ย.)	11	12		14	15	16	17	18	19
สัดส่วนชำรุด	0.05	0.08		0.10	0.04	0.03	0.08	0.15	0.11
วันที่ (ก.ย.)	21	22	23	24	25	26		28	29
สัดส่วนชำรุด	0.06	0.04	0.09	0.12	0.03	0.10		0.05	0.04

4.1 จงเขียนแผนภูมิการควบคุมสัดส่วนชำรุด (0.102, 0.0836, 0.065)

4.2 อ่านและสรุปผลที่ได้จากแผนภูมิ

5. ในการวัดขนาดชิ้นส่วนจากกระบวนการหนึ่ง โดยใช้เครื่องตรวจสอบแบบอัตโนมัติที่สามารถให้ผ่านและไม่ให้ผ่าน (go-not go guage) นับจำนวนชิ้นส่วนที่ไม่ได้ขนาดจากตัวอย่างสุ่มวันละ 50 ชิ้น ได้จำนวนดังต่อไปนี้

2 0 0 1 1 6 2 0 0 2 0 3 1 0 0 0 2 3 6 1

5.1 จงเขียนแผนภูมิแสดงสัดส่วนของที่ไม่ได้ขนาด อ่านและสรุปผลที่ได้

5.2 จงประมาณสัดส่วนของชิ้นส่วนที่ไม่ได้ขนาดโดยเฉลี่ย ที่จะใช้ในการควบคุมปัจจุบัน

5.3 จากแผนภูมิการควบคุมปัจจุบัน จงคำนวณความน่าจะเป็นที่จะตรวจพบว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการเลื่อนไปเป็น 0.04 ในการเก็บตัวอย่างวันแรกหลังการเปลี่ยนแปลง และการเก็บตัวอย่างในวันที่ 3 ภายหลังการเปลี่ยนแปลง

(**คำตอบ** 0.102, 0.03, 0 ; 0.02; 0.271, 0.043)

6. ฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงาน ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ในแต่ละวัน ผลปรากฏดังนี้

วันที่	จำนวนชิ้นที่ตรวจ	จำนวนชิ้นที่เสีย	วันที่	จำนวนชิ้นที่ตรวจ	จำนวนชิ้นที่เสีย
1	200	3	15	150	3
2	200	1	16	80	1
3	150	1	17	350	2
4	100	1	18	400	5
5	250	2	19	300	4
6	100	2	20	250	2
8	300	5	22	200	5
9	250	4	23	160	7
10	350	7	24	100	2
11	200	4	25	100	1
12	120	2	26	150	2
13	150	4	27	250	3
			29	200	3

6.1 จงเขียนแผนภูมิแสดงสัดส่วนชิ้นที่เสีย กำหนดว่า ค่าคาดหวังของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจต่อวัน เท่ากับ 200 ชิ้น

6.2 จงประมาณค่าเฉลี่ยของสัดส่วนชิ้นที่เสีย ที่จะใช้ในการควบคุมปัจจุบัน หากค่านี้คงที่ จงคำนวณความน่าจะเป็นที่ในวันที่ 30 จะตรวจพบผลิตภัณฑ์ที่เสีย

6.2.1 อย่างน้อยที่สุด 8 ชิ้น (0.012)

6.2.2 เพียง 7 ชิ้น (0.022)

จากการเก็บตัวอย่างมาตรวจ 200 ชิ้น

7. โรงงานผลิตโทรทัศน์สี ได้ทำการตรวจสอบประจำวัน โดยเก็บตัวอย่างโทรทัศน์มาตรวจสอบชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพหรือชำรุด เช่น ทรานซิสเตอร์ ไฟลัดวงจร จอภาพเสีย เป็นต้น เพื่อนับจำนวนส่วนที่เสียหรือด้อยคุณภาพ จากการตรวจสอบเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 5 เครื่อง บันทึกผลที่ได้ดังต่อไปนี้

กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ	กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ	กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ
1	65	10	44	18	22
2	60	11	87	19	54
3	101	12	44	20	62
4	53	13	38	21	92
5	96	14	73	22	57
6	50	15	54	23	28
7	88	16	25	24	24
8	110	17	60	25	75
9	90				

7.1 จากข้อมูลเหล่านี้ จงเขียนแผนภูมิควบคุม ที่จะใช้ในการผลิตต่อไป ถือว่าทุกจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุมมีสาเหตุที่ระบุได้

7.2 จากการประกอบโทรทัศน์ในช่วงต่อไป ผลของการตรวจสอบเพิ่มเติมอีก 25 กลุ่ม มีดังนี้

กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ	กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ	กลุ่มที่	จำนวนชิ้นด้อยคุณภาพ
26	53	35	70	43	45
27	62	36	48	44	37
28	45	37	35	45	41
29	14	38	38	46	53
30	23	39	47	47	50
31	31	40	31	48	68
32	45	41	59	49	43
33	50	42	54	50	49
34	65				

เขียนข้อมูลเหล่านี้บนแผนภูมิที่ได้จาก (7.1) แสดงจุดที่อยู่นอกเส้นควบคุม วิจารณ์ผลที่ได้

8. โรงงานผลิตไม้อัดเก็บตัวอย่างไม้อัดมาตรวจสอบรอยตำหนิ เช่น รอยพอง รอยข่วน รอยแตก และรอยตาไม้ เป็นต้น โดยสุ่มตัวอย่างมาผลัดละ 30 แผ่น นับจำนวนรอยตำหนิทั้งหมดที่มีในแต่ละแผ่นปรากฏผลดังนี้

แผ่นที่	จำนวนรอยตำหนิ	แผ่นที่	จำนวนรอยตำหนิ	แผ่นที่	จำนวนรอยตำหนิ
1	7	11	8	21	8
2	6	12	5	22	15
3	6	13	5	23	6
4	7	14	9	24	6
5	4	15	8	25	10
6	7	16	15	26	7
7	8	17	6	27	13
8	12	18	4	28	5
9	9	19	13	29	6
10	9	20	7	30	9

จากข้อมูลเหล่านี้จะถือว่ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุม ได้หรือไม่ จงแสดงให้เห็นโดยการเขียนแผนภูมิของรอยตำหนิต่อหน่วยตัวอย่าง

(**คำตอบ** 16.5, 8, 0)

9. ก่อนการส่งผ้าไปให้ตัวแทนจำหน่าย ฝ่ายควบคุมคุณภาพจะตรวจสอบคุณภาพของผ้าที่ผลิตได้ โดยการสุ่มตัวอย่างผ้ามาลอทละ 100 ตารางหลา ตรวจนับจำนวนรอยตำหนิที่ได้ ผลปรากฏดังต่อไปนี้

ลอทที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
จำนวนรอยตำหนิ	4	3	4	7	8	15	5	1	6	4	2	3	18
ลอทที่	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
จำนวนรอยตำหนิ	5	6	4	2	8	1	2	6	3	2	4	2	

9.1 จงประมาณจำนวนรอยตำหนิโดยเฉลี่ย ที่จะใช้ในการควบคุมปัจจุบัน (4)

9.2 ถ้ามีเกณฑ์กำหนดว่า ตัวอย่างในลอทใดที่ตรวจพบว่ามีจำนวนรอยตำหนิมากกว่า 8 จุด ถือว่าเป็นผ้ามีตำหนิ ในเมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุม จงประมาณ % ผ้าที่มีตำหนิ (2.1)

10. โรงงานประกอบชิ้นส่วน ตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนที่ผลิตได้ว่ามีรอยตำหนิหรือมีจุดเสียอย่างไรบ้างจากการเก็บตัวอย่างมา 20 ตัวอย่าง ตรวจนับรอยตำหนิที่ได้ ดังผลต่อไปนี้

ตัวอย่างที่	ความยาวของชิ้นส่วนตัวอย่าง(ซม.)	จำนวนรอยตำหนิ	ตัวอย่างที่	ความยาวของชิ้นส่วนตัวอย่าง(ซม.)	จำนวนรอยตำหนิ
1	600	13	11	400	12
2	550	9	12	440	14
3	200	9	13	550	18
4	400	13	14	200	6
5	610	24	15	490	15
6	400	11	16	560	16
7	250	10	17	400	16
8	420	21	18	220	3
9	610	21	19	420	20
10	180	2	20	100	3

จากข้อมูลที่ได้เหล่านี้ จะถือว่าการประกอบชิ้นส่วนอยู่ภายใต้การควบคุม ได้หรือไม่ จงเขียนแผนภูมิและเขียนจุดที่ได้บนแผนภูมิ

จงประมาณจำนวนรอยตำหนิต่อชิ้นส่วนยาว 100 ซม. ที่จะใช้ในการควบคุมปัจจุบัน (3.2)

11. จากการตรวจสอบชิ้นตัวอย่างพรมปูพื้น ขนาดความยาว 100 เมตร เพื่อหารอยตำหนิที่มีผลการตรวจ 10 ชิ้น นับได้จำนวนรอยตำหนิ ดังต่อไปนี้

41 71 65 32 47 39 57 63 52 29

ข้อเท็จจริงที่ได้จากตัวอย่าง จะสรุปผลได้อย่างไร และจงคำนวณความน่าจะเป็นที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของกระบวนการนี้ (สนใจเฉพาะที่อยู่นอกเส้นควบคุมบน)

(**คำตอบ** 0.0015)