บทที่ 7
การสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับเชิงปริมาณ

เมื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใด ๆ ประเมินได้จากการวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ของมัน โดยใช้มาตรการที่ต่อเนื่อง และเรารู้การแจกแจงของค่าที่วัดได้เหล่านั้น เช่นรู้ว่าค่าที่วัดได้มีการแจกแจงแบบปกติ เป็นต้น การตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับลอทสินค้าที่นำมาตรวจสอบย่อมขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้นั้นว่าสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างไร แผนการสุ่มตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับค่าที่วัดได้จากตัวอย่าง เช่น ค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง หรือค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง แผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้นี้ จะเรียกว่าเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับเชิงปริมาณ ซึ่งจะมีประโยชน์และมีข้อจำกัดในการใช้ ดังนี้

1) เปรียบเทียบกับแผนการตรวจรับเชิงคุณภาพ แผนการสุ่มเพื่อการตรวจรับเชิงปริมาณจะให้ข้อมูลข่าวสาร (information) เกี่ยวกับคุณภาพของคุณสมบัติสิ่งที่เราต้องการศึกษาได้มากกว่าและดีกว่า ข้อมูลข่าวสารที่ได้นี้ สามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพได้ดียิ่งขึ้น
2) เมื่อมีข้อตกลงร่วมกัน การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับ ที่กำหนดเกณฑ์การป้องกันแบบเดียวกัน แผนการสุ่มเชิงปริมาณจะใช้ขนาดตัวอย่างเล็กกว่าแผนการสุ่มเชิงคุณภาพ หรืออีกนัยหนึ่งกล่าวได้ว่า เมื่อใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากัน แผนการตรวจเชิงปริมาณ ให้การป้องกันเกี่ยวกับคุณภาพได้ดีกว่า แผนการตรวจเชิงคุณภาพ ตัวอย่างเช่น เราต้องการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ให้ค่า

$$p_1' = 0.109, \alpha = 0.05 \text{ และ } p_2' = 0.0535, \beta = 0.10$$

แผนการตรวจรับเชิงคุณภาพจะใช้ขนาดตัวอย่าง n เท่ากับ 125 ในขณะที่แผนการตรวจรับเชิงปริมาณ จะใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 19 ถ้ารู้ค่า σ' หรือใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 52 ถ้าประมาณค่า σ' จาก S หรือใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 75 ถ้าประมาณค่า σ' จาก $\bar{R}$ จะเห็นว่า ไม่ว่าจะใช้กรณีใดก็ตาม แผนการตรวจรับเชิงปริมาณ จะใช้ขนาดตัวอย่างน้อยกว่าเสมอ
3) ถ้าพิจารณาการตรวจสอบในแต่ละชิ้น แผนการตรวจรับเชิงปริมาณจะเสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการตรวจสอบต่อชิ้น มากกว่าแผนการตรวจรับเชิงคุณภาพ แต่การที่ใช้ขนาด

ตัวอย่างเล็กกว่ากันมากทำให้สามารถลดทั้งค่าใช้จ่ายและเวลา ในการตรวจสอบต่อตัวอย่างได้มากกว่า โดยเฉพาะกรณีที่การตรวจสอบ เป็นผลให้ของเสียหรือเสื่อมสภาพใช้การไม่ได้ หรือของนั้นมีราคาแพง แผนการตรวจรับเชิงปริมาณก็จะยิ่งมีข้อได้เปรียบมากยิ่งขึ้น

4) จัดเป็นข้อเสียเปรียบในการใช้แผนการตรวจรับเชิงปริมาณ เมื่อเทียบกับการใช้แผนการตรวจรับเชิงคุณภาพ กล่าวคือ หากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หรือสินค้าที่นำมาตรวจสอบมีหลายลักษณะ เช่น ต้องการควบคุมทั้งในด้าน ความยาว ความกว้าง น้ำหนัก หรือปริมาตร เป็นต้น เกณฑ์ที่จะใช้ในการตัดสินใจ ต้องใช้แยกกันไปในแต่ละคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม เช่น เกณฑ์การยอมรับที่จะใช้กับความยาว เกณฑ์การยอมรับที่จะใช้กับน้ำหนัก หรือเกณฑ์การยอมรับที่จะใช้กับปริมาตร เป็นต้น นั่นก็คือ เราจะต้องใช้แผนการสุ่มตัวอย่างมีจำนวนเท่ากับจำนวนของคุณสมบัติที่ต้องการควบคุม ในขณะที่การตรวจรับเชิงคุณภาพจะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเพื่อยอมรับ จึงมีแนวโน้มว่าจะสูงกว่า

5) เป็นข้อจำกัดในการใช้แผนการตรวจรับเชิงปริมาณ โดยที่การนำไปใช้ของแผนการสุ่มตัวอย่างนี้จะอยู่ภายใต้เกณฑ์สมมติที่ว่า ค่าที่วัดได้จะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ หรือเรารู้ลักษณะการแจกแจงของมัน และค่าที่วัดได้เป็นค่าต่อเนื่อง

ภายใต้เกณฑ์สมมติที่ว่า ค่าที่วัดได้มีการแจกแจงแบบปกติ เราจึงแยกการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างนี้เป็น 2 พวกคือ

1. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับที่ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ย เมื่อรู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรียก KNOWN-SIGMA PLANS หรือ PLAN WITH KNOWN VARIABILITY
2. แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับที่ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ย เมื่อไม่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เรียก UNKNOWN-SIGMA PLANS หรือ PLAN WITH UNKNOWN VARIABILITY

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย $\bar{X}'$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' ของกระบวนการหรือลอทที่มีการแจกแจงแบบปกติกับสัดส่วนของเสีย p'

ถ้าค่าที่วัดได้ของผลิตภัณฑ์ (X) จากกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้า มีการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}'$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' หากเกณฑ์กำหนดระบุค่าต่ำสุดของคุณภาพ

ผลิตภัณฑ์ เท่ากับ L แล้วผลิตภัณฑ์ใดที่มีค่าวัดได้ต่ำกว่า L ก็จะถือว่า ผลิตภัณฑ์นั้นชำรุด ดังนั้น ความน่าจะเป็นของผลิตภัณฑ์ชำรุด จะกำหนดได้โดย

$$P(X \leqslant L) = P\left(\frac{X - \bar{X}'}{\sigma'} \leqslant \frac{L - \bar{X}'}{\sigma'}\right) = P\left(Z \leqslant \frac{L - \bar{X}'}{\sigma'}\right)$$

นั่นก็คือ เราสามารถประมาณสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุด ได้จากตารางปกติมาตรฐาน Z ถ้า p เป็นสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุด จะได้ว่า

$$-z_p = \frac{L - \bar{X}'}{\sigma'} \qquad .....(7.1)$$

ตัวอย่าง เช่น

เราระบุเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของน้ำหนักสบู่ว่า เท่ากับ 65.46 กรัม ถ้าสบู่ที่ผลิตมาจากกระบวนการผลิตหนึ่ง หรือที่นำมาส่งเป็นลอท มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 66.0 กรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 กรัม เราคำนวณความน่าจะเป็นของสบู่ที่มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำได้จาก

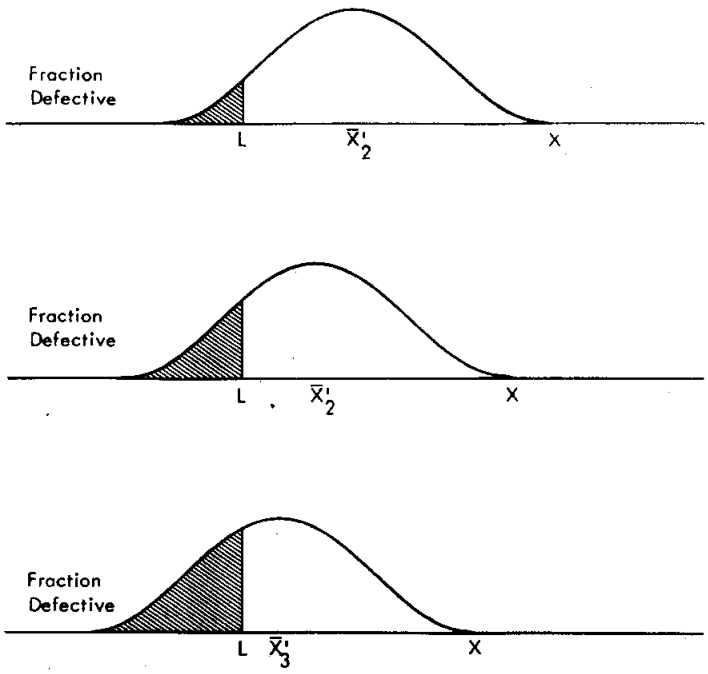
$$-z_p = (65.46 - 66)/0.45 = -1.2$$

ดังนั้น $p' = 0.1151$

แสดงว่า ถ้าสบู่มีน้ำหนักเฉลี่ย 66 กรัม ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเป็น 0.45 กรัม เกณฑ์กำหนดของน้ำหนักขั้นต่ำ เท่ากับ 65.46 กรัม แล้ว สบู่ในกระบวนการผลิตหรือในลอทนี้จะมีสัดส่วนที่ไม่ได้มาตรฐาน 0.1151 กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ จะมีเปอร์เซ็นต์ของสบู่ที่ไม่ได้มาตรฐาน 11.51% พิจารณาจาก (7.1) จะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ชำรุดหรือไม่ได้มาตรฐาน จะแปรผันไปตามค่าเฉลี่ย $\bar{X}'$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ'

หากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าคงที่ เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ชำรุดจะแปรผันไปตามค่าเฉลี่ย ซึ่งจะเห็นว่า หาก $\bar{X}' > L$ ค่า $\bar{X}'$ เข้าใกล้ค่า L มากเท่าใด เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์ชำรุดจะยิ่งมีค่ามากขึ้นตามไปด้วย

รูปที่ 7.1 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย $\bar{X}'$ ของกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้ากับสัดส่วนชำรุด p′ ถือว่ารู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ'

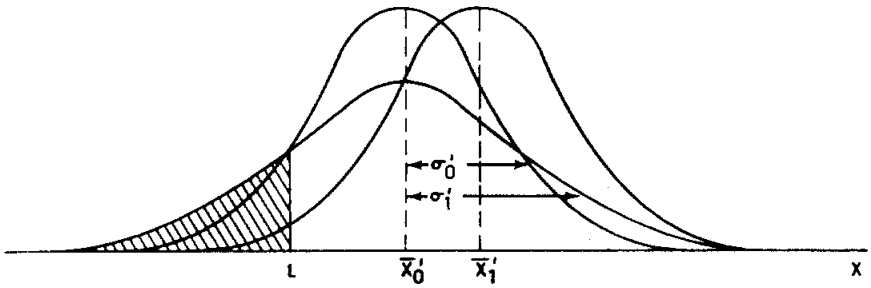


พื้นที่ส่วนแรเงา แสดงถึงสัดส่วนชำรุดของผลิตภัณฑ์

หากค่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' ไม่คงที่ สัดส่วนชำรุดของผลิตภัณฑ์ จะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ย $\bar{X}'$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' หากกระบวนการผลิตหรือลอท 2 กลุ่ม มีการแจกแจงต่างกัน สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุด ที่มาจากกระบวนการผลิตหรือลอทที่ต่างกัน อาจจะเท่ากันหรือต่างกันก็ได้ ตัวอย่างเช่น เราเปรียบเทียบผลที่ได้จากกระบวนการหรือลอท ก กับผลที่ได้จากกระบวนการหรือลอท ข หากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการหรือลอท ก เท่ากับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการหรือลอท ข แต่กระบวนการหรือลอท ก มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ L มากกว่า สัดส่วนชำรุดที่เกิดจากกระบวนการหรือลอท ก จะมีค่าสูงกว่า ในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าเฉลี่ยในกระบวนการหรือลอท ก อยู่ห่างจากเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ L มากกว่า สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุดในกระบวนการหรือลอท ก จะต่ำกว่า แสดงว่า สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุดจากกระบวนการหรือลอทใดจะมากกว่ากันย่อมขึ้นอยู่กับว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทใดเข้าใกล้เกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ มากกว่ากัน นั่นก็คือมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่า ในกรณีที่กระบวนการหรือลอททั้งสองมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน แต่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เท่ากัน จะเห็นได้ว่า ถ้ากระบวนการหรือลอท ก มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูงกว่าของกระบวนการหรือลอท ข สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ชำรุดจากกระบวนการหรือลอท ก จะสูงกว่าด้วย ในทางตรงกันข้าม หากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการหรือลอท ก ต่ำกว่าของ ข สัดส่วนชำรุดของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหรือลอท ก จะต่ำกว่าด้วย แสดงว่า ในกระบวนการหรือลอทที่มีค่าเฉลี่ยเดียวกัน กระบวนการหรือลอทใด มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่า ก็จะมีสัดส่วนผลิตภัณฑ์ชำรุดสูงกว่าตามไปด้วย

รูปที่ 7.2 แสดงถึงสัดส่วนผลิตภัณฑ์ชำรุด ซึ่งแปรผันไปตามค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของการแจกแจงของคุณสมบัติผลิตภัณฑ์

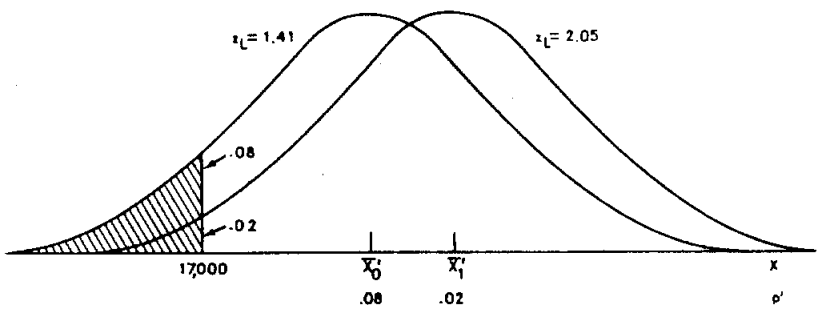


การคำนวณสัดส่วนผลิตภัณฑ์ชำรุด จะประมาณได้จากตารางปกติมาตรฐาน กำหนดตามสมการ (7.1) ในทางกลับกัน หากเรารู้สัดส่วนชำรุดของผลิตภัณฑ์ อาศัยตาราง Z ในการหาค่า $z_U = \frac{U - \overline{X}'}{\sigma'}$ หรือ $z_L = \frac{\overline{X}' - L}{\sigma'}$ ได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

สัดส่วนชำรุด	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.02	0.01
z_U หรือ z_L	0.6745	0.8416	1.0364	1.2816	1.6449	2.0537	2.3263

แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ ได้ด้วยกราฟดังต่อไปนี้

รูปที่ 7.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง z_L กับสัดส่วนชำรุด p'



7.2 แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ เมื่อกระบวนการหรือลอทมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ'

กรณีระบุเกณฑ์กำหนดทางเดียว เช่น กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณภาพ L หรือกำหนดเกณฑ์ขั้นสูงของคุณภาพ U อย่างใดอย่างหนึ่ง เมื่อรู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' (ค่านี้ประมาณได้จากแผนภูมิการควบคุม R หรือ σ chart การใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับมี 2 วิธีการ

(1) วิธีการที่ 1 k-method

(2) วิธีการที่ 2 M-method

เราดำเนินการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง และตัดสินใจ ดังต่อไปนี้

1. สุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้ามา n ชิ้น วัดค่าแต่ละชิ้น คำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} X_i/n$$

2. คำนวณค่า z_L, z_U หรือ Q_L, Q_U ขึ้นอยู่กับว่าเกณฑ์กำหนดระบุในค่า L หรือ U และเราใช้วิธีการ k-method หรือ M-method

ในเมื่อ

$$z_L = \frac{\overline{X} - L}{\sigma'}, \quad Q_L = \frac{\overline{X} - L}{\sigma'}\sqrt{\frac{n}{n-1}} = z_L\sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

และ

$$z_U = \frac{U - \overline{X}}{\sigma'}, \quad Q_U = \frac{U - \overline{X}}{\sigma'}\sqrt{\frac{n}{n-1}} = z_U\sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

3. . เกณฑ์ตัดสินใจ

3.1 ถ้าใช้กระบวนการที่ 1 k-method

เราจะยอมรับกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้านั้น ถ้า

$$k \leqslant \frac{U - \overline{X}}{\sigma'} \quad \text{หรือ} \quad \frac{\overline{X} - L}{\sigma'} \geqslant k$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

3.2 ถ้าใช้กระบวนการที่ 2 M-method

จากค่า z_L หรือ z_U ที่ได้ ประมาณค่าสัดส่วนชำรุด $\hat{p}_L$ หรือ $\hat{p}_U$ ซึ่งก็คือพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติมาตรฐานเหนือจุด Q_L หรือ Q_U นั่นเอง

เราจะยอมรับกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้านั้น ถ้า

$$\hat{p}_L \leqslant M \quad \text{หรือ} \quad \hat{p}_U \leqslant M$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

หมายเหตุ ค่าของ M จะเป็นสัดส่วนของพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติมาตรฐาน เหนือจุด $k\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ นั่นก็คือ

$$\int_{k\sqrt{\frac{n}{n-1}}}^{\infty} \frac{e^{-y^2/2}}{2} dy = M$$

จะเห็นว่าแผนการสุ่มตัวอย่างที่ใช้ จะขึ้นอยู่กับค่าของ n และ k ปัญหามีอยู่ว่า เราควรจะใช้ n และ k ขนาดใด จึงจะเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เช่นเดียวกับกรณีของแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับเชิงคุณภาพ แผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีและเหมาะสมที่สุด จะต้องสอดคล้องกับค่าของ AQL(p_1'), LTPD(p_2'), α และ β

7.2.1 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ระบุค่า p_1' , p_2' , α และ β กรณีระบุเกณฑ์คุณภาพทางเดียว (L หรือ U)

การพิจารณาแผนการสุ่มจะอยู่ภายใต้เกณฑ์สมมติ (assumption)ดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติหรือลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ต้องการควบคุม ถูกวัดในสเกลต่อเนื่อง และมีการแจกแจงแบบปกติ
2. รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' ของกระบวนการหรือลอทนั้น
3. ระบุเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ L

เกณฑ์ตัดสิน เราจะยอมรับกระบวนการผลิตหรือลอทสินค้า ถ้า

$$\bar{X} \geqslant L + k\sigma' \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X} - L}{\sigma'} \geqslant k$$

หากค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทนี้คือ $\bar{X}'$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' จะได้ว่า

$$\frac{X - \bar{X}'}{\sigma'} \quad \text{จะมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน}$$

เมื่อสุ่มตัวอย่างมา n ชิ้น คำนวณได้ค่าเฉลี่ยตัวอย่างเท่ากับ $\bar{X}$ จากทฤษฎีสถิติ เราทราบว่า

$$\frac{\bar{X} - \bar{X}'}{\sigma'/\sqrt{n}} \quad \text{จะมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน}$$

นั่นก็คือ

$$\frac{\bar{X} - L}{\sigma'} \geqslant k$$

หรือ

$$\frac{\bar{X} - \bar{X}'}{\sigma'} + \frac{\bar{X}' - L}{\sigma'} \geqslant k$$

จะได้ว่า

$$Z = \frac{\bar{X} - \bar{X}'}{\sigma'/\sqrt{n}} \geqslant \left(k - \frac{\bar{X}' - L}{\sigma'}\right)\sqrt{n} \qquad .....(7.2)$$

เราทราบว่า ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับกระบวนการหรือลอทที่มีสัดส่วนชำรุด p_1' เท่ากับ $1 - \alpha$ ถ้า $\bar{X}_1'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทนี้ เราจะได้

$$P(X \leqslant L) = P\left(\frac{X - \bar{X}_1'}{\sigma'} \leqslant \frac{L - \bar{X}_1'}{\sigma'}\right) = p_1'$$

หรือ

$$-z_1 = \frac{L - \bar{X}_1'}{\sigma'}$$

และ

$$P\left\{\frac{\bar{X} - \bar{X}_1'}{\sigma'/\sqrt{n}} \geqslant \left(k - \frac{\bar{X}_1' - L}{\sigma'}\right)\sqrt{n}\right\} = 1 - \alpha$$

นั่นก็คือ $\quad (k - z_1)\sqrt{n} = z_{1-\alpha} = -z_\alpha \qquad .....(7.3)$

ถ้า $\bar{X}_2'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทที่มีสัดส่วนชำรุด p_2'

เราจะได้

$$P(X \leqslant L) = P\left(\frac{X - \bar{X}_2'}{\sigma'} \leqslant \frac{L - \bar{X}_2'}{\sigma'}\right) = p_2'$$

หรือ

$$-z_2 = \frac{L - \bar{X}_2'}{\sigma'}$$

ความน่าจะเป็นในการยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ เท่ากับ ดังนั้น

$$P\left\{ \frac{\bar{X} - \bar{X}_2'}{\sigma'/\sqrt{n}} \geqslant \left(k - \frac{\bar{X}_2' - L}{\sigma'}\right) \sqrt{n} \right\} = \beta$$

หรือ

$$(k-z_2)\sqrt{n} = z_\beta \qquad .....(7.4)$$

ผลจาก (7.3) เราจะได้

$$k = z_1 - z_\alpha/\sqrt{n} \qquad .....(7.5a)$$

และผลจาก(7.4) เราจะได้

$$k = z_2 + z_\beta/\sqrt{n} \qquad .....(7.5b)$$

(7.4) - (7.3) จะได้

$$z_1\sqrt{n} - z_2\sqrt{n} = z_\alpha + z_\beta$$

เพราะฉะนั้น

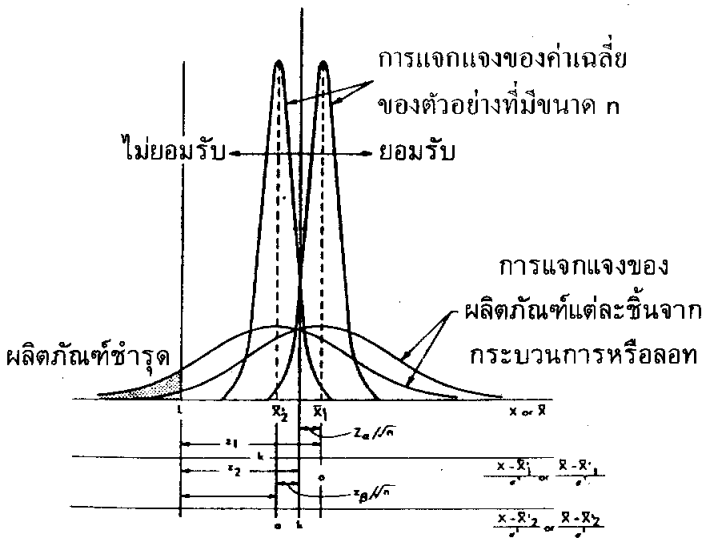
$$n = \left\{ \frac{z_\alpha + z_\beta}{z_1 - z_2} \right\}^2 \qquad .....(7.6)$$

แทนค่า n ที่ได้ใน (7.5a) หรือ (7.5b) เราจะได้

$$k = \frac{z_1 z_\beta + z_2 z_\alpha}{z_\alpha + z_\beta} \qquad .....(7.7)$$

หมายเหตุ ค่าของ k จะเลือกตาม (7.5a) หรือ (7.5b) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่า ต้องการใช้แผนที่มีค่า α หรือมีค่า β ถูกต้องที่สุด หากต้องการให้ได้ใกล้เคียงทั้งค่า α และ β มากที่สุด เราเลือกค่า k โดยใช้สูตร (7.7)

รูปที่ 7.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า z ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ (รู้ค่า σ')



ตัวอย่างที่ 7.1

จงหาแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจรับเชิงปริมาณ ภายใต้ข้อกำหนดต่อไปนี้

$$p_1' = 0.01,\ p_2' = 0.08,\ \alpha = 0.05 \text{ และ } \beta = 0.10$$

ผลิตภัณฑ์ที่นำมาตรวจสอบมีเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ เท่ากับ 17,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเหนียว เท่ากับ 800 ปอนด์/ตารางนิ้ว จงอธิบายการใช้แผนที่ได้

ก) ใช้กระบวนการที่ 1 k-method

ข) ใช้กระบวนการที่ 2 M-method

วิธีทำ

$p_1' = 0.01$ ดังนั้น $z_1 = 2.326$, $p_2' = 0.08$ ดังนั้น $z_2 = 1.405$

$\alpha = 0.05$ ดังนั้น $z_\alpha = 1.645$, $\beta = 0.10$ ดังนั้น $z_\beta = 1.281$

จาก (7.6) เราจะได้

$$n = \left\{\frac{1.645 + 1.281}{2.326 - 1.405}\right\}^2 = 10.09 = 10$$

หากเราต้องการให้ได้ค่า $\alpha = 0.05$ อาศัยสูตร (7.5a) จะได้

$$k = 2.326 - 1.645/\sqrt{10} = 1.806$$

หากเราต้องการให้ได้ค่า $\beta = 0.10$ อาศัยสูตร (7.5b) จะได้

$$k = 1.405 + 1.281/\sqrt{10} = 1.81$$

ในที่นี้เราต้องการ ที่ทำให้ได้ α และ β ใกล้เคียงที่สุด

นั่นก็คือ คำนวณจาก (7.7) จะได้ว่า

$$k = \frac{(2.326)(1.281) + (1.405)(1.645)}{1.645 + 1.281} = 1.808$$

และ $k\sqrt{\frac{n}{n-1}} = 1.808\sqrt{\frac{10}{9}} = 1.906$ ผลที่ตามมาจะได้ $M = 0.0283$ (พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติมาตรฐานเหนือจุด 1.906)

เราดำเนินการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

เก็บตัวอย่างจากกระบวนการหรือลอทแบบสุ่มมา 10 ชิ้น วัดความเหนียวของผลิตภัณฑ์ที่สุ่มมาได้แต่ละชิ้น คำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X}$

ก) คำนวณค่า $L + k\sigma' = 17{,}000 + (1.808)(800) = 18{,}446.4$

เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ ถ้า

$$\overline{X} \geqslant 18{,}446.4 \text{ ปอนด์/ตารางนิ้ว}$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

ข) หาค่า $Q_L = \frac{\overline{X} - 17,000}{800}\sqrt{\frac{10}{9}}$ อาศัยตาราง Z ประมาณค่า $\hat{p}_L$ (พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเหนือจุด Q_L)

เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ ถ้า

$$\hat{p}_L \leqslant 0.0283$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

การเขียนเส้นโค้ง OC สำหรับแผนการสุ่มประเภทนี้ จะได้จากการเปรียบเทียบค่าของโอกาสการยอมรับลอทหรือกระบวนการ กับค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอท $\overline{X}'$ หรือสัดส่วนชำรุดของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหรือลอท p' โอกาสการยอมรับหรือความน่าจะเป็นที่จะยอมรับลอทหรือกระบวนการจะขึ้นอยู่กับค่า $\overline{X}'$ หรือ p' ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$\begin{aligned} P(\text{ยอมรับกระบวนการหรือลอท}) &= P(\overline{X} \geqslant L + k\sigma') \\ &= P\left(Z \geqslant \frac{L + k\sigma' - \overline{X}'}{\sigma'/\sqrt{n}}\right) \\ &= P(Z \geqslant (k - z_p)\sqrt{n}) \qquad .....(7.8) \end{aligned}$$

ตัวอย่าง เช่น

หากเราทราบว่า สัดส่วนของเสียในกระบวนการหรือลอทนี้ คือ $p' = 0.03$ เราจะได้ $z_{p'} = 1.881$ ถ้าเราใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 10$, $k = 1.808$ ในการตรวจรับเราประมาณการยอมรับของจากกระบวนการหรือลอทนี้ได้ โดยที่

$$(k - z_{p_1'})\sqrt{n} = (1.808 - 1.881)\sqrt{10} = -0.23$$

เพราะฉะนั้น ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับ จะเท่ากับ 0.591

หมายเหตุ

1. เมื่อเราทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการหรือลอท และเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหรือลอทนั้น หากเราต้องการแผนการสุ่มที่มีค่า p_1' และ p_2' ก็เท่ากับว่าเราต้องการแผนการสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอท ที่จะถูกยอมรับด้วยความน่าจะเป็น $1 - \alpha$ และ β ตามลำดับ ดังเช่นตัวอย่าง เมื่อ $\sigma' = 800$ ปอนด์/ตารางนิ้ว, $L = 17,000$ และ $p_1' = 0.01$, $p_2' = 0.08$ เราได้

$$\frac{\overline{X}_1' - 17,000}{800} = z_{0.01} = 2.326 \quad \text{แสดงว่า } \overline{X}_1' = 18,860.8$$

$$\frac{\overline{X}_2' - 17,000}{800} = z_{0.08} = 1.405 \quad \text{แสดงว่า } \overline{X}_2' = 18,124$$

2. กรณีที่ระบุเกณฑ์กำหนดชั้นสูง U ทำได้ด้วยวิธีการเดียวกัน ซึ่งจะได้แผนการสุ่มเหมือนกัน แตกต่างกันเฉพาะค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทเท่านั้น สมมติในกรณีตัวอย่างข้างต้น เรามีค่าเกณฑ์กำหนดชั้นสูง U เท่ากับ 20,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว แทนที่จะกำหนดค่า L เรายังคงได้แผนการสุ่มเช่นเดิมคือ n = 10, k = 1.808 แต่ค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะเปลี่ยนไปดังนี้

ค่าเฉลี่ยที่สมนัยกันกับสัดส่วนชำรุด $p_1' = 0.01$ จะกำหนดได้โดย

$$\frac{20,000 - \overline{X}_1'}{800} = 2.326 \quad \text{นั่นก็คือ} \quad \overline{X}_1' = 18,139.2$$

และค่าเฉลี่ยที่สมนัยกันกับสัดส่วนชำรุด $p_2' = 0.08$ จะกำหนดได้โดย

$$\frac{20,000 - \overline{X}_2'}{800} = 1.405 \quad \text{นั่นก็คือ} \quad \overline{X}_2' = 18,876$$

เกณฑ์ตัดสินใจในกรณีกำหนดค่า U ก็คือ

กระบวนการที่ 1 เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$\frac{20,000 - \overline{X}}{800} \geqslant 1.808$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

กระบวนการที่ 2 เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$\hat{p}_U \leqslant 0.0283$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ

ในที่นี้ $\hat{p}_U$ เป็นค่าประมาณของสัดส่วนชำรุด ซึ่งก็คือพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติเหนือจุด

$$Q_U = \frac{U - \overline{X}}{\sigma'}\sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

7.2.2 แผนการสุ่มตัวอย่างที่ระบุค่า p_1', p_2', α และ β เกณฑ์กำหนด 2 ทาง

เมื่อระบุเกณฑ์กำหนดทั้งขั้นสูงสุด U และขั้นต่ำสุด L และเมื่อกระบวนการหรือลอทมีการกระจายแบบปกติที่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' เราสามารถคำนวณเขตต่ำสุดของสัดส่วนของเสียได้เมื่อกำหนดว่า ค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอท อยู่ระหว่างกึ่งกลางค่า U และ L พอดี นั่นก็คือ $\overline{X}' = (U + L)/2$ ในกรณีนี้เราได้ $\frac{U - \overline{X}'}{\sigma'} = -\frac{L - \overline{X}}{\sigma'} = \frac{U - L}{2\sigma'}$ พื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติเหนือจุด $z = \frac{U - \overline{X}'}{\sigma'}$ และ $-z = \frac{L - \overline{X}'}{\sigma'}$ จะเป็นสัดส่วนของเสีย p

เมื่อมีเกณฑ์กำหนดทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด และกระบวนการหรือลอทมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ในขั้นต้นเราดูว่า พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติเหนือจุด $z = \pm \frac{U - L}{2\sigma'}$ จะมากกว่าค่าที่ยอมรับได้ หรือไม่ ถ้ามากกว่า เราจะไม่ยอมรับกระบวนการหรือลอทนั้น โดยไม่ต้องสุ่มตัวอย่าง เช่น สมมติว่า เราสนใจความยาวของแท่งตะปูขนาดเล็กผลิตจากกระบวนการซึ่งให้ความยาวของแท่งตะปู ที่มีการแจกแจงแบบปกติ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร เกณฑ์กำหนดขั้นสูง 20.9 มิลลิเมตร ส่วนเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ 20.1 มิลลิเมตร เราจะไม่ยอมรับกระบวนการที่มีสัดส่วนของเสียมากกว่า 0.01 ในที่นี้ เราจะเห็นว่า

$$\frac{U - L}{2\sigma'} = \frac{20.9 - 20.1}{2(0.2)} = 2$$

นี่ก็หมายความว่า แม้ว่าค่าเฉลี่ยของกระบวนการจะมีค่าที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุดคือ $\bar{X}'$ อยู่ที่

$$\frac{U + L}{2} = \frac{20.9 + 20.1}{2} = 20.5$$

แต่สัดส่วนของเสียกระบวนการก็ไม่ดีไปกว่า 2(0.0228) หรือ 0.0456 (พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติเหนือจุด $z = \pm 2$) ซึ่งเห็นได้ชัดว่า กระบวนการไม่เป็นที่ยอมรับ เนื่องจากมีสัดส่วนของเสียกระบวนการมากกว่า 0.01 เพราะฉะนั้น กระบวนการนี้จะถูกปฏิเสธโดยไม่ต้องสุ่มตัวอย่าง

อย่างไรก็ตาม หากสัดส่วนของเสียต่ำสุดที่เป็นไปได้ ดีกว่าที่เราต้องการ โดยเหตุที่ $\bar{X}'$ อาจจะเป็นค่าที่ควรจะยอมรับ หรือเป็นค่าที่ไม่ควรจะยอมรับ เราจึงควรสุ่มตัวอย่างเพื่อประกอบการตัดสินใจ ให้เกิดความแน่ใจยิ่งขึ้น ให้เรามาพิจารณากรณีที่ $(U-L)/2\sigma'$ มีค่าโตมาก ซึ่งในทางปฏิบัติจะถือว่าไม่มีของเสีย สมมติว่า ในตัวอย่างข้างต้น ระบุเกณฑ์กำหนดขั้นสูงเป็น 20.9 มม. แต่เกณฑ์กำหนดขั้นต่ำเปลี่ยนเป็น 18.9 ดังนั้น

$$\frac{U - L}{2\sigma'} = \frac{20.9 - 18.9}{2(0.2)} = 5$$

จะเห็นได้ว่า หาก $\bar{X}'$ อยู่กึ่งกลางระหว่างค่า U กับ L ในทางปฏิบัติถือว่าสัดส่วนของเสียเป็น 0 ในขณะเดียวกันหาก $\bar{X}'$ เข้าใกล้ค่า U หรือเข้าใกล้ค่า L ทางใดทางหนึ่ง การหาสัดส่วนของเสีย จะมีลักษณะเช่นเดียวกับกรณีกำหนดเกณฑ์ทางเดียว เช่นเมื่อ $\bar{X}'$ อยู่ที่ 18.9 หรือ 20.9 เราจะได้ค่า p เท่ากับ 0.50 หรือหาก $\bar{X}'$ อยู่ที่ 19.3 หรือ 20.5 เราจะได้ค่าประมาณ p เท่ากับ 0.2 เป็นต้น ดังนั้นในกรณีที่ช่วงกว้างระหว่างเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำและขั้นสูงโตมาก แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้กับกรณีเกณฑ์กำหนด 2 ทาง จะประกอบด้วยแผนการสุ่มตัวอย่างที่กำหนดเกณฑ์ทางเดียว 2 แผน แผนหนึ่งจะประยุกต์ใช้กับเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำ

L อีกแผนหนึ่งประยุกต์ใช้กับเกณฑ์กำหนดขั้นสูง U ซึ่งผลสุดท้ายจะได้แผนการสุ่มชุดเดียวกัน จึงกล่าวได้ว่า กรณีของแผนการสุ่มตัวอย่างที่มีเกณฑ์กำหนด 2 ทาง และช่วงกว้างระหว่างเกณฑ์ทั้งสองห่างกันมาก เราจะใช้สูตรในการหาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเดียวกับกรณีเกณฑ์ทางเดียว จะแตกต่างกันที่หลักเกณฑ์ในการตัดสินใจ เมื่อเรามีเกณฑ์กำหนด 2 ค่าคือ ค่าต่ำสุด L และค่าสูงสุด U ในกระบวนการที่ 1 เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$(\bar{X}' - L)/\sigma' \geqslant k \text{ และ } (U - \bar{X}')/\sigma' \geqslant k$$

นอกนั้นไม่ยอมรับ ในกระบวนการที่ 2 เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$\hat{p}_L \leqslant M \quad \text{และ} \quad \hat{p}_U \leqslant M$$

แต่ถ้ามี $\hat{p}_L$ หรือ $\hat{p}_U$ ค่าใดค่าหนึ่งมากกว่า M เราจะไม่ยอมรับ

ให้เรามาพิจารณากรณีที่ ช่วงกว้างระหว่างเกณฑ์กำหนดต่ำสุด L กับเกณฑ์กำหนดสูงสุด U ไม่ห่างกันมากนัก แต่ก็ไม่ใกล้กันจนทำให้ได้สัดส่วนชำรุดมากกว่าที่ต้องการ เช่น ในตัวอย่างของความยาวตะปู หากเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของตะปูเปลี่ยนเป็น 19.8 มม. เราจะได้

$$(U - L)/2\sigma' = (20.9 - 19.8)/2(0.02) = 2.75$$

ดังนั้นสัดส่วนของเสีย จะเท่ากับ .006 (พื้นที่ภายใต้เส้นโค้งปกติที่จุด z = 2.75, z = -2.75) ซึ่งน้อยกว่า ระดับยอมรับของ 0.01 แสดงให้เห็นว่า ความรู้เกี่ยวกับ σ' เพียงอย่างเดียวไม่พอเพียงในการปฏิเสธ โดยปราศจากการสุ่ม กรณีดังกล่าวนี้จึงต้องกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การหาแผนการสุ่มตัวอย่าง ยังคงใช้วิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วในกรณีเกณฑ์กำหนดทางเดียว เพียงแต่ค่า p และ α ที่อาจจะเปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่น เรากำหนด

$$(U - \bar{X}')/\sigma' = z_{p_1/2} \quad \text{และ} \quad (L - \bar{X}')/\sigma' = -z_{p_1/2}$$

เมื่อ

$$\bar{X}' = (U + L)/2$$

เรากล่าวว่า เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอท ที่มีสัดส่วนของเสีย p_1 ด้วยความน่าจะเป็น $1 - \alpha$ นั่นก็คือ

$$P(L + k\sigma' \leqslant \bar{X} \leqslant U - k\sigma') = 1 - \alpha$$

$$P(Z \geqslant -z_{p_1/2}\sqrt{n} + k\sqrt{n}) - P(Z \geqslant z_{p_1/2}\sqrt{n} - k\sqrt{n}) = 1 - \alpha$$

ดังนั้น

$$2P(Z \geqslant -z_{p_1/2}\sqrt{n} + k\sqrt{n}) - 1 = 1 - \alpha$$

หรือ

$$-z_{p_1/2}\sqrt{n} + k\sqrt{n} = z_{1-\alpha/2} = -z_{\alpha/2} \qquad .....(6.9)$$

สำหรับกระบวนการหรือลอท ที่มีสัดส่วนของเสีย p_2 ค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทนี้ จะเบี่ยงเบนไปจาก (U + L)/2 มาก กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยอาจใกล้ค่า U หรือใกล้ค่า L มาก จนถือว่าไม่มีสัดส่วนของเสียทางด้านที่ห่างไกล จึงกล่าวได้ว่า การประมาณความน่าจะเป็นที่จะยอมรับกระบวนหรือลอทนี้ อาจพิจารณาจากค่า U หรือค่า L อย่างใดอย่างหนึ่ง ก็ได้ ซึ่งจะได้ผลสรุปอย่างเดียวกันตามสมการที่ (7.4) ผลที่ตามมา เราจะได้สูตรการหาแผนการสุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

$$n = \frac{(z_{\alpha/2} + z_{\beta})^2}{z_{p_1/2} - z_{p_2}} \qquad .....(7.10)$$

และ

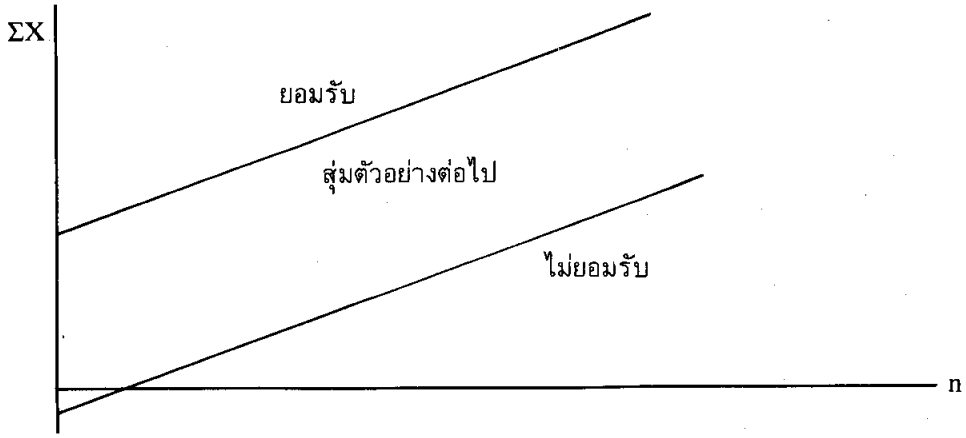
$$k = \frac{z_{p_1/2} z_{\beta} + z_{\alpha/2} z_{p_2}}{z_{\alpha/2} + z_{\beta}}$$

7.2.3 แผนการสุ่มตัวอย่าง SPR ที่ระบุค่า $\bar{X}_1', \bar{X}_2', \alpha, \beta$

การสุ่มตัวอย่างแบบลำดับ (sequential sampling) ที่เหมาะสมในทางด้านปฏิบัติก็คือ การสุ่มตัวอย่างแบบ SPR (Sequential-Probability-Ratio) ที่ขึ้นอยู่กับตัวแปร ΣX ทั้งนี้เนื่องจากว่า การสุ่มแบบนี้สามารถลดจำนวนชิ้นที่จะนำมาตรวจสอบได้ หลักการโดยทั่วไปจะเป็นแบบเดียวกับกรณีของ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบลำดับของข้อมูลเชิงคุณภาพ กล่าวคือ ทุกครั้งที่เก็บผลิตภัณฑ์มาตรวจสอบ 1 ชิ้น จะต้องมีการตัดสินใจ 3 ทางคือ จะยอมรับ ไม่ยอมรับ หรือจะเก็บชิ้นต่อไปมาตรวจ จะมีแตกต่างกันตรงที่การวัด เงื่อนไขการใช้ เขตที่แสดงการยอมรับและไม่ยอมรับ ดังต่อไปนี้

เมื่อค่าของคุณสมบัติมีการกระจายแบบปกติ ที่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' เราดำเนินการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบ SPR ดังนี้ เก็บผลิตภัณฑ์แบบสุ่มจากกระบวนการหรือลอท 1 ชิ้น วัดค่าคุณสมบัติที่ได้เป็น X_1 เขียนจุด $(1, X_1)$ ในแผนภูมิตามรูปที่ (7.4) ถ้าจุดที่ได้อยู่บนหรือเหนือเส้นยอมรับเราจะยอมรับกระบวนการหรือลอทนั้น แต่ถ้าหากจุดนั้นอยู่บนหรือใต้เส้นไม่ยอมรับ เราจะปฏิเสธกระบวนการหรือลอทนั้น หากว่าจุดนี้อยู่ระหว่างเส้นตรงทั้งสอง เราเก็บตัวอย่างชิ้นที่ 2 มาตรวจต่อไป วัดค่าที่ได้เป็น X_2 หาผลรวมของค่าที่วัดได้จะเป็น $X_1 + X_2$ เขียนจุด $(2, X_1\ X_2)$ บนแผนภูมิ ดูว่าจุดนี้อยู่ที่เขตยอมรับ หรือเขตไม่ยอมรับ หรือเขตการสุ่มต่อไป หากจุดอยู่ตรงเขตการสุ่มต่อไป เราจะเก็บตัวอย่างชิ้นที่ 3 มาวัดต่อไป ทำซ้ำวิธีการดังกล่าวนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะสรุปได้ว่า จะยอมรับหรือไม่ยอมรับอย่างใดอย่างหนึ่ง

รูปที่ 7.5 แผนภูมิของการสุ่มตัวอย่างแบบ SPR แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ผลรวมของจำนวนหน่วยที่นำมาตรวจสอบ (n) กับผลรวมของค่าที่วัดได้ (ΣX)



การหาแผนการสุ่มตัวอย่าง SPR ภายใต้ค่า $\bar{X}_1'$, $\bar{X}_2'$, α และ β ที่กำหนดไว้ $\bar{X}_2'$ อาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่า $\bar{X}_1'$ ก็ได้ เมื่อค่าของคุณสมบัติที่วัดได้ มีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่า σ' ในการสุ่มเพื่อการตรวจรับ เราจะยอมรับกระบวนการหรือลอทที่มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}_1'$ ด้วยความน่าจะเป็น $1 - \alpha$ ในขณะที่จะยอมรับกระบวนการหรือลอทที่มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}_2'$ ด้วยความน่าจะเป็น β เท่านั้น การตัดสินใจของเราจะเหมือนกับการที่เราจะทดสอบว่า

$$H_o \ : \ \mu = \bar{X}_1'$$
$$H_a \ : \ \mu = \bar{X}_2' < \bar{X}_1'$$

ในเมื่อ μ เป็นค่าเฉลี่ยที่แท้จริงของการแจกแจงปกตินี้

เราจะได้ผลสรุปว่า ต้องสุ่มตัวอย่างต่อไป ถ้า

$$\frac{\beta}{1-\alpha} < \lambda_n < \frac{1-\beta}{\alpha}$$

ในเมื่อ

$$\lambda_n = \frac{L_2(X_1,X_2,\ldots,X_n)}{L_1(X_1,X_2,\ldots,X_n)}$$

$$= \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\right)^n \exp\left\{\frac{-1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}_2')^2\right\}}{\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}}\right)^n \exp\left\{\frac{-1}{2\sigma^2}\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X}_1')^2\right\}}$$

$$= \exp\left[\frac{(\bar{X}_2' - \bar{X}_1')\sum_{i=1}^{n} X_1}{\sigma^2} + \frac{n(\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2)}{2\sigma^2}\right]$$

นั่นก็คือ การสุ่มตัวอย่างจะดำเนินต่อไป ตราบเท่าที่

$$\frac{\beta}{1-\alpha} < \exp\left[\frac{(\bar{X}_2' - \bar{X}_1')\sum_{i=1}^{n} X_i}{\sigma^2} + \frac{n(\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2)}{2\sigma^2}\right] < \frac{1-\beta}{\alpha}$$

จะได้ว่า

$$\ln\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right) < \frac{(\bar{X}_2' - \bar{X}_1')}{\sigma^2}\sum_{i=1}^{n} X_i + \frac{(\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2)}{2\sigma^2} n < \ln\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)$$

หรือ

$$-2.3026\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right) < \frac{\bar{X}_2' - \bar{X}_1'}{\sigma^2}\sum_{i=1}^{n} X_i + \frac{\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2}{2\sigma^2} n < 2.3026\log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)$$

ในเมื่อ

$$\ln k = 2.3026\log k \text{ และ } \log\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right) = -\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)$$

นี่ก็หมายความว่า เราจะหยุดการสุ่มและยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$\frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sigma^2}\sum_{i=1}^{n} X_i + \frac{\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2}{2\sigma^2} n \leqslant -2.3026\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)$$

หรือ

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \leqslant -\frac{2.3026\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}\sigma^2 - \frac{(\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2)/2\sigma^2}{(\bar{X}_2 - \bar{X}_1)/\sigma^2} \cdot n$$

ผลสุดท้ายจะได้

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \leqslant \frac{2.3026\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right)}{\bar{X}_1' - \bar{X}_2'}\sigma^2 + \frac{(\bar{X}_1' + \bar{X}_2')}{2} \cdot n \qquad .....(7.12)$$

และเราจะหยุดการสุ่ม ไม่ยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$\frac{\bar{X}_2' - \bar{X}_1'}{\sigma^2}\sum_{i=1}^{n} X_i + \frac{\bar{X}_1^2 - \bar{X}_2^2}{2\sigma^2} n \geqslant 2.3026\log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)$$

หรือ

$$\sum_{i=1}^{n} X_i \geqslant -\frac{2.3026\log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)}{\bar{X}_1' - \bar{X}_2'}\sigma^2 + \frac{\bar{X}_1' + \bar{X}_2'}{2} \cdot n \qquad .....(7.13)$$

เพราะฉะนั้น เราจะได้

สมการของเส้นตรงยอมรับ (acceptance line)

$$T = h_1 + sn \qquad .....(7.14)$$

และสมการของเส้นตรงไม่ยอมรับ (rejection line)

$$T = -h_2 + sn \qquad .....(7.15)$$

ในเมื่อ

$$T = \sum_{i=1}^{n} X_i,\ s = \frac{\bar{X}_1' + \bar{X}_2'}{2},\ h_1 = \frac{a\sigma^2}{\bar{X}_1' - \bar{X}_2'},\ h_2 = \frac{b\sigma^2}{\bar{X}_1' - \bar{X}_2'}$$

$$a = 2.3026\log\left(\frac{1-\alpha}{\beta}\right),\ b = 2.3026\log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right)$$

หมายเหตุ

กรณีที่ $\bar{X}_2' > \bar{X}_1'$ เราจะได้สูตรเช่นเดียวกับ (7.14) และ (7.15) เปลี่ยนแปลงค่าจาก h_1 เป็น $-h_1$ และ $-h_2$ เป็น h_2

ตัวอย่างที่ 7.2

จงเขียนแผนภูมิของการสุ่มตัวอย่างแบบ SPR เพื่อใช้ในการตรวจรับลอทของหม้อแบตเตอรี่ กำหนดว่า หากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักหม้อแบตเตอรี่เป็น 11.60 กิโลกรัม โอกาสที่จะยอมรับลอทจะมีสูงถึง 98% แต่ถ้าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแบตเตอรี่เป็น 11.45 กิโลกรัม โอกาสที่จะยอมรับลอทมีเพียง 5% ส่วนเบี่ยงเบนของน้ำหนักหม้อในลอทนี้ เท่ากับ 0.065 กิโลกรัม ท่านจะตัดสินใจอย่างไร ถ้าผลจากการสุ่มตัวอย่างมาแล้ว 10 ลูก ได้น้ำหนักดังต่อไปนี้

11.50	11.55	11.55	11.47	11.62
11.50	11.53	11.49	11.57	11.64

วิธีทำ

ในที่นี้ $1 - \alpha = .98,\ \beta = .05$ ดังนั้น $\alpha = 0.02$ และ $1 - \beta = 0.95$ เราจะได้

$$a = 2.3026\log(0.98/0.05) = 2.9756$$

$$b = 2.3026\log(0.95/0.02) = 3.8608$$

$$h_2 = (3.8608)(0.065)^2/(11.60 - 11.45) = 0.109$$

$$h_1 = (2.9756)(0.065)^2/(11.60 - 11.45) = 0.084$$

$$s = (11.60 + 11.45)/2 = 11.525$$

จะได้สมการของเส้นยอมรับและของเส้นไม่ยอมรับ ตามลำดับ ดังนี้

$$T = 0.084 + 11.525n$$

$$T = -0.109 + 11.525n$$

พิจารณาจากสมการทั้ง 2 จะเห็นว่า ค่า h น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่า s ซึ่งไม่สะดวกในการเขียนแผนภูมิ เพราะจะได้เส้นตรงที่มีความชันมากและอยู่ใกล้กันมาก ยากต่อการดูให้เข้าใจ เพื่อให้ดูง่าย เราจะแปลงข้อมูลแต่ละตัวเป็น X - 11.45 ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า s แต่ไม่มีผลต่อค่า h ทั้งสอง เราจะได้สมการเส้นตรงยอมรับและไม่ยอมรับ ตามลำดับ ดังนี้

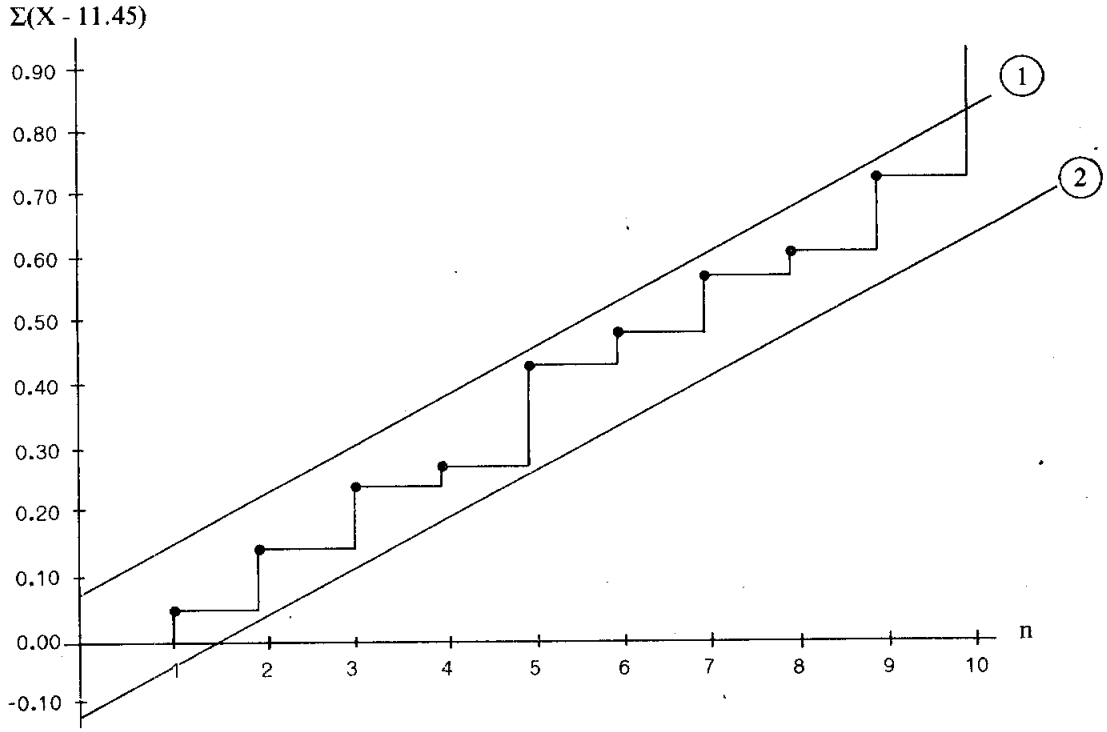
$$\Sigma(X - 11.45) = 0.084 + 0.075n \quad \text{——— (1)}$$

$$\Sigma(X - 11.45) = -0.109 + 0.075n \quad \text{——— (2)}$$

เขียนแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Σ(X - 11.45) กับ n ตามแผนภูมิข้างล่าง เขียนค่าที่ได้บนแผนภูมิโดยแปลงค่าข้อมูลแต่ละตัวในเทอม X - 11.45 หาผลบวกของผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏผลดังต่อไปนี้

(X - 11.45)	.05	.10	.10	.02	.17	.05	.08	.04	.12	.19
Σ(X - 11.45)	.05	.15	.25	.27	.44	.49	.57	.61	.73	.92

ผลที่ได้เขียนลงในแผนภูมิ



จากกราฟจะเห็นว่า ผลรวมของน้ำหนักหม้อ 10 ใบ อยู่ในเขตยอมรับ เราจึงสรุปได้ว่า เมื่อตรวจมาถึงหม้อใบที่ 10 จะหยุดการตรวจและยอมรับลอทนี้

7.3 แผนสุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณที่ระบุค่า p_1', p_2', α และ β ไม่รู้ค่า σ'

เมื่อเราไม่รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการหรือลอท เราสามารถประมาณค่าได้โดยอาศัยผลจากตัวอย่าง นั่นก็คือ เราอาจประมาณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกระบวนการหรือลอทจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง (s) หรือประมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของพิสัยตัวอย่าง (R) การหาแผนการสุ่มตัวอย่างจึงแยกเป็น วิธีการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน กับวิธีการพิสัย

7.3.1 วิธีการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การใช้แผนการสุ่มตามกระบวนการที่ 1 k-method เมื่อระบุเกณฑ์กำหนดทางเดียว ทำได้ดังนี้ เก็บตัวอย่างจากกระบวนการหรือลอทแบบสุ่มมา n ชิ้น วัดค่าคุณสมบัติของแต่ละชิ้นเป็น X คำนวณหาค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X} = \Sigma X/n$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง $s = \frac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n-1}$ คำนวณค่า $Q_L = (\overline{X} - L)/s$ เมื่อกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำ L หรือค่า $Q_U = (U - \overline{X})/s$ เมื่อกำหนดเกณฑ์ขั้นสูง U เราจะตัดสินใจยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$(\overline{X} - L)/s \geqslant k$ เมื่อกำหนด L

หรือ $(U - \overline{X})/s \geqslant k$ เมื่อกำหนด U

นอกนั้นไม่ยอมรับ

สำหรับในกระบวนการที่ 2 M-method เมื่อเราได้ค่าของ Q_L หรือ Q_U เราประมาณค่าสัดส่วนของเสีย $\hat{p}_L$ หรือ $\hat{p}_U$ โดยอาศัยแผนภูมิในรูปที่ 7.6 หรืออ่านค่าจากตารางที่ 7.6 และ จากค่า n, k ที่ได้ นำไปหาค่า M จากแผนภูมิในรูปที่ 7.7 เราจะตัดสินใจยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ ถ้า

$\hat{p}_L \leqslant M$ (กำหนด L) หรือ $\hat{p}_U \leqslant M$ (เมื่อกำหนด U)

นอกนั้นไม่ยอมรับ

เช่นเดียวกับแผนการสุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว การหาแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ต้องกำหนดภายใต้ค่า p_1, p_2, α และ β ตามที่ตกลงกันไว้ ซึ่ง W. Allen Wallis กำหนดสูตรที่จะใช้หาค่า n และ k ดังนี้

$$k = \frac{z_\alpha z_2 + z_\beta z_1}{z_\alpha + z_\beta} \qquad .....(7.16)$$

และ

$$n = (1 + \frac{k^2}{2})(\frac{z_\alpha + z_\beta}{z_1 - z_2})^2 \qquad .....(7.17)$$

การหาแผนการสุ่มตัวอย่างนี้ทำได้ โดยอาศัยทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งจะได้ว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง s เป็นค่าประมาณที่ไม่เอียงเฉของ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ' นั่นก็คือ $E(S) = \sigma'$ และเราประมาณความแปรปรวนของ S ได้ด้วย $V(S) = \sigma^2/2n$

พิจารณาจากเกณฑ์การตัดสินใจ จะเห็นว่า เรายอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$\bar{X} - ks \geqslant L$ เมื่อกำหนดค่า L

หรือ $\bar{X} + ks \leq U$ เมื่อกำหนดค่า U

อาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น เราจะได้

$$E(\bar{X} \pm ks) = E(\bar{X}) \pm kE(S) = \bar{X}' \pm k\sigma'$$

และ

$$V(\bar{X} \pm kS) = V(\bar{X}) + k^2V(S) = \frac{\sigma^2}{n} + \frac{k^2\sigma^2}{2n}$$

นี่ก็หมายความว่า หาก X มีการแจกแจงแบบปกติที่ไม่รู้ค่า σ' เราประมาณการแจกแจงของ $\bar{X} \pm kS$ ได้ด้วยการแจกแจงแบบปกติ ที่มีค่าเฉลี่ย $\bar{X}' \pm k\sigma'$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma' \sqrt{1/n + k^2/2n}$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{(\bar{X} \pm ks) - (\bar{X}' \pm k\sigma')}{\sigma\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{2n}}}$$ จะมีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน Z

ให้เรามาพิจารณากรณีกำหนดค่า L

สมมติว่า $\bar{X}_1'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอทที่เราต้องการยอมรับ ด้วยความน่าจะเป็น $1 - \alpha$ นั่นก็คือ เป็นกระบวนการหรือลอทที่มีสัดส่วนของเสีย p_1' ดังนั้น

$$P(X \leqslant L) = p_1' \text{ หรือ } (L - \bar{X}_1')/\sigma' = -z_1$$

และความน่าจะเป็นที่จะยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ กำหนดได้โดย

$$P(\bar{X} - ks \geqslant L) = 1 - \alpha$$

นั่นก็คือ

$$P\left[\frac{(\bar{X} - kS) - (\bar{X}' - k\sigma')}{\sigma'\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{2n}}} \geqslant \frac{L - (\bar{X}' - k\sigma')}{\sigma'\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{2n}}}\right] = 1 - \alpha$$

หรือ

$$P(Z \geqslant \frac{-z_1 + k}{\sqrt{1/n + k^2/2n}}) = 1 - \alpha$$

เพราะฉะนั้น

$$\frac{-z_1 + k}{\sqrt{1/n + k^2/2n}} = z_{1-\alpha} = -z_\alpha \qquad .....(7.18)$$

หาก $\overline{X}_2'$ เป็นค่าเฉลี่ยของกระบวนการหรือลอท ที่กำหนดความน่าจะเป็นในการยอมรับเพียง นั่นก็คือ เป็นกระบวนการหรือลอทที่มีสัดส่วนของเสีย p_2' ซึ่งเราจะได้

$$P(X \leqslant L) = p_2' \quad (L - \overline{X}_2')/\sigma' = -z_2$$

และความน่าจะเป็นที่จะยอมรับกระบวนการหรือลอทนี้ กำหนดได้โดย

$$P(\overline{X} - kS \geqslant L) = \beta$$

ผลสุดท้ายจะได้

$$\frac{-z_2 + k}{\sqrt{1/n + k^2/2n}} = z_\beta \qquad .....(7.19)$$

นำผลจาก (7.18) หารด้วยผลที่ได้ใน (7.19) จะได้ว่า

$$\frac{-z_1 + k}{-z_2 + k} = \frac{-z_\alpha}{z_\beta} \qquad \text{หรือ} \quad -z_1 z_\beta + kz_\beta = z_2 z_\alpha - kz_\alpha$$

นั่นก็คือ

$$k(z_\alpha + z_\beta) = z_2 z_\alpha + z_1 z_\beta$$

ผลสุดท้ายจะได้ค่า k ตามสูตรที่ (7.16) เมื่อแทนค่า k ที่ได้นี้ใน (7.18) หรือ (7.19) จะได้ผลสรุปเหมือนกัน นั่นก็คือ ค่า n ตามสูตร (7.17)

7.3.2 วิธีการพิสัย

โดยทั่ว ๆ ไป ผู้ควบคุมคุณภาพมักจะสนใจประมาณค่า σ' ด้วยค่าพิสัยตัวอย่าง (R) มากกว่าที่จะใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง (S) อย่างไรก็ตาม ภายใต้การเสี่ยงเดียวกันกับแผนการสุ่มตัวอย่างของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แผนสำหรับค่าพิสัย จะต้องใช้ขนาดตัวอย่างที่โตกว่า การประมาณค่า σ' โดยอาศัยค่าพิสัยตัวอย่าง ทำได้โดยการแบ่งตัวอย่างเป็นกลุ่มย่อยที่มีขนาดเท่ากัน แล้วคำนวณหาพิสัยของกลุ่มย่อยแต่ละกลุ่ม หาค่าพิสัยเฉลี่ย $\overline{R}$ เราจะได้ $\overline{R}/d_2^*$ เป็นค่าประมาณของ σ' การหาแผนการสุ่มตัวอย่างแบบนี้ใช้วิธีการเดียวกันกับกรณีแผนการสุ่มที่ขึ้นอยู่กับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานซึ่งจะใช้สูตรแบบเดียวกัน เพียงแต่เราใช้ค่า $\overline{R}/d_2^*$ แทนค่า s เท่านั้น จึงสรุปได้ว่า

ถ้าใช้กระบวนการที่ 1 k-method เราจะตัดสินใจ ยอมรับกระบวนการหรือลอท ถ้า

$$Q_L = (\overline{X} - L)/(\overline{R}/d_2^*) \geqslant k \quad \text{เมื่อกำหนดค่า } L$$

หรือ

$$Q_U = (U - \overline{X})/(\overline{R}/d_2^*) \geqslant k \quad \text{เมื่อกำหนดค่า } U$$

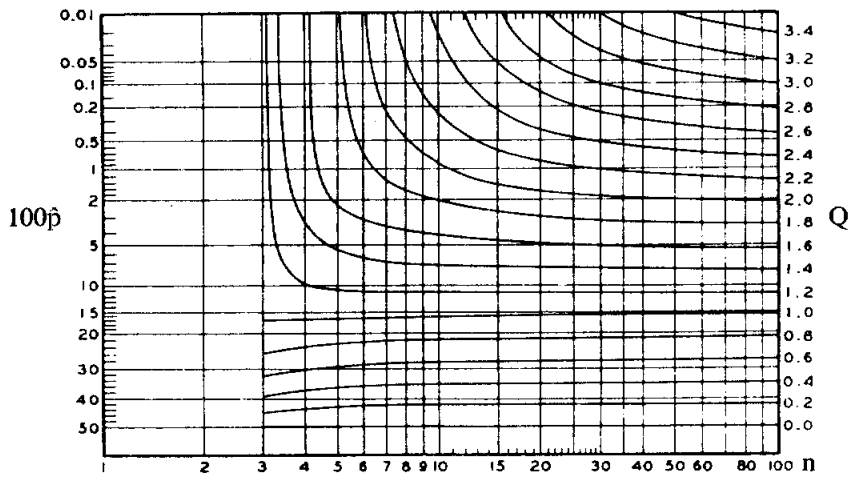
ถ้าใช้กระบวนการที่ 2 M-method เราประมาณสัดส่วนของเสีย $\hat{p}_L$ จาก Q_L หรือ $\hat{p}_U$ จาก Q_U ค่าประมาณของ $\hat{p}$ อ่านได้จากแผนภูมิในรูปที่ 7.8 สำหรับค่า M อ่านจากแผนภูมิในรูปที่ 7.7 เช่นเดียวกับกรณีของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ใช้พิกัดที่ 1 ต่างกัน ในวิธีการของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เราใช้ค่า $(1-k\sqrt{n}/(n-1)/2$ แต่ในวิธีการของพิสัย เราใช้ค่า $(1-k/\sqrt{\upsilon})/2$

ตัวอย่าง เช่น

สมมติว่าเราใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง ตรวจรับลอทผลิตภัณฑ์ซึ่งกำหนดค่าต่ำสุด L เท่ากับ 14.5 เราไม่รู้ค่า σ' จึงใช้การประมาณด้วยค่า s หรือ $\overline{R}/d_2^*$

สมมติว่า ด้วยวิธีการของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง เราได้ n = 20, k = 1.69 และผลจากการสุ่มตัวอย่าง 20 ชิ้น คำนวณได้ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X}$ = 32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s = 8.75 ดังนั้น Q_L = (32 - 14.5)/8.75 = 2.0 อาศัยผลที่ได้นำไปประมาณค่าสัดส่วนของเสีย $\hat{p}$ จากรูปที่ 7.6 ตรงพิกัดที่ 1 เป็น 20 ดูจุดที่เส้นตรงนี้พบกับเส้นโค้งซึ่งตรงกับค่า 2.0 บนพิกัดที่ 2 ด้านขวา จากจุดตัดลากเส้นตรงตั้งฉากกับพิกัดที่ 2 ไปทางซ้าย ค่าบนพิกัดที่ 2 ด้านซ้าย จะเป็นค่าประมาณของสัดส่วนของเสีย $\hat{p}_L$ ในที่นี้ เราจะได้ค่า $\hat{p}_L$ = 0.018

รูปที่ 7.6 แผนภูมิสำหรับการหาค่า $\hat{p}$ จาก Q วิธีการสำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

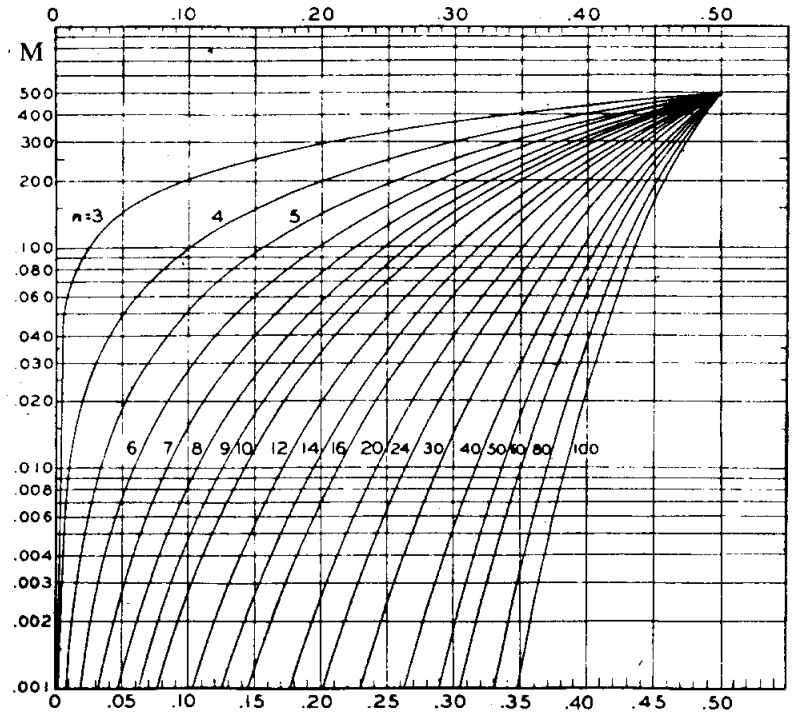


การหาค่า M เพื่อประกอบการตัดสินใจ เมื่อใช้กระบวนการที่ 2 เราหาค่าบนพิกัดที่ 1 จาก

$$(1 - 1.69\sqrt{20}/19)/2 = 0.30$$

จากรูปที่ 7.7 จากจุด 0.30 บนพิกัดที่ 1 ลากเส้นตั้งฉากไปพบเส้นโค้งของ n = 20 จากจุดตัดที่ได้ ลากเส้นตั้งฉากกับพิกัดที่ 2 พบจุดบนพิกัดที่ 2 ค่าที่ได้จะเป็นค่า M ซึ่งเราจะได้ M เท่ากับ 0.04 โดยประมาณ จะเห็นว่า กรณีดังกล่าวนี้ เราได้ $\hat{p}_L = 0.018 < 0.04 = M$ ดังนั้น เราจะยอมรับลอทของผลิตภัณฑ์นี้

รูปที่ 7.7 แผนภูมิสำหรับหาค่าสูงสุดของสัดส่วนของเสียที่ยอมให้มีได้ (M)



แผนสำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้พิกัดที่ 1 = $\dfrac{1 - k\sqrt{n}/(n-1)}{2}$

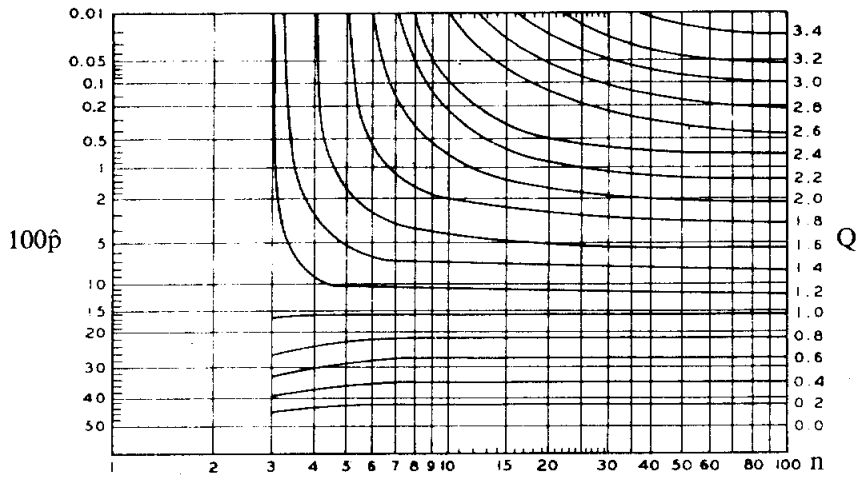
แผนสำหรับค่าเฉลี่ยของพิสัย ใช้พิกัดที่ 1 = $\dfrac{1 - k/\sqrt{\upsilon}}{2}$

สมมติว่า ในการใช้วิธีการสำหรับค่าเฉลี่ย $\bar{R}$ ได้ n = 25, k = 0.647 เมื่อเราแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาด 5 ชิ้น ผลจากการสุ่มตัวอย่าง สมมติได้ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\bar{X} = 32$ ค่าเฉลี่ยของพิสัยตัวอย่าง $\bar{R} = 16$ เมื่อแบ่งเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม (g) แต่ละกลุ่มมีขนาด 5 ชิ้น (m) จะมี $d^* = 2.36$, $\upsilon = 22.6$ (อ่านค่าจากตาราง D3 จากหนังสือของ Duncan หน้า 950) เราคำนวณได้

$$Q_L = \frac{\bar{X} - L}{\bar{R}/d_2^*} = \frac{32 - 14.5}{16/2.36} = 2.58 = 2.6$$

นำผลที่ได้ไปประมาณค่าสัดส่วนของเสีย p โดยอ่านค่าจากแผนภูมิในรูปที่ 7.8 จากจุดที่ 25 บนพิกัดที่ 1 ลากเส้นตั้งฉากไปพบเส้นโค้งของ Q = 2.6 (ค่าบนพิกัดที่ 2 ด้านขวา) จากจุดตัดลากเส้นตั้งฉากกับพิกัดที่ 2 ไปยังพิกัดที่ 2 ด้านซ้าย อ่านค่าที่ได้ ซึ่งจะเป็นค่า M ในที่นี้ จะได้ M = 0.2

รูปที่ 7.8 แผนภูมิสำหรับหาค่า $\hat{p}$ จาก Q วิธีการสำหรับค่าพิสัย R



การประมาณค่า ทำได้วิธีการเดียวกันกับวิธีการสำหรับค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้แผนภูมิ 7.7 เหมือนกัน แต่เปลี่ยนพิกัดที่ 1 เป็น $(1 - k/\sqrt{\upsilon})/2$ ซึ่งในกรณีนี้เราได้เท่ากับ

$$(1 - 0.647/\sqrt{22.6})/2 = 0.43$$

จากจุด 0.43 บนพิกัดที่ 1 ตัดเส้นโค้งของ n = 25 (รูปที่ 7.7) เราจะอ่านได้ค่าประมาณ 0.27 ดังนั้น เราตัดสินใจยอมรับลอทผลิตภัณฑ์นี้ เช่นเดียวกับวิธีการสำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

โดยทั่วไปแผนการสุ่มตัวอย่างจะกำหนดในรูปตารางมาตรฐาน โดยอาศัยหลักการดังที่กล่าวมาแล้ว เราเรียกตารางมาตรฐานสำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง เพื่อการตรวจรับเชิงปริมาณว่า ตารางมาตรฐาน MIL-STD-414 ซึ่งเป็นตารางในลักษณะเดียวกันกับตารางมาตรฐาน MIL-STD-105D แตกต่างกันตรงมาตรการวัดค่าคุณสมบัติ และเงื่อนไขของการใช้ ดังต่อไปนี้

7.4 ตารางมาตรฐาน MIL-STD-414

กระบวนการสุ่มและตารางแผนการสุ่ม สำหรับเปอร์เซ็นต์ของเสียในกระบวนการหรือลอท ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาในปี 2500 โดยอาศัยสูตรและหลักเกณฑ์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

เรียกว่า ตารางมาตรฐาน MIL-STD-414 ข้อจำกัดในการใช้มาตรฐานนี้ก็คือ ค่าของคุณสมบัติที่เราต้องการตรวจสอบจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ แยกเป็น 3 แบบ คือ รู้ค่าความแปรปรวน σ^2 ค่าประมาณส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s และค่าเฉลี่ยของพิสัยตัวอย่าง $\bar{R}$ การที่จะใช้แบบใดขึ้นอยู่ที่ว่า เรารู้ค่าความแปรปรวนหรือไม่ หากความแปรปรวนของกระบวนการหรือลอทมีค่าคงที่และรู้ค่าจากการทำ แผนภูมิการควบคุมหรือโดยการทดสอบหรือวิเคราะห์อื่น ๆ เราจะใช้วิธีการ σ' หากเราไม่รู้ค่าความแปรปรวน เราต้องเลือกระหว่าง s กับ R ซึ่งขึ้นอยู่กับเหตุผลทางเศรษฐกิจ การใช้ R ต้องมีขนาดตัวอย่างโต แต่การคำนวณง่ายกว่ากันมาก นอกจากนี้การหาแผนการสุ่มจะขึ้นอยู่กับเกณฑ์กำหนดที่ระบุไว้ และกระบวนการที่จะใช้กล่าวคือมีเกณฑ์กำหนดต่ำสุด L และ/หรือ เกณฑ์กำหนดสูงสุด U กระบวนการที่ 1 k-method หรือกระบวนการที่ 2 M-method ซึ่งในตารางมาตรฐานจะเรียกเป็นแบบ 1 และแบบ 2 ตามลำดับ แบบ 1 ใช้เฉพาะกรณีเกณฑ์กำหนดทางเดียว ส่วนอีกแบบหนึ่งใช้เหมือนกันทั้งกรณีที่เป็น เกณฑ์กำหนดทางเดียว-แบบ 2 และเกณฑ์กำหนด 2 ทาง โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบหลังมากกว่า

เราเปรียบเทียบแบบ 1 และแบบ 2 ในแผนการสุ่มเชิงปริมาณ กับการใช้แผนการสุ่มเชิงคุณภาพได้ดังต่อไปนี้

	เชิงคุณภาพ	เชิงปริมาณ
แบบ 1	$d \leqslant c$	$\frac{U-\bar{X}}{s} \geqslant k$ หรือ $\frac{\bar{X}-L}{s} \geqslant k$
แบบ 2	$d/n \leqslant c/n$ โดยที่ $d/n = p$ $c/n = M$	$\hat{p} \leqslant M$ การประมาณค่า $\hat{p}$ อาศัยค่า Q_L หรือ Q_U หากใช้วิธีการของค่าพิสัยเฉลี่ย เราแทนที่ s ด้วย $\bar{R}$, $\bar{R}/d_2^*$

การใช้มาตรฐาน MIL-STD-414 เป็นไปตามแบบของมาตรฐาน MIL-STD-105D นั่นก็คือ เป็นแผนการสุ่มที่ขึ้นอยู่กับ ระดับคุณภาพที่ควรยอมรับ AQL ซึ่งจะกำหนดเปอร์เซ็นต์ของ AQL ในช่วง 0.04 ถึง 15.00 การหาแผนการสุ่มต้องอาศัย ตารางรหัสจำนวนตัวอย่าง แต่รหัสเดียวกันไม่ได้มีความหมายว่า ขนาดตัวอย่างในมาตรฐานทั้ง 2 จะต้องเท่ากัน

7.4.1 การใช้ตารางมาตรฐาน MIL-STD-414

(1) กำหนดขนาดของลอท (N)

(2) กำหนดระดับการตรวจสอบ ซึ่งจะมีทั้งหมด 5 ระดับ การที่จะใช้ระดับใดขึ้นอยู่กับการตรวจสอบ ระดับต่ำ ๆ มักจะนำมาใช้ในกรณีที่ การตรวจสอบต่อหน่วยเสียค่าใช้จ่ายสูง ขนาดของตัวอย่างขึ้นอยู่กับระดับการตรวจสอบ ตัวอย่างเช่น การตรวจลอทสินค้าที่มีขนาด

3,000 ชิ้น ขนาดตัวอย่างในระดับการตรวจสอบต่าง ๆ (วิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s แบบ 1) มีดังต่อไปนี้

ระดับการตรวจสอบ	I	II	III	IV	V
รหัสจำนวนตัวอย่าง	F	H	J	L	M
ขนาดตัวอย่าง	10	20	30	40	50

โดยทั่วไป หากไม่กำหนดระดับการตรวจสอบ จะใช้ระดับ IV เสมอ

(3) เปิดตารางรหัสจำนวนตัวอย่าง อ่านจำนวนตัวอย่างซึ่งกำหนดในรูปรหัสตามขนาดของลอท และระดับที่ต้องการตรวจสอบ

(4) กำหนดระดับคุณภาพที่ควรยอมรับ AQL ซึ่งเป็นการตกลงกันระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค

(5) กำหนดประเภทของการตรวจสอบ ว่าจะตรวจสอบแบบธรรมดา แบบเคร่ง หรือแบบลดหย่อน สำหรับกรณีที่ไม่ได้ระบุไว้ หรือโดยทั่วไปจะเป็นการตรวจสอบแบบธรรมดา นอกจากประเภทของการตรวจสอบแล้ว จะต้องระบุเกณฑ์สมบัติที่มี นั่นก็คือ

- รู้ค่า σ' แบบ 1-เกณฑ์กำหนดทางเดียว หรือ แบบ 2-เกณฑ์กำหนดทางเดียว และเกณฑ์กำหนด 2 ทาง

- ไม่รู้ค่า σ' ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s แบบ 1-เกณฑ์กำหนดทางเดียว หรือ เกณฑ์กำหนด 2 ทาง และแบบ 2-เกณฑ์กำหนดทางเดียว

- ไม่รู้ค่า σ' ใช้พิสัย R แบบ 1-เกณฑ์กำหนดทางเดียว หรือ แบบ 2-เกณฑ์กำหนดทางเดียว และเกณฑ์กำหนด 2 ทาง

(6) เปิดตารางตามเงื่อนไขที่มีจาก 3-5 จะได้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

7.4.2 กระบวนการคำนวณและเกณฑ์ตัดสินใจ

เมื่อมีเกณฑ์สมมติแตกต่างกัน ขนาดตัวอย่างที่จะได้ย่อมแตกต่างกันไปด้วย การตัดสินใจยอมรับหรือไม่ยอมรับในแบบ 2 ต้องอาศัยตารางประมาณค่า % ของเสียในลอท ซึ่งขึ้นอยู่กับดัชนีคุณภาพ Q_L หรือ Q_U ที่คำนวณจากตัวสถิติของตัวอย่าง ความแตกต่างระหว่างแบบ 1 กับแบบ 2 จะมีเฉพาะกระบวนการในการคำนวณเท่านั้น แต่ผลสรุปที่ได้จะเป็นแบบเดียวกัน เราเปรียบเทียบขั้นตอนในการคำนวณและเกณฑ์การตัดสินใจ ระหว่างวิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน s และวิธีการที่ใช้พิสัย R ดังต่อไปนี้

วิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	วิธีการที่ใช้พิสัย R
1. สุ่มตัวอย่างมา n ชิ้น วัดค่าของแต่ละชิ้นเป็น X หาค่า X^2 คำนวณหา ΣX และ ΣX^2	1. สุ่มตัวอย่างมา n ชิ้น โดยแบ่งเป็นกลุ่มย่อย g กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาด m ชิ้นเท่ากัน วัดค่าที่ได้แต่ละตัวเป็น X หาค่าพิสัย R ในแต่ละกลุ่มย่อย คำนวณหา ΣX และ ΣR
2. หาค่า $\overline{X} = \Sigma X/n$ และ $s = \sqrt{(\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n)/(n-1)}$	2. หาค่า $\overline{X} = \Sigma X/n$ และ $\overline{R} = \Sigma R/m$
3. คำนวณค่า $\frac{U - \overline{X}}{s}$ และ/หรือ $\frac{\overline{X} - L}{s}$	3. คำนวณค่า $\frac{U - \overline{X}}{\overline{R}}$ และ/หรือ $\frac{\overline{X} - L}{\overline{R}}$
4. กำหนด $Q_U = (U - \overline{X})/s$ และ $Q_L = (\overline{X} - L)/s$	4. กำหนด $Q_U = (U - \overline{X})/(\overline{R}/d_2^*)$ และ $Q_L = (\overline{X} - L)/(\overline{R}/d_2^*)$

5. (ทั้ง 2 แบบจะใช้วิธีเดียวกัน)
เปิดตารางประมาณค่า % ของเสีย $\hat{p}$ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่า n และ Q_U หรือ Q_L

6. กรณีแบบ 1-เกณฑ์กำหนดทางเดียว กระบวนการคำนวณเริ่มจากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 3 ตัดสินใจยอมรับลอท ถ้าผลที่ได้จากขั้นที่ 3 มากกว่าหรือเท่ากับ k นอกนั้นไม่ยอมรับ กรณีเกณฑ์กำหนด 2 ทาง และแบบ 2-เกณฑ์กำหนดทางเดียว กระบวนการคำนวณเริ่มจากขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 5 ตัดสินใจยอมรับลอท ถ้า

$\hat{p}_L$ (หรือ $\hat{p}_U$) $< M$	แบบ 2-เกณฑ์กำหนดทางเดียว
$\hat{p}_L < M_L, \hat{p}_U < M_U$	เกณฑ์กำหนด 2 ทาง
และ $\hat{p} = \hat{p}_L + \hat{p}_U <$ ค่าสูงสุด (M_L, M_U)	

ตัวอย่างที่ 7.3

ในการตกลงซื้อขายผลิตภัณฑ์เอดี ซึ่งระบุว่าจะต้องมีเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของความเหนียวเป็น 20,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว ผู้ซื้อและผู้ขายได้ตกลงกันว่า ระดับคุณภาพที่ควรยอมรับ AQL = 2.5% จงหาแผนการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้ตรวจรับ เมื่อจัดผลิตภัณฑ์เอดีเป็นลอท ๆ ละ 250 โดยใช้

ก) วิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบ 1

ข) วิธีการที่ใช้พิสัย แบบ 1

ค) วิธีการที่ใช้พิสัย แบบ 2

ง) วิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อระบุเกณฑ์กำหนดขั้นสูงของความเหนียว 23,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ในแต่ละกรณี ท่านจะตัดสินใจอย่างไร ถ้าผลจากการเก็บข้อมูลแบบสุ่มวัดได้ความเหนียว ดังต่อไปนี้ (กรณี ก และ ง ใช้ข้อมูล 20 ตัวแรก)

22,030	21,800	20,980	20,750	21,480
20,570	21,110	20,270	18,970	22,110
22,740	21,220	21,300	21,920	21,050
21,780	21,800	21,580	20,990	21,740
21,170	20,390	21,300	20,760	21,440

วิธีทำ เมื่อไม่ได้กำหนดระดับการตรวจสอบและประเภทของการตรวจสอบ เราใช้ระดับ IV การตรวจสอบแบบธรรมดา จากตารางรหัสจำนวนตัวอย่าง เมื่อขนาดของลอทเป็น 250 ระดับการตรวจ IV จะได้ H เปิดตารางกำหนดแผนการสุ่ม รหัส H, AQL = 2.5% จะได้แผนการสุ่มตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

ก) (อ่านค่าจากตาราง 7.2) $n = 20, k = 1.51$

จากค่าที่วัดได้ 20 ตัวแรก หาผลรวมของข้อมูลทั้ง 20 ตัวจะได้ $\Sigma X = 426,190$ ยกกำลัง 2 ของข้อมูลแต่ละตัวเป็น X^2 หาผลรวมจะได้ $\Sigma X^2 = 9,094,204,500$ เพราะฉะนั้น

ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X} = 426,190/20 = 21,309.5$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $s = \sqrt{(9,094,204,500 - (426,190)^2/20)/19} = 804.9$

จะได้ว่า

$$\frac{\overline{X} - L}{s} = \frac{21,309.5 - 20,000}{804.9} = 1.63 > 1.51 \text{ (ค่า k)}$$

สรุปได้ว่า เราจะยอมรับลอทของผลิตภัณฑ์เอดีนี้

ข) (อ่านค่าจากตาราง 7.4) $n = 25, k = 0.647$

จากข้อมูลทั้ง 25 ตัว แบ่งเป็นกลุ่มย่อย 5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาด 5 เท่ากัน ดังนี้

กลุ่มที่	ค่าที่วัดได้ X					พิสัย R
1	22,030	21,800	20,980	20,750	21,480	1,280
2	20,570	21,110	20,270	18,970	22,110	3,140
3	22,740	21,220	21,300	21,920	21,050	1,690
4	21,780	21,800	21,580	20,990	21,740	810
5	21,170	20,390	21,300	20,760	21,440	1,050

หาผลรวมจะได้ ΣX = 531,250, ΣR = 7,970 คำนวณได้

ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง $\overline{X}$ = 531,250/25 = 21,250

ค่าพิสัยเฉลี่ย $\overline{R}$ = 7,970/5 = 1,594

คำนวณหาค่า

$$\frac{\overline{X} - L}{\overline{R}} = \frac{21,250 - 20,000}{1,594} = 0.784$$

จะเห็นว่า ค่าที่ได้มากกว่าค่า k = 0.647 จึงสรุปได้ว่า ยอมรับลอทของผลิตภัณฑ์เอดี

ค) (อ่านค่าจากตาราง 7.5) n = 25, d_2^* = 2.358, M = 5.98

อาศัยผลที่ได้จากข้อ ข จะได้ว่า $Q_L = (\overline{X} - L)/\overline{R})d_2^* = (0.784)(2.358) = 1.85$ อาศัยค่า Q_L = 1.85 และ n = 25 อ่านค่าประมาณของ % ของเสียได้ 2.73% (อ่านค่าจากตารางที่ 7.6 แถวของ 1.85 คอลัมน์ที่ 9) จะเห็นได้ว่า $\hat{p}_L$ = 2.73%น้อยกว่าค่า M = 5.98% จึงสรุปได้ว่า ยอมรับลอทของผลิตภัณฑ์เอดี

ง) กรณีนี้ระบุเกณฑ์กำหนด 2 ทาง คือ L = 20,000 และ U = 23,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว

อ่านค่าจากตาราง 7.3 จะได้แผนการสุ่มคือ n = 20, M = 6.17

อาศัยผลจากข้อ ก เราจะได้

Q_L = 1.63 และ Q_U = (23,000 - 21,309.5)/804.9 = 2.10

อ่านค่าจากตารางที่ 7.6 เมื่อ Q_L = 1.63, n = 20 จะได้ $\hat{p}_L$ = 4.75%

Q_U = 2.10, n = 20 จะได้ $\hat{p}_U$ = 1.34%

จะเห็นว่า ทั้ง $\hat{p}_L$ และ $\hat{p}_U$ ต่างมีค่าน้อยกว่า M และ $\hat{p}$ = 4.75 + 1.34 = 6.09% ก็มีค่าน้อยกว่า M = 6.17 จึงสรุปได้ว่า ยอมรับลอทของผลิตภัณฑ์เอดี

หมายเหตุ กรณีของข้อ ง ซึ่งระบุเกณฑ์กำหนดทั้ง L และ U กำหนดด้วยค่า AQL เดียวกัน จึงได้ค่า $M_U = M_L = M$ ถ้า AQL ไม่เท่ากัน M_U จะไม่เท่ากับ M_L เราจะยอมรับลอท ถ้าครบทั้ง 3 เงื่อนไขคือ $\hat{p}_L < M_L$, $\hat{p}_U < M_U$ และ $\hat{p}$ < ค่าสูงสุด (M_L, M_U)

7.4.3 การเปลี่ยนประเภทของการตรวจสอบ

โดยทั่วไปถ้าไม่มีเงื่อนไขอื่นใด เราจะใช้วิธีการตรวจสอบแบบธรรมดา จากเริ่มต้นการตรวจสอบแบบธรรมดา เราอาจจะเปลี่ยนการตรวจสอบ เป็นการตรวจสอบแบบเคร่งหรือแบบลดหย่อน ภายหลังการตรวจสอบตามแบบที่เลือกแล้ว อาจจะมีเงื่อนไขอื่นใดที่ทำให้กลับมาตรวจแบบธรรมดาอีกก็ได้ จะเห็นว่า การเปลี่ยนแบบของการตรวจสอบ โดยทั่วไปจะเหมือนกันกับกรณีของการใช้มาตรฐาน 105D แต่กฎในการเปลี่ยนยุ่งยากกว่า จำนวนลอทที่จะนำมาตรวจในการตรวจสอบเริ่มต้น อาจเป็น 5, 10 หรือ 15 ลอทก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วจะใช้ 10 ลอท เมื่อเราทราบค่าประมาณของ % ของเสียในแต่ละลอท เราคำนวณหาค่าเฉลี่ย

$\bar{p} = \Sigma p/10$ เปรียบเทียบค่า $\bar{p}$ กับค่า AQL มีกฎอีกข้อหนึ่งในการเปลี่ยนการตรวจจากแบบธรรมดาเป็นแบบเคร่ง คือการพิจารณาว่า ค่าประมาณ % ของเสีย $\bar{p}$ ในแต่ละลอท ที่มีค่ามากกว่า AQL จะมีจำนวนกี่ลอท ถ้าจำนวนนี้มากกว่าค่า T เราจะตรวจแบบเคร่ง ค่า T นี้จะเป็นค่าคงที่ (ดูค่า T จากตาราง 13.6 ในหนังสือของ Duncan หน้า 290-291) ที่ใช้ในการพิจารณาว่าควรจะเปลี่ยนการตรวจสอบเป็นแบบเคร่งหรือไม่ สำหรับในกรณีของการเปลี่ยนการตรวจสอบจากแบบธรรมดาเป็นแบบลดหย่อน มีกฎข้อหนึ่งที่ว่า หาก % ของเสียที่ประมาณได้ในแต่ละลอท ต่ำกว่าเกณฑ์ต่ำสุดที่ระบุไว้ เราจะเปลี่ยนการตรวจสอบ ตัวอย่างเช่น วิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รหัส H ค่า T และเกณฑ์ต่ำสุดที่ระบุไว้ ตามค่า AQL จาก 1.00-4.00 มีดังนี้

AQL	ค่าของ T สำหรับการตรวจแบบเคร่ง จำนวนลอท			เกณฑ์ต่ำสุด % ของเสียตรวจแบบหย่อน จำนวนลอท		
	5	10	15	5	10	15
1.00	4	7	9	0.266	0.785	1.00
1.50	4	7	10	0.521	1.310	1.50
2.50	4	7	10	1.14	2.40	2.50
4.00	4	8	11	2.24	4.00	4.00

ส่วนกฎอื่น ๆ มักจะเป็นแบบเดียวกับมาตรฐาน 105D เราสรุปการเปลี่ยนแบบการตรวจสอบ เมื่อกำหนดว่าเริ่มต้นด้วยการตรวจแบบธรรมดา 10 ลอท ดังต่อไปนี้

1. เปลี่ยนเป็นการตรวจสอบแบบเคร่ง เมื่อ
   1.1 จำนวนลอทที่มีค่า $p > AQL$ มากกว่า T และ
   1.2 ค่าประมาณของ % ของเสียโดยเฉลี่ย $\bar{p}$ มากกว่า AQL
   เราจะตรวจแบบเคร่งไปเรื่อย ๆ แต่เมื่อไรก็ตามที่คำนวณได้ค่าเฉลี่ยของค่าประมาณ % ของเสียในลอทน้อยกว่า AQL เราจะหันกลับไปตรวจแบบธรรมดา
2. เปลี่ยนเป็นการตรวจแบบลดหย่อน เมื่อ
   2.1 ตรวจ 10 ลอทผ่านหมดทุกลอท และ
   2.2 ค่าประมาณ % ของเสียในแต่ละลอท น้อยกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำสุด และ
   2.3 อัตราการผลิตคงที่ สม่ำเสมอ

การตรวจแบบลดหย่อนจะดำเนินไปเรื่อย ๆ แต่จะเปลี่ยนกลับเป็นการตรวจแบบธรรมดาทันที ถ้าการตรวจในลอทใด ไม่ผ่านการตรวจสอบหรือถูกคัดออก หรือ ค่าเฉลี่ย % ของเสียของลอทมากกว่า AQL หรืออัตราการผลิตไม่สม่ำเสมอ หรือ มีเงื่อนไขอื่นใดที่ชี้ว่าควรใช้การตรวจสอบแบบธรรมดา

ตัวอย่างที่ 7.4

ในการตรวจสอบลอทของผลิตภัณฑ์ จากการสุ่มตัวอย่าง ด้วยวิธีการที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง เมื่อค่า AQL = 2.5% เริ่มต้นการตรวจสอบโดยใช้แบบธรรมดา ตรวจลอทของผลิตภัณฑ์นี้ 10 ลอท สมมติว่าผลจากการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบ เราสามารถประมาณ % ของเสียในแต่ละลอทได้ ดังต่อไปนี้

4.01	2.02	4.46	3.22	2.27
2.56	1.79	3.59	1.58	2.87

อาศัยผลที่ได้นี้ จะเป็นเหตุจูงใจให้เปลี่ยนการตรวจสอบ เป็นการตรวจสอบแบบเคร่งหรือการตรวจแบบ-ลดหย่อน ได้หรือไม่

วิธีทำ จากตารางการตรวจสอบแบบเคร่ง ได้ T = 7 และการตรวจสอบแบบลดหย่อน ได้เกณฑ์ต่ำสุด 2.4% หาผลรวมของ % ของเสียทั้ง 10 ลอท จะได้ เท่ากับ 28.37 คำนวณได้

ค่าเฉลี่ยของ % ของเสีย $\bar{p}$ เท่ากับ 28.37/10 = 2.837% > 2.5%

จะเห็นว่า ค่า $\bar{p}$ > AQL ซึ่งแสดงว่าน่าจะมีการตรวจสอบแบบเคร่ง แต่เมื่อเราพิจารณา % ของเสีย p ในแต่ละลอท จะพบว่า มีอยู่ 6 ลอทที่มีค่ามากกว่า AQL ซึ่งมีจำนวนน้อยกว่าค่า T ดังนั้น เรายังคงตรวจแบบธรรมดาต่อไป

เมื่อเทียบ % ของเสียในแต่ละลอท กับเกณฑ์ต่ำสุดของการตรวจแบบลดหย่อน จะพบว่า มีเพียง 4 ลอท ที่มีค่าต่ำกว่า 2.4% จึงยังไม่มีเหตุจูงใจให้เปลี่ยนการตรวจสอบเป็นแบบลดหย่อน

ตารางที่ 7.1

(Table A-2, Mil. Std. 414)
Sample Size Code Letters*

Lot Size	*Inspection Levels*				
	I	*II*	*III*	*IV*	*V*
3 to 8	B	B	B	B	C
9 to 15	B	B	B	B	D
16 to 25	B	B	B	C	E
26 to 40	B	B	B	D	F
41 to 65	B	B	C	E	G
66 to 110	B	B	D	F	H
111 to 180	B	C	E	G	I
181 to 300	B	D	F	H	J
301 to 500	C	E	G	I	K
501 to 800	D	F	H	J	L
801 to 1,300	E	G	I	K	L
1,301 to 3,200	F	H	J	L	M
3,201 to 8,000	G	I	L	M	N
8,001 to 22,000	H	J	M	N	O
22,001 to 110,000	I	K	N	O	P
110,001 to 550,000	I	K	O	P	Q
550,001 and over	I	K	P	Q	Q

* Sample size code letters given in subsequent tables are applicable when the indicated inspection levels are to be used.

TABLE 7.2 (Table B-1, Mil. Std. 414)

Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown (standard deviation method) (single specification limit—Form 1)

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)													
		.04	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▼	▼	1.12	.958	.765	.566	.341
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.45	1.34	1.17	1.01	.814	.617	.393
D	5	↓	↓	↓	↓	▼	▼	1.65	1.53	1.40	1.24	1.07	.874	.675	.455
E	7	↓	↓	↓	▼	2.00	1.88	1.75	1.62	1.50	1.33	1.15	.955	.755	.536
F	10	▼	▼	▼	2.24	2.11	1.98	1.84	1.72	1.58	1.41	1.23	1.03	.828	.611
G	15	2.64	2.53	2.42	2.32	2.20	2.06	1.91	1.79	1.65	1.47	1.30	1.09	.886	.664
H	20	2.69	2.58	2.47	2.36	2.24	2.11	1.96	1.82	1.69	1.51	1.33	1.12	.917	.695
I	25	2.72	2.61	2.50	2.40	2.26	2.14	1.98	1.85	1.72	1.53	1.35	1.14	.936	.712
J	30	2.73	2.61	2.51	2.41	2.28	2.15	2.00	1.86	1.73	1.55	1.36	1.15	.946	.723
K	35	2.77	2.65	2.54	2.45	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.57	1.39	1.18	.969	.745
L	40	2.77	2.66	2.55	2.44	2.31	2.18	2.03	1.89	1.76	1.58	1.39	1.18	.971	.746
M	50	2.83	2.71	2.60	2.50	2.35	2.22	2.08	1.93	1.80	1.61	1.42	1.21	1.00	.774
N	75	2.90	2.77	2.66	2.55	2.41	2.27	2.12	1.98	1.84	1.65	1.46	1.24	1.03	.804
O	100	2.92	2.80	2.69	2.58	2.43	2.29	2.14	2.00	1.86	1.67	1.48	1.26	1.05	.819
P	150	2.96	2.84	2.73	2.61	2.47	2.33	2.18	2.03	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	.841
Q	200	2.97	2.85	2.73	2.62	2.47	2.33	2.18	2.04	1.89	1.70	1.51	1.29	1.07	.845
		.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		Acceptable Quality Levels (tightened inspection)													

All AQL values are in percent defective.

↓ Use first sampling plan below arrow, that is, both sample size as well as k value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

TABLE 7.3 (Table B-3, Mil. Std. 414)

Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown (standard deviation method) (double specification limit and Form 2—single specification limit)

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)													
		.04	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.33	3.32	5.83	9.80	14.39	20.19	26.56	33.99
E	7	↓	↓	↓	↓	0.422	1.06	2.14	3.55	5.35	8.40	12.20	17.35	23.29	30.50
F	10	↓	↓	↓	0.349	0.716	1.30	2.17	3.26	4.77	7.29	10.54	15.17	20.74	27.57
G	15	0.099	0.186	0.312	0.503	0.818	1.31	2.11	3.05	4.31	6.56	9.46	13.71	18.94	25.61
H	20	0.135	0.228	0.365	0.544	0.846	1.29	2.05	2.95	4.09	6.17	8.92	12.99	18.03	24.53
I	25	0.155	0.250	0.380	0.551	0.877	1.29	2.00	2.86	3.97	5.97	8.63	12.57	17.51	23.97
J	30	0.179	0.280	0.413	0.581	0.879	1.29	1.98	2.83	3.91	5.86	8.47	12.36	17.24	23.58
K	35	0.170	0.264	0.388	0.535	0.847	1.23	1.87	2.68	3.70	5.57	8.10	11.87	16.65	22.91
L	40	0.179	0.275	0.401	0.566	0.873	1.26	1.88	2.71	3.72	5.58	8.09	11.85	16.61	22.86
M	50	0.163	0.250	0.363	0.503	0.789	1.17	1.71	2.49	3.45	5.20	7.61	11.23	15.87	22.00
N	75	0.147	0.228	0.330	0.467	0.720	1.07	1.60	2.29	3.20	4.87	7.15	10.63	15.13	21.11
O	100	0.145	0.220	0.317	0.447	0.689	1.02	1.53	2.20	3.07	4.69	6.91	10.32	14.75	20.66
P	150	0.134	0.203	0.293	0.413	0.638	0.949	1.43	2.05	2.89	4.43	6.57	9.88	14.20	20.02
Q	200	0.135	0.204	0.294	0.414	0.637	0.945	1.42	2.04	2.87	4.40	6.53	9.81	14.12	19.92
		.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		Acceptability Quality Levels (tightened inspection)													

All AQL and table values are in percent defective.

↓ Use first sampling plan below arrow, that is, both sample size as well as M value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

TABLE 7.4 (Table C-1, Mil. Std. 414)

Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown (range method) (single specification limit – Form 1)

Sample size code letter	Sample size	Acceptable Quality Levels (normal inspection)													
		.04	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
		k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	▼	▼	.587	.502	.401	.296	.178
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	.651	.598	.525	.450	.364	.276	.176
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	.663	.614	.565	.498	.431	.352	.272	.184
E	7	↓	↓	↓	↓	.702	.659	.613	.569	.525	.465	.405	.336	.266	.189
F	10	↓	↓	↓	.916	.863	.811	.755	.703	.650	.579	.507	.424	.341	.252
G	15	1.09	1.04	.999	.958	.903	.850	.792	.738	.684	.610	.536	.452	.368	.276
H	25	1.14	1.10	1.05	1.01	.951	.896	.835	.779	.723	.647	.571	.484	.398	.305
I	30	1.15	1.10	1.06	1.02	.959	.904	.843	.787	.730	.654	.577	.490	.403	.310
J	35	1.16	1.11	1.07	1.02	.964	.908	.848	.791	.734	.658	.581	.494	.406	.313
K	40	1.18	1.13	1.08	1.04	.978	.921	.860	.803	.746	.668	.591	.503	.415	.321
L	50	1.19	1.14	1.09	1.05	.988	.931	.893	.812	.754	.676	.598	.510	.421	.327
M	60	1.21	1.16	1.11	1.06	1.00	.948	.885	.826	.768	.689	.610	.521	.432	.336
N	85	1.23	1.17	1.13	1.08	1.02	.962	.899	.839	.780	.701	.621	.530	.441	.345
O	115	1.24	1.19	1.14	1.09	1.03	.975	.911	.851	.791	.711	.631	.539	.449	.353
P	175	1.26	1.21	1.16	1.11	1.05	.994	.929	.868	.807	.726	.644	.552	.460	.363
Q	230	1.27	1.21	1.16	1.12	1.06	.996	.931	.870	.809	.728	.646	.553	.462	.364
		.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
		Acceptable Quality Levels (tightened inspection)													

All AQL values are in percent defective.

↓ Use first sampling plan below arrow, that is, both sample size as well as k value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

TABLE 7.5 (Table C-3, Mil. Std. 414)

Master Table for Normal and Tightened Inspection for Plans Based on Variability Unknown† (range method) (double specification limit and for Form 2 – single specification limit)

Sample size code letter	Sample size	d_2^* factor	Acceptable Quality Levels (normal inspection)													
			.04	.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00
			M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
B	3	1.910	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	7.59	18.86	26.94	33.69	40.47
C	4	2.234	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.53	5.50	10.92	16.45	22.86	29.45	36.90
D	5	2.474	↓	↓	↓	↓	↓	↓	1.42	3.44	5.93	9.90	14.47	20.27	26.59	33.95
E	7	2.830	↓	↓	↓	↓	.28	.89	1.99	3.46	5.32	8.47	12.35	17.54	23.50	30.66
F	10	2.405	↓	↓	↓	.23	.58	1.14	2.05	3.23	4.77	7.42	10.79	15.49	21.06	27.90
G	15	2.379	.061	.136	.253	.430	.786	1.30	2.10	3.11	4.44	6.76	9.76	14.09	19.30	25.92
H	25	2.358	.125	.214	.336	.506	.827	1.27	1.95	2.82	3.96	5.98	8.65	12.59	17.48	23.79
I	30	2.353	.147	.240	.366	.537	.856	1.29	1.96	2.81	3.92	5.88	8.50	12.36	17.19	23.42
J	35	2.349	.165	.261	.391	.564	.883	1.33	1.98	2.82	3.90	5.85	8.42	12.24	17.03	23.21
K	40	2.346	.160	.252	.375	.539	.842	1.25	1.88	2.69	3.73	5.61	8.11	11.84	16.55	22.38
L	50	2.342	.169	.261	.381	.542	.838	1.25	1.60	2.63	3.64	5.47	7.91	11.57	16.20	22.26
M	60	2.339	.158	.244	.356	.504	.781	1.16	1.74	2.47	3.44	5.17	7.54	11.10	15.64	21.63
N	85	2.335	.156	.242	.350	.493	.755	1.12	1.67	2.37	3.30	4.97	7.27	10.73	15.17	21.05
O	115	2.333	.153	.230	.333	.468	.718	1.06	1.58	2.25	3.14	4.76	6.99	10.37	14.74	20.57
P	175	2.331	.139	.210	.303	.427	.655	.972	1.46	2.08	2.93	4.47	6.60	9.89	14.15	19.88
Q	230	2.330	.142	.215	.308	.432	.661	.976	1.47	2.08	2.92	4.46	6.57	9.84	14.10	19.82
			.065	.10	.15	.25	.40	.65	1.00	1.50	2.50	4.00	6.50	10.00	15.00	
			Acceptable Quality Levels (tightened inspection)													

All AQL and table values are in percent defective.

↓ Use first sampling plan below arrow, that is, both sample size as well as M value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

† *Military Standard 414* uses c to represent d_2^*

Table 7.6 Estimates of lot percentage defective for various values of quality index as defined in MIL-STD-414

Q_U or Q_L	Variability unknown—standard deviation method				Variability unknown—range method				Variability known
	$n = 7$	$n = 10$	$n = 15$	$n = 20$	$n = 7$	$n = 10$	$n = 15$	$n = 25$	Any n
0.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.000
0.10	46.26	46.16	46.10	46.08	46.29	46.20	46.13	46.08	46.017
0.20	42.54	42.35	42.24	42.19	42.60	42.42	42.29	42.19	42.074
0.30	38.87	38.60	38.44	38.37	38.95	38.70	38.51	38.38	38.209
0.35	37.06	36.75	36.57	36.49	37.15	36.87	36.65	36.50	36.317
0.40	35.26	34.93	34.73	34.65	35.36	35.05	34.82	34.66	34.458
0.45	33.49	33.13	32.92	32.84	33.60	33.27	33.02	32.85	32.636
0.50	31.74	31.37	31.15	31.06	31.85	31.51	31.25	31.07	30.854
0.55	30.01	29.64	29.41	29.32	30.13	29.78	29.52	29.33	29.116
0.60	28.32	27.94	27.72	27.63	28.44	28.08	27.82	27.64	27.425
0.65	26.66	26.28	26.07	25.98	26.78	26.42	26.17	25.99	25.785
0.70	25.03	24.67	24.46	24.38	25.14	24.80	24.56	24.39	24.196
0.75	23.44	23.10	22.90	22.83	23.55	23.22	22.99	22.84	22.663
0.80	21.88	21.57	21.40	21.33	21.98	21.69	21.48	21.34	21.186
0.85	20.37	20.10	19.94	19.89	20.46	20.20	20.01	19.89	19.766
0.90	18.90	18.67	18.54	18.50	18.98	18.75	18.60	18.50	18.406
0.95	17.48	17.29	17.20	17.17	17.54	17.36	17.24	17.17	17.106
1.00	16.10	15.97	15.91	15.89	16.14	16.02	15.94	15.89	15.866
1.05	14.77	14.71	14.68	14.67	14.79	14.73	14.69	14.67	14.686
1.10	13.49	13.50	13.51	13.52	13.50	13.49	13.50	13.52	13.567
1.15	12.27	12.34	12.39	12.42	12.25	12.31	12.37	12.42	12.507
1.20	11.10	11.24	11.34	11.38	11.05	11.19	11.29	11.38	11.507
1.25	9.98	10.21	10.34	10.40	9.91	10.12	10.27	10.39	10.565
1.30	8.93	9.22	9.40	9.48	8.83	9.11	9.32	9.47	9.680
1.35	7.92	8.30	8.52	8.61	7.80	8.16	8.41	8.60	8.851
1.40	6.98	7.44	7.69	7.80	6.83	7.27	7.57	7.79	8.076
1.45	6.10	6.63	6.92	7.04	5.93	6.44	6.78	7.03	7.353
1.50	5.28	5.87	6.20	6.34	5.08	5.66	6.05	6.33	6.681
1.55	4.52	5.18	5.54	5.69	4.30	4.94	5.37	5.68	6.057
1.60	3.83	4.54	4.92	5.09	3.58	4.28	4.74	5.08	5.480
1.65	3.19	3.95	4.36	4.53	2.93	3.68	4.17	4.52	4.947
1.70	2.62	3.41	3.84	4.02	2.35	3.13	3.64	4.00	4.457
1.75	2.11	2.93	3.37	3.56	1.83	2.63	3.16	3.54	4.006
1.80	1.65	2.49	2.94	3.13	1.38	2.19	2.73	3.11	3.593
1.85	1.26	2.09	2.56	2.75	0.99	1.79	2.34	2.73	3.216
1.90	0.93	1.75	2.21	2.40	0.67	1.45	1.99	2.38	2.872
1.95	0.65	1.44	1.90	2.09	0.42	1.15	1.68	2.07	2.559
2.00	0.43	1.17	1.62	1.81	0.23	0.89	1.41	1.79	2.275

Table 7.6 Estimates of lot percentage defective for various values of quality index as defined in MIL-STD-414. (*Continued*)

Q_U or Q_L	Variability unknown—standard deviation method				Variability unknown—range method				Variability known
	$n = 7$	$n = 10$	$n = 15$	$n = 20$	$n = 7$	$n = 10$	$n = 15$	$n = 25$	Any n
2.05	0.26	0.94	1.37	1.56	0.10	0.67	1.17	1.54	2.013
2.10	0.14	0.74	1.16	1.34	0.02	0.49	0.96	1.32	1.786
2.15	0.06	0.58	0.97	1.14	0.00	0.35	0.78	1.13	1.578
2.20	0.015	0.437	0.803	0.968	0.000	0.236	0.625	0.954	1.390
2.25	0.001	0.324	0.660	0.816	0.000	0.150	0.495	0.802	1.222
2.30	0.000	0.233	0.538	0.685	0.000	0.089	0.386	0.672	1.072
2.35	0.000	0.163	0.435	0.571	0.000	0.047	0.296	0.558	0.939
2.40	0.000	0.109	0.348	0.473	0.000	0.021	0.223	0.461	0.820
2.45	0.000	0.069	0.275	0.389	0.000	0.007	0.165	0.378	0.714
2.50	0.000	0.041	0.214	0.317	0.000	0.001	0.118	0.307	0.621
2.55	0.000	0.023	0.165	0.257	0.000	0.000	0.083	0.247	0.539
2.60	0.000	0.011	0.125	0.207	0.000	0.000	0.056	0.198	0.466
2.65	0.000	0.005	0.094	0.165	0.000	0.000	0.037	0.157	0.402
2.70	0.000	0.001	0.069	0.130	0.000	0.000	0.023	0.123	0.347
2.75	0.000	0.000	0.049	0.102	0.000	0.000	0.014	0.096	0.298
2.80	0.000	0.000	0.035	0.079	0.000	0.000	0.007	0.074	0.256
2.85	0.000	0.000	0.024	0.060	0.000	0.000	0.004	0.055	0.219
2.90	0.000	0.000	0.016	0.046	0.000	0.000	0.002	0.042	0.187
2.95	0.000	0.000	0.010	0.034	0.000	0.000	0.001	0.031	0.159
3.00	0.000	0.000	0.006	0.025	0.000	0.000	0.000	0.022	0.135
3.10	0.000	0.000	0.002	0.013	0.000	0.000	0.000	0.011	0.097
3.20	0.000	0.000	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	0.005	0.069
3.30	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.003	0.048
3.40	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001	0.034
3.50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023
3.60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016
3.70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011
3.80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007
3.90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005
4.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003

แบบฝึกหัด

1. จากการใช้แผนสุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณ รู้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และกำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำสุดของคุณภาพ จงประมาณความน่าจะเป็นในการยอมรับลอทสินค้า

   1.1 มีของเสีย 3.75% ใช้แผนสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 9$, $k = 1.466$ (0.827)

   1.2 มีของเสีย 3.0% ใช้แผนสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 25$, $k = 1.97$ (0.326)

   1.3 มีของเสีย 5.0% ใช้แผนสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 9$, $k = 1.49$ (0.679)

   1.4 มีของเสีย 8.0% ใช้แผนสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 16$, $k = 1.846$ (0.039)

2. สินค้าจากกระบวนการผลิตหนึ่ง มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำหนักเป็น 2.00 กรัม เกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของน้ำหนักสินค้า เท่ากับ 60.00 กรัม ในการตรวจรับลอทสินค้านี้ ใช้แผนสุ่มตัวอย่างที่มี $n = 8$, $M = 3.68$ ท่านจะตัดสินใจอย่างไร ถ้าผลจากการสุ่มตัวอย่างสินค้าจากลอท ชั่งหาน้ำหนักของแต่ละชิ้น ได้ผลดังต่อไปนี้

65.06	66.26	65.24	61.55	65.76	64.85	63.88	60.83

   จงประมาณ % ของเสียในลอทสินค้านี้

   (1.29%, ยอมรับลอท)

3. ถ้าอายุการใช้งานของอุปกรณ์ K เป็นตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงแบบปกติ ความแปรปรวน 25 และจะถือว่าอุปกรณ์นี้ใช้งานได้ดี ถ้าอายุการใช้งานของมันมากกว่า 50 จงหาแผนสุ่มตัวอย่างที่จะใช้ตรวจรับอุปกรณ์ K โดยมี

   $$\alpha = .05, \beta = .15, AQL = .05, LTPD = .10$$

   ถ้าเราใช้แผนสุ่มตัวอย่างเชิงคุณภาพ แผนสุ่มที่จะนำมาใช้จะเป็นอย่างไร เปรียบเทียบกับแผนที่ใช้เดิม

   $$(n = 52, k = 1.418; n = 200, e = 15)$$

4. ผู้ผลิตผลิตสินค้าให้ตัวแทนจำหน่าย โดยจัดส่งเป็นลอท ๆ ละ 1,000 ชิ้น ซึ่งต้องตรวจสอบตามมาตรฐาน MIL-STD-414 ระดับ II ใช้ AQL = 1.50% จงหาแผนสุ่มตัวอย่างที่จะใช้

   4.1 วิธีการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบ 1 และแบบ 2 ตามลำดับ

   4.2 วิธีการพิสัย แบบ 1 และแบบ 2 ตามลำดับ

5. ผู้ผลิตรายย่อย ผลิตสินค้าให้โรงงานโดยจัดส่งเป็นลอท ๆ ละ 250 ชิ้น ซึ่งต้องตรวจสอบตามมาตรฐาน MIL-STD-414 ระดับ IV ใช้ AQL = 1.00%

   5.1 จงหาแผนสุ่มตัวอย่าง ใช้วิธีการส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบ 1 และแบบ 2 ตามลำดับ

5.2 ถ้าผลจากการสุ่มตัวอย่าง วัดเส้นผ่าศูนย์กลางเป็นมิลลิเมตร ได้ผลดังต่อไปนี้

47	33	34	12	35	32	33	34	21	23
44	34	31	24	38	35	34	34	47	40

ท่านจะสรุปผลที่ได้อย่างไร จงประมาณ % ของเสียในลอทสินค้านี้ เมื่อเกณฑ์กำหนดต่ำสุดของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 14.5 มิลลิเมตร (ยอมรับลอท, 0.94%)

5.3 ภายใต้แผนสุ่มตัวอย่างและผลจากการสุ่มที่ได้ จงหาค่าต่ำสุดของ AQL ที่ทำให้ยอมรับลอท (0.40%)

6. จงหาแผนสุ่มตัวอย่างที่จะใช้ในการตรวจรับ ลอทของชิ้นส่วนประกอบซึ่งจัดเป็นลอท ๆ ละ 2,000 ชิ้น โดยจะตรวจสอบตามมาตรฐาน MIL-STD-414 ระดับ II, AQL = 1.0% วิธีการพิสัย แบบ 2 ถ้าผลจากการตรวจสอบ วัดค่าที่ได้ของแต่ละชิ้น (X) คำนวณได้ผลรวมของค่าที่วัดได้ $\Sigma X = 1,681$ และผลรวมของพิสัย $\Sigma R = 32$ ท่านจะสรุปผลที่ได้อย่างไรในเมื่อเกณฑ์กำหนดขั้นต่ำของชิ้นส่วนเป็น 62 ปอนด์

7. จงหาแผนสุ่มตัวอย่างตรวจรับสินค้า จัดเป็นลอท ลอทละ 200 ชิ้น โดยใช้วิธีการของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แบบ 1 ระดับ III AQL = 1.5%

7.1 เกณฑ์ตัดสินใจจะเป็นอย่างไร ถ้าเกณฑ์กำหนดน้ำหนักต่ำสุด 14.5 กรัม

7.2 จงประมาณ % ของเสียในลอทสินค้า

7.3 ถ้าผลจากการสุ่มตัวอย่าง ชั่งได้น้ำหนักแต่ละชิ้น ดังนี้

15.2	15.4	14.8	15.1	15.2	15.5	15.3	14.6	15.4	14.5

ท่านจะสรุปผลที่ได้อย่างไร เพราะเหตุใด

8. ถ้าเกณฑ์กำหนดของความต้านทานเครื่องใช้ไฟฟ้า อยู่ในช่วง 620 ถึง 680 โอห์ม สุ่มตัวอย่างเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จัดเป็นลอท ๆ ละ 150 ชิ้น โดยใช้วิธีการพิสัย ตรวจสอบระดับ IV AQL = 1.0% แผนสุ่มตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสินใจจะเป็นอย่างไร

ถ้าผลจากการสุ่มตัวอย่าง 5 กลุ่ม ๆ ละ 3 ชิ้น วัดได้ค่าความต้านทาน ดังนี้

660	633	640
625	644	670
633	657	648
668	654	629
635	652	627

ท่านจะรับของในลอทนี้ได้หรือไม่ เพราะเหตุใด จงประมาณ % ของเสียในลอท