การคำนวณหาจำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ย สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4

ไพฑูรย์ ฮ้อยิ่ง [1] ผศ.ดร. ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา [2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

110/1-4 ถ.ประชาชื่น หลักสี่ กรุงเทพ 10210

[2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ.พหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพ 10900

บทคัดย่อ

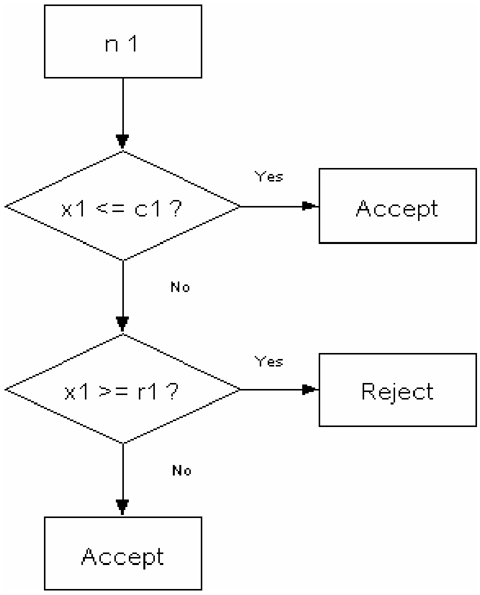
แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 หรือ มอก. 465-2527 เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานควบคุมคุณภาพ ของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ การนำแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4 มาใช้ จะประกอบไปด้วยแผนการสุ่มตัวอย่าง 3 ระดับ ขึ้นอยู่กับระดับคุณภาพของสินค้านั้นๆ อันได้แก่ ระดับปกติ ระดับผ่อนคลายและระดับเคร่งครัด โดยจะใช้ร่วมกันทั้ง 3 ระดับ ตามกฎการสับเปลี่ยน

การคำนวณหาค่าจำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างในระยะยาว คำนวณได้โดยใช้หลักการของลูกโซ่มาร์คอฟ ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงการตรวจสอบจากการตรวจสอบระดับปกติ เป็นการตรวจสอบระดับผ่อนคลาย หรือระดับเคร่งครัด คำนวณได้โดยใช้ฟังก์ชั่นการแจกแจงเรขาคณิตอันดับที่ K และฟังก์ชั่นของความน่าจะเป็นที่จะพบความสำเร็จเป็นครั้งที่ 2 ภายใน d ครั้ง ติดต่อกัน

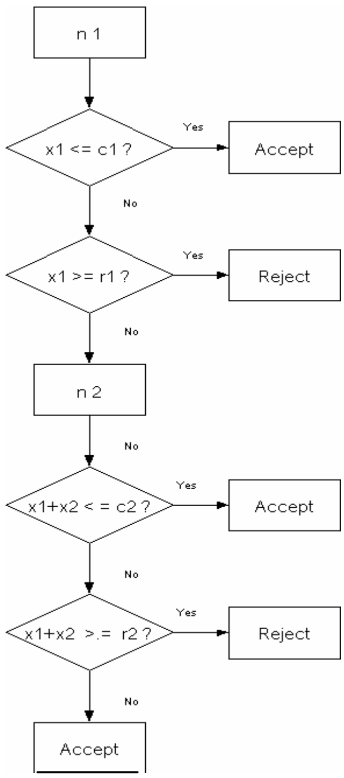
คำหลัก : แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะ ANSI/ASQC Z1.4 ลูกโซ่มาร์คอฟ

บทนำ

แผนการสุ่มตัวอย่าง MIL-STD-105E สร้างขึ้นครั้งแรกในปี 1950 ซึ่งในขณะนั้นเรียกว่าMIL-STD-105A เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อควบคุมระดับคุณภาพเฉลี่ย และได้มีการพัฒนาต่อมาเป็น MIL-STD-105B, 105C 105D และ 105E ตามลำดับ ในปัจจุบันได้ประกาศยกเลิกการใช้งานไปแล้ว แต่ให้เปลี่ยนเป็นมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 มาใช้แทน การนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้งานต้องใช้แผนการสุ่มตัวอย่างทั้งระบบ คือ แผนการสุ่มตัวอย่างแบบปกติ แบบผ่อนปรน และแบบเคร่งครัด ซึ่งต้องใช้ร่วมกับกฎการสับเปลี่ยน Schilling(1978) กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วผู้ที่นำแผนการสุ่มตัวอย่าง ANSI/ASQC Z1.4 ไปใช้ จะใช้เพียงแต่แผนการสุ่มตัวอย่างแบบปกติเท่านั้น และละทิ้งแผนการสุ่มตัวอย่างแบบผ่อนปรน และแบบเคร่งครัด ซึ่งเป็นการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่ไม่ถูกต้องเนื่องจากหากคุณภาพของรุ่นไม่ดี แผนการสุ่มตัวอย่างแบบเคร่งครัดจะช่วยคุ้มครองผู้บริโภค ใช้จำนวนขนาดตัวอย่างมากขึ้น และถ้าหากคุณภาพของรุ่นดี แผนการสุ่มตัวอย่างแบบผ่อนปรนจะช่วยคุ้มครองผู้ผลิตและใช้จำนวนขนาดตัวอย่างน้อยลง แผนการสุ่มตัวอย่างมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สำหรับประเทศไทยได้ประกาศใช้ เมื่อวันที่ 11 มกราคม 2527 โดยสำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ใช้ชื่อว่า มอก. 465-2527 ขั้นตอนการใช้แผนสุ่มตัวอย่างแบบเชิงเดี่ยวและแบบเชิงคู่ตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 แสดงดังภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2 ตามลำดับ

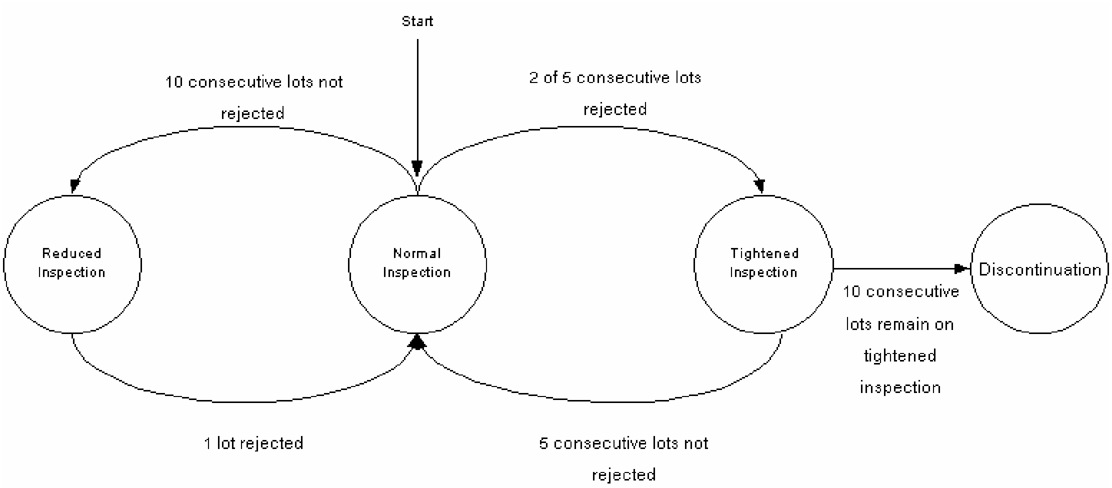


ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงเดี่ยว



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงคู่

การออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่าง ทำได้โดยกำหนดระดับคุณภาพโดยเฉลี่ย และ ระดับของการตรวจสอบรวมทั้งขนาดรุ่น จากนั้นเปิดหาค่าจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและเลขยอมรับได้ จากตาราง กำหนดระดับคุณภาพเฉลี่ย (AQL) = 2.5% ขนาดรุ่น (N) = 5000 ชิ้น ระดับของการตรวจสอบใช้ระดับ 2 (level II) เมื่อทำการเปิดตารางมาตรฐานจะได้ค่า อักษรรหัส L และแผนการสุ่มตัวอย่าง 3 ชุด ดังนี้คือ ในสภาวะปกติ ขนาดตัวอย่าง (n) = 200 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 10 สภาวะผ่อนปรน ขนาดตัวอย่าง(n) = 80 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 5 และในสภาวะเคร่งครัด ขนาดตัวอย่าง(n) = 200 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 8 เมื่อนำแผนการสุ่มตัวอย่างไปใช้งานจะมีการสับเปลี่ยนแผนการสุ่มตัวอย่างตามกฎของการสับเปลี่ยน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนสถานะของการตรวจสอบ ตามกฎของการสับเปลี่ยน

การคำนวณหาค่าจำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ยในระยะยาวเมื่อใช้แผนการสุ่มตัวอย่างตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 สามารถคำนวณได้โดยใช้ ลูกโซ่มาร์คอฟ สำหรับการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะหนึ่งไปยังอีกสภาวะหนึ่ง จะทำการคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นตามวิธีของ Feller(1968)

1. การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความสำเร็จติดต่อกัน k ครั้ง ในการทดลองเบอร์นูลี

Feller (1968) ตัวแปรสุ่มจากการทดลองเบอร์นูลี่ ที่จะประสบความสำเร็จติดต่อกัน k ครั้ง เรียกว่า การแจกแจงอันดับที่ k หรือ Distributions of order -k สำหรับตัวแปรสุ่มจากการทดลองเบอร์นูลี่ ที่จะประสบความสำเร็จติดต่อกัน k ครั้ง เป็นครั้งแรก เรียกว่า การแจกแจงเรขาคณิตอันดับที่ k (The k-order geometric distribution) ซึ่งมี Generating function เป็น

$$g(s) \quad = \quad \frac{(ps)^k(1-ps)}{1-s+qp^k s^{k+1}} \qquad (1)$$

โดย P เป็น ความน่าจะเป็นที่จะประสบความสำเร็จ , q = 1 - P และ k = 1,2,……

การหาค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นหนาแน่น หรือ p.d.f สามารถคำนวณได้จาก

$$P(X=n) = \frac{1}{n!}\cdot\frac{\partial^n g(s)}{\partial s^n}/_{s=0} \qquad (2)$$

เมื่อค่า n เพิ่มขึ้น การหาค่าอนุพันธ์อันดับที่ n ก็ซับซ้อนในการหามากขึ้น สำหรับการหาค่า p.d.f จาก Generating function g(s) อาจหาได้อีกโดยใช้วิธีเศษส่วนย่อย (Partial fraction expansion) จากสมการที่ (1) เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ

$$g(s) = \frac{U(s)}{V(s)} \tag{3}$$

ซึ่ง U(s) และ V(s) เป็น พหุนาม ที่ไม่มีรากร่วมกัน และ V(s) มีเลขชี้กำลังมากกว่า U(s) ดังนั้นสามารถขยาย g(s) ในรูปเศษส่วนย่อยดังสมการที่ (4)

$$g(s) = \sum_{i}\sum_{j=1}^{r_i} \frac{\rho_{ij}}{(s_i - s)^j} \tag{4}$$

โดย s_i รากแท้ของ V(s) และ ρ_{ij} เป็นค่าคงที่ และใช้ อนุกรมเรขาคณิตเปลี่ยนสมการที่ (4) ให้อยู่ในรูปสมการที่ (5)

$$g(s) = \sum_{n=0}^{\infty} P(X = n) \cdot s^n \tag{5}$$

จาก Generating function ของ การแจกแจงเรขาคณิตอันดับที่ k สมการที่ (1) จัดรูปใหม่โดยใช้วิธีเศษส่วนย่อยได้ Generating function ดังสมการที่ (6)

$$g^*(s) = \frac{\rho_1}{s_1 - s} + ... + \frac{\rho_k}{s_k - s} \tag{6}$$

$$g^*(s) = \sum_{n=0}^{\infty}\sum_{i=1}^{k} \frac{\rho_i}{s_i^{n+1}} \cdot s^n \tag{7}$$

ดังนั้น

$$P[G_k(p) = n] = \sum_{i=1}^{k} \frac{\rho_i}{s_i^{n+1}} \quad , n > 0 \tag{8}$$

ซึ่ง $\rho_i = \dfrac{-u_1(s_i)}{V'(s_i)}$ และ s_i เป็นรากแท้ ของ V(s) เป็นได้ทั้งจำนวนจริงและจำนวนเชิงซ้อน ถ้าหากเป็นจำนวนเชิงซ้อน ค่า s_i จะออกมาเป็นคู่ของคอนจูเกต

2. การคำนวณหาค่าความน่าจะเป็นที่จะพบความสำเร็จเป็นครั้งที่ 2 ภายในการทดลอง d ครั้งติดต่อกัน

Galit(1999) ค่าความน่าจะเป็นที่จะพบความสำเร็จเป็นครั้งที่ 2 ภายใน d ครั้งติดต่อกัน จากการพิสูจน์ของ Hald(1981) โดยใช้ renewal theory ได้ generating function ดังนี้

$$g(s) = \frac{(ps)^2(1-(qs)^{d-1})}{(1-qs)(1-qs - pq^{d-1}s^d)} \tag{9}$$

โดย P เป็น ความน่าจะเป็นที่จะประสบความสำเร็จ , q = 1 - P และ d = 2,3,…… และใช้วิธี เศษส่วนย่อยกระจาย generating function สมการที่ (9) และ ได้ฟังก์ชั่นการแจกแจงความน่าจะเป็น ดังสมการที่ (10)

$$P[Y_d(p) = n] = \sum_{i=1}^{d+1} \frac{\rho_i}{s_i^{n+1}} \quad , n > 0 \tag{10}$$

ซึ่ง ρ_i(i = 1,2,…,d+1) คำนวณจาก $\rho_i = \dfrac{-U_1(s_i)}{V'(s_i)}$

กรณีตัวอย่าง

โรงงานแห่งหนึ่งใช้แผนการสุ่มตัวอย่างเชิงคุณลักษณะแบบเชิงเดี่ยว ตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 เพื่อตรวจสอบสินค้าที่มีขนาดรุ่น 5,000 ชิ้น ระดับคุณภาพเฉลี่ย 2.5% จากตารางมาตฐานได้แผนการสุ่มตัวอย่าง 3 ชุดคือ ถ้าต้องการทราบจำนวนขนาดตัวอย่างโดยเฉลี่ย ในระยะยาวแล้ว สามารถคำนวณได้ดังนี้

- ณ สภาวะปกติ (Normal) ใช้ขนาดตัวอย่าง (n) = 200 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 10 เลขปฏิเสธ (r) = 11

ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับรุ่น คือ $\Pr(X_N \le 10 / p = 0.025) = 0.9874$

ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่น คือ $\Pr(X_N > 10 / p = 0.025) = 1 - 0.9874 = 0.0126$

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ เป็น สภาวะผ่อนปรน เมื่อยอมรับรุ่นติดต่อกัน 10 รุ่น คำนวณจากสมการที่ (2)

$$g(s) \quad = \quad \frac{(0.9874\,s)^{10}(1-0.9874\,s)}{1-s+(0.0126)(0.9874)^{10}s^{10+1}}$$

$$P(X=10) = \frac{1}{10!}\cdot\frac{\partial^{10}g(s)}{\partial s^{10}}/_{s=0} = 0.8810$$

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ เป็น สภาวะเคร่งครัด เมื่อมีรุ่นสินค้าถูกปฏิเสธ 2 รุ่นจาก 5 รุ่นติดต่อกัน คำนวณจากสมการที่ (9)

$$g(s) = \frac{(0.0126\,s)^2(1-(0.0126\,s)^{5-1})}{(1-0.0126\,s)(1-0.0126\,s-(0.9874)(0.0126)^{5-1}s^5)}$$

$$\frac{U(s)}{V(s)} = \frac{1.5876\cdot 10^{-4}s^2 - 4\cdot 10^{-12}s^6}{1-0.0126\,s+0.0252\,s^2-2.455\cdot 10^{-8}s^5+3.09\cdot 10^{-10}s^6}$$

คำนวณรากของ V(s) ได้ S1= - 51.741 - 64.157 i , S2 = - 51.741 + 64.157 i , S3 = 0.251 + 6.294 i ,

S4 = 0.261 - 6.294 i , S5 = 91.215 + 60.709 i และ S6 = 91.125 – 60.709 i

คำนวณค่า $V'(s) = -1.26\cdot 10^{-2} + 5.04\cdot 10^{-2}s - 1.2275\cdot 10^{-7}s^4 + 1.854\cdot 10^{-9}s^5$

และ $\rho_i = \dfrac{-U_1(s_i)}{V'(s_i)}$; i = 1,2,…,6 แทนค่าที่คำนวณได้ ลงในสมการที่(10)

$$P[Y_5(0.0126) = 2] = \sum_{i=1}^{6}\frac{\rho_i}{s_i^{2+1}} = 0.0002$$

หรือ อาจคำนวณได้จาก สมการที่ (2) $P(X=2) = \dfrac{1}{2!}\cdot\dfrac{\partial^2 g(s)}{\partial s^2}/_{s=0} = 0.0002$

- ณ สภาวะเคร่งครัด (Tighten) ใช้ขนาดตัวอย่าง (n) = 200 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 8 เลขปฏิเสธ (r) = 9

ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับรุ่น คือ $\Pr(X_T \le 8 / p = 0.025) = 0.9343$

ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่นคือ $\Pr(X_T > 8 / p = 0.025) = 1 - 0.9343 = 0.0657$

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจาก สภาวะเคร่งครัด เป็น สภาวะปกติ เมื่อยอมรับรุ่นสินค้าดี ติดติอกัน 5 รุ่น

$$g(s) \quad = \quad \frac{(0.9343\,s)^5(1-0.9343\,s)}{1-s+(0.0657)(0.9343)^5 s^{5+1}}$$

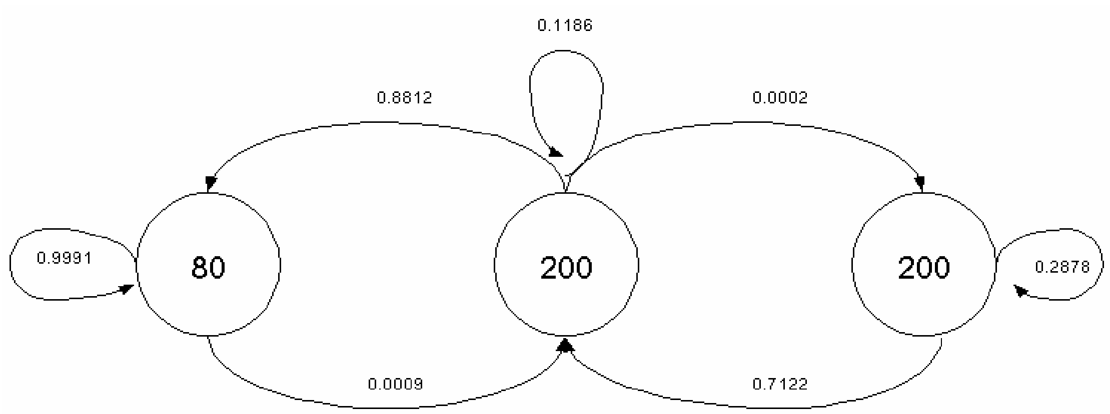
$$P(X=5) = \frac{1}{5!} \cdot \frac{\partial^5 g(s)}{\partial s^5} /_{s=0} = 0.7120$$

- ณ สภาวะผ่อนปรน (Reduce) ใช้ขนาดตัวอย่าง (n) = 80 ชิ้น เลขยอมรับ (c) = 5 เลขปฏิเสธ (r) = 8

ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับรุ่น คือ $\Pr(X_R \le 5 / p = 0.025) = 0.9847$

ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่น คือ $\Pr(X_R > 8 / p = 0.025) = 1 - 0.9991 = 0.0009$

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจาก สภาวะผ่อนปรน เป็น สภาวะปกติ เมื่อปฏิเสธรุ่นสินค้า 1 รุ่น คือ 0.0009 จากความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสับเปลี่ยนแผนการสุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะต่างๆ

จาก flow graph นำมาเขียน transition matrix ได้ดังนี้ $P = \begin{bmatrix} 0.1186 & 0.8812 & 0.0002 \\ 0.0009 & 0.9991 & 0 \\ 0.7122 & 0 & 0.2878 \end{bmatrix}$

และจาก $\pi = \pi \cdot P$ โดย $\pi = (\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3)$ จะได้สมการ

$$\pi_1 = 0.1186\,\pi_1 + 0.0009\,\pi_2 + 0.7122\,\pi_3$$

$$\pi_2 = 0.8812\,\pi_1 + 0.9991\,\pi_2 + 0\pi_3$$

$$\pi_3 = 0.0002\,\pi_1 + 0\pi_2 + 0.2878\,\pi_3$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$$

ทำการแก้สมการ ข้างต้นจะได้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่สภาวะต่างๆในระยะยาว คือ π = [0.00102 , 0.999 , 0.0000002865] สามารถคำนวณค่าจำนวนขนาดตัวอย่างเฉลี่ยเมื่อใช้ Sampling Scheme ดังกล่าวในระยะยาว ดังนี้

E(n) = 200*(0.00102) + 80*(0.999) + 200*(0.0000002865)

= 80.12 $\approx$ 81 ชิ้น

จากกรณีตัวอย่าง สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างแบบเชิงคู่ตามมาตรฐาน ANSI/ASQC Z1.4 จะได้แผนการสุ่มตัวอย่างในสภาวะต่างๆ ดังนี้คือ

- ณ สภาวะปกติ ขนาดตัวอย่างครั้งที่ 1 (n1) = 125 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 1 (c1) = 5 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 1 (r1) = 9 ขนาดตัวอย่างครั้งที่ 2 (n2) = 125 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 2 (c2) = 12 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 2 (r2) = 13

ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับรุ่น $(P_a = P_a^I + P_a^{II})$ คือ 0.999993

ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่น $(P_r = P_r^I + P_r^{II})$ คือ 0.000007

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ เป็น สภาวะผ่อนปรน เมื่อยอมรับรุ่นติดต่อกัน 10 รุ่น คือ 0.9999300022

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ เป็น สภาวะเคร่งครัด เมื่อมีรุ่นสินค้าถูกปฏิเสธ 2 รุ่นจาก 5 รุ่นติดต่อ คือ $4.9 * 10^{-11}$

จำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN_N) คือ 125.21 ชิ้น โดย $ASN = n_1 + n_2(1 - P_1)$ และ $P_1 = P_a^I + P_r^I$

- ณ สภาวะเคร่งครัด ขนาดตัวอย่าง (n1) = 50 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 1 (c1) = 2 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 1 (r1) = 7

ขนาดตัวอย่างครั้งที่ 2 (n2) = 50 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 2 (c2) = 6 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 2 (r2) = 9

ความน่าจะเป็นที่จะยอมรับรุ่น คือ 0.999709

ความน่าจะเป็นที่จะเปลี่ยนสถานะจาก สภาวะเคร่งครัด เป็น สภาวะปกติ เมื่อยอมรับรุ่นสินค้าดี ติดติอกัน 5 รุ่น คือ 0.9985458

จำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN_T) คือ 129.64 ชิ้น

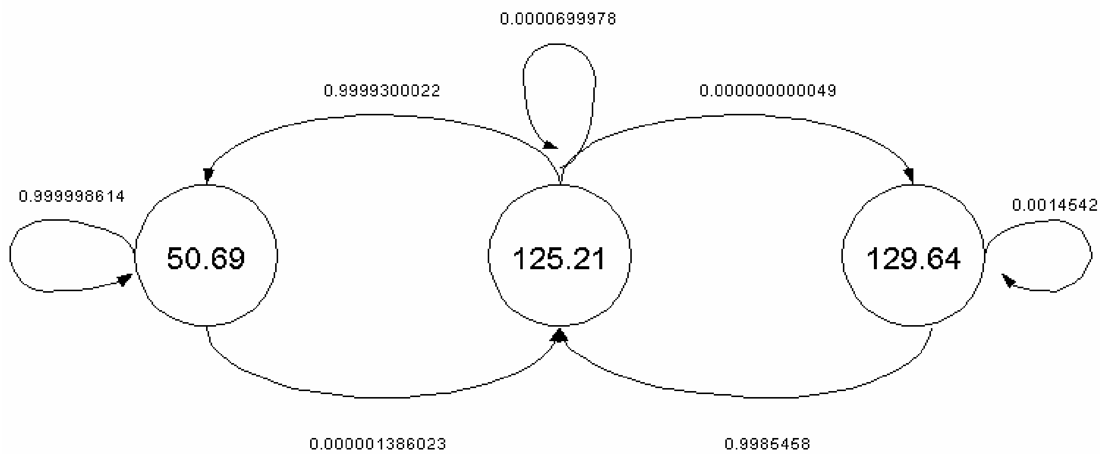
- ณ สภาวะผ่อนปรน ขนาดตัวอย่าง (n1) = 125 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 1 (c1) = 3 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 1 (r1) = 7

ขนาดตัวอย่างครั้งที่ 2 (n2) = 125 ชิ้น เลขยอมรับครั้งที่ 2 (c2) = 11 และเลขปฏิเสธครั้งที่ 2 (r2) = 12

ความน่าจะเป็นที่จะปฏิเสธรุ่น คือ 0.000001386023

จำนวนตัวอย่างโดยเฉลี่ย (ASN_R) คือ 50.69 ชิ้น

จากความน่าจะเป็นที่จะเกิดการสับเปลี่ยนแผนการสุ่มตัวอย่างที่คำนวณได้แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะต่างๆ

นำค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเปลี่ยนสถานะจาก Flow graph นำมาเขียน transition matrix ได้ดังนี้

$$P = \begin{bmatrix} 0.0000699978 & 0.9999300022 & 0.0000000000\ 49 \\ 0.0000013860\ 23 & 0.999998614 & 0 \\ 0.9985458 & 0 & 0.0014542 \end{bmatrix}$$

และจาก $\pi = \pi \cdot P$ โดย $\pi = (\pi_1 \quad \pi_2 \quad \pi_3)$ จะได้สมการ

$$\pi_1 = 0.0000699978\ \pi_1 + 0.0000013860\ 23\pi_2 + 0.9985458\ \pi_3$$

$$\pi_2 = 0.9999300022\ \pi_1 + 0.999998614\ \pi_2 + 0\pi_3$$

$$\pi_3 = 0.0000000000\ 49\pi_1 + 0\pi_2 + 0.0014542\ \pi_3$$

$$\pi_1 + \pi_2 + \pi_3 = 1$$

ทำการแก้สมการ ข้างต้นจะได้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างที่สภาวะต่างๆในระยะยาว คือ π = [0 , 1 , 0] สามารถคำนวณค่าจำนวนขนาดตัวอย่างเฉลี่ยเมื่อใช้ Sampling Scheme ดังกล่าวในระยะยาว E(n) = 125.21*(0) + 50.69*(1) + 129.64*(0) = 50.69* ≈ 51 ชิ้น

เอกสารอ้างอิง

Aki,S.and K. Hirano 1998.” Distribution of numbers of failures and successes until the first consecutive k successes”. Ann.Inst.Statist.Math., 46 : 193–202.

Feller, W. 1968. An Introduction to Probability Theory and Its Applications. 3 rd ed., John Wiley & Sons, New York. 509 p.

Galit,S and C. Ayala. 1999. “Run-Related Probability Functions Applied to Sampling Inspection”. Technometrics.

MIL-STD-105E. 1989. “Sampling Procedure and Tables for Inspection by Attribute” Department of Defense, Washington,D.C. 450 p.

Schilling, E.G. and J.H. Sheesley. 1978. “ The Performance of MIL-STD-105D under the Switching Rules”, J. of Quality Technology 1(3) : 76-83