บทที่ 8
การตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ

การตรวจรับโดยอาศัยผลจากการสุ่มตัวอย่าง เท่าที่กล่าวมาแล้ว กระทำภายใต้ข้อตกลงร่วมกัน ระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภค ผลที่ได้จากตัวอย่างนำไปสู่การตัดสินใจว่า จะยอมรับหรือไม่ยอมรับโดยไม่มีการพิจารณาถึงผลกระทบ ที่อาจจะมีต่อคุณภาพของกระบวนการตรวจสอบ ในทางปฏิบัติ เราหวังว่า แผนการตรวจสอบจะเป็นผลให้มีการพยายามปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น โดยเฉพาะในลอทที่ถูกคัดออก แต่ในเวลาเดียวกัน จะต้องลดจำนวนการตรวจให้น้อยลง ดังนั้นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดี จะต้องคำนึงถึงคุณภาพภายหลังการตรวจสอบด้วย แทนที่จะคำนึงถึงคุณภาพที่ยอมรับได้เพียงอย่างเดียว นั่นก็คือ ในการตรวจสอบที่นิยมใช้กันมากในทางด้านปฏิบัติ จะกำหนดว่า ลอทที่ไม่ได้รับการยอมรับหรือถูกคัดออกจะต้องนำมาตรวจทุกชิ้นในลอท (100% inspection) คัดของเสียออกไป และแทนที่ของดีให้ใหม่ตามจำนวนชิ้นที่เสีย แล้วจึงมอบให้ผู้ซื้อรับไป สำหรับลอทใดที่ได้รับการยอมรับ ไม่จำเป็นต้องตรวจทุกชิ้นแต่จะคัดของเสียออก เท่ากับจำนวนที่ตรวจพบในตัวอย่างสุ่ม และแทนที่ของดีให้ใหม่ตามจำนวนที่เสียนั้นก่อนที่ผู้ซื้อจะรับไป เราเรียกการตรวจสอบนี้ว่า เป็นการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ (Rectifying inspection) ซึ่งหมายถึงการตรวจสอบสินค้า ก่อนที่จะจ่ายออกไป ลอทสินค้าที่ผ่านการตรวจสอบแบบนี้ จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(1) ขนาดของลอทคงที่

(2) ลอทที่ถูกยอมรับจากผลของการสุ่มตัวอย่าง ยังคงมีคุณภาพโดยประมาณเท่ากับ p' แม้ว่าจำนวนของเสียในตัวอย่างจะถูกคัดออกและแทนที่ด้วยของดีแล้ว แต่จำนวนของเสียมีไม่เกินค่า c ซึ่งมีค่าน้อยมาก ดังนั้นจำนวนของเสียในลอท มีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

(3) ลอทที่ถูกปฏิเสธ จะถูกแก้ไขให้กลายเป็นลอทที่ไม่มีของเสียเลย

8.1 แผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว สำหรับการตรวจสอบเชิงคุณภาพ

แผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว เป็นแผนการสุ่มที่เก็บตัวอย่างจากลอทเพียงครั้งเดียว อาศัยผลจากตัวอย่างนั้น ในการตัดสินว่า จะคัดของเสียที่ตรวจพบในตัวอย่างออก แล้วแทน

ด้วยของดีตามจำนวนที่คัดออก หรือจะต้องตรวจของทุกชิ้นในลอท คัดของเสียออก แทนที่ด้วยของดีตามจำนวนที่คัดออกก่อนที่จะส่งมอบให้ผู้ซื้อไป ดังนั้นโปรแกรมการตรวจสอบแบบนี้ จะประกอบด้วยการตรวจสอบครั้งแรกและการตรวจสอบทุกชิ้น (100% inspection) นั่นก็คือ

จากลอทสินค้าแต่ละลอทที่มีขนาด N ชิ้น จะนำมาตรวจสอบโดย

1. เก็บตัวอย่างแบบสุ่ม มาตรวจสอบเพียง n ชิ้น
2. จำนวนของที่เหลือ $N-n$ ชิ้นในลอทนั้น ๆ อาจจะ
   2.1 ไม่มีการตรวจต่อไป และยอมรับลอทนั้น
   2.2 นำมาตรวจทุกชิ้น (100% inspection)

ในกรณีที่ 1 และ 2.2 จะไม่มีของเสียเหลืออยู่ เนื่องจากของเสียที่ตรวจสอบ ได้ถูกคัดออกไปแล้วนำของดีมาใส่แทนที่ตามจำนวนที่คัดออก ส่วนในกรณี 2.1 ยังคงมีของเสียอยู่จำนวนหนึ่ง อันที่จริงลอทนั้นอาจจะมีของเสียเกินจำนวนที่จะยอมรับได้ ก็ได้ แต่ผลจากการเก็บตัวอย่าง เราตรวจพบของเสียไม่เกินค่า c เรายอมรับลอท โดยที่ในลอทยังมีของเสียเหลืออยู่ ซึ่งบังเอิญไม่ได้สุ่มมาจึงตรวจไม่พบและในบางลอทอาจจะมีของเสียไม่เกินจำนวนที่จะยอมรับได้อยู่แล้ว และผลจากการสุ่มตัวอย่าง เรายอมรับจริง โดยเหตุที่เราจะยอมรับลอท ถ้าพบว่าจำนวนของเสียในตัวอย่าง มีไม่เกินค่า c หาก p' เป็นคุณภาพของลอท นั่นก็คือ เป็นสัดส่วนของเสียในลอท แสดงว่าลอทนั้นมีจำนวนของเสีย Np' ชิ้น เมื่อเราสุ่มมาตรวจ n ชิ้น จำนวนของเสียที่ติดมากับตัวอย่าง น่าจะเท่ากับ np' หากเรายอมรับลอทก็แสดงว่า ค่า np' ไม่เกินค่า c สรุปได้ว่า ลอทที่ถูกยอมรับจากผลของตัวอย่าง โดยเฉลี่ยแล้วจะมีของเสียประมาณ $Np'-np'$

8.1.1 คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (AOQ)

เมื่อนำสินค้ามาจัดเป็นลอท ๆ ละ N ชิ้น หากสัดส่วนของเสียในลอทเป็น p' ความน่าจะเป็นในการยอมรับลอทสินค้านี้ จะเป็นฟังก์ชันของ p' หากเราประมาณการยอมรับลอทด้วย

$$P_a = \sum_{x=0}^{c} \frac{e^{-np'}(np')^x}{x!} \qquad .....(8.1)$$

ความน่าจะเป็นที่ลอทจะถูกปฏิเสธหรือคัดออก จะเท่ากับ $1-P_a$ ถ้าการตรวจเป็นแบบการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ จำนวนของเสียในลอทที่ถูกปฏิเสธ จะเป็น 0 ในขณะที่จำนวน

ของเสียในลอทที่ถูกยอมรับ โดยเฉลี่ยแล้วจะเท่ากับ $(Np' - np')\,P_a$ ดังนั้น สินค้าที่จะส่งให้กับผู้ซื้อ จะมีคุณภาพโดยเฉลี่ยเท่ากับ

$$\frac{p'(N-n)}{N}\,P_a + \frac{0}{N}\,(1-P_a)$$

ซึ่งเราจะเรียกว่า คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (Average Outgoing Quality) เขียนแทนด้วย AOQ ดังนั้น

$$AOQ = p'P_a(1-\frac{n}{N})$$

ถ้า N มีขนาดโตมากเมื่อเทียบกับ n ค่า n/N จะมีขนาดเล็กมาก เราจะประมาณค่า AOQ ด้วย

$$AOQ = p'P_a \qquad .....(8.2)$$

กล่าวได้ว่า AOQ **เป็นระดับคุณภาพเฉลี่ยของสินค้าที่จำหน่ายออกไป โดยคำนวณจากลอทที่ยอมรับ จากผลของการสุ่มตัวอย่าง รวมกับลอทที่มีของเสียมากจนต้องตรวจทั้งลอท และทดแทนของดีให้ตามจำนวนของเสียนั้นแล้ว**

ตัวอย่าง เช่น

เราใช้แผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ที่มี $n=40$, $c=1$ ตรวจรับสิ่งของที่จัดเป็นลอท ลอทละ 5,000 ชิ้น โดยใช้การตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ คุณภาพของลอทเป็น 8% จากผลการตรวจลอทสิ่งของเหล่านี้ 1,000 ลอท ปรากฏว่ายอมรับ 170 ลอท และไม่ยอมรับ 830 ลอท เพราะฉะนั้น ในจำนวนลอทที่ไม่ยอมรับ 830 ลอท เราจะตรวจทั้งลอท คัดของเสียออก ใส่ของดีแทนตามจำนวนที่คัดออก ส่วนใน 170 ลอทที่เรายอมรับ เราจะคัดของเสียออกเฉพาะที่ตรวจพบในตัวอย่าง 40 ชิ้น ของแต่ละลอทเท่านั้น ที่เหลืออยู่ 4,960 ชิ้นของแต่ละลอท จะมีของเสียอย่างน้อยที่สุด เท่ากับ (5,000) (0.08)−1 = 399 ชิ้น

ในของ 170 ลอท จะมีของเสีย เท่ากับ (399) (170) = 67,830 ชิ้น

ดังนั้น คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะเท่ากับ 67,830/5,000,000 = 0.01356

ถ้าเราคำนวณจากสูตร (8.1) และ (8.2) จะได้ว่า เมื่อ $n=40$, $c=1$, $p'=0.08$ P_a จะเท่ากับ 0.17 เพราะฉะนั้น

$$AOQ = (0.08)\,(0.07) = 0.0136$$

ถือว่าเป็นค่าใกล้เคียงกัน

จากตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นว่า ก่อนการตรวจสอบ คุณภาพของในลอทเป็น 8% ภายหลังการตรวจสอบแบบทดแทนของดีตามจำนวนของเสียที่พบ คุณภาพในลอทจะเปลี่ยนเป็น 1% โดยเฉลี่ย

โดยทั่วไป เราประมาณเปอร์เซ็นต์ของการยอมรับลอท จากเส้นโค้ง OC ที่ผ่านจุด p'_1, $1-\alpha$ และ p'_2, β และจากการประมาณค่า AOQ ตามสูตร (8.2) จะเห็นได้ว่า ค่าของ AOQ จะแปรผันไปตามคุณภาพ p′ ของลอทที่นำมาตรวจ เราจะได้เส้นโค้ง AOQ ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ ระหว่างคุณภาพของลอท p′ กับคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 8.1

จงใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง n=100, c=2 ในการตรวจรับลอทสินค้า ที่มีขนาด 10,000 ชิ้น ใช้การตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ นั่นก็คือ มีการทดแทนของดีตามจำนวนของเสียที่ตรวจพบ จงคำนวณคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย AOQ และเขียนกราฟเส้นโค้ง AOQ เมื่อกำหนดคุณภาพของลอทเป็น 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6% และ 7%

วิธีทำ

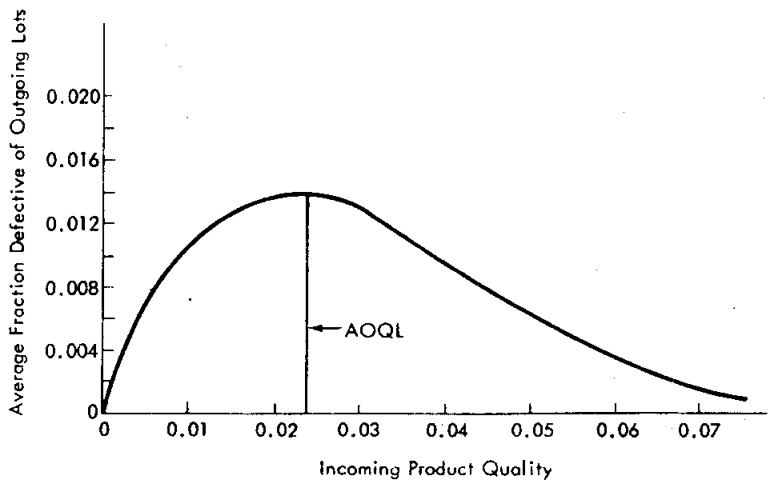
เราประมาณความน่าจะเป็นในการยอมรับ โดยใช้การแจกแจงแบบปัวซอง และประมาณค่า AOQ จากสูตร 8.2 ปรากฏผลดังต่อไปนี้

$$P_a = \sum_{x=0}^{2} \frac{e^{-100p'}(100p')^x}{x!}$$

p′	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
100p′	1	2	3	4	5	6	7
P_a	0.920	0.677	0.423	0.238	0.125	0.062	0.030
$p' P_a$	0.009	0.013	0.012	0.009	0.006	0.004	0.002

แสดงให้เห็นได้ด้วยกราฟ ดังนี้

รูปที่ 8.1 เส้นโค้งคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบ



จากกราฟ จะเห็นว่า หากระดับคุณภาพสินค้าในแต่ละลอท มีค่าไม่คงที่ นั่นก็คือ p′ ของแต่ละลอทไม่เท่ากัน ค่าของคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ยของสินค้านั้น (AOQ) จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าคุณภาพของลอทสินค้าดีมาก นั่นก็คือ p′ มีค่าเล็กมาก โอกาสที่ลอทสินค้าเหล่านี้จะผ่านการตรวจสอบจะสูงมาก หรือกล่าวได้ว่า เกือบทุกลอทจะได้รับการยอมรับ ผลที่ตามมาก็คือ การคัดเลือกของเสียออกทดแทนของดีให้ใหม่ จะมีน้อย เนื่องจากลอทสินค้าที่นำมาตรวจสอบนั้นมีอัตราของเสียต่ำ ดังนั้นสินค้าที่จะจ่ายออกไป ย่อมจะมีอัตราของเสียต่ำด้วย ในทางตรงกันข้าม หากลอทสินค้าที่นำมาตรวจสอบ ก่อนส่งให้กับผู้ซื้อ มีอัตราของเสียสูงมาก โอกาสที่ลอทสินค้าเหล่านี้จะผ่านการตรวจสอบจะน้อยมาก กล่าวได้ว่า เกือบทุกลอทจะถูกปฏิเสธ จะต้องนำมาตรวจทุกชิ้นในลอท ทำให้ไม่มีของเสียเหลืออยู่ ดังนั้นคุณภาพโดยเฉลี่ยของลอทสินค้าเหล่านี้ จะดีมาก แสดงให้เห็นว่า หากลอทสินค้าที่นำมาตรวจสอบทั้งที่มีอัตราของเสียต่ำ และที่มีอัตราของเสียสูง ภายหลังการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพแล้ว จะมีคุณภาพที่จ่ายออกโดยเฉลี่ยดีขึ้น นั่นก็คือ มีอัตราของเสียต่ำ สำหรับลอทสินค้าที่มีคุณภาพปานกลาง จะมีคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ยปานกลางด้วย ในบรรดาค่าคุณภาพของลอทสินค้าเหล่านี้ จะมีจุดหนึ่งที่ทำให้ได้คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ยเลวมาก นั่นก็คือมีค่า AOQ สูงสุด ซึ่งเราเรียกว่า ค่าเฉลี่ยสูงสุดของคุณภาพจ่ายออก (Average Outgoing Quality Limit : AOQL)

ดังนั้น ค่าเฉลี่ยสูงสุดของคุณภาพจ่ายออก (AOQL) ก็คือ ระดับสูงสุดของคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย ของแผนการเก็บตัวอย่างแต่ละแผน ซึ่งค่าสูงสุดนี้ อาจจะกำหนดขึ้นจากข้อตกลงของผู้ซื้อกับผู้ผลิต แล้วนำมาพิจารณาในการทำแผนการสุ่มตัวอย่างด้วย

8.1.2 ผลรวมของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย (ATI)

สมมติว่าในการตรวจรับลอทสินค้า 1,000 ลอท แต่ละลอทมีจำนวนสินค้า 10,000 ชิ้น โดยใช้การตรวจสอบแบบทดแทนของดีให้ตามจำนวนของเสียที่ตรวจพบ ในแต่ละลอทเราจะเก็บตัวอย่างแบบสุ่มมาตรวจ 100 ชิ้น คุณภาพของลอทสินค้าเหล่านี้เป็น 5% ถ้าผลการตรวจสอบปรากฏว่า เรายอมรับ 120 ลอท ไม่ยอมรับและนำไปตรวจทุกชิ้น 880 ลอท แสดงว่าในจำนวน 120 ลอทที่ได้รับการยอมรับเราตรวจลอทละ 100 ชิ้น รวมเป็นจำนวนที่จะต้องตรวจทั้งหมด (100) (120) เท่ากับ 12,000 ชิ้น ส่วนลอทที่ไม่ยอมรับ 880 ลอท เราตรวจทั้งลอท รวมเป็นจำนวนที่จะต้องตรวจทั้งหมด (10,000) (880)

สรุปได้ว่า

ในจำนวนสินค้า 1,000 ลอท เรานำสินค้ามาตรวจ $= (100)(120) + (10{,}000)(880)$ ชิ้น

โดยเฉลี่ยต่อลอท เราจะนำสินค้ามาตรวจ $= \dfrac{(100)(120) + (10{,}000)(880)}{1{,}000}$ ชิ้น

$$= 100 \cdot \frac{120}{1{,}000} + 10{,}000 \cdot \frac{880}{1{,}000}$$

(120)/(1,000) และ (880)/(1,000) ก็คืออัตราการยอมรับ และไม่ยอมรับลอทสินค้า ตามลำดับ นั่นก็หมายความว่า ถ้าเราทราบขนาดของลอทเป็น N และเราใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง n, c ตรวจรับลอทสินค้านี้ หาก p′ เป็นคุณภาพของลอทสินค้า เราสามารถประมาณอัตราการยอมรับและไม่ยอมรับลอทสินค้าเหล่านี้ได้ ถ้าอัตราการยอมรับลอทเป็น P_a แสดงว่าอัตราการไม่ยอมรับลอทจะเท่ากับ $1-P_a$ เมื่อเรายอมรับลอท เราจะตรวจสินค้าลอทละ n ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_a จำนวนที่ตรวจโดยเฉลี่ย สำหรับลอทที่ถูกยอมรับ จะเท่ากับ nP_a ชิ้น/ลอท เมื่อเราไม่ยอมรับลอท เราต้องตรวจทั้งลอทคือ N ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น $1-P_a$ ดังนั้นจำนวนที่ต้องนำมาตรวจโดยเฉลี่ย จะเท่ากับ $N(1-P_a)$ เพราะฉะนั้น เราจะได้ผลรวมของจำนวนสินค้าที่จะต้องนำมาตรวจโดยเฉลี่ยต่อลอท (Average Total Inspection)

$$\begin{aligned} ATI &= nP_a + N(1-P_a) \text{ หรือ} \\ ATI &= n + (1-P_a)(N-n) \end{aligned} \qquad .....(8.3)$$

ซึ่งมีความหมายว่า ในจำนวนสินค้า N ชิ้น เราจะนำมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย ATI ชิ้น ดังนั้น เราจะได้อัตราการตรวจสอบโดยเฉลี่ย (Average Fraction Inspection) กำหนดโดย

$$AFI = ATI/N \qquad .....(8.4)$$

พิจารณาค่า ATI จาก (8.3) จะเห็นว่า ค่าของ ATI ขึ้นอยู่กับ ขนาดของลอท ขนาดตัวอย่าง และอัตราการยอมรับ P_a ภายใต้แผนการสุ่มเดียวกัน ที่ใช้ตรวจรับลอทที่มีขนาดเดียวกัน เราจะได้กราฟของเส้นโค้ง ATI แปรเปลี่ยนไปตามคุณภาพ p′ ของลอท ถ้าขนาดของลอทไม่เท่ากัน เส้นโค้ง ATI จะแปรไปตามขนาดของลอท และค่า p′ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 8.2

ใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง $n=100$, $c=2$ ตรวจรับลอท 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มมีขนาดลอทละ 10,000, 5,000 และ 1,000 จงเขียนเส้นโค้ง ATI เมื่อคุณภาพของลอทสินค้าเป็น 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7% และ 8% ตามลำดับ

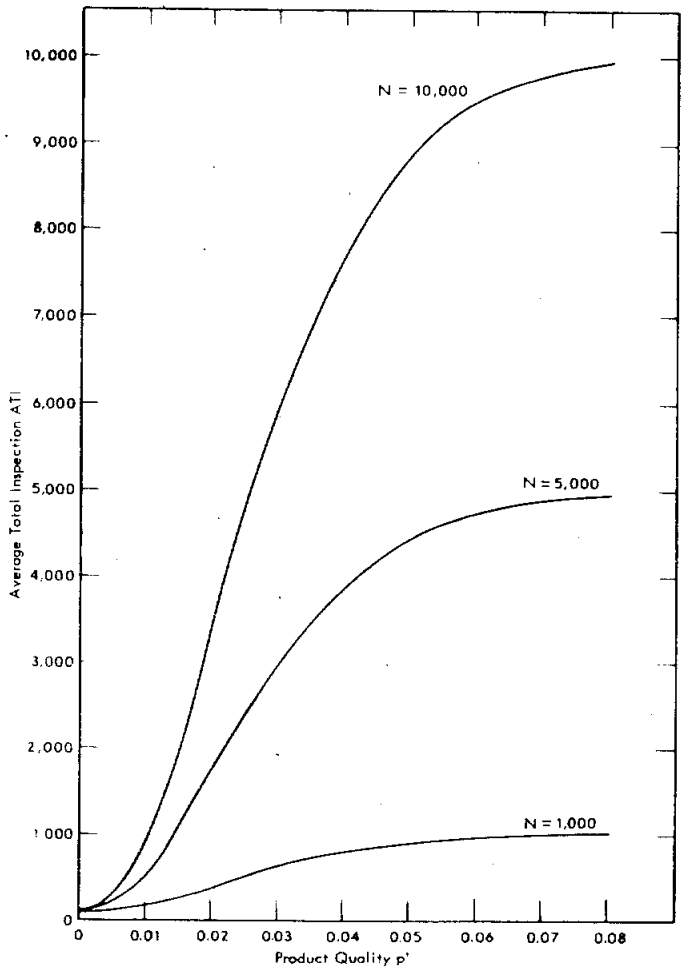
วิธีทำ

จากแผนการสุ่ม n = 100, c = 2 และ p′ จาก 0.01 ถึง 0.07 เราจะได้ค่า ATI ดังตัวอย่างที่ 8.1 จากค่าที่ได้ คำนวณหาค่า $1-P_a$, $(1-P_a)$ $(N-100)$ และ ATI ตามสูตรที่ 8.3 ได้ผลดังต่อไปนี้

p′	$1-P_a$	$(1-P_a)$ $(N-100)$			ATI		
		N			N		
		10,000	5,000	1,000	10,000	5,000	1,000
0.01	0.080	792	392	72	892	492	172
0.02	0.323	3197.7	1582.7	290.7	3297.7	1682.7	390.7
0.03	0.577	5712.3	2827.3	519.3	5812.3	2927.3	619.3
0.04	0.762	7543.8	3733.8	685.8	7643.8	3833.8	785.8
0.05	0.875	8662.5	4287.5	787.5	8762.5	4387.5	887.5
0.06	0.938	9286.2	4596.2	844.2	9386.2	4696.2	944.2
0.07	0.970	9603	4753	873	9703	4853	973
0.08	0.986	9761.4	4831.4	887.4	9861.4	4931.4	987.4

เขียนกราฟเส้นโค้ง ATI ตามรูปที่ 8.2

รูปที่ 8.2 **Average Total Inspection Curves for the Sampling Plan n = 100, c = 2: Lots of 1,000, 5,000, and 10,000**



จากกราฟ จะเห็นว่า ภายใต้แผนการสุ่มเดียวกัน ค่าของ ATI สูงขึ้น เมื่อคุณภาพของลอทเลวลง และจำนวนของ ATI จะยิ่งมีค่ามากขึ้น เมื่อลอทมีขนาดโตขึ้น

8.1.3 การหาแผนการสุ่มตัวอย่างภายใต้ค่า AOQL ที่กำหนด

อาศัยข้อเท็จจริงเกี่ยวกับค่า AOQ และ ATI นำไปใช้ในการหาแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อปรับปรุงคุณภาพ นั่นก็คือ ภายใต้การตรวจสอบ ที่มีการทดแทนของดีให้ตามจำนวนของเสียที่ตรวจพบ ทั้งในตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับ และในการตรวจทุกชิ้นในลอทที่ไม่ได้รับการยอมรับ แผนการสุ่มจะกำหนดขึ้น ภายใต้ค่า AOQL ที่ผู้ซื้อและผู้ผลิตได้ตกลงกัน โดยที่แผนนี้จะได้จำนวนสินค้าที่จะนำมาตรวจสอบทั้งหมดต่อลอท น้อยที่สุด นั่นคือ ให้ค่า ATI ต่ำสุด

อาศัยความสัมพันธ์จากสมการ

$$AOQ = P_a p' \frac{N-n}{N}$$

ถ้า $p' = p'_m$ เป็นค่าที่ทำให้ได้ AOQ สูงสุด เราจะได้ว่า

$$AOQL = P_a p'_m \frac{N-n}{N} \qquad .....(8.5a)$$

หรือ

$$AOQL = \frac{y}{n}\left(1 - \frac{n}{N}\right) \qquad .....(8.5b)$$

ในเมื่อ $y = P_a p'_m$ n เป็นค่าที่ Dodge และ Romig ได้คำนวณและกำหนดค่าที่ได้ไว้ในตารางการสุ่มตัวอย่างเพื่อการตรวจสอบ ค่านี้จะขึ้นอยู่กับค่า c (ดูตารางที่ 16.1 หนังสือของ Duncan หน้า 338)

เพราะฉะนั้น เราจะได้

$$n = \frac{yN}{N\,AOQL + y} \qquad .....(8.5c)$$

ขั้นตอนในการหาแผนการสุ่ม มีดังต่อไปนี้

1. กำหนดขนาดของลอท N คุณภาพของลอทสินค้า p′ และค่า AOQL
2. เริ่มต้นจากค่า c = 0 อ่านค่า y จากตารางกำหนดค่าของ Dodge และ Romig แทนค่า y ที่ได้ และค่า AOQL, N ที่กำหนดในสมการ (8.5c) จะได้ค่าของ n
3. จากค่า n, c ที่ได้ และค่า p′ ที่กำหนด นำไปหาความน่าจะเป็นของการยอมรับ P_a แล้วคำนวณหาค่า ATI ตามสูตรที่ (8.3)

4. ทำซ้ำวิธีการเดิมจาก (2)–(4) เมื่อ $c=1, 2, \ldots$ เปรียบเทียบค่า ATI เลือก n, c ที่มีค่า ATI ต่ำสุด แผนนี้จะเป็นแผนการสุ่มที่ต้องการ

Dodge และ Romig ได้สร้างตารางมาตรฐาน ภายใต้ค่า AOQL ที่กำหนด และให้มีอัตราการเสี่ยงตามที่ตกลงกัน โดยที่แผนนี้จะมีจำนวนสินค้าที่จะต้องนำมาตรวจสอบทั้งหมด โดยเฉลี่ยต่อลอทน้อยที่สุด ซึ่งเราจะได้กล่าวถึงในหัวข้อที่ 8.4

8.2 แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง สำหรับการตรวจสอบเชิงคุณภาพ

แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง เป็นแผนการสุ่มที่เก็บตัวอย่างจากลอทในครั้งแรก จะนำไปสู่การตัดสินใจว่า จะยอมรับลอท หรือจะนำของเหลือทุกชิ้นในลอทมาตรวจสอบ หรือจะเก็บตัวอย่าง มาตรวจเพิ่มเติม เป็นครั้งที่ 2 แล้วนำผลที่ได้จากการเก็บ 2 ตัวอย่างรวมกันเป็นข้อมูลที่จะตัดสินใจว่า จะยอมรับลอท หรือจะนำของที่เหลือในลอทมาตรวจทุกชิ้น ทุกครั้งที่มีการตรวจสอบ เมื่อพบของเสียจะคัดออกไป แล้วนำของดีมาใส่แทนที่ ดังนั้นโปรแกรมการตรวจสอบ จะประกอบด้วย การตรวจสอบจากตัวอย่างแรก การตรวจสอบจาก 2 ตัวอย่างรวมกัน และการตรวจสอบทั้งลอท นั่นก็คือจากลอทสินค้าแต่ละลอทที่มีขนาด N ชิ้น จะนำมาตรวจโดย

1. เก็บตัวอย่างมาตรวจ n_1 ชิ้น จำนวนที่เหลือในลอท $N-n_1$ ชิ้น อาจจะ
   1.1 ไม่มีการตรวจต่อไป และยอมรับลอทด้วยความน่าจะเป็น P_{a1}
   1.2 นำมาตรวจทุกชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{r1}
   1.3 เก็บตัวอย่างมาตรวจเพิ่มเติมอีก n_2 ชิ้น
2. จำนวนที่เหลือ $N-n_1-n_2$ อาจจะ
   2.1 ไม่มีการตรวจต่อไป และยอมรับลอทด้วยความน่าจะเป็น P_{a2}
   2.2 นำมาตรวจทุกชิ้น ทั้งนี้ด้วยความน่าจะเป็น P_{r2}
3. การตรวจสอบในแต่ละครั้ง เมื่อตรวจพบของเสีย จะต้องคัดออกไป แล้วนำของดีมาใส่แทนที่ตามจำนวนของเสียที่คัดออกไปนั้น

8.2.1 คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (AOQ)

สมมติเราใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้งที่มี $n_1=50$, $n_2=100$, $c_1=2$, $c_2=6$ ภายใต้การตรวจสอบที่มีการทดแทนของดี ตามจำนวนของเสียที่ตรวจพบและคัดออกไป สินค้าที่นำมาตรวจ จัดแบ่งเป็นลอท ๆ ละ 10,000 ชิ้น เป็นจำนวน 1,000 ลอท คุณภาพสินค้าของลอท

เป็น 0.6 ผลปรากฏว่า เรายอมรับลอทจากการสุ่มตัวอย่างครั้งแรก 423 ลอท และยอมรับลอทจากการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง 46 ลอท นอกนั้นไม่ยอมรับ จึงต้องตรวจทั้งลอท แสดงว่ามีจำนวนลอทที่จะต้องนำมาตรวจทั้งลอท เท่ากับ 1,000−423−46 ลอท ซึ่งภายหลังการตรวจสอบถือว่าลอทเหล่านี้จะไม่มีของเสียเหลืออยู่ สำหรับใน 423 ลอท ที่ได้รับการยอมรับจากการตรวจตัวอย่างแรกนั้น แสดงว่า ในแต่ละลอทจะมีของเสียเหลืออยู่ อย่างน้อยที่สุด (10,000) (0.06)−2 (เรายอมรับลอทจากการตรวจสินค้า 50 ชิ้น ก็ต่อเมื่อ ตรวจพบจำนวนของเสียไม่เกิน 2) และใน 46 ลอทจะมีของเสีย ในแต่ละลอท อย่างน้อยที่สุด (10,000) (0.06)−6 (เรายอมรับลอทจากการตรวจสินค้า 150 ชิ้น ก็ต่อเมื่อมีจำนวนของเสียไม่เกิน 6 ชิ้น) สรุปได้ว่า ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพ จะปรากฏว่า ในจำนวนสินค้าที่ส่งให้ลูกค้า (10,000) (1,000) ชิ้น จะมีจำนวนของเสีย เท่ากับ

$$423\ ((10{,}000)\ (0.06)-2) + 46((10{,}000)\ (0.06)-6)$$

ในจำนวนสินค้า 1 ลอท 10,000 ชิ้น จะมีจำนวนของเสีย เท่ากับ

$$\frac{423}{1{,}000}((10{,}000)\ (0.06)-2) + \frac{46}{1.000}((10{,}000)\ (0.06)-6)$$

ดังนั้น สัดส่วนของเสียโดยเฉลี่ย จะเท่ากับ

$$\frac{423}{1{,}000}(0.06-0.0002) + \frac{46}{1{,}000}(0.06-0.0006)$$

ซึ่งจะเท่ากับ $\frac{423+46}{1{,}000}$ (0.06) โดยประมาณ

ค่าที่ได้นี้ จะเป็นคุณภาพของลอทสินค้าโดยเฉลี่ย ภายหลังการปรับปรุงคุณภาพ ก่อนส่งให้กับลูกค้า นั่นก็คือค่าประมาณของ คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย

จะเห็นได้ว่า (423/1,000) และ (46/1,000) ก็คืออัตราการยอมรับลอทสินค้าภายหลังการตรวจตัวอย่างที่ 1 P_{a1} และอัตราการยอมรับลอทสินค้า ภายหลังการตรวจตัวอย่างที่ 2 P_{a2} ตามลำดับค่าของ (423+46)/1,000 ก็คืออัตราการยอมรับลอทสินค้า P_a นั่นเอง เราจึงสรุปได้ว่าคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะประมาณค่าได้โดย

$$AOQ = P_a p'$$

เมื่อพิจารณาจากขั้นตอนการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง ในการตรวจสอบเพื่อการปรับปรุงคุณภาพ จะเห็นได้ว่า ลอทที่ผ่านการตรวจสอบในขั้นตอนที่ 1.2 และ 2.2 ซึ่งถูกนำมาตรวจทั้งลอท จะไม่มีของเสียเหลืออยู่ ส่วนในขั้นตอนที่ 1.1 และ 2.1 เฉพาะในตัวอย่างที่เก็บมาเท่านั้น ที่ไม่มีของเสียเหลืออยู่ จำนวนสินค้าในลอทที่เหลือ $N-n_1$ และ $N-n_1-n_2$ ยังคงมีของเสียอยู่ในลอทนั้น ด้วยเหตุที่จำนวนของที่เก็บมาตรวจ และจำนวนของเสียที่ตรวจ

พบ|มีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับขนาดของลอทและจำนวนของเสียในลอท เราจึงถือว่า คุณภาพของลอทคงเดิมคือ p'

ดังนั้น จำนวนของเสียในลอทที่ผ่านการตรวจสอบในขั้นที่ 1.1 และ 2.1 จะเท่ากับ $(N-n_1)p'$ และ $(N-n_1-n_2)p'$ ตามลำดับ

สรุปได้ว่า ภายหลังการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพ จากการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง เราจะได้

1. ลอทที่มีของเสีย $(N-n_1)p'$ ชิ้น จะมีโอกาสเกิดขึ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{a1}
2. ลอทที่มีของเสีย $(N-n_1-n_2)p'$ ชิ้น จะมีโอกาสเกิดขึ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{a2} ซึ่งมีความหมายว่า ในลอทสินค้า N ชิ้น จะมีจำนวนของเสียโดยเฉลี่ย เท่ากับ

$$P_{a1}(N-n_1)p' + P_{a2}(N-n_1-n_2)p'$$

เพราะฉะนั้น สัดส่วนของเสียโดยเฉลี่ย ซึ่งเรียกว่า คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะกำหนดได้โดย

$$AOQ = P_{a1}\frac{N-n_1}{N}p' + P_{a2}\frac{N-n_1-n_2}{N}p' \qquad .....(8.6)$$

ด้วยเหตุที่ n_1 และ n_2 มีค่าเล็กมาก เมื่อเทียบกับ N เราถือว่า ค่าของ $\frac{n_1}{N}$ และ $\frac{n_1+n_2}{N}$ มีค่าเข้าใกล้ 0 ดังนั้น เราจะได้ค่าประมาณของคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ยเป็น

$$AOQ = (P_{a1}+P_{a2})p' = P_a p' \qquad .....(8.7)$$

จะเห็นได้ว่า ค่าประมาณที่ได้นี้ เป็นค่าเดียวกันกับที่เราประมาณได้ จากตัวอย่างข้างต้น

8.2.2 ผลรวมของจำนวนสินค้าที่นำมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย (ATI)

จากขั้นตอนการใช้แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง เมื่อมาพิจารณาดูจำนวนของที่จะนำมาตรวจสอบ จะเห็นได้ว่า ในขั้นตอน 1.1 เราจะตรวจสินค้าลอทละ n_1 ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{a1} ในขั้นตอน 2.1 เราจะตรวจสินค้าลอทละ n_1+n_2 ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{a2} และในขั้นตอนที่ 1.2 และ 2.2 เราจะตรวจสินค้าทั้งลอท ด้วยความน่าจะเป็น P_{r1} และ P_{r2} ตามลำดับ โดยที่ $P_{r1}+P_{r2}=1-P_a$ เพราะฉะนั้น เราจะได้ผลรวมของจำนวนสินค้าที่จะต้องนำมาตรวจสอบโดยเฉลี่ย คือ

$$ATI = n_1P_{a1}+(n_1+n_2)P_{a2}+N(1-P_a) \qquad .....(8.8)$$

จากตัวอย่างในหัวข้อ 8.2.1 เมื่อพิจารณาจำนวนสินค้าที่นำมาตรวจสอบ เราจะเห็นว่า จำนวนลอทที่ต้องตรวจลอทละ 50 ชิ้น มี 423 ลอท รวมเป็น (50) (423) จำนวนลอทที่จะต้อง

นำมาตรวจลอทละ 150 ชิ้น มี 46 ลอท รวมเป็น (150) (46) ชิ้น นอกนั้นจะต้องนำมาตรวจทั้งลอท นั่นคือ เราจะตรวจทั้งลอท เป็นจำนวน 1,000—423—46 = 531 ลอท รวมเป็นจำนวน (10,000) (531) เพราะฉะนั้น ในจำนวนสินค้า 1,000 ลอท จะต้องนำสินค้ามาตรวจ รวมกันเท่ากับ

(50) (423) + (150) (46) + (10,000) (531)

ผลรวมของจำนวนสินค้าที่จะต้องนำมาตรวจโดยเฉลี่ยต่อลอทจะเท่ากับ

(50) (423/1,000) +(150) (46/1,000)+(10,000) (531/1,000)

ตัวเลข 50, 150 และ 10,000 ก็คือ n_1, n_1+n_2 และ N สำหรับ $\frac{423}{1,000}$, $\frac{46}{1,000}$ และ $\frac{531}{1,000}$ ก็คือ อัตราการยอมรับลอทภายหลังการตรวจตัวอย่างที่ 1 P_{a1} อัตราการยอมรับลอทภายในหลังการตรวจตัวอย่างที่ 2 P_{a2} และอัตราการไม่ยอมรับลอท $1-P_a$ $(P_a=P_{a1}+P_{a2})$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ผลรวมของจำนวนสินค้าที่ต้องตรวจสอบ โดยเฉลี่ยต่อลอท จะเป็นค่าตามสูตรที่ 8.8

ตัวอย่างที่ 8.3

ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ต้องการตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนประกอบ ที่ผลิตจากกระบวนการผลิตหนึ่ง ก่อนที่จะนำเข้ากระบวนการผลิตสุดท้าย เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ชิ้นส่วนเหล่านี้จะถูกนำมากองเป็นลอทเพื่อเก็บตัวอย่างมาตรวจสอบ ลอทละ 1,000 ชิ้น คุณภาพของกระบวนการ ซึ่งก็คือคุณภาพของชิ้นส่วนประกอบในลอท เท่ากับ 4% การตรวจสอบในแต่ละลอท หากไม่ยอมรับ จะต้องนำมาตรวจทั้งลอท กรณีที่ตรวจพบชิ้นที่ชำรุด จะต้องนำกลับไปแก้ไขใหม่ นำชิ้นส่วนประกอบที่ดีมาใส่แทนที่ ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบชิ้นละ 2 บาท ค่าชดเชยของเสียเมื่อตรวจพบชิ้นส่วนชำรุด ชิ้นละ 20 บาท สำหรับชิ้นส่วนชำรุด ที่ยังมีเหลืออยู่ในลอทที่ถูกยอมรับ ซึ่งบังเอิญไม่ได้สุ่มมาจึงตรวจไม่พบ คิดเป็นค่าเสียหายต่อการนำไปใช้ชิ้นละ 50 บาท

1. จงเปรียบเทียบแผนการสุ่มตัวอย่าง ที่จะนำมาใช้ระหว่าง

   แผน 1 $n=80,\ a=3,\ r=4$

   แผน 2 $n_1=50,\ n_2=50,\ a_1=1,\ a_2=4,\ r_1=4,\ r_2=5$

   แผนใด จะเป็นแผนการสุ่มตัวอย่างที่ดีที่สุด

2. จงประมาณคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย เมื่อใช้แผน 2 ในการตรวจสอบ

วิธีทำ

การเปรียบเทียบว่า แผนการสุ่มตัวอย่างใด จะดีที่สุด เราพิจารณาในแง่ค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ยต่อลอทซึ่งเป็นผลรวมของ

ก) ค่าตรวจสอบ = 2 ATI

ข) ค่าชดเชยของเสีย = 20 เท่าของค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ตรวจพบ ชิ้นส่วนชำรุดเหล่านี้ อาจจะตรวจพบจาก

ข. 1 ตัวอย่างของลอทที่ได้รับการยอมรับ

ข. 2 ลอทที่ต้องนำมาตรวจทุกชิ้น

ค) ค่าเสียหายจากการใช้ชิ้นส่วนชำรุด = 50 เท่าของค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ไม่ได้นำไปตรวจโดยเหตุที่ คุณภาพของลอทเป็น 4% เพราะฉะนั้น จำนวนชิ้นส่วนในแต่ละลอทเป็น (.04) (1,000) เท่ากับ 40 ชิ้น

ให้ X เป็นจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ตรวจพบในตัวอย่าง

พิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมด จากการใช้แผน 1

$np' = (80)(0.04) = 3.2$ จะได้การแจกแจงของ X, $xP(X=x)$ ดังต่อไปนี้

x	0	1	2	3	ผลรวม
$P(X=x)$	0.041	0.130	0.209	0.223	0.603
$xP(X=x)$	0.000	0.130	0.418	0.669	1.217

$,P(X \geq 4) = .397$

เราจะได้

$$ATI = 80 + (0.397)(920) = 445.24$$

ผลรวมของจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่จะตรวจพบ โดยเฉลี่ย จะเท่ากับ

$$1.217 + 40(0.397) = 17.097$$

ดังนั้น ผลรวมของจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ไม่ได้นำไปตรวจ โดยเฉลี่ย จะเท่ากับ

$$40 - 17.097 = 22.903$$

ผลรวมของค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย จากการใช้แผน 1 จะเท่ากับ

$$2(445.24) + 20(17.097) + 50(22.903) = 2,377.57$$

พิจารณาค่าใช้จ่ายจากการใช้แผน 2

$$n_1p' = n_2p' = 50(0.04) = 2$$

จะได้การแจกแจงของจำนวนชิ้นส่วนชำรุด ดังต่อไปนี้

x_i	0	1	2	3
$P(X=x_i)$	0.135	0.271	0.271	0.180

ให้ X_1, X_2 เป็นจำนวนชิ้นส่วนชำรุดในตัวอย่างที่ 1 และในตัวอย่างที่ 2 ตามลำดับ เราคำนวณความน่าจะเป็นของจำนวนชิ้นส่วนชำรุด ได้ดังต่อไปนี้

$X=X_1+X_2$	X_1	X_2	$P(X=x)$	$xP(X=x)$	หมายเหตุ
0	0	—	0.1350	0.0000	
1	1	—	0.2710	0.2710	P_{a1} = 0.4060
2	2	0	0.0366	0.0732	
3	2	1	0.0734		
	3	0	0.0243		
			0.0977	0.2931	
4	2	2	0.0734		
	3	1	0.0488		
			0.1222	0.4888	P_{a2} = 0.2565
			ผลรวม = 1.126		P_r = 0.3375

เราจะได้

$$ATI = 50(0.406) + 100(0.2565) + 1,000(0.3375) = 383.45$$

ผลรวมของจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ตรวจพบ โดยเฉลี่ย จะเท่ากับ

$$1.126 + (40)(0.3375) = 14.626$$

ผลรวมของจำนวนชิ้นส่วนชำรุดที่ไม่ได้นำมาตรวจ โดยเฉลี่ย จะเท่ากับ

$$40 - 14.626 = 25.374$$

ผลรวมของค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย จากการใช้แผน 2 จะเท่ากับ

$$2(383.45) + 20(14.626) + 50(25.374) = 2,328.12$$

เปรียบเทียบผลรวมของค่าใช้จ่าย โดยเฉลี่ย ของแต่ละแผน สรุปได้ว่า ควรใช้แผน 2 จึงจะดีที่สุด .....(1)

เมื่อเราใช้แผน 2 ในการตรวจสอบ คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะประมาณได้โดย

$$AOQ = (0.04)(0.406 + 0.2565) = 0.026 \quad .....(2)$$

แสดงว่า ภายหลังการตรวจสอบ คุณภาพของลอทโดยเฉลี่ย จะเปลี่ยนจาก 4% เป็น 2.6% โดยประมาณ

หมายเหตุ

ถ้าในการตรวจสอบ คิดเฉพาะค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ไม่คำนึงถึงค่าใช้จ่ายอื่น ๆ การเปรียบเทียบว่า แผนใดจะดีที่สุด พิจารณาจากค่า ATI ของแต่ละแผน แผนที่มี ATI ต่ำสุด จะเป็นแผนที่ดีที่สุด

โดยทั่วไป แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง จะมีผลรวมของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจสอบ โดยเฉลี่ยน้อยกว่า ของแผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว โดยเฉพาะในกรณีที่คุณภาพของลอท ดีมากหรือเลวมาก สำหรับกรณีที่คุณภาพของลอทปานกลาง ผลรวมของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจสอบของแผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว จะน้อยกว่า ของแผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้งเล็กน้อย

8.3 แผนการสุ่มตัวอย่างหลายครั้ง สำหรับการตรวจเชิงคุณภาพ

แผนการสุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 ครั้ง เป็นแผนการสุ่มที่เก็บตัวอย่างมาตรวจ อย่างน้อยที่สุด n_1 ชิ้น แต่ไม่เกิน $n_1+n_2+\cdots+n_k$ หรืออาจจะตรวจทั้งลอท ในการตรวจสอบแต่ละชิ้นหากเจอของเสีย จะต้องคัดออก และเอาของดีมาใส่แทนที่ ตามจำนวนของเสียที่คัดออกไป เราสรุปการใช้แผนการสุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 ครั้ง ดังต่อไปนี้

1. เก็บตัวอย่างจากลอทที่มีขนาด N ชิ้น มาตรวจสอบ n_1 ชิ้น ผลที่ได้จากตัวอย่าง นำไปสู่การตัดสินใจ ดังนี้
   1.1 หยุดการตรวจ ยอมรับลอทด้วยความน่าจะเป็น P_{a1}
   1.2 ไม่ยอมรับลอท จึงต้องนำของที่เหลือในลอทมาตรวจทุกชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{r1}
   1.3 เก็บตัวอย่างชุดต่อไป จากลอทเดิมที่เหลือ
2. จากลอทเดิมที่มีของเหลือ $N-\sum_{j=1}^{t-1} n_j$, $t=2, 3,\ldots, k-1$ เก็บตัวอย่างมาตรวจ n_t ชิ้น ผลที่ได้จากตัวอย่าง ตัดสินได้ว่า
   2.1 หยุดการตรวจ ยอมรับลอทด้วยความน่าจะเป็น P_{at}
   2.2 นำของที่เหลือในลอทมาตรวจทุกชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{rt}
   2.3 เก็บตัวอย่างครั้งที่ $t+1$ มาตรวจต่อไป
   ทำซ้ำวิธีการเดิมในข้อ (2) จนถึงตัวอย่างที่ k ทำต่อข้อ (3)
3. ในการสุ่มครั้งที่ k เก็บตัวอย่างจากที่เหลือในลอทเดิมมาตรวจสอบ n_k ชิ้น ผลจากตัวอย่างจะตัดสินว่า
   3.1 หยุดการตรวจ ยอมรับลอทด้วยความน่าจะเป็น P_{ak}
   3.2 ตรวจทุกชิ้นที่เหลือในลอท ด้วยความน่าจะเป็น P_{rk}

ด้วยเหตุที่ ในการตรวจสอบ เราใช้วิธีคัดของเสียออก แล้วนำของดีใส่แทนที่ ตามจำนวนของเสียที่คัดออก ดังนั้น ในกรณีที่นำมาตรวจทั้งลอท (เมื่อไม่ยอมรับลอท) ถือว่าลอทนั้นไม่มีของเสีย แต่สำหรับลอทที่ได้รับการยอมรับ เฉพาะในตัวอย่างที่นำไปตรวจเท่านั้น ที่ไม่มีของเสีย ส่วนที่เหลือในลอทยังคงมีของเสีย ที่ไม่ได้สุ่มออกมา ซึ่งเราถือว่า คุณภาพของลอทยังคงเดิมคือ p' เพราะฉะนั้น คุณภาพโดยเฉลี่ยภายหลังการปรับปรุง ก่อนที่จะส่งมอบต่อไป นั่นก็คือ คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะกำหนดได้โดย

$$AOQ = p'\frac{N-n_1}{N}P_{a1} + p'\frac{N-n_1-n_2}{N}P_{a2} + \cdots + p'\frac{N-n_1-n_2\cdots-n_k}{N}P_{ak} \qquad \ldots(8.9)$$

เราจะได้ค่าโดยประมาณคือ

$$AOQ = p'(P_{a1}+P_{a2}+\cdots+P_{ak}) = p'P_a \qquad \ldots(8.10)$$

เมื่อพิจารณาผลรวมของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจ โดยเฉลี่ยต่อลอท จะเห็นได้ว่า ถ้าเรายอมรับลอทในตัวอย่างที่ t, $t=1, 2,\ldots,k$ แสดงว่า เราเก็บตัวอย่างมาตรวจ เท่ากับ $\sum_{j=1}^{t} n_j$ ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น P_{at} หากเราไม่ยอมรับลอท ไม่ว่าจะเป็นตัวอย่างชุดใดก็ตาม เราจะต้องตรวจลอทนั้นทั้งลอท นั่นก็คือ เราจะตรวจ N ชิ้น ด้วยความน่าจะเป็น $P_{r1}+P_{r2}+\cdots+P_{rk}$ หรือเท่ากับ $1-P_a$ เพราะฉะนั้น ผลรวมของจำนวนชิ้นที่จะนำมาตรวจโดยเฉลี่ย จะกำหนดได้โดย

$$ATI = n_1P_{a1}+(n_1+n_2)P_{a2}+\cdots+(n_1+n_2+\cdots+n_k)P_{ak}+N(1-P_a) \qquad \ldots(8.11)$$

สรุปได้ว่า ในการตรวจสอบที่มีการชดเชย เมื่อพบของเสีย ไม่ว่าจะใช้แผนการสุ่มตัวอย่างใดก็ตามเราจะได้

$$AOQ = p'P_a$$

$$ATI = \sum_{j=1}^{t}\sum_{i=1}^{j} n_i P_{aj} + N(1-P_a)$$

t เป็น 1 หรือ 2 หรือ k ขึ้นอยู่กับว่า เป็นแผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว 2 ครั้ง หรือมากกว่า 2 ครั้ง ตามลำดับ

8.4 ตารางการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบของ Dodge-Romig

H.F. Dodge และ H.G. Romig ได้สร้างตารางแผนการสุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการตรวจสอบเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้น นั่นก็คือ ลอทใดที่ไม่ผ่านการยอมรับ จะต้องนำไปตรวจทั้งลอทในการตรวจสอบ ไม่ว่าจะเป็นการตรวจจากตัวอย่างที่เก็บมา หรือจากการตรวจทั้งลอท หากเจอของเสียจะต้องคัดออก แล้วนำของดีมาใส่แทนที่ แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้ จะต้องเป็นแผนการสุ่มที่ได้ผลรวมของจำนวนที่นำมาตรวจสอบ โดยเฉลี่ย ต่ำที่สุด ปัญหาของค่าต่ำสุดของผลรวมจำนวนที่นำมาตรวจโดยเฉลี่ย (ATI) จะอยู่ที่จำนวนของลอทที่ถูกปฏิเสธ ซึ่งจะต้องนำมาตรวจทั้งลอท นั่นก็คือ ขึ้นอยู่กับ ระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ ที่จะนำมาตรวจก่อนการส่งให้ผู้บริโภคต่อไป ในการวิเคราะห์และคำนวณหาแผนการสุ่มตัวอย่างจึงต้องเน้นในเรื่องคุณภาพ และในขณะเดียวกันก็ต้องเน้นในเรื่องการป้องกันผู้บริโภคหรือผู้ซื้อต่อการยอมรับของเสียด้วย การสร้างตารางแผนการสุ่ม จึงขึ้นอยู่กับ การป้องกันของผู้บริโภค (Consumer Protection) 2 ประเภทคือ

1. การป้องกันคุณภาพของลอท (Lot Quality Protection) กำหนด

1.1 การเลือกค่าของการจำกัดเปอร์เซ็นต์ของเสียในลอท (Lot Tolerance Per Cent Defective : LTPD) ซึ่งเป็น % ของเสีย ที่ผู้บริโภคต้องการให้มีโอกาสในการยอมรับลอทนี้น้อยมาก

1.2 การเลือกค่าสำหรับอัตราการยอมรับลอทที่มี % ของเสีย เท่ากับ β นั่นก็คือ ความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk)

นี่ก็หมายความว่า การกำหนดแผนการสุ่มภายใต้การป้องกันคุณภาพของลอท ควรจะได้กำหนดค่า LTPD และความเสี่ยงของผู้บริโภค ร่วมกัน

2. การป้องกันคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (Average Quality Protection) กำหนด การเลือกค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของเสีย ภายหลังการตรวจสอบ ซึ่งคัดของเสียออก แล้วแทนที่ด้วยของดี ลอทที่จำหน่ายออกไปจึงมีทั้งลอทที่มีคุณภาพโดยประมาณ เท่ากับคุณภาพก่อนการตรวจ และลอทที่ไม่มีของเสีย หาค่าเฉลี่ยของเสียในลอทเหล่านี้ ซึ่งก็คือคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (AOQ) ค่าเฉลี่ยนี้อาจจะมีค่ามากหรือค่าน้อย แต่จะไม่เกินขีดจำกัดอันหนึ่งคือ AOQL ดังนั้น การกำหนดแผนการสุ่มตัวอย่างในการป้องกันคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย จะต้องกำหนดค่า AOQL ตามข้อตกลงกันของผู้ผลิตและผู้บริโภค

แผนการสุ่มตัวอย่างที่จะใช้กับระดับคุณภาพแต่ละประเภท Dodge และ Romig ได้กำหนดแผนสำหรับการเก็บตัวอย่างครั้งเดียว และการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติการดังต่อไปนี้

แผนการเก็บตัวอย่างครั้งเดียว

จากแต่ละลอทที่มีขนาด N ชิ้น

1. เก็บตัวอย่างมาตรวจ n ชิ้น นับจำนวนของเสียที่ได้

1.1 ถ้าจำนวนของเสียมีไม่เกิน c ยอมรับลอท หยุดการตรวจ

1.2 ถ้าจำนวนของเสียมีมากกว่า c ให้นำของที่เหลือทุกชิ้นในลอทมาตรวจสอบ

2. การตรวจสอบแต่ละครั้ง เมื่อเจอของเสีย คัดของเสียออกไป แล้วนำของดีมาใส่แทนที่ ตามจำนวนที่คัดออกไป

แผนการเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง

จากแต่ละลอทที่มีขนาด N ชิ้น

(1) เก็บตัวอย่างมาตรวจ n_1 ชิ้น

1.1 ถ้าจำนวนของเสียมีไม่เกิน c_1 ยอมรับลอท หยุดการตรวจ

1.2 ถ้าจำนวนของเสียมากกว่า c_2 ไม่ยอมรับลอท นำของที่เหลือ $N-n_1$ ชิ้นในลอทนั้นมาตรวจสอบทุกชิ้น

1.3 ถ้าจำนวนของเสียมากกว่า c_1 แต่ไม่เกิน c_2 ทำต่อข้อ 2

(2) เก็บตัวอย่างจากลอทเดิมที่เหลือ $N-n_1$ ชิ้น แบบสุ่ม มา n_2 ชิ้น ตรวจหาชิ้นที่เสีย นับจำนวนชิ้นที่เสียที่ได้จากตัวอย่างนี้ รวมกับ จำนวนที่ได้ใน (1.3)

2.1 ถ้าได้จำนวนของเสียไม่เกิน c_2 ยอมรับลอท หยุดการตรวจ

2.2 ถ้าได้จำนวนของเสียมากกว่า c_2 นำของที่เหลือ $N-n_1-n_2$ ชิ้นในลอทมาตรวจสอบทุกชิ้น

(3) การตรวจสอบในแต่ละครั้ง คัดของเสียออก นำของดีมาใส่แทนที่ตามจำนวนที่คัดออก

ในที่นี้ตารางแผนการสุ่มตัวอย่างของ Dodge และ Romig แยกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ตารางการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว สำหรับค่ากำหนด LTPD
2. ตารางการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง สำหรับค่ากำหนด LTPD
3. ตารางการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว สำหรับค่ากำหนด AOQL
4. ตารางการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง สำหรับค่ากำหนด AOQL

ตารางแบบที่ 1 และ 2 ใช้สำหรับ % ของ LTPD เท่ากับ

0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%, 4.0%, 5.0%, 7.0%, และ 10.0%

กำหนดความเสี่ยงของผู้บริโภค เท่ากับ 0.10

ตารางแบบที่ 3 และ 4 ใช้สำหรับค่า AOQL ซึ่งกำหนดค่าเท่ากับ

0.1% 0.2% 0.5% 0.75% 1.0% 1.5% 2.0%

2.5% 3.0% 4.0% 5.0% 7.0% และ 10.0%

การหาแผนการสุ่มจากแต่ละตาราง จึงต้องกำหนดคุณภาพว่าเป็น LTPD หรือ AOQL และกำหนดว่าจะเก็บตัวอย่างครั้งเดียว หรือ 2 ครั้ง ในทุกตารางจะอ่านแผนการสุ่มตัวอย่างได้เมื่อกำหนด

1. ขนาดของลอท (N)

2. ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ (Process Average) ซึ่งหมายถึง ปริมาณของเสียเป็น % หรือจำนวนตำหนิต่อ 100 ชิ้น โดยเฉลี่ย ของลอททั้งหมดที่ตรวจพบในครั้งแรก ก่อนจ่ายให้กับผู้บริโภค ค่านี้จะทราบได้แน่ชัด ก็ต้องนำสิ่งของมาตรวจทั้งหมด (100% inspection) แต่ในทางปฏิบัติ จะคำนวณจากเส้นโค้ง OC ในกรณีที่ไม่อาจทราบค่าได้ ให้ถือค่ามากไว้ก่อน

8.4.1 ตารางแผนสุ่มตัวอย่างที่ระบุ LTPD และความเสี่ยงของผู้บริโภค

ตารางจะกำหนดชิ้นตัวอย่างตรวจสอบ (n) จากลอทที่มีจำนวนของ N ต่าง ๆ กัน และกำหนด % ของเสียหรือจำนวนตำหนิต่อ 100 ชิ้น (c) ซึ่งเป็นค่าสูงสุดที่จะยอมรับได้ แต่ละแผนของการตรวจสอบจะมีจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจทั้งหมด โดยเฉลี่ยต่อลอท ต่ำสุด และจะมีคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ยสูงสุด AOQL ของแผนนั้น ๆ ภายใต้ค่ากำหนดของค่าเฉลี่ยของกระบวนการในช่วงหนึ่ง ๆ

ตัวอย่างของตารางแผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ที่ระบุ LTPD = 5.0% และ $\beta = 0.10$ (ดูตารางที่ 8.1) ในตารางจะมี 6 คอลัมน์ แต่ละคอลัมน์ระบุค่าต่าง ๆ กันของค่าเฉลี่ยในกระบวนการและกำหนดแผนสุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนชิ้นของที่นำมาตรวจสอบ ทั้งจากตัวอย่างสุ่มและจากลอทที่ถูกปฏิเสธทั้งลอท รวมกันต่ำสุด พร้อมด้วยค่า AOQL ที่ได้จากการใช้แผนนั้นในการตรวจสอบ ตัวอย่างเช่นจัดลอทสินค้าที่มีจำนวนของในแต่ละลอท ระหว่าง 801 ถึง 1,000 เลือกแผนการตรวจสอบลอท จากตารางที่ 8.1 จะเห็นว่ามีแผนสุ่มตัวอย่าง 6 แผนที่ต่างมีค่า LTPD = 5.0% ถ้าค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ในช่วง 0 – 0.5% แผนสุ่มตัวอย่างที่มี n = 45, c = 0 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 0.78% ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในช่วง 0.06 – 0.50% แผนที่มี n = 75, c = 1 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 1.0% ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในช่วง 0.51 – 1.00% แผนที่มี n = 105, c = 2 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 1.2% ถ้าค่าเฉลี่ยกระบวนการอยู่ในช่วง 1.01 – 1.50% แผนที่มี n = 155, c = 4 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 1.4% ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในช่วง 1.51 – 2.00

ตารางที่ 8.1 **Example of Dodge-Romig single sampling lot tolerance tables**

Lot tolerance per cent defective = 5.0%
Consumer's risk = 0.10
(Reprinted by permission from H. F. Dodge and H. G. Romig, "Sampling Inspection Tables Single and Double Sampling," 2d ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959)

Process Average %	0–.05			.06–.50			.51–1.00			1.01–1.50			1.51–2.00			2.01–2.50		
Lot Size	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %	n	c	AOQL %
1–30	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0	All	0	0
31–50	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49	30	0	.49
51–100	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63	37	0	.63
101–200	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74	40	0	.74
201–300	43	0	.74	43	0	.74	70	1	.92	70	1	.92	95	2	.99	95	2	.99
301–400	44	0	.74	44	0	.74	70	1	.99	100	2	1.0	120	3	1.1	145	4	1.1
401–500	45	0	.75	75	1	.95	100	2	1.1	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.2
501–600	45	0	.76	75	1	.98	100	2	1.1	125	3	1.2	150	4	1.3	175	5	1.3
601–800	45	0	.77	75	1	1.0	100	2	1.2	130	3	1.2	175	5	1.4	200	6	1.4
801–1000	45	0	.78	75	1	1.0	105	2	1.2	155	4	1.4	180	5	1.4	225	7	1.5
1001–2000	45	0	.80	75	1	1.0	130	3	1.4	180	5	1.6	230	7	1.7	280	9	1.8
2001–3000	75	1	1.1	105	2	1.3	135	3	1.4	210	6	1.7	280	9	1.9	370	13	2.1
3001–4000	75	1	1.1	105	2	1.3	160	4	1.5	210	6	1.7	305	10	2.0	420	15	2.2
4001–5000	75	1	1.1	105	2	1.3	160	4	1.5	235	7	1.8	330	11	2.0	440	16	2.2
5001–7000	75	1	1.1	105	2	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	350	12	2.2	490	18	2.4
7001–10,000	75	1	1.1	105	2	1.3	185	5	1.7	260	8	1.9	380	13	2.2	535	20	2.5
10,001–20,000	75	1	1.1	135	3	1.4	210	6	1.8	285	9	2.0	425	15	2.3	610	23	2.6
20,001–50,000	75	1	1.1	135	3	1.4	235	7	1.9	305	10	2.1	470	17	2.4	700	27	2.7
50,001–100,000	75	1	1.1	160	4	1.6	235	7	1.9	355	12	2.2	515	19	2.5	770	30	2.8

แผนที่มี n = 180, c = 5 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 1.4%/ถ้าค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.01--2.50% แผนที่มี n = 225, c = 7 จะให้ค่า ATI ต่ำสุด และมี AOQL = 1.5%

จากที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า ค่า ATI ของแต่ละแผนสุ่มตัวอย่าง จะขึ้นอยู่กับระดับคุณภาพของกระบวนการหรือลอทที่นำมาตรวจสอบ การเปรียบเทียบผลรวมของจำนวนของที่จะนำมาตรวจของแต่ละแผนสุ่มตัวอย่าง เพื่อดูว่าแผนใดจะดีที่สุด ต้องเปรียบเทียบภายใต้ระดับคุณภาพเดียวกัน เพื่อความเข้าใจ ให้เราดูจากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 8.4

สินค้าที่ผลิตจากกระบวนการหนึ่ง ที่มีค่าเฉลี่ยของกระบวนการกำหนดเป็น % ของเสีย 1.2% นำสินค้ามาจัดเป็นลอท ๆ ละ 2,000 ชิ้น จงเปรียบเทียบแผนสุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบ 3 แผนคือ

(1) n = 130, c = 3 (2) n = 180, c = 5 (3) n = 230, c = 7

แผนใดจะเหมาะสมที่สุด กล่าวคือได้ผลรวมจำนวนชิ้นที่จะนำมาตรวจโดยเฉลี่ย ต่ำสุด

วิธีทำ

พิจารณาจากแผน 1 $np' = (130)(0.012) = 1.56,\ P_a = 0.927$ จะได้

$ATI = 130 + (2{,}000 - 130)(1 - .927) = 266.51$

พิจารณาแผน 2 $np' = (180)(0.012) = 2.16,\ P_a = 0.977$ จะได้

$ATI = 180 + (2{,}000 - 180)(1 - .977) = 221.86$

พิจารณาแผน 3 $np' = (230)(0.012) = 2.76,\ P_a = 0.992$ จะได้

$ATI = 230 + (2{,}000 - 230)(1 - .992) = 244.16$

สรุปได้ว่า แผน 2 จะดีที่สุด ซึ่งจะตรงกับผลที่ได้จากตาราง 7.1

ตารางที่ 8.2 **Example of Dodge-Romig double sampling lot tolerance tables**

Lot tolerance per cent defective = 5.0%

Consumer's risk = 0.10

(Reprinted by permission from H. F. Dodge and H. G. Romig, "Sampling Inspection Tables—Single and Double Sampling," 2d ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1959)

Process Average %	0-.06						.06-.60					
Lot Size	Trial 1		Trial 2			AOQL in %	Trial 1		Trial 2			AOQL in %
	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2		n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	
1-30	All	0	—	—	—	0	All	0	—	—	—	0
31-60	30	0	—	—	—	.49	30	0	—	—	—	.49
61-75	38	0	—	—	—	.59	38	0	—	—	—	.59
76-100	44	0	21	65	1	.64	44	0	21	65	1	.64
101-200	49	0	26	75	1	.84	49	0	26	75	1	.84
201-300	50	0	30	80	1	.91	50	0	30	80	1	.91
301-400	55	0	30	85	1	.92	55	0	55	110	2	1.1
401-500	55	0	30	85	1	.93	55	0	55	110	2	1.1
501-600	55	0	30	85	1	.94	55	0	60	115	2	1.1
601-800	55	0	35	90	1	.95	55	0	65	120	2	1.1
801-1000	55	0	35	90	1	.96	55	0	65	120	2	1.1
1001-2000	55	0	35	90	1	.98	55	0	95	150	3	1.3
2001-3000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	95	150	3	1.3
3001-4000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	95	150	3	1.3
4001-5000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	95	150	3	1.4
5001-7000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	95	150	3	1.4
7001-10,000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	120	175	4	1.5
10,001-20,000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	120	175	4	1.5
20,001-50,000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	150	205	5	1.7
50,001-100,000	55	0	65	120	2	1.2	55	0	150	205	5	1.7

Process Average %	.51-1.00						1.01-1.60					
Lot Size	Trial 1		Trial 2			AOQL in %	Trial 1		Trial 2			AOQL in %
	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2		n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	
1-30	All	0	—	—	—	0	All	0	—	—	—	0
31-60	30	0	—	—	—	.49	30	0	—	—	—	.49
61-75	38	0	—	—	—	.59	38	0	—	—	—	.59
76-100	44	0	21	65	1	.64	44	0	21	65	1	.64
101-200	49	0	26	75	1	.84	49	0	51	100	2	.91
201-300	50	0	55	105	2	1.0	50	0	55	105	2	1.0
301-400	55	0	55	110	2	1.1	55	0	80	135	3	1.1
401-500	55	0	80	135	3	1.2	55	0	105	160	4	1.3
501-600	55	0	85	140	3	1.2	55	0	110	165	4	1.3
601-800	55	0	85	140	3	1.3	90	1	125	215	6	1.5
801-1000	55	0	115	170	4	1.4	90	1	150	240	7	1.5
1001-2000	55	0	120	175	4	1.4	90	1	185	275	8	1.7
2001-3000	55	0	150	205	5	1.5	120	2	180	300	9	1.9
3001-4000	90	1	140	230	6	1.6	120	2	210	330	10	2.0
4001-5000	90	1	165	255	7	1.8	120	2	255	375	12	2.1
5001-7000	90	1	165	255	7	1.8	120	2	260	380	12	2.1
7001-10,000	90	1	190	280	8	1.9	120	2	285	405	13	2.1
10,001-20,000	90	1	190	280	8	1.9	120	2	310	430	14	2.2
20,001-50,000	90	1	215	305	9	2.0	120	2	335	455	15	2.2
50,001-100,000	90	1	240	330	10	2.1	120	2	360	480	16	2.3

Process Average %	1.61-2.00						2.01-2.50					
Lot Size	Trial 1		Trial 2			AOQL in %	Trial 1		Trial 2			AOQL in %
	n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2		n_1	c_1	n_2	n_1+n_2	c_2	
1-30	All	0	—	—	—	0	All	0	—	—	—	0
31-60	30	0	—	—	—	.49	30	0	—	—	—	.49
61-75	38	0	—	—	—	.59	38	0	—	—	—	.59
76-100	44	0	21	65	1	.64	44	0	21	65	1	.64
101-200	49	0	51	100	2	.91	49	0	51	100	2	.91
201-300	50	0	80	130	3	1.1	50	0	100	150	4	1.1
301-400	55	0	100	155	4	1.2	85	1	105	190	6	1.3
401-500	85	1	120	205	6	1.4	85	1	140	225	7	1.4
501-600	85	1	145	230	7	1.4	85	1	165	250	8	1.5
601-800	90	1	170	260	8	1.5	120	2	185	305	10	1.6
801-1000	90	1	200	290	9	1.6	120	2	210	330	11	1.7
1001-2000	120	2	225	345	11	1.9	175	4	260	435	15	2.0
2001-3000	150	3	270	420	14	2.1	205	5	375	580	21	2.3
3001-4000	150	3	295	445	15	2.3	230	6	420	650	24	2.4
4001-5000	150	3	345	495	17	2.3	255	7	445	700	26	2.5
5001-7000	150	3	370	520	18	2.3	255	7	495	750	28	2.6
7001-10,000	175	4	370	545	19	2.4	280	8	540	820	31	2.7
10,001-20,000	175	4	420	595	21	2.4	280	8	660	940	36	2.8
20,001-50,000	205	5	485	690	25	2.5	305	9	745	1050	41	2.9
50,001-100,000	205	5	555	760	28	2.6	330	10	810	1140	45	3.0

ตัวอย่างของตารางแผนสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง ที่ระบุ LTPD = 5.0% และ $\beta = 0.10$ มี 6 คอลัมน์เช่นเดียวกับตารางแผนการสุ่มครั้งเดียว แต่ละคอลัมน์จะกำหนดแผนการตรวจ ที่ให้ผลรวมของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจ โดยเฉลี่ยต่ำสุด ภายใต้ค่ากำหนดของค่าเฉลี่ยกระบวนการหนึ่ง ๆ

ถ้าเราจะเปรียบเทียบตารางทั้ง 2 จะเห็นได้ชัดว่า แผนการสุ่มภายใต้การป้องกันคุณภาพอย่างเดียวกัน ที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบลอทที่มีขนาดเท่ากัน ค่าเฉลี่ยของกระบวนการเดียวกันแผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง จะมีข้อได้เปรียบมากกว่า สิ่งที่เราจะมองเห็นได้จากตาราง จะพบว่า จำนวนชิ้นตัวอย่างในตัวอย่างแรก ของแผนการสุ่ม 2 ครั้ง น้อยกว่าจำนวนชิ้นของแผนการสุ่มครั้งเดียวเสมอ ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบลอทที่มีขนาด 1,001

2,000 ค่าเฉลี่ยกระบวนการ .06 – .50% แผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียวจะมี $n = 75$, $c = 1$ ส่วนแผนสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง จะมี $n_1 = 55$, $c_1 = 0$, $n_2 = 95$, $c_2 = 3$ ชี้ให้เห็นว่า ถ้าคุณภาพของที่นำมาตรวจดีพอ จนไม่มีความจำเป็นที่จะเก็บตัวอย่างชุดที่ 2 หรือหากจะเก็บก็น้อยมาก แผนการสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง จะดีกว่า และโดยทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบจากค่า ATI แผนการสุ่ม 2 ครั้ง จะได้ค่า ATI ต่ำกว่า

8.4.2 ตารางแผนสุ่มตัวอย่างที่ระบุค่า AOQL

แผนสุ่มตัวอย่างที่จะได้จากตาราง ตามขนาดของลอท จะขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของกระบวนการเมื่อกำหนดค่า AOQL การจัดลอทให้มีขนาด N ชิ้น รู้ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ เราจะได้แผนสุ่มตัวอย่าง กำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างที่จะเก็บมาตรวจสอบ และค่าสูงสุดของจำนวนของเสียที่จะยอมรับได้ นอกจากนี้ ตารางจะให้ค่า LTPD (p_t) ของแต่ละแผน ซึ่งค่า p_t นี้แสดงถึง % ของเสียในลอทที่จะยอมรับได้ด้วยความน่าจะเป็น 0.10

ตัวอย่างของตารางแผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ระบุค่า AOQL = 2.0%

ตารางที่ 8.3 **Example of Dodge-Romig single sampling AOQL tables**

Note: Average outgoing quality limit = 2.0%
(Reprinted by permission from "Sampling Inspection Tables" by Dodge & Romig. John Wiley & Sons, Inc.)

Process Average %	0–.04			.05–.40			.41–.80			.81–1.20			1.21–1.60			1.61–2.00		
Lot Size	n	c	$100p_{0.10}$	n	c	$100p_{0.10}$	n	c	$100p_{0.10}$	n	c	$100p_{0.10}$	n	c	$100p_{0.10}$	n	c	$100p_{0.10}$
1–15	All	0	—	All	0	—	All	0	—	All	0	—	All	0	—	All	0	—
16–50	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6	14	0	13.6
51–100	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4	16	0	12.4
101–200	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	17	0	12.2	35	1	10.5	35	1	10.5
201–300	17	0	12.3	17	0	12.3	17	0	12.3	37	1	10.2	37	1	10.2	37	1	10.2
301–400	18	0	11.8	18	0	11.8	38	1	10.0	38	1	10.0	38	1	10.0	60	2	8.5
401–500	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
501–600	18	0	11.9	18	0	11.9	39	1	9.8	39	1	9.8	60	2	8.6	60	2	8.6
601–800	18	0	11.9	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.0	65	2	8.0	85	3	7.5
801–1000	18	0	12.0	40	1	9.6	40	1	9.6	65	2	8.1	65	2	8.1	90	3	7.4
1001–2000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5
2001–3000	18	0	12.0	41	1	9.4	65	2	8.2	95	3	7.0	120	4	6.5	180	6	5.8
3001–4000	18	0	12.0	42	1	9.3	65	2	8.2	95	3	7.0	155	5	6.0	210	7	5.5
4001–5000	18	0	12.0	42	1	9.3	70	2	7.5	125	4	6.4	155	5	6.0	245	8	5.3
5001–7000	18	0	12.0	42	1	9.3	95	3	7.0	125	4	6.4	185	6	5.6	280	9	5.1
7001–10,000	42	1	9.3	70	2	7.5	95	3	7.0	155	5	6.0	220	7	5.4	350	11	4.8
10,001–20,000	42	1	9.3	70	2	7.6	95	3	7.0	190	6	5.6	290	9	4.9	460	14	4.4
20,001–50,000	42	1	9.3	70	2	7.6	125	4	6.4	220	7	5.4	395	12	4.5	720	21	3.9
50,001–100,000	42	1	9.3	95	3	7.0	160	5	5.9	290	9	4.9	505	15	4.2	955	27	3.7

จากตาราง จะเห็นได้ว่า จำนวนชิ้นในตัวอย่างและจำนวนของเสียที่ยอมรับได้ ยิ่งมีขนาดโตเท่าใดค่าของ LTPD (กำหนดในค่า $100p_t\%$) ยิ่งมีค่าน้อยลงเท่านั้น ให้เราดูตัวอย่างการใช้ตาราง 8.3 ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 8.5

จงหาแผนการสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว กำหนดค่า AOQL = 2.0% ค่าประมาณของค่าเฉลี่ยของกระบวนการเป็น 1% ขนาดของลอทที่นำมาตรวจเป็น 200, 1,000 และ 5,000 ชิ้น ตามลำดับ จากแต่ละแผนที่ได้ จงประมาณ

1. เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชิ้นที่เก็บตัวอย่างมาตรวจสอบในแต่ละลอท
2. จำนวนลอทที่จะต้องนำมาตรวจทั้งลอท ถ้าจำนวนลอทในแต่ละขนาดต่างมี 100 ลอท
3. เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจรวมกัน โดยเฉลี่ยต่อลอท

วิธีทำ

จากตารางที่ 8.3 เราจะได้แผนสุ่มตัวอย่างที่ระบุค่าเฉลี่ยของกระบวนการเป็น 1% ตามขนาดของลอทเป็น 200, 1,000 และ 5,000 ตามลำดับ จากแต่ละแผน คำนวณหา P_a และ

1. % ของจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจสอบ = $100(n/N)$
2. จำนวนลอทที่ต้องตรวจทั้งลอท = $100\ (1-P_a)$
3. % ของจำนวนชิ้นที่ต้องตรวจโดยเฉลี่ยต่อลอท = $100\ (ATI/N)$

$$= 100\ (n/N)P_a + 100\ (1-P_a)$$

ผลปรากฏดังตารางต่อไปนี้

ขนาดของลอท (N)	200	1,000	5,000
แผนสุ่มตัวอย่าง	$n=17,\ c=0$	$n=65,\ c=2$	$n=125,\ c=4$
% จำนวนชิ้นตัวอย่าง	100(17/200) = 8.5%	100(65/1,000) = 6.5%	100(125/5,000) = 2.5%
P_a	0.844	0.972	0.990
จำนวนลอทตรวจทั้งลอท	100(.156) = 16	100(.028) = 3	100(.010) = 1
% จำนวนชิ้นที่ต้องตรวจโดยเฉลี่ยต่อลอท	(8.5) (.844) + 15.6 = 22.8%	(6.5) (.972) + 2.8 = 9.1%	(2.5) (.99) + 1 = 3.5%

ตัวอย่างแผนสุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง กำหนดค่า AOQL = 2.0%

ตารางที่ 8.4

Example of Dodge-Romig double sampling AOQL tables

Note: Average outgoing quality limit = 2.0%

(Reprinted by permission from "Sampling Inspection Tables" by Dodge & Romig, John Wiley & Sons, Inc.)

Process Average %	0–.04				.05–.40				.41–.80				.81–1.20				1.21–1.60				1.61–2.00			
Lot Size	Trial 1	Trial 2			Trial 1	Trial 2			Trial 1	Trial 2			Trial 1	Trial 2			Trial 1	Trial 2			Trial 1	Trial 2		
	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$	n_1 c_1	n_2 n_1+n_2 c_2		$100p_{0.10}$
1–15	All 0	— — —		—	All 0	— — —		—	All 0	— — —		—	All 0	— — —		—	All 0	— — —		—	All 0	— — —		—
16–50	14 0	— — —		13.6	14 0	— — —		13.6	14 0	— — —		13.6	14 0	— — —		13.6	14 0	—		13.6	14 0	— —		13.6
51–100	21 0	12 33	1	11.7	21 0	12 33	1	11.7	21 0	12 33	1	11.7	21 0	12 33	1	11.7	21 0	12 33	1	11.7	23 0	23 46	2	10.9
101–200	24 0	13 37	1	11.0	24 0	13 37	1	11.0	24 0	13 37	1	11.0	27 0	28 55	2	9.6	27 0	28 55	2	9.6	27 0	28 55	2	9.6
201–300	26 0	15 41	1	10.4	26 0	15 41	1	10.4	29 0	31 60	2	9.1	29 0	31 60	2	9.1	32 0	48 80	3	8.4	32 0	48 80	3	8.4
301–400	26 0	16 42	1	10.3	26 0	16 42	1	10.3	30 0	35 65	2	9.0	33 0	52 85	3	8.2	33 0	52 85	3	8.2	36 0	69 105	4	7.6
401–500	27 0	16 43	1	10.3	30 0	35 65	2	9.0	30 0	35 65	2	9.0	34 0	56 90	3	7.9	36 0	74 110	4	7.5	60 1	90 150	6	7.0
501–600	27 0	16 43	1	10.3	31 0	34 65	2	8.9	35 0	55 90	3	7.9	35 0	55 90	3	7.9	37 0	78 115	4	7.4	65 1	95 160	6	6.8
601–800	27 0	17 44	1	10.2	31 0	39 70	2	8.8	35 0	60 95	3	7.7	38 0	82 120	4	7.3	38 0	82 120	4	7.3	70 1	120 190	7	6.4
801–1000	27 0	17 44	1	10.2	32 0	38 70	2	8.7	36 0	59 95	3	7.6	38 0	87 125	4	7.2	70 1	100 170	6	6.5	70 1	145 215	8	6.2
1001–2000	33 0	37 70	2	8.5	33 0	37 70	2	8.5	37 0	63 100	3	7.5	43 0	112 155	5	6.5	80 1	160 240	8	5.8	110 2	205 315	11	5.7
2001–3000	34 0	41 75	2	8.2	34 0	41 75	2	8.2	41 0	84 125	4	7.0	75 1	115 190	6	6.1	115 2	195 310	10	5.3	160 3	310 470	15	4.7
3001–4000	34 0	41 75	2	8.2	38 0	62 100	3	7.3	41 0	89 130	4	6.9	80 1	140 220	7	5.8	120 2	255 375	12	5.0	235 5	415 650	20	4.3
4001–5000	34 0	41 75	2	8.2	38 0	62 100	3	7.3	42 0	88 130	4	6.9	80 1	175 255	8	5.5	125 2	285 410	13	4.9	275 6	475 750	23	4.2
5001–7000	35 0	40 75	2	8.1	38 0	62 100	3	7.3	44 0	116 160	5	6.4	85 1	205 290	9	5.3	125 2	320 445	14	4.8	280 6	575 855	26	4.1
7001–10,000	35 0	40 75	2	8.1	38 0	62 100	3	7.3	45 0	115 160	5	6.3	85 1	210 295	9	5.2	165 3	335 500	15	4.5	320 7	645 965	29	4.0
10,001–20,000	35 0	40 75	2	8.1	39 0	66 105	3	7.2	45 0	115 160	5	6.3	90 1	260 350	11	5.1	170 3	425 595	18	4.4	395 9	835 1230	37	3.9
20,001–50,000	35 0	40 75	2	8.1	43 0	92 135	4	6.6	47 0	148 195	6	6.0	130 2	300 430	13	4.7	205 4	515 720	22	4.3	480 11	1090 1570	46	3.7
50,001–100,000	35 0	45 80	2	8.0	43 0	92 135	4	6.6	85 1	185 270	8	5.2	135 2	345 480	14	4.5	250 5	615 865	26	4.1	580 13	1460 2040	58	3.5

การใช้ตารางเป็นแบบเดียวกันกับแผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว แผนที่จะอ่านได้จากแต่ละคอลัมน์จะกำหนดค่าการป้องกันคุณภาพ (AOQL) เดียวกัน จะแตกต่างกันเฉพาะผลรวมของจำนวนชิ้น ที่จะนำมาตรวจโดยเฉลี่ยต่อลอท เท่านั้น เมื่อเราใช้แผนสุ่มตัวอย่างคู่ เราจะประมาณค่าเฉลี่ยของกระบวนการ ได้จากตัวอย่างแรก และเช่นเดียวกัน ในแต่ละแผนจะให้ค่า LTPD เป็น % ของเสียที่จะยอมรับได้ ด้วยความน่าจะเป็น 0.10 ซึ่งกำหนดในเทอม $100p_t$%

8.5 แผนสุ่มตัวอย่างเชิงปริมาณที่ระบุค่า AOQL และค่าต่ำสุด ATI

กำหนดค่า p′ และกระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติที่รู้ค่า σ' σ' คงที่

เราใช้เกณฑ์สมมติเช่นเดียวกันกับการตรวจสอบเชิงคุณภาพ กล่าวคือ จำนวนของเสียที่ตรวจพบ ไม่ว่าจากตัวอย่างสุ่ม หรือจากการตรวจทั้งลอท จะต้องถูกคัดออกไป แล้วนำของดี

มาใส่แทนที่ตามจำนวนที่คัดออก จะมีแตกต่างกันตรงมาตรการที่ใช้วัดว่าเป็นของเสียเท่านั้น การใช้แผนการตรวจสอบเชิงปริมาณ มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. เก็บตัวอย่างจากลอทที่มีขนาด N มา n ชิ้น วัดค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เราต้องการควบคุม คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าที่วัดได้ทั้งหมด
2. ถ้าได้ค่าเฉลี่ย มากกว่า $L + k\sigma'$ หรือน้อยกว่า $U - k\sigma'$ เรายอมรับลอท ไม่มีการตรวจต่อไป ชิ้นตัวอย่างใดที่วัดได้ค่าต่ำกว่า L หรือสูงกว่า U จะถูกคัดออก นำของที่มีค่าได้มาตรฐานมาใส่แทนที่ ตามจำนวนที่คัดออกไป
3. ถ้าได้ค่าเฉลี่ย น้อยกว่า $L + k\sigma'$ หรือมากกว่า $U - k\sigma'$ นำของที่เหลือในลอทมาวัดค่าคุณสมบัติทุกชิ้น หากพบว่าชิ้นใดมีค่าต่ำกว่า L หรือสูงกว่า U จะคัดออก แล้วนำชิ้นใหม่ที่ได้มาตรฐานมาใส่แทนที่

พิจารณาคุณภาพภายหลังการตรวจสอบ จะเห็นว่า ในขั้นที่ 2 ยังมีของที่ไม่ได้มาตรฐานเหลืออยู่ในลอท ซึ่งบังเอิญไม่ได้สุ่มออกมา และเราจะถือว่าคุณภาพยังคงเหมือนเดิม นั่นก็คือ จะมีของที่ไม่ได้มาตรฐานเหลืออยู่ในลอท เป็นจำนวน $(N-n)p$ ส่วนในขั้นที่ 3 ลอทที่นำมาตรวจ 100% จะมีของที่ได้มาตรฐานทั้งลอท หากเราประมาณได้ว่า อัตราส่วนการยอมรับ เท่ากับ P_a เราจะได้ว่า จำนวนของเสียโดยเฉลี่ยต่อลอท จะเท่ากับ $0(1-P_a) + (N-n)p'P_a$ ผลสุดท้าย เราจะได้คุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย กำหนดได้โดย

$$AOQ = \frac{N-n}{N} \; p' \, p_a$$

เมื่อ $P_a = P(\bar{X} \geqslant L + k\sigma')$ หรือ $P_a = P(X \leqslant U - k\sigma')$

เมื่อเราพิจารณาจำนวนชิ้นที่นำมาตรวจสอบ ทั้งจากตัวอย่าง และจากลอทที่ตรวจ 100% รวมกัน โดยเฉลี่ย จะได้สูตรแบบเดียวกับ (8.3) นั่นก็คือ

$$ATI = nP_a + N(1 - P_a)$$

พิจารณาจากค่า AOQ ภายใต้ขนาดของลอท และจำนวนชิ้นตัวอย่างหนึ่ง ๆ เราจะได้ค่า p' และ P_a จากเส้นโค้ง OC ซึ่งเป็นผลให้เราได้ค่า AOQ ด้วย จากเส้นโค้ง AOQ เราจะได้ค่า $p'_m = p'$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของเสียในกระบวนการหรือลอท ที่ทำให้ได้ค่า AOQ สูงสุด นั่นก็คือ AOQL ด้วยการพิจารณาดังกล่าว เราสามารถสร้างตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า p'_m และ AOQL ได้ ข้อเท็จจริงที่ได้นี้ เอามาใช้หาแผนสุ่มตัวอย่างได้ กล่าวคือ เมื่อเราทราบขนาดของลอท รู้ค่า และกำหนดค่า AOQL เราจะได้ค่า p'_m ที่สมนัยกัน เริ่มต้นด้วยการเลือกค่า n แทนผลที่ได้ใน 8.5a เราจะได้ค่า P_a นำผลที่ได้ไปคำนวณหา ATI ต่อไปเปลี่ยนค่า n ใหม่ ค่า P_a จะเปลี่ยนไป นั่นคือค่า ATI เปลี่ยนไปด้วย ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ เปรียบเทียบค่า ATI เลือก n ที่มี ATI ต่ำสุด จากค่า n ที่เลือกได้นำไปหาค่า k จะได้แผนสุ่มตัวอย่างที่ระบุค่า AOQL

แบบฝึกหัด

1. ใช้แผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ที่มี $n = 300, c = 1$ ตรวจรับสินค้าที่จัดเป็นลอท ลอทละ 10,000 ชิ้น กำหนดว่า ลอทใดที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ จะต้องนำมาตรวจทั้งลอท เพื่อแยกของเสียออกแล้วใส่ของดีแทนที่ ถ้าคุณภาพของสินค้าเป็น 0.5% จงหาคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (0.279%)
2. ผู้บริโภคได้รับลอทสินค้าที่มีขนาด 2,000 ชิ้น เขาใช้แผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียวตรวจสอบดังนี้

   ก) ตรวจสอบ 200 ชิ้น สำหรับลอทที่ผ่านการตรวจสอบ หากพบว่า มีสินค้าชำรุดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 ชิ้น

   ข) ตรวจสอบ 2,000 ชิ้น สำหรับลอทที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ และผู้บริโภคจะคัดเลือกสินค้าที่ชำรุดออก ผู้ผลิตนำสินค้าดีมาชดใช้ และเป็นผู้ออกค่าตรวจสอบทั้งหมด

   จงหาคุณภาพจ่ายออกเฉลี่ย ถ้าคุณภาพสินค้าเป็น 0.8% (0.564%)
3. ใช้แผนสุ่มตัวอย่างสองครั้ง ที่มี

   $n_1 = 100 \quad c_1 = 0$

   $n_2 = 100 \quad c_2 = 1$

   ตรวจรับลอทสินค้าที่มีขนาด 5,000 ชิ้น คุณภาพสินค้าเป็น 1%

   3.1 จงหาความน่าจะเป็นที่จะยอมรับลอท (0.503%)

   3.2 จงหาคุณภาพจ่ายออกโดยเฉลี่ย (0.503%)

   3.3 จำนวนชิ้นที่จะต้องนำมาตรวจสอบทั้งหมดโดยเฉลี่ยจะเป็นเท่าใด หากจะต้องตรวจสอบลอทที่ไม่ผ่านการตรวจทั้งลอท (2,549)
4. จงเปรียบเทียบแผนสุ่มตัวอย่าง

   ก) $n = 50, c = 2$

   ข) $n = 100, c = 3$

   ค) $n = 150, c = 5$

   แผนใดจะดีที่สุด ถ้านำแผนเหล่านี้ไปใช้ตรวจรับผลิตภัณฑ์ที่จัดเป็นลอท ลอทละ 10,000 หน่วย คุณภาพ $100p' = 2\%$ กำหนดว่า ลอทใดที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ ต้องนำมาตรวจทั้งลอท (846, 1,516, 978)
5. จงเปรียบเทียบแผนสุ่มตัวอย่าง

   ก) $n = 100, c = 4$

   ข) $n_1 = 50 = n_2, c_1 = 2, c_2 = 3$

   แผนใดจะใช้ได้เหมาะสมที่สุด ในการตรวจรับลอทสินค้าที่มีขนาด 1,000 ชิ้น คุณภาพ

ของลอทสินค้าเป็น 4% การตรวจสอบเป็นแบบ Rectifying Inspection ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบต่อชิ้นเท่ากับ 5 บาท และค่าใช้จ่ายในการชดเชยสินค้าชำรุดเท่ากับ 100 บาทต่อชิ้น

6. จงหาแผนสุ่มตัวอย่าง สำหรับค่ากำหนด LTPD = 5%, β = 0.10 ถ้าค่าเฉลี่ยของกระบวนการเป็น 1.2% สินค้าจัดเป็นลอท ลอทละ 1,500 ชิ้น

   6.1) แผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ($n = 180, c = 5$)

   6.2) แผนสุ่มตัวอย่างสองครั้ง ($n_1 = 90, c_1 = 1, n_2 = 185, c_2 = 8$)

7. จงหา

   7.1 แผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว

   7.2 แผนสุ่มตัวอย่างสองครั้ง

   ที่จะนำไปใช้ในการตรวจรับลอทสินค้าที่มีขนาด 2,500 ชิ้น ให้ได้ค่า AOQL = 2.0% ค่าเฉลี่ยกระบวนการ = 0.9% ($n = 95, c = 3; n_1 = 75, c_1 = 1, n_2 = 115, c_2 = 6$) จงเปรียบเทียบค่า AOQ และ ATI ของแต่ละแผน

8. จงหาแผนสุ่มตัวอย่างครั้งเดียว ที่จะนำไปใช้ในการตรวจรับลอทสินค้าที่มีขนาด 250 ชิ้น โดยมี LTPD = 5%, β = 10% ค่าเฉลี่ยกระบวนการเป็น 1.1% ($n = 70, c = 1$)

   8.1 จำนวนสินค้าที่จะนำมาตรวจสอบโดยใช้แผนนี้ จะมีกี่ % (28%)

   8.2 ความน่าจะเป็นของการยอมรับลอทสินค้า จะเป็นเท่าใด ถ้าคุณภาพของลอทสินค้าเป็น 4% (0.231)

   8.3 ผลรวมของจำนวนสินค้าที่ถูกตรวจสอบโดยเฉลี่ยจะเป็นเท่าใด ถ้าคุณภาพของลอทเป็น 4% และ 1% ตามลำดับ (209, 98.08)

TABLE I

Summation of Terms of the Poisson Distribution

Entries in body of table give the probability (decimal point omitted) of X or less defects (or defectives), when the expected number is that given in the left margin of the table.

X / np or np'	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.02	980	1.000								
0.04	961	999	1.000							
0.06	942	998	1.000							
0.08	923	997	1.000							
0.10	905	995	1.000							
0.15	861	990	999	1.000						
0.20	819	982	999	1.000						
0.25	779	974	998	1.000						
0.30	741	963	996	1.000						
0.35	705	951	994	1.000						
0.40	670	938	992	999	1.000					
0.45	638	925	989	999	1.000					
0.50	607	910	986	998	1.000					
0.55	577	894	982	998	1.000					
0.60	549	878	977	997	1.000					
0.65	522	861	972	996	999	1.000				
0.70	497	844	966	994	999	1.000				
0.75	472	827	959	993	999	1.000				
0.80	449	809	953	991	999	1.000				
0.85	427	791	945	989	998	1.000				
0.90	407	772	937	987	998	1.000				
0.95	387	754	929	984	997	1.000				
1.00	368	736	920	981	996	999	1.000			
1.1	333	699	900	974	995	999	1.000			
1.2	301	663	879	966	992	998	1.000			
1.3	273	627	857	957	989	998	1.000			
1.4	247	592	833	946	986	997	999	1.000		
1.5	223	558	809	934	981	996	999	1.000		
1.6	202	525	783	921	976	994	999	1.000		
1.7	183	493	757	907	970	992	998	1.000		
1.8	165	463	731	891	964	990	997	999	1.000	
1.9	150	434	704	875	956	987	997	999	1.000	
2.0	135	406	677	857	947	983	995	999	1.000	

* Reprinted by kind permission from E. C. Molina, *Poisson's Exponential Binomial Limit* (New York: D. Van Nostrand Co. Inc., 1947).

TABLE I - *Continued*

Summation of Terms of the Poisson Distribution

np or np' \ X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2	111	355	623	819	928	975	993	998	1.000	
2.4	091	308	570	779	904	964	988	997	999	1.000
2.6	074	267	518	736	877	951	983	995	999	1.000
2.8	061	231	469	692	848	935	976	992	998	999
3.0	050	199	423	647	815	916	966	988	996	999
3.2	041	171	380	603	781	895	955	983	994	998
3.4	033	147	340	558	744	871	942	977	992	997
3.6	027	126	303	515	706	844	927	969	988	996
3.8	022	107	269	473	668	816	909	960	984	994
4.0	018	092	238	433	629	785	889	949	979	992
4.2	015	078	210	395	590	753	867	936	972	989
4.4	012	066	185	359	551	720	844	921	964	985
4.6	010	056	163	326	513	686	818	905	955	980
4.8	008	048	143	294	476	651	791	887	944	975
5.0	007	040	125	265	440	616	762	867	932	968
5.2	006	034	109	238	406	581	732	845	918	960
5.4	005	029	095	213	373	546	702	822	903	951
5.6	004	024	082	191	342	512	670	797	886	941
5.8	003	021	072	170	313	478	638	771	867	929
6.0	002	017	062	151	285	446	606	744	847	916

	10	11	12	13	14	15	16
2.8	1.000						
3.0	1.000						
3.2	1.000						
3.4	999	1.000					
3.6	999	1.000					
3.8	998	999	1.000				
4.0	997	999	1.000				
4.2	996	999	1.000				
4.4	994	998	999	1.000			
4.6	992	997	999	1.000			
4.8	990	996	999	1.000			
5.0	986	995	998	999	1.000		
5.2	982	993	997	999	1.000		
5.4	977	990	996	999	1.000		
5.6	972	988	995	998	999	1.000	
5.8	965	984	993	997	999	1.000	
6.0	957	980	991	996	999	999	1.000

TABLE I - *Continued*

Summation of Terms of the Poisson Distribution

μ or np \ X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.2	002	015	054	134	259	414	574	716	826	902
6.4	002	012	046	119	235	384	542	687	803	886
6.6	001	010	040	105	213	355	511	658	780	869
6.8	001	009	034	093	192	327	480	628	755	850
7.0	001	007	030	082	173	301	450	599	729	830
7.2	001	006	025	072	156	276	420	569	703	810
7.4	001	005	022	063	140	253	392	539	676	788
7.6	001	004	019	055	125	231	365	510	648	765
7.8	000	004	016	048	112	210	338	481	620	741
8.0	000	003	014	042	100	191	313	453	593	717
8.5	000	002	009	030	074	150	256	386	523	653
9.0	000	001	006	021	055	116	207	324	456	587
9.5	000	001	004	015	040	089	165	269	392	522
10.0	000	000	003	010	029	067	130	220	333	458

	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
6.2	949	975	989	995	998	999	1.000			
6.4	939	969	986	994	997	999	1.000			
6.6	927	963	982	992	997	999	999	1.000		
6.8	915	955	978	990	996	998	999	1.000		
7.0	901	947	973	987	994	998	999	1.000		
7.2	887	937	967	984	993	997	999	999	1.000	
7.4	871	926	961	980	991	996	998	999	1.000	
7.6	854	915	954	976	989	995	998	999	1.000	
7.8	835	902	945	971	986	993	997	999	1.000	
8.0	816	888	936	966	983	992	996	998	999	1.000
8.5	763	849	909	949	973	986	993	997	999	999
9.0	706	803	876	926	959	978	989	995	998	999
9.5	645	752	836	898	940	967	982	991	996	998
10.0	583	697	792	864	917	951	973	986	993	997

	20	21	22
8.5	1.000		
9.0	1.000		
9.5	999	1.000	
10.0	998	999	1.000

TABLE I - *Continued*

Summation of Terms of the Poisson Distribution

X / np or $np'n$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10.5	000	000	002	007	021	050	102	179	279	397
11.0	000	000	001	005	015	038	079	143	232	341
11.5	000	000	001	003	011	028	060	114	191	289
12.0	000	000	001	002	008	020	046	090	155	242
12.5	000	000	000	002	005	015	035	070	125	201
13.0	000	000	000	001	004	011	026	054	100	166
13.5	000	000	000	001	003	008	019	041	079	135
14.0	000	000	000	000	002	006	014	032	062	109
14.5	000	000	000	000	001	004	010	024	048	088
15.0	000	000	000	000	001	003	008	018	037	070
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10.5	521	639	742	825	888	932	960	978	988	994
11.0	460	579	689	781	854	907	944	968	982	991
11.5	402	520	633	733	815	878	924	954	974	986
12.0	347	462	576	682	772	844	899	937	963	979
12.5	297	406	519	628	725	806	869	916	948	969
13.0	252	353	463	573	675	764	835	890	930	957
13.5	211	304	409	518	623	718	798	861	908	942
14.0	176	260	358	464	570	669	756	827	883	923
14.5	145	220	311	413	518	619	711	790	853	901
15.0	118	185	268	363	466	568	664	749	819	875
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10.5	997	999	999	1,000						
11.0	995	998	999	1,000						
11.5	992	996	998	999	1,000					
12.0	988	994	997	999	999	1,000				
12.5	983	991	995	998	999	999	1,000			
13.0	975	986	992	996	998	999	1,000			
13.5	965	980	989	994	997	998	999	1,000		
14.0	952	971	983	991	995	997	999	999	1,000	
14.5	936	960	976	986	992	996	998	999	999	1,000
15.0	917	947	967	981	989	994	997	998	999	1,000

TABLE I – *Concluded*

Summation of Terms of the Poisson Distribution

μ or pn \ X	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	000	001	004	010	022	043	077	127	193	275
17	000	001	002	005	013	026	049	085	135	201
18	000	000	001	003	007	015	030	055	092	143
19	000	000	001	002	004	009	018	035	061	098
20	000	000	000	001	002	005	011	021	039	066
21	000	000	000	000	001	003	006	013	025	043
22	000	000	000	000	001	002	004	008	015	028
23	000	000	000	000	000	001	002	004	009	017
24	000	000	000	000	000	000	001	003	005	011
25	000	000	000	000	000	000	001	001	003	006
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16	368	467	566	659	742	812	868	911	942	963
17	281	371	468	564	655	736	805	861	905	937
18	208	287	375	469	562	651	731	799	855	899
19	150	215	292	378	469	561	647	725	793	849
20	105	157	221	297	381	470	559	644	721	787
21	072	111	163	227	302	384	471	558	640	716
22	048	077	117	169	232	306	387	472	556	637
23	031	052	082	123	175	238	310	389	472	555
24	020	034	056	087	128	180	243	314	392	473
25	012	022	038	060	092	134	185	247	318	394
	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
16	978	987	993	996	998	999	999	1,000		
17	959	975	985	991	995	997	999	999	1,000	
18	932	955	972	983	990	994	997	998	999	1,000
19	893	927	951	969	980	988	993	996	998	999
20	843	888	922	948	966	978	987	992	995	997
21	782	838	883	917	944	963	976	985	991	994
22	712	777	832	877	913	940	959	973	983	989
23	635	708	772	827	873	908	936	956	971	981
24	554	632	704	768	823	868	904	932	953	969
25	473	553	629	700	763	818	863	900	929	950
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
19	999	1,000								
20	999	999	1,000							
21	997	998	999	999	1,000					
22	994	996	998	999	999	1,000				
23	988	993	996	997	999	999	1,000			
24	979	987	992	995	997	998	999	999	1,000	
25	966	978	985	991	994	997	998	999	999	1,000

TABLE II

Cumulative Probabilities of the Normal Probability Distribution* (areas under the normal curve from $-\infty$ to z)

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

z	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291	3.891	4.417
$F(z)$	.90	.95	.975	.99	.995	.999	.9995	.99995	.999995
$2[1 - F(z)]$	.20	.10	.05	.02	.01	.002	.001	.0001	.00001

* Table A2 is reprinted with permission from A. M. Mood, *Introduction to the Theory of Statistics* (New York: McGraw-Hill Book Co., 1950), p. 423

TABLE III Factors Useful in the Construction of Control Charts†

Number of Observations in Sample, n	Chart for Averages			Chart for Standard Deviations					Chart for Ranges						
				Factors for:											
	Factors for Control Limits			Central Line	Control Limits				Factors for Central Line		Factors for Control Limits				
	A	A_2	A_3	c_4	B_3	B_4	B_5	B_6	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	0	3.267	0	2.606	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	0	2.568	0	2.276	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.575
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	0	2.266	0	2.088	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	0	2.089	0	1.964	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.115
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	0.030	1.970	0.029	1.874	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	0.118	1.882	0.113	1.806	2.704	0.3698	0.833	0.205	5.203	0.076	1.924
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	0.185	1.815	0.179	1.751	2.847	0.3512	0.820	0.387	5.307	0.136	1.864
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	0.239	1.761	0.232	1.707	2.970	0.3367	0.808	0.546	5.394	0.184	1.816
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	0.284	1.716	0.276	1.669	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	0.321	1.679	0.313	1.637	3.173	0.3152	0.787	0.812	5.534	0.256	1.744
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	0.354	1.646	0.346	1.610	3.258	0.3069	0.778	0.924	5.592	0.284	1.716
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	0.382	1.618	0.374	1.585	3.336	0.2998	0.770	1.026	5.646	0.308	1.692
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	0.406	1.594	0.399	1.563	3.407	0.2935	0.762	1.121	5.693	0.329	1.671
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	0.428	1.572	0.421	1.544	3.472	0.2880	0.755	1.207	5.737	0.348	1.652
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	0.448	1.552	0.440	1.526	3.532	0.2831	0.749	1.285	5.779	0.364	1.636
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	0.466	1.534	0.458	1.511	3.588	0.2787	0.743	1.359	5.817	0.379	1.621
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	0.482	1.518	0.475	1.496	3.640	0.2747	0.738	1.426	5.854	0.392	1.608
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	0.497	1.503	0.490	1.483	3.689	0.2711	0.733	1.490	5.888	0.404	1.596
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	0.510	1.490	0.504	1.470	3.735	0.2677	0.729	1.548	5.922	0.414	1.586
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	0.523	1.477	0.516	1.459	3.778	0.2647	0.724	1.606	5.950	0.425	1.575
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	0.534	1.466	0.528	1.448	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	0.545	1.455	0.539	1.438	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	0.555	1.445	0.549	1.429	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.452	1.548
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	0.565	1.435	0.559	1.420	3.931	0.2544	0.709	1.804	6.058	0.459	1.541
Over 25	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	.....	.....	*	**	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

* $1 - \frac{3}{\sqrt{2n}}$ ** $1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$

TABLE IV a

Table for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives* (probability of an equal or smaller number of runs than that listed is $P = 0.005$)

s = cases on one side of average
r = cases on other side of average
r always taken as the smaller number of cases; s the larger

s \ r	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	2														
7	2	3													
8	3	3	3												
9	3	3	3	4											
10	3	3	4	4	5										
11	3	4	4	5	5	5									
12	3	4	4	5	5	6	6								
13	3	4	5	5	5	6	6	7							
14	4	4	5	5	6	6	7	7	7						
15	4	4	5	6	6	7	7	7	8	8					
16	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9				
17	4	5	5	6	7	7	8	8	8	9	9	10			
18	4	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11		
19	4	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	11	11	
20	4	5	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12

* Freda S. Swed and C. Eisenhart, "Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives," *Annals of Mathematical Statistics*, Vol. XIV (1943), pp. 66–87

TABLE IV b

Table for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives* (probability of an equal or smaller number of runs than that listed is $P = 0.05$)

s = cases on one side of average
r = cases on other side of average
r always taken as the smaller number of cases; s the larger

s \ r	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	3														
7	4	4													
8	4	4	5												
9	4	5	5	6											
10	5	5	6	6	6										
11	5	5	6	6	7	7									
12	5	6	6	7	7	8	8								
13	5	6	6	7	8	8	9	9							
14	5	6	7	7	8	8	9	9	10						
15	6	6	7	8	8	9	9	10	10	11					
16	6	6	7	8	8	9	10	10	11	11	11				
17	6	7	7	8	9	9	10	10	11	11	12	12			
18	6	7	8	8	9	10	10	11	11	12	12	13	13		
19	6	7	8	8	9	10	10	11	12	12	13	13	14	14	
20	6	7	8	9	9	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15

* Source the same as that of Table N1.

TABLE V

Characteristic Qualities of Sequential Tests of the Binomial Distribution Computed for Various Combinations of p_1', p_2', $\alpha = 0.05$, and $\beta = 0.10$*

p_1'	p_2'	h_2	h_1	s	$\bar{n}_0$	$\bar{n}_1$	$\bar{n}p_1'$	$\bar{n}s$	$\bar{n}p_2'$
0.005	0.01	4.1398	3.2245	0.007216	447	5	1,289	1,863	1,222
	0.02	2.0624	1.6064	0.01084	149	3	244	309	185
	0.03	1.5906	1.2389	0.01400	89	2	122	143	82
	0.04	1.3664	1.0643	0.01693	63	2	79	87	49
	0.05	1.2305	0.9585	0.01970	49	2	58	61	33
	0.06	1.1371	0.8857	0.02237	40	2	45	46	25
	0.07	1.0679	0.8318	0.02496	34	2	37	36	19
0.010	0.03	2.5829	2.0118	0.01824	111	3	216	290	181
	0.04	2.0397	1.5887	0.02172	74	3	120	153	92
	0.05	1.7510	1.3639	0.02499	55	2	81	98	58
	0.06	1.5678	1.2211	0.02811	44	2	60	70	40
	0.07	1.4391	1.1209	0.03113	37	2	47	53	30
	0.08	1.3426	1.0458	0.03406	31	2	38	43	24
0.015	0.03	4.0796	3.1776	0.02166	147	5	423	612	402
	0.04	2.8716	2.2367	0.02554	88	3	188	258	163
	0.05	2.3307	1.8153	0.02917	63	3	113	149	92
	0.06	2.0169	1.5710	0.03263	49	3	79	100	61
	0.07	1.8089	1.4089	0.03596	40	2	60	74	44
0.02	0.03	6.9527	5.4154	0.02467	220	8	1,027	1,565	1,073
	0.04	4.0495	3.1541	0.02889	110	5	314	455	300
	0.05	3.0509	2.3763	0.03282	73	4	164	228	146
	0.06	2.5348	1.9743	0.03655	55	3	106	142	89
	0.07	2.2146	1.7250	0.04012	43	3	76	99	61
	0.08	1.9941	1.5532	0.04359	36	3	58	74	45
	0.09	1.8315	1.4265	0.04696	31	2	47	58	35
	0.10	1.7056	1.3285	0.05025	27	2	39	47	28

* Table R is abridged with permission from Table 2.23 of Statistical Research Group, Columbia University. *Sequential Analysis of Statistical Data: Applications* (New York: Columbia University Press, 1945), pp. 2.39–2.42.