

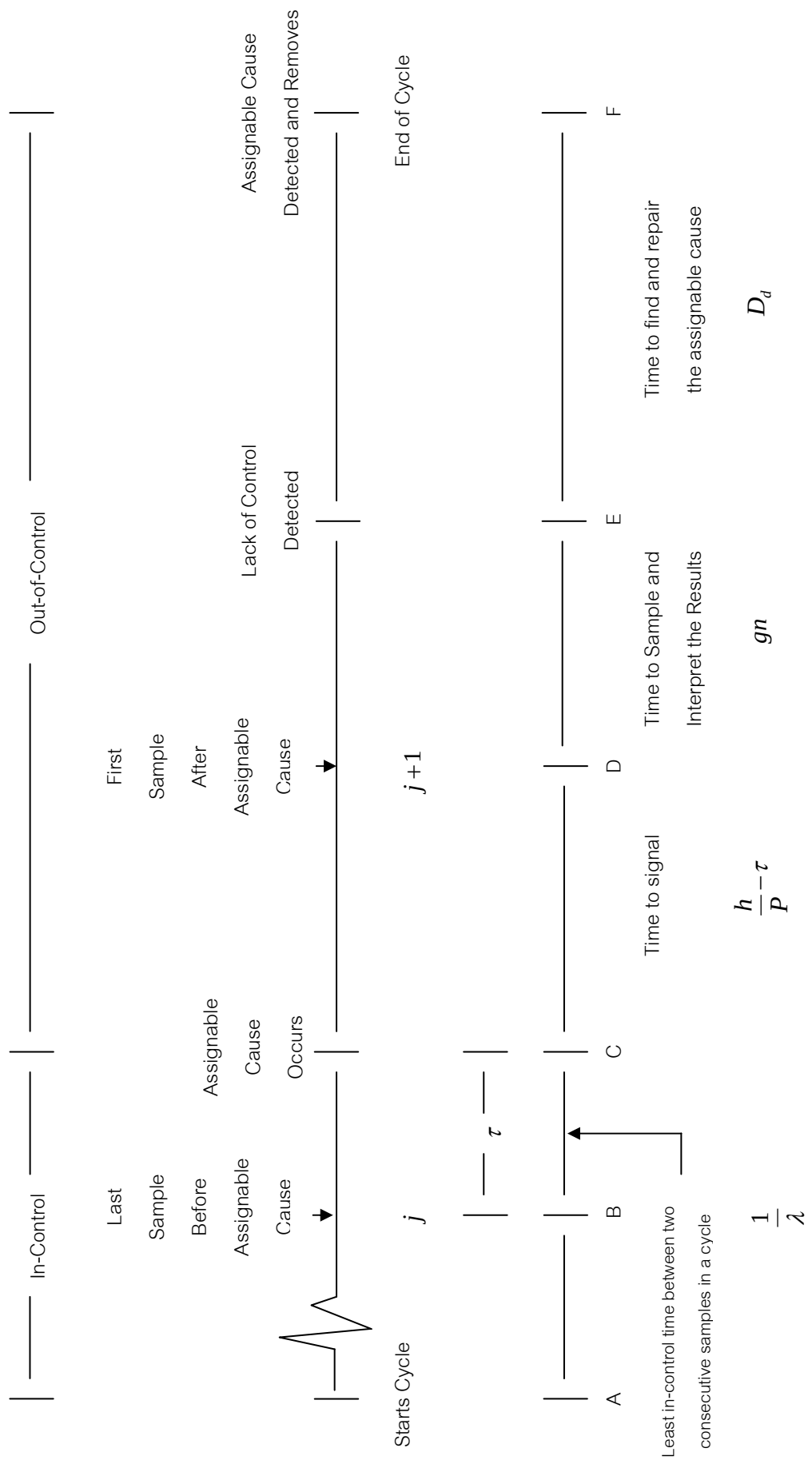
การวิเคราะห์แผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย

4.1 แผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียสำหรับกระบวนการผลิต

แบบ Duncan Process

วงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process นั้นเริ่มจากกระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะการควบคุม โดยในสภาวะนี้สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ p_0 และเมื่อกระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติจนทำให้กระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงไปสู่สภาวะการผลิตที่ไม่อยู่ในการควบคุม ซึ่งการเกิดการเปลี่ยนแปลงไปนี้จะทำให้กระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเท่ากับ p_1 โดยที่ p_1 คือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียของกระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$ จากสัดส่วนเฉลี่ยข้างต้นนี้จะทำให้ได้เส้นควบคุมกลาง (ค่าเฉลี่ย) ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียซึ่งมีค่าเท่ากับ np_0 และได้เส้นควบคุมบนของแผนควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียซึ่งมีค่าเท่ากับ np_1 หรือมีค่าเท่ากับ $np_0 + 3\sqrt{np_0(1-p_0)}$ โดยเส้นควบคุมบนของแผนควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย จะให้ค่าเช่นเดียวกับจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้ (d) ส่วนเส้นควบคุมล่างของงานวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0

ดังนั้นเมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะการควบคุม จำนวนผลิตภัณฑ์เสียของตัวอย่างที่สุ่มมีการแจกแจงแบบ Binomial ด้วยค่าเฉลี่ย np_0 และการเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิตนั้นจะมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ด้วยค่าเฉลี่ย $1/\lambda$ และกำหนดให้ g คือ เวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย ดังนั้นสำหรับขนาดตัวอย่าง n หน่วย ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย หรือบางครั้งอาจเรียกว่าความล่าช้าในการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียจะมีค่าเท่ากับ gn ส่วนเวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิต หลังจากที่ได้พบว่ามีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่าที่กำหนดไว้หรือหรือช่วงเวลาที่มีจุด ๆ หนึ่งที่พล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียตกออกนอกขอบเขตควบคุมซึ่งช่วงเวลานี้มีค่าเท่ากับ D_d โดยวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process สามารถแสดงให้เห็นได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงถึงวงจรการผลิตแบบ Duncan Process

จากภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตจะเริ่มจากการผลิตที่อยู่ในสภาวะการควบคุม กล่าวคือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ p_0 (จุด A) โดยในระหว่างนั้นการผลิตจะมีการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อตรวจสอบ โดยมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย และทำการสุ่มตัวอย่างทุก h ช่วงเวลา ซึ่งถ้าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มมีค่าน้อยกว่า d แล้ว กระบวนการผลิตจะยังคงดำเนินการผลิตต่อไป จนกระทั่งเมื่อผลจากการสุ่มตัวอย่างนั้นให้ค่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่า d แล้ว (จุด E) จะทำการดำเนินการสืบสาวถึงสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นและกำหนดให้สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ p_1 โดยในระหว่างนั้นกระบวนการผลิตยังคงดำเนินการผลิตต่อไปอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการเกิดความผิดปกตินี้อาจเกิดขึ้นในช่วงก่อนการสุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดก็ได้ในระหว่างการสุ่มตัวอย่างครั้งที่ผ่านมา (จุด B) กับการสุ่มตัวอย่างครั้งที่ทำให้มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่า d (จุด D) ซึ่งจากภาพที่ 4.1 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่จุด C และในส่วนของการดำเนินการผลิตนั้นสามารถแบ่งออกเป็นช่วงเวลาได้ดังนี้

1. ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ในช่วงของการควบคุม ซึ่งเริ่มจากกระบวนการผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติหลังจากการปรับตั้งกระบวนการผลิตครั้งที่ผ่านมา จนกระทั่งกระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งอยู่ในช่วง จุด A ถึง จุด C โดยในช่วงนี้การเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิตเป็นไปตามการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ดังนั้นค่าคาดหวังของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตจะยังคงอยู่ในช่วงของการควบคุมจะมีค่าเท่ากับ $1/\lambda$

2. ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุม มีค่าคาดหวังของช่วงเวลาเท่ากับ $\frac{h}{p} - \tau + gn + D_d$ โดยรายละเอียดของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุมสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

2.1 เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุม นั่นคือ มีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเท่ากับ p_1 ดังนั้นช่วงเวลาที่เริ่มตั้งแต่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจนกระทั่งพบความผิดปกติ กล่าวคือ กระบวนการผลิตเปลี่ยนจากช่วงที่อยู่ในการควบคุมไปสู่ช่วงที่ไม่อยู่ในการควบคุมซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง จุด C ถึง จุด D ดังนั้นโอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ในช่วงการควบคุมจะมีค่าดังสมการที่ 4.1

$$P = 1 - \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_1)^x (1-p_1)^{n-x} \quad (4.1)$$

ส่วนค่าคาดหวังของช่วงเวลาของการเกิดสาเหตุความผิดปกติของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j และ $j+1$ จะมีค่าดังสมการที่ 4.2b

$$\tau = \frac{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda (t - jh) dt}{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda dt} \quad (4.2a)$$

$$= \left[\frac{1 - (1 + \lambda h)e^{-\lambda h}}{\lambda(1 - e^{-\lambda h})} \right] \cong \frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12} \quad (4.2b)$$

เพราะฉะนั้นค่าคาดหวังของเวลาที่กระบวนการผลิต จะไม่อยู่ในช่วงของการควบคุมก่อนที่สัญญาณเตือน จะถูกตรวจพบจะมีค่าดังสมการที่ 4.3b เมื่อกำหนดให้ h คือ ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างที่มีหน่วยเป็นชั่วโมง

$$\frac{h}{P} - \tau = \frac{h}{P} - \left[\frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12} \right] \quad (4.3a)$$

$$= h \left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right] \quad (4.3b)$$

2.2 ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม (ช่วงระหว่าง จุด D ถึง จุด E) ซึ่งโดยปกติแล้วเวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมนั้นจะแปรผันตรงกับขนาดตัวอย่าง n หน่วย ดังนั้นช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมมีค่าเท่ากับ gn

2.3 เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิต หลังจากที่เราพบว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่าที่กำหนดไว้หรือหรือช่วงเวลาที่มียุติ ๗ หนึ่งทีพล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียตกนอกขอบเขตควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ

D_d

ดังนั้นค่าคาดหวังของระยะเวลาของหนึ่งวงจรการผลิตในกรณีการผลิตแบบ Duncan Process จะมีค่าดังสมการที่ 4.4b

$$E(T_{duncan \ process}) = E(\text{ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ในช่วงของการควบคุม}) + E(\text{ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุม})$$

$$E(T_{duncan \ process}) = \frac{1}{\lambda} + \left(\frac{h}{P} - \tau\right) + gn + D_d \quad (4.4a)$$

$$= \frac{1}{\lambda} + h \left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right] + gn + D_d \quad (4.4b)$$

4.1.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

การพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process ของงานวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

4.1.1.1 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสุ่มและการทดสอบขนาดตัวอย่าง

ค่าใช้จ่ายนี้เกิดจากการสุ่มและการทดสอบขนาดตัวอย่าง n หน่วย จะมีค่าเท่ากับ $b + cn$ และค่าคาดหวังของจำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบจะมีค่าเท่ากับค่าคาดหวังของระยะเวลาของวงจรการผลิต หากด้วย ช่วงเวลาระหว่างการสุ่มตัวอย่างหรือมีค่าเท่ากับ $E(T_{duncan \ process})/h$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสุ่มและการทดสอบตัวอย่างจะมีค่าเท่ากับ $(b + cn)E(T_{duncan \ process})/h$

4.1.1.2 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติ

ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติ จะเกิดขึ้นในกรณีที่จำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมีค่ามากกว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้ ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นการส่งสัญญาณเตือนว่ากระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติ ซึ่งสัญญาณเตือนนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) และสัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm)

สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อความผิดปกติในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นจริงโดยที่ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ C_1P

สัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm) เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยที่มีค่าเท่ากับ $C_2\alpha$ เมื่อ α คือ ความเสี่ยงของผู้ผลิตที่ค่าเท่ากับ $1 - \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_0)^x (1-p_0)^{n-x}$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมของการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติมีค่าเท่ากับ $C_1P + C_2\alpha$

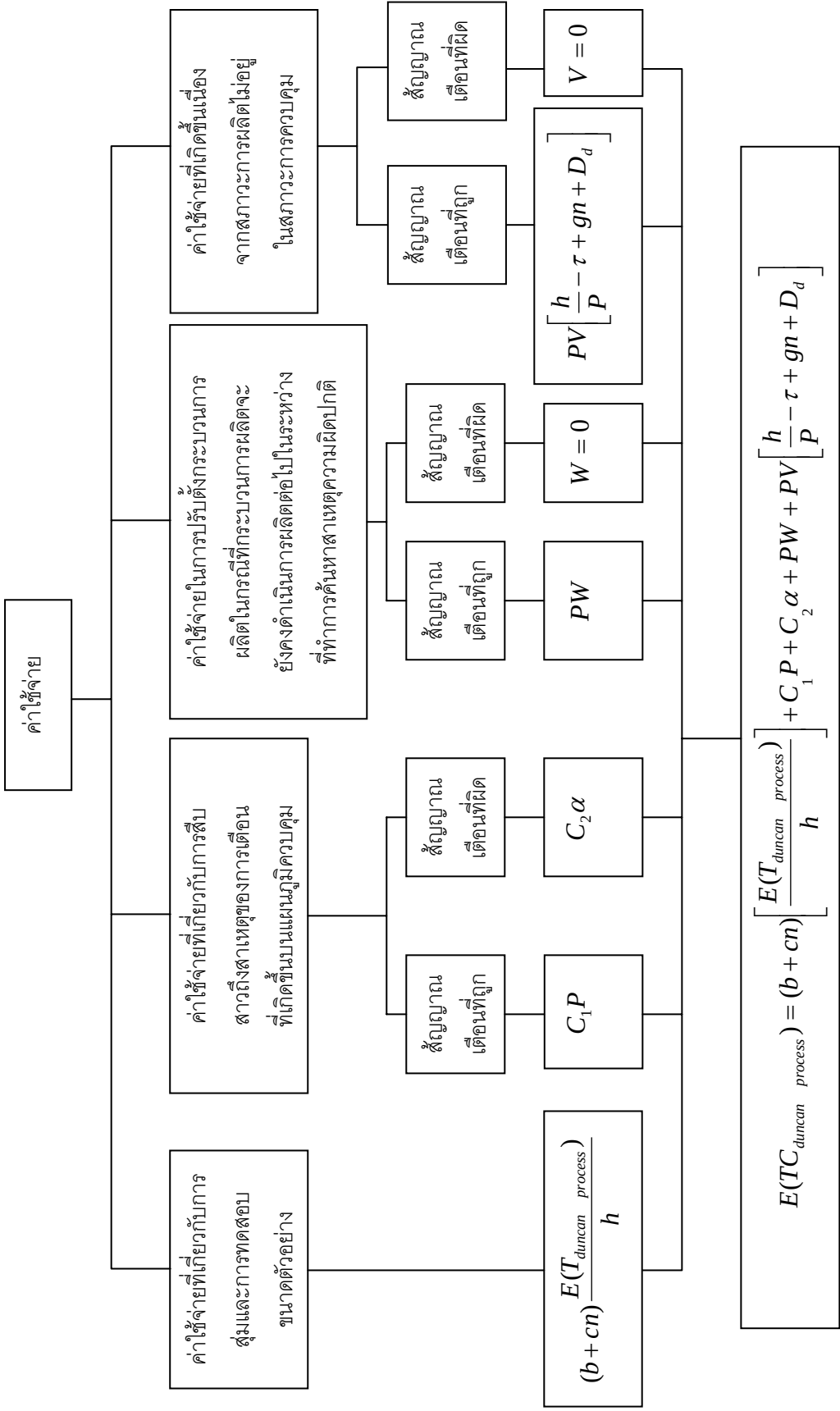
4.1.1.3 ค่าใช้จ่ายของการปรับตั้งกระบวนการผลิต

ในกรณีของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process ค่าใช้จ่ายนี้จะเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม ให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมและจะเกิดขึ้นเมื่อในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งหมายความว่า กระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจริง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการแก้ไขให้กระบวนการผลิตที่ไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมด้วย โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุม เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงระหว่างการควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ PW ในทำนองเดียวกันถ้าในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิด ซึ่งหมายความว่า กระบวนการผลิตไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นดังนั้นค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตจะไม่เกิดขึ้น

4.1.1.4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในการควบคุม

ค่าใช้จ่ายนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งหมายความว่ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจริง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป จากสภาวะที่อยู่ในการควบคุมไปสู่สภาวะที่ไม่อยู่ในการควบคุม คุณด้วย โอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะการควบคุมเมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงระหว่างการควบคุม โดยมีค่าเท่ากับ $PV \left[\frac{h}{P} - \tau + gn + D_d \right]$ ในทำนองเดียวกันถ้าในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิดซึ่งหมายความว่า กระบวนการผลิตไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในการควบคุมจะไม่เกิดขึ้น

จากค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาสรุปเป็นภาพได้ดังต่อไปนี้ โดยในภาพจะเป็นการแสดงถึง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process



ภาพที่ 4.2 แสดงถึงค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในวงจรการผลิตของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process ที่กล่าวข้างต้นสามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.2 ซึ่งมีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม $E(TC)$ ต่อวงจรการผลิตมีค่าดังสมการที่ 4.5

$$E(TC_{duncan \ process}) = (b + cn) \left[\frac{E(T_{duncan \ process})}{h} \right] + C_1 P + C_2 \alpha + PW + PV \left[\frac{h}{P} - \tau + gn + D_d \right] \quad (4.5)$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process มีค่าดังสมการที่ 4.6b

$$E(L_{duncan \ process}) = \frac{E(TC_{duncan \ process})}{E(T_{duncan \ process})} \quad (4.6a)$$

$$= \frac{(b + cn) \left[\frac{E(T_{duncan \ process})}{h} \right] + C_1 P + C_2 \alpha + PW + PV \left[h \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) + gn + D_d \right]}{\frac{1}{\lambda} + h \left(\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) + gn + D_d} \quad (4.6b)$$

จากฟังก์ชัน $E(L_{duncan \ process})$ ซึ่งเป็นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต โดยที่ $E(L_{duncan \ process})$ เป็นฟังก์ชันของแผนแบบ n, h และ d ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย ดังนั้นในกรณีที่ต้องการหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากการหาค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตโดยเปรียบเทียบกับค่าแผน n, h และ d

เมื่อทราบค่าแผนแบบ n และ d ที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุดแล้ว จากนั้นก็จะทำการคำนวณหาความเสี่ยงของผู้ผลิตและความเสี่ยงของผู้บริโภคจากสมการที่ 4.7 และ 4.8

$$\text{ความเสี่ยงของผู้ผลิต} \quad (\alpha) = 1 - \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_0)^x (1-p_0)^{n-x} \quad (4.7)$$

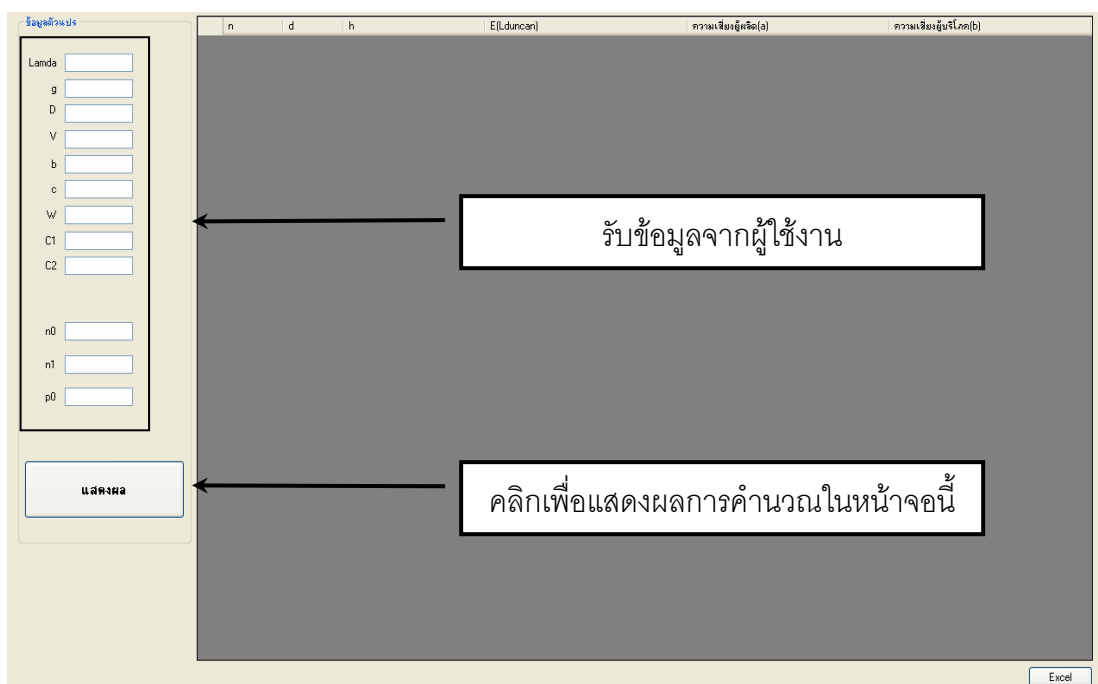
$$\text{ความเสี่ยงของผู้บริโภค} \quad (\beta) = \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_1)^x (1-p_1)^{n-x} \quad (4.8)$$

4.1.2 ผลการหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

การหาค่าแผนแบบ n, h และ d ที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุดพร้อมทั้งหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process ของงานวิจัยครั้งนี้ใช้การเขียนโปรแกรมภาษา C # โดยใช้เครื่องมือช่วยเขียนจาก Microsoft Visual Basic Studio 2008 มาใช้ในการดำเนินการคำนวณ

4.1.2.1 การทำงานของโปรแกรมโดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานของโปรแกรม ก่อนที่โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าแผนแบบ ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิต พร้อมทั้งหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค โดยโปรแกรมสามารถที่จะแสดงหน้าจอให้กรอกข้อมูล ซึ่งการกรอกข้อมูลนั้นสามารถที่จะบันทึก เพิ่มเติม แก้ไข และลบข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้งานได้ตามความต้องการดังแสดงให้เห็นได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.3 แสดงถึงหน้าจอกรอกข้อมูลของโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการคำนวณและการบันทึกผลของการคำนวณลงในฐานข้อมูลซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานของโปรแกรมมาจากส่วนที่ 1 ดังแสดงให้เห็นได้ดังภาพต่อไปนี้

ข้อมูลด้านปาร	n	d	h	E(L Duncan)	ความถี่ของจุด(a)	ความถี่ของจุด(b)
Lamda 0.25	1	0	1.5316060832732479	978.90645478176316	0.050000000000000044	0.05
g 0.05	1	1	1.5316060832732479	878.90645478176316	0.050000000000000044	0.05
D 0.5	2	0	1.9697497189323847	826.45379538406655	0.097500000000000031	0.002500000000000005
V 1000	2	1	1.1609987936821626	986.63489999409785	0.0025000000000000577	0.0975
b 500	2	2	1.1609987936821626	986.63489999409785	0.0025000000000000577	0.0975
c 5	3	0	2.1609296360219066	832.998036139586	0.142625000000000011	0.0001250000000000003
w 1000	3	1	1.6461140813545054	840.41362730395906	0.007250000000000009	0.0072500000000000012
C1 200	3	2	0.93276977162180574	1126.0836120481949	0.00012500000000004174	0.142625
C2 500	3	3	0.93276977162180574	1126.0836120481949	0.00012500000000004174	0.142625
n0 1	4	0	2.2626047321590161	852.158382057324	0.185493750000000012	6.2500000000000002E-06
n1 100	4	1	1.899565453316224	802.88194481949131	0.0140187500000000191	0.00048125000000000012
p0 0.05	4	2	1.4293853073211973	901.30440701953273	0.000481250000000021068	0.014018750000000003
	4	3	0.76278395059807413	1285.0341436450831	6.25000000002074785E-06	0.18549374999999999
	4	4	0.76278395059807413	1285.0341436450831	6.25000000002074785E-06	0.18549374999999999
	5	0	2.3328030063996046	874.13289919213616	0.226219062500000012	3.12500000000000013E-07
	5	1	2.0198413670443087	796.12941717048272	0.0225925000000000126	3.00000000000000011E-05
	5	2	1.7488074526324913	830.13432683093868	0.00115812500000001209	0.0011581250000000005
	5	3	1.2402665372854982	976.57117686566755	3.00000000000085514E-05	0.022592499999999998
	5	4	0.63008563202497366	1466.7142528641939	3.12500000009919177E-07	0.22621906249999998
	5	5	0.63008563202497366	1466.7142528641939	3.12500000009919177E-07	0.22621906249999998
	6	0	2.3907667588757047	896.30833463008264	0.26490810937500002	1.56250000000000006E-08
	6	1	2.0816723872431888	800.27494124575981	0.032773828125000293	1.79687500000000005E-06
	6	2	1.9274191297743468	805.65347517339194	0.0022298437500003487	8.640625E-05
	6	3	1.5974321241001286	870.73840459862276	8.6406250000337081E-05	0.0022298437500000005
	6	4	1.0752295395886204	1064.0781157590989	1.79687500003483081E-06	0.032773828125
	6	5	0.52383878470468	1675.6309150434963	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	6	6	0.52383878470468	1675.6309150434963	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	7	0	2.4427291090857759	917.94972085267568	0.30166270390625027	7.81250000000000048E-10
	7	1	2.120546951426106	808.5890508897814	0.044380542187500316	1.04687500000000003E-07
	7	2	2.0181725386843405	799.42921169168371	0.0037570429687503459	6.02734375000000038E-06
	7	3	1.8319611724365141	828.26090956725082	0.00019357812500031546	0.00019357812500000004

ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณเมื่อกรอกข้อมูลลงในโปรแกรมได้อย่างถูกต้องสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการแสดงผลของการคำนวณ โดยผู้วิจัยจะเขียนโปรแกรมเพื่อดึงข้อมูล (ผลของการคำนวณ) ที่บันทึกในฐานข้อมูลให้แสดงออกมาทาง Microsoft Excel ทั้งนี้ก็เพื่อนำค่าที่คำนวณได้มาหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดต่อไปดังแสดงให้เห็นได้ดังภาพต่อไปนี้

ข้อมูลตัวแปร	n	d	h	E(Lancan)	ความถี่เชิงรุก(a)	ความถี่เชิงรุก(b)
Lambda 0.25	1	0	1.5316060832732479	878.90645478176316	0.050000000000000044	0.05
g 0.05	1	1	1.5316060832732479	878.90645478176316	0.050000000000000044	0.05
d 0.5	2	0	1.9697497189323847	826.45379538406655	0.097500000000000031	0.002500000000000005
V 1000	2	1	1.1609987936821626	986.63489999409785	0.0025000000000000577	0.0975
b 500	2	2	1.1609987936821626	986.63489999409785	0.0025000000000000577	0.0975
c 5	3	0	2.1609296360219066	832.998036139586	0.142625000000000011	0.0001250000000000003
W 1000	3	1	1.6481140813545054	840.41362730395906	0.007250000000000009	0.0072500000000000012
C1 200	3	2	0.93276977162180574	1126.0836120481949	0.00012500000000004174	0.142625
C2 500	3	3	0.93276977162180574	1126.0836120481949	0.00012500000000004174	0.142625
n0 1	4	0	2.2626047321590161	852.158392057324	0.185493750000000012	6.2500000000000002E-06
n1 100	4	1	1.8985655453316224	802.88194481949131	0.0140187500000000191	0.0004812500000000012
p0 0.05	4	2	1.4293853073211973	901.30440701953273	0.000481250000000021068	0.0140187500000000012
	4	3	0.76278395059807413	1285.0341436450831	6.25000000002074785E-06	0.18549374999999999
	4	4	0.76278395059807413	1285.0341436450831	6.25000000002074785E-06	0.18549374999999999
	5	0	2.3328030063996046	874.13289919213616	0.226219062500000012	3.12500000000000013E-07
	5	1	2.0198413670443087	796.12941717048272	0.02259250000000000126	3.00000000000000011E-05
	5	2	1.7488074526324913	830.13432683093868	0.00115812500000001209	0.0011581250000000005
	5	3	1.2402665372854362	976.57117686566755	3.00000000000000055E-05	0.022592499999999998
	5	4	0.63008569202497366	1466.7142528641939	3.1250000009919177E-07	0.22621906249999998
	5	5	0.63008569202497366	1466.7142528641939	3.1250000009919177E-07	0.22621906249999998
	6	0	2.3907667588757047	896.30833463008264	0.2649081093750002	1.56250000000000006E-08
	6	1	2.0816723872431888	800.27494124575981	0.032773828125000293	1.79687500000000005E-06
	6	2	1.9274191297743468	805.65347517339194	0.0022298437500003487	8.640625E-05
	6	3	1.5974321241001286	870.73840459862276	8.6406250000337081E-05	0.0022298437500000005
	6	4	1.0752295395886204	1064.0781157590989	1.796875000034831E-06	0.032773828125
	6	5	0.52383878470468	1675.6309150434963	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	6	6	0.52383878470468	1675.6309150434963	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	7	0	2.4427291090857759	917.94972085267569	0.30166270390625027	7.8125E-10
	7	1	2.1205469951426106	808.58905088897814	0.044380542187500316	1.04687500000000003E-07
	7	2	2.0191725386843405	799.42921169168971	0.0037570429687503459	6.02734375000000038E-06
	7	3	1.8319611724365141	828.26098956725082	0.00019357812500031546	0.0001935781250000004

คลิกเพื่อให้ผลการคำนวณในหน้าจอนี้ไปแสดงผลใน Microsoft Excel

ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณในตัวโปรแกรม
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

Microsoft Excel - Duncan Process						
	A	B	C	D	E	F
1	n	d	h	e	a	b
2	1	0	1.53160608327325	878.906454781763	0.05	0.05
3	1	1	1.53160608327325	878.906454781763	0.05	0.05
4	2	0	1.96974971893238	826.453795384067	0.0975	0.0025
5	2	1	1.16099879368216	986.634899994098	0.0025000000000006	0.0975
6	2	2	1.16099879368216	986.634899994098	0.0025000000000006	0.0975
7	3	0	2.16092963602191	832.998036139586	0.142625	0.000125
8	3	1	1.64811408135451	840.413627303959	0.0072500000000009	0.00725
9	3	2	0.932769771621806	1126.08361204819	0.00012500000000042	0.142625
10	3	3	0.932769771621806	1126.08361204819	0.00012500000000042	0.142625
11	4	0	2.26260473215902	852.158392057324	0.18549375	6.25E-06
12	4	1	1.89856554533162	802.881944819491	0.0140187500000002	0.00048125
13	4	2	1.4293853073212	901.304407019533	0.000481250000000211	0.01401875
14	4	3	0.762783950598074	1285.03414364508	6.25000000020748E-06	0.18549375
15	4	4	0.762783950598074	1285.03414364508	6.25000000020748E-06	0.18549375
16	5	0	2.3328030063996	874.132899192136	0.2262190625	3.125E-07
17	5	1	2.01984136704431	796.129417170483	0.0225925000000001	3E-05
18	5	2	1.74880745263249	830.134326830939	0.00115812500000012	0.001158125
19	5	3	1.2402665372855	976.571176865668	3.00000000000855E-05	0.0225925
20	5	4	0.630085692024974	1466.71425286419	3.12500000099192E-07	0.2262190625
21	5	5	0.630085692024974	1466.71425286419	3.12500000099192E-07	0.2262190625
22	6	0	2.3907667588757	896.308334630083	0.264908109375	1.5625E-08
23	6	1	2.08167238724319	800.27494124575	0.0327738281250003	1.796875E-06
24	6	2	1.92741912977435	805.653475173392	0.00222984375000035	8.640625E-05
25	6	3	1.59743212410013	870.738404598623	8.64062500003371E-05	0.00222984375
26	6	4	1.07522953958862	1064.0781157591	1.796875000034831E-06	0.032773828125
27	6	5	0.52383878470468	1675.6309150435	1.56250002936176E-08	0.264908109375
28	6	6	0.52383878470468	1675.6309150435	1.56250002936176E-08	0.264908109375
29	7	0	2.44272910908578	917.949720852676	0.30166270390625	7.8125E-10
30	7	1	2.12054699514261	808.589050888978	0.0443805421875003	1.046875E-07
31	7	2	2.01917253868434	799.42921169167	0.00375704296875035	6.02734375E-06
32	7	3	1.83196117243651	828.260989567251	0.000193578125000315	0.000193578125

ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณใน Microsoft Excel
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

จากนั้นนำโปรแกรมทั้ง 3 ส่วนมารวมกันโดยจะต้องนำค่าตัวแปร คำสั่งและฟังก์ชันของแต่ละส่วนนั้นมารวมกันเพื่อที่จะทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถพิจารณาขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการคำนวณโดยดูได้จาก Flow Chart ซึ่งจะดังแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

4.1.2.2 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

งานวิจัยครั้งนี้มีสมการที่พิจารณา คือ สมการค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตและมีแผนแบบที่สนใจ คือ n, h และ d โดยสามารถสรุปขั้นตอนของการหาค่าแผนแบบ n, h และ d ได้ดังนี้

- 1) กำหนดค่าที่เป็นลงในสมการที่ 4.6b
- 2) กำหนดค่า n เป็นช่วงหรือเป็นค่าคงที่ (ตามความต้องการของผู้ใช้งาน) โดยเริ่มต้นที่ n เท่ากับ 1 และกำหนดค่า d เป็นค่าคงที่โดยเริ่มต้นที่ d เท่ากับ 0 และจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 ไปจนถึง n ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n
- 3) คำนวณค่า α จากสมการที่ 4.7 เมื่อกำหนดให้ p_0 เป็นค่าคงที่ที่ทราบค่าก่อนทำการคำนวณทุกครั้ง
- 4) คำนวณค่า P จากสมการที่ 4.1 เมื่อกำหนดให้ $p_1 = p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$
- 5) คำนวณค่า h เมื่อกำหนดให้ $h = \sqrt{\frac{\alpha(C_1 + C_2) + (b + cn)}{\lambda V(\frac{1}{P} - \frac{1}{2})}}$
- 6) นำค่าของแผนแบบ n, h และ d ที่คำนวณได้และค่าที่กำหนดไว้จากข้อที่ 1 แทนค่าลงในสมการที่ 4.6b อีกครั้ง
- 7) นำค่าของแผนแบบ n และ d ที่คำนวณได้ 1 แทนค่าลงในสมการที่ 4.7 และสมการที่ 4.8 เพื่อหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค
- 8) คำนวณค่า Loss-Cost , h, d และค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคของ n ตัวต่อไปโดยการทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 7 และโปรแกรมจะหยุดคำนวณเมื่อคำนวณครบตามขนาดของตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบ (n) ที่กำหนดไว้ในข้อ 2

4.1.2.3 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 1 บริษัทแห่งหนึ่งทำการผลิตสินค้าชนิดหนึ่ง โดยมีอัตราการผลิตอยู่ที่ 20 ชิ้นต่อชั่วโมงการผลิต ถ้าบริษัทนี้ทำการผลิต 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นบริษัทนี้จะมีขนาดของลพิษการผลิตอยู่ที่ 100 ชิ้นต่อวัน ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นจะกำหนดให้ โดยเฉลี่ยแล้วจะเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิตทุก 4 ชั่วโมง และมีเวลาในการสุ่มและตรวจสอบตัวอย่างต่อชิ้นเป็น 3 นาที โดยมีค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปรของการสุ่มตัวอย่างเป็น 500 บาทต่อครั้งและ 5 บาทต่อตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติเท่ากับ 30 นาที ซึ่งในการตรวจหาสาเหตุนั้นจะต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในกรณีที่หลังการตรวจพบว่า ไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 500 บาท และในกรณีที่ตรวจพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 200 บาท โดยถ้ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น จะทำให้เกิดความสูญเสียเท่ากับ 1,000 บาทต่อชั่วโมง และถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท และอัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมเท่ากับ 0.01 (ผู้ผลิตจะทำการสุ่มขนาดตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ 20 ชิ้น)

จากโจทย์กำหนดเป็นค่าตัวแปรได้ดังนี้

$\lambda = 0.25$	ครั้ง / ชั่วโมง	$c = 5$	บาท / ตัวอย่าง
$g = 0.05$	ชั่วโมง	$W = 1000$	บาท
$D_d = 0.5$	ชั่วโมง	$C_1 = 200$	บาท
$V = 1000$	บาท / ชั่วโมง	$C_2 = 500$	บาท
$b = 500$	บาท / ครั้งของการสุ่มตัวอย่าง	$p_0 = 0.01$	

การคำนวณสำหรับตัวอย่างที่ 1 จะทำการคำนวณหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละขนาดตัวอย่าง (n) เมื่อการสุ่มขนาดตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบมีขนาดเท่ากับ 20 ชิ้น โดยจะทำการคำนวณว่าขนาดตัวอย่างที่เท่าไรที่สุ่มมาแล้วทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด ซึ่งการคำนวณนั้นจะคำนวณขนาดตัวอย่างระหว่าง 1 ถึง 20 ตัวอย่าง พร้อมทั้งหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณนั้น จะแสดงให้เห็นได้ดังตารางต่อไปนี้

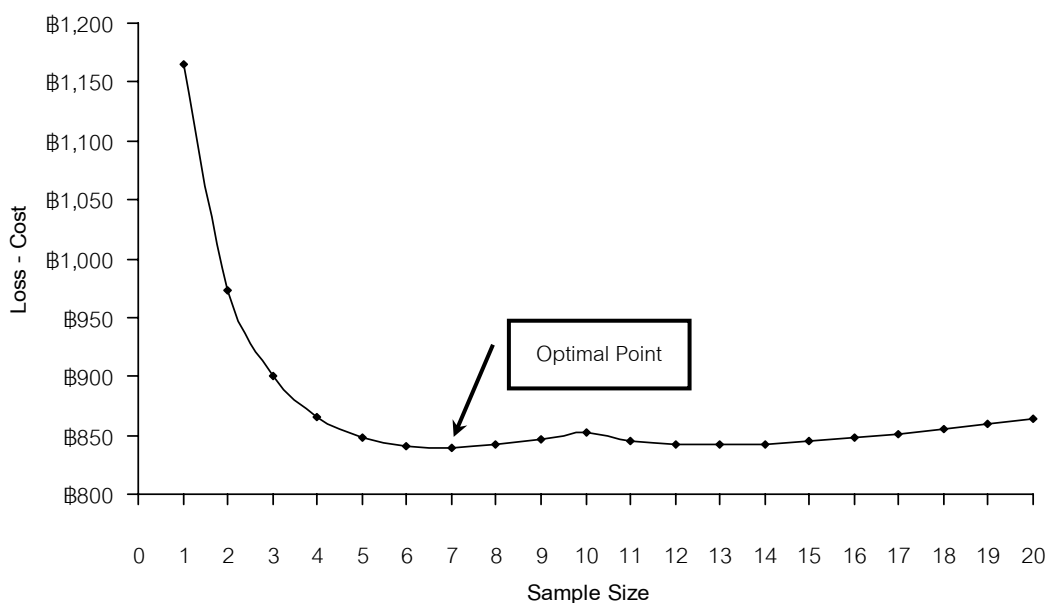
ตารางที่ 4.1 แสดงถึงค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่คำนวณได้เมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมา
ตรวจสอบ (n) เปลี่ยนแปลงไปสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

n	d	h	Loss-Cost	ความเสี่ยงของผู้ผลิต	ความเสี่ยงของผู้บริโภค
1	0	0.8643	1165.5965	0.01	0.01
2	0	1.2164	973.4767	0.0199	0.0001
3	0	1.4683	899.8843	0.029701	1.00E-06
4	0	1.6583	865.0678	0.03940399	1.00E-08
5	0	1.8035	848.2025	0.04900995	1.00E-10
6	0	1.9150	841.0547	0.058519851	1.00E-12
7*	0	2.0013	839.6292	0.067934652	1.00E-14
8	0	2.0689	841.7393	0.077255306	1.00E-16
9	0	2.1227	846.0942	0.086482753	1.00E-18
10	1	1.8333	851.6830	0.095617925	1.00E-20
11	1	1.9080	845.5518	0.005179717	1.09E-19
12	1	1.9690	842.5491	0.006174538	1.19E-21
13**	1	2.0187	841.7987	0.007248944	1.29E-23
14	1	2.0592	842.6803	0.008401244	1.39E-25
15	1	2.0926	844.7473	0.009629773	1.49E-27
16	1	2.1205	847.6751	0.010932892	1.59E-29
17	1	2.1441	851.2256	0.012308986	1.68E-31
18	1	2.1645	855.2242	0.013756464	1.78E-33
19	1	2.1824	859.5422	0.015273761	1.88E-35
20	1	2.1986	864.0850	0.016859338	1.98E-37

* หมายถึง แผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 0

** หมายถึง แผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 1

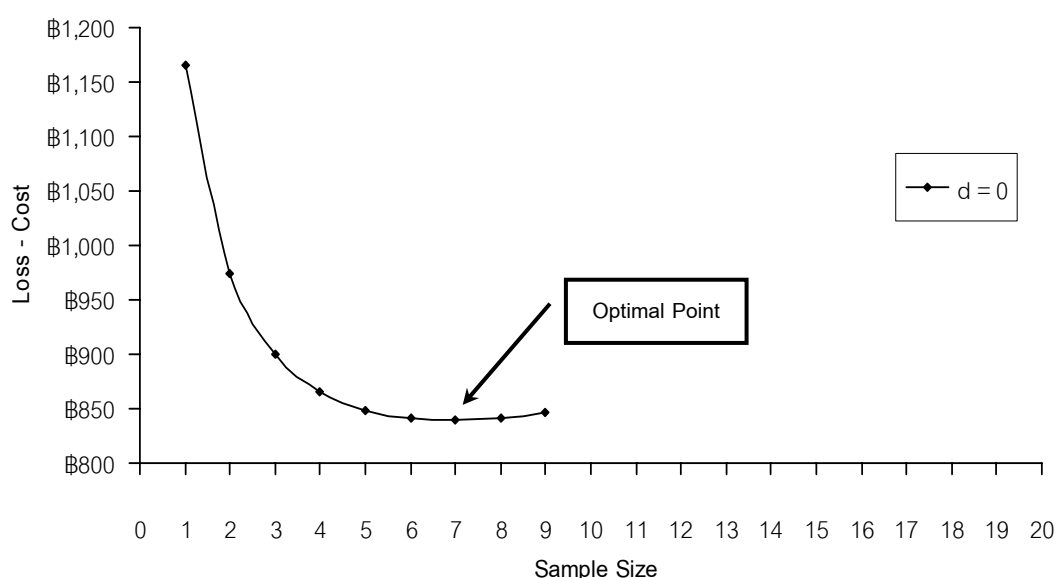
จากผลที่ได้ในตารางที่ 4.1 สามารถนำมาพล็อตกราฟได้ดังต่อไปนี้ ซึ่งกราฟจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบมีขนาดตัวอย่างอยู่ระหว่าง 1 ถึง 20 ตัวอย่าง



ภาพที่ 4.7 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นในแต่ละขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรตรวจสอบสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

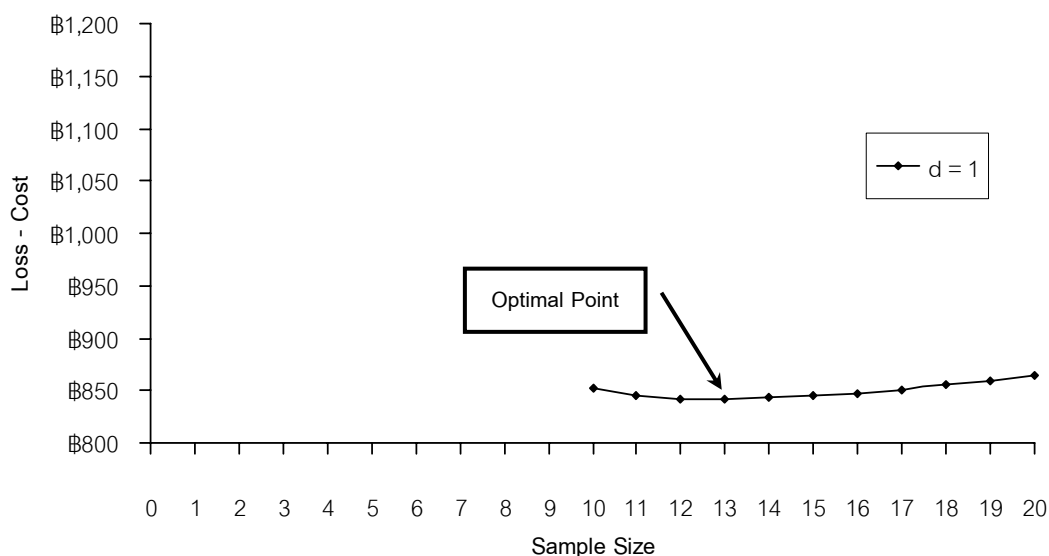
จากภาพที่ 4.7 สามารถสรุปได้ว่า ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง โดยมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเป็น 2.0013 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 839.6292 บาท แต่ถ้าพิจารณาจากภาพที่ 4.7 จะเห็นว่าเมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเท่ากับ 10 ตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นและเมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเท่ากับ 11 ตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตจะมีค่าลดลงและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้งที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า ในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้ โดยมีจำนวนที่มากขึ้นนั่นเองซึ่งสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.1 ดังนั้น เพื่อที่จะหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมในกรณีที่กระบวนการผลิตมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่

ยอมรับได้เพิ่มมากขึ้น จะทำการพล็อตกราฟใหม่โดยทำการพล็อตแยกกันระหว่างขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมাত্রตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 9 ตัวอย่างกับขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมাত্রตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 10 ถึง 20 ตัวอย่าง ดังพิจารณาได้จากภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.8 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นของขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมাত্রตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 9 ตัวอย่าง เมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับศูนย์ ($d = 0$) สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

จากภาพที่ 4.8 สามารถสรุปได้ว่า ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมাত্রตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง โดยมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมাত্রตรวจสอบเป็น 2.0013 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 839.6292 บาท



ภาพที่ 4.9 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นของขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 10 ถึง 20 ตัวอย่าง เมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย

มีค่าเท่ากับศูนย์ ($d = 1$) สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

จากภาพที่ 4.9 สามารถสรุปได้ว่าค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้นเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 1 คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 13 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 1 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 2.0187 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 841.7987 บาท แต่อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาจากค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดแล้วค่าแผนที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และ ช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 2.0013 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 839.6292 บาท พิจารณาได้จากภาพที่ 4.8

ดังนั้นจากค่าแผนแบบที่เหมาะสมในตัวอย่างที่ 1 สามารถนำมาหาความเหมาะสมของค่าแผนแบบที่จะใช้ในการตรวจสอบลอทการผลิตเพื่อที่จะแยกลอตดีและลอตไม่ดี ให้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยใช้หลักการคำนวณของเส้นโค้งโอซีหรือที่เรียกว่า OC curve ซึ่งในการ

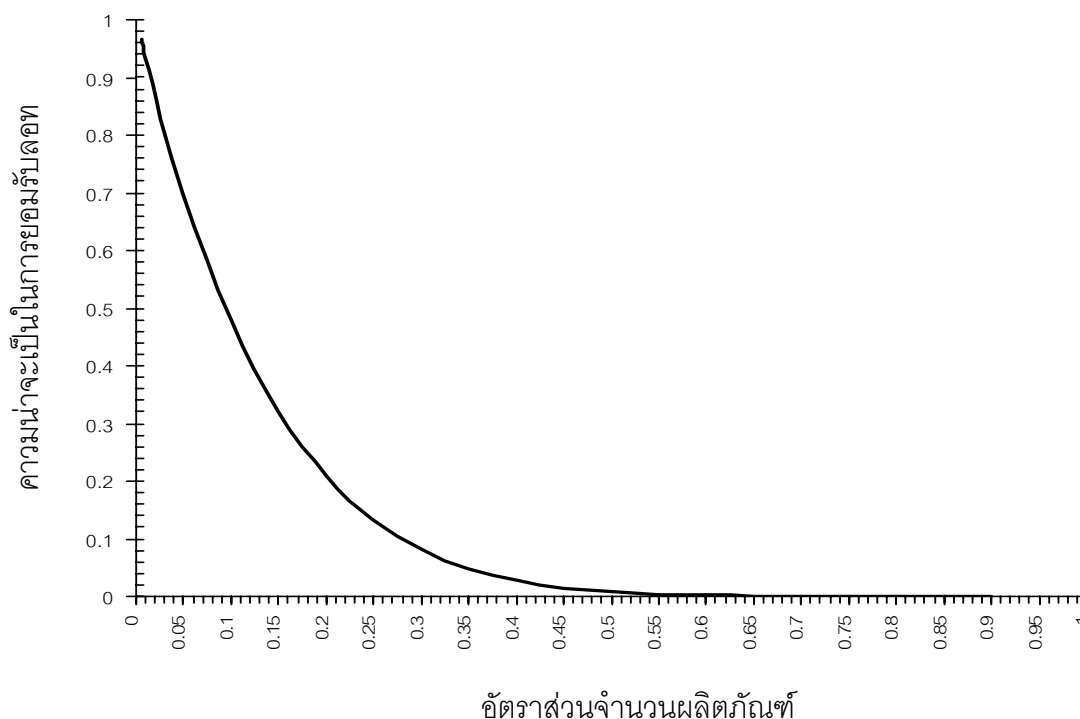
คำนวณนั้นจะนำค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตที่ต่ำที่สุด ดังนั้นจากตัวอย่างที่ 1 จะได้ค่าแผนแบบที่ประกอบไปด้วย ขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง และจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง ซึ่งจะนำค่าแผนแบบนี้มาคำนวณหาความน่าจะเป็นในการยอมรับลทผลิตภัณฑ์ดังแสดงให้เห็นได้ดังตารางต่อไป

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงความน่าจะเป็นในการยอมรับลทผลิตภัณฑ์ของแผนแบบที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดจากค่าแผนแบบที่เหมาะสมของตัวอย่างที่ 1

อัตราส่วนจำนวน ผลิตภัณฑ์เสีย	ความน่าจะเป็นในการ ยอมรับลทผลิตภัณฑ์	อัตราส่วนจำนวน ผลิตภัณฑ์เสีย	ความน่าจะเป็นในการ ยอมรับลทผลิตภัณฑ์
	$n = 7, d = 0$		$n = 7, d = 0$
0.005	0.9655	0.45	0.0152
0.01*	0.9320	0.5	0.0078
0.05	0.6983	0.55	0.0037
0.1	0.4782	0.6	0.0016
0.15	0.3205	0.65	0.0006
0.2	0.2097	0.7	0.0002
0.25	0.1334	0.75	0.00006
0.3	0.0823	0.8	0.000012
0.35	0.0490	0.85	0.0000017
0.4	0.0279	0.9	0.0000001

* หมายถึง อัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมที่กำหนดไว้ในตัวอย่างที่ 1

จากตาราง 4.2 แสดงให้เห็นว่า แผนแบบที่มีค่า $n = 7$ และ $d = 0$ มีค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับลทผลิตภัณฑ์เท่ากับ 0.9320 เมื่อกำหนดให้มีอัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.01 ดังนั้นความน่าจะเป็นในการปฏิเสธลทผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ $1 - 0.9320 = 0.067$ และจากตารางที่ 4.2 สามารถแสดงเป็นเส้นโค้งโอซี (OC curve) ของค่าแผนแบบที่เหมาะสมได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.10 แสดงถึงเส้นโค้ง OC curve ของค่าแผนแบบที่เหมาะสม
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

จากภาพที่ 4.10 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการยอมรับผลบกพร่องผลิตภัณฑ์กับอัตราส่วนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียในลอตการผลิต และเมื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer Risk) รวมถึงค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer Risk) จากตารางที่ 4.1 สรุปได้ว่า ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และ ช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 2.0013 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 839.6292 บาท เป็นค่าแผนแบบที่มีความสามารถในการแยกลอตที่ดี และลอตไม่ดีให้มีความแตกต่างกันได้ดี เมื่อพิจารณาจากความชันของเส้นโค้ง OC curve กล่าวคือ ถ้าอัตราส่วนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าลดลงแล้วความน่าจะเป็นในการยอมรับผลบกพร่องผลิตภัณฑ์จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกันในระบบการผลิต รวมถึงถ้าดูค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตที่มีค่าเท่ากับ 0.067934652 ซึ่งหมายความว่า ผู้ผลิตมีความเสี่ยงจากลอตที่มีผลิตภัณฑ์เสีย 0.01% จะถูกปฏิเสธเท่ากับ 6.79% นั่นคือผู้ผลิตจะต้องเสี่ยงเนื่องจากผู้บริโภคจะไม่ยอมรับลอตที่

ได้มาตรฐาน 6.79% นั่นเอง ซึ่งถือได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำหรือถ้าดูจากค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคที่มีค่าเท่ากับ $1.00E-14$ ซึ่งหมายความว่า ผู้บริโภคมีความเสี่ยงจาก ลอทที่มีผลิตภัณฑ์เสีย 0.01% จะถูกยอมรับ $1.00E-12\%$ นั่นคือผู้บริโภคจะต้องเสี่ยงเนื่องจากการยอมรับลอทที่ไม่ได้มาตรฐาน $1.00E-12\%$ นั่นเอง ซึ่งถือได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ๆ ดังนั้น ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 7 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 2.0013 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 839.6292 บาท เป็นค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ ในกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process

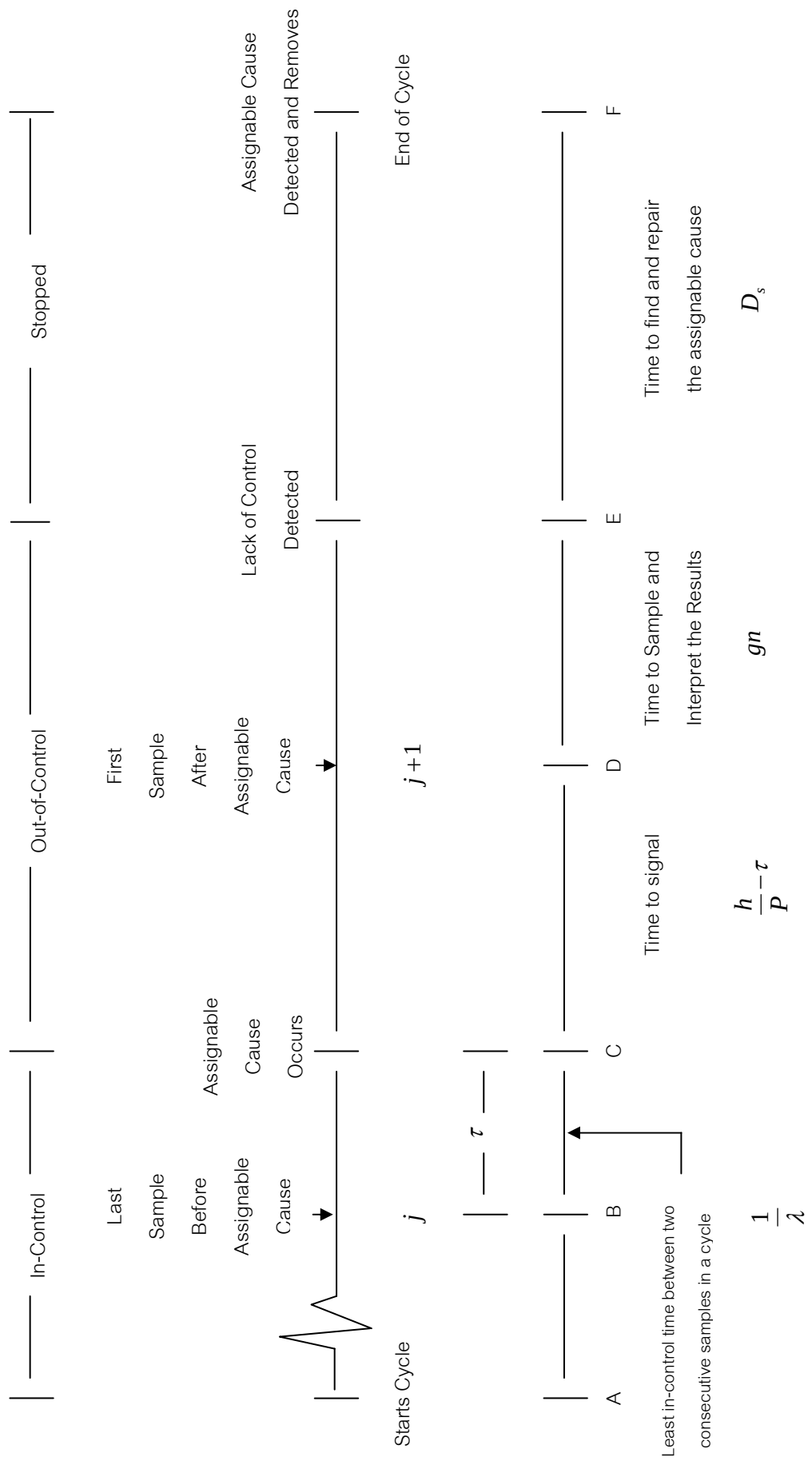
4.2 แผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียสำหรับกระบวนการผลิต

แบบ Shutdown Process

เนื่องการผลิตแบบ Duncan Process ที่มีข้อสมมุติว่ากระบวนการผลิตจะยังดำเนินการผลิตต่อไปในระหว่างการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นในการผลิต ซึ่งในหลาย ๆ กระบวนการผลิตในระบบการผลิตทางอุตสาหกรรม ข้อจำกัดดังกล่าวอาจไม่เป็นจริงในบางระบบการผลิต ซึ่งจะมีผลทำให้การกำหนดรูปแบบของวงจรการผลิตและค่าใช้จ่ายในการผลิตมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ในการศึกษาถึงแผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ของการวิจัยในครั้งนี้มีข้อสมมุติว่ากระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิตและทำการกำจัดสาเหตุความผิดปกติในการผลิต

ลักษณะของกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีข้อสมมุติว่ากระบวนการผลิตจะหยุดเพื่อค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต และทำการกำจัดสาเหตุความผิดปกติในการผลิต ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการผลิตครั้งต่อไปอยู่ในสภาวะการควบคุม (In-Control) และให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตที่ต่ำที่สุด จะมีการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่เพื่อให้การดำเนินการผลิตในช่วงต่อไปมีสภาวะการผลิตที่อยู่ในสภาวะการควบคุม ซึ่งการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่นี้เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำเนินการผลิตในช่วงต่อไป

แผนแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ของการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นการพิจารณาจากกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process โดยมีข้อสมมุติเพิ่มเติม คือ เมื่อพบว่าเกิดความผิดปกติในการผลิตแล้ว กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตเพื่อทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้น และเมื่อทำการกำจัดสาเหตุความผิดปกติในการผลิตแล้ว ทุกครั้งก่อนทำการผลิตครั้งต่อไปจะต้องมีการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่เสมอ ดังนั้นจะมีเวลาและค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตรวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไป เมื่อกระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้องในการพิจารณาถึงวงจรการผลิตและรูปแบบของค่าใช้จ่าย ดังนั้นรูปแบบทางเศรษฐศาสตร์ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียในกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ของการวิจัยในครั้งนี้จะแบ่งวงจรการผลิตออกเป็น 3 ช่วงเวลา ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 แสดงถึงวงจรการผลิตแบบ Shutdown Process

จากภาพที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตจะเริ่มจากการผลิตที่อยู่ในสภาวะการควบคุม กล่าวคือ สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ p_0 (จุด A) โดยในระหว่างนั้นการผลิตจะมีการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาเพื่อทดสอบโดยมีขนาดตัวอย่างเท่ากับ n หน่วย และทำการสุ่มตัวอย่างทุก h ช่วงเวลา ซึ่งถ้าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มมีค่าน้อยกว่า d แล้ว กระบวนการผลิตก็ยังคงดำเนินต่อไป จนกระทั่งเมื่อผลจากการสุ่มตัวอย่างนั้นให้ค่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่า d แล้ว (จุด E) จะดำเนินการสืบสาวถึงสาเหตุความผิดปกติที่เกิดขึ้นและกำหนดให้สัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ p_1 โดยในระหว่างนั้น กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาความผิดปกติในการผลิต และหลังจากที่กระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิต (ระหว่าง จุด E ถึง จุด F) จะเป็นช่วงเวลาที่ทำการตรวจสอบว่าสัญญาณเตือนที่ออกมาเป็นสัญญาณเตือนที่ถูกหรือสัญญาณเตือนผิด ถ้าเป็นสัญญาณเตือนที่ถูก แสดงว่า มีความผิดปกติเกิดขึ้นจริงในการผลิต จากนั้นจะทำการแก้ไขความผิดปกติของกระบวนการผลิตและทำการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่นี้ก็เพื่อให้การผลิตในครั้งต่อไปอยู่ช่วงของสภาวะการควบคุม แต่ถ้าเป็นสัญญาณเตือนที่ผิด แสดงว่า ไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นจริงในการผลิต กระบวนการผลิตก็จะทำการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่นี้ก็เพื่อให้การผลิตในครั้งต่อไปอยู่ในช่วงของสภาวะการควบคุม อย่างไรก็ตามการเกิดความผิดปกตินี้อาจเกิดขึ้นในช่วงก่อนการสุ่มตัวอย่าง กล่าวคือ อาจเกิดขึ้นในช่วงเวลาใดก็ได้ระหว่างการสุ่มตัวอย่างครั้งที่ผ่านมา (จุด B) กับการสุ่มตัวอย่างครั้งที่ทำให้มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่า d (จุด D) ซึ่งจากภาพที่ 4.11 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นที่จุด C และในส่วนของกระบวนการดำเนินการผลิตนั้นสามารถแบ่งออกเป็นช่วงเวลาได้ดังนี้

1. ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ในช่วงของการควบคุม ซึ่งเริ่มจากกระบวนการผลิตกลับเข้าสู่สภาวะปกติ หลังจากการปรับตั้งกระบวนการผลิตครั้งที่ผ่านมา จนกระทั่งกระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น ซึ่งอยู่ในช่วง จุด A ถึง จุด C โดยการเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิต เป็นไปตามการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution) ดังนั้น ค่าคาดหวังของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตจะยังคงอยู่ในช่วงของการควบคุมจะมีค่าเท่ากับ

$$1/\lambda$$

2. ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุม มีค่าคาดหวังของช่วงเวลาเท่ากับ $\frac{h}{P} - \tau + gn$ โดยรายละเอียดของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุมสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

2.1 เมื่อกระบวนการผลิตไม่อยู่ในช่วงของการควบคุม นั่นคือ มีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเท่ากับ p_1 ดังนั้นช่วงเวลาที่เริ่มตั้งแต่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจนกระทั่งพบความผิดปกติ กล่าวคือ กระบวนการผลิตเปลี่ยนจากช่วงที่อยู่ในการควบคุมไปสู่ช่วงที่ไม่อยู่ในการควบคุมซึ่งอยู่ในช่วงระหว่าง จุด C ถึง จุด D ดังนั้นโอกาสที่ผลของการสุ่มตัวอย่างจะชี้ให้เห็นว่าสภาวะการผลิตไม่อยู่ในช่วงการควบคุมจะมีค่าดังสมการที่ 4.9

$$P = 1 - \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_1)^x (1-p_1)^{n-x} \quad (4.9)$$

ส่วนค่าคาดหวังของช่วงเวลาของการเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิต ที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างตัวอย่างที่ j และ $j+1$ จะมีค่าดังสมการที่ 4.10b

$$\tau = \frac{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda (t - jh) dt}{\int_{jh}^{(j+1)h} e^{-\lambda t} \lambda dt} \quad (4.10a)$$

$$= \left[\frac{1 - (1 + \lambda h)e^{-\lambda h}}{\lambda(1 - e^{-\lambda h})} \right] \cong \frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12} \quad (4.10b)$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของเวลาที่กระบวนการผลิตจะไม่อยู่ในช่วงของการควบคุมก่อนที่จะสัญญาณเตือนจะถูกตรวจพบจะมีค่าดังสมการที่ 4.11b เมื่อกำหนดให้ h คือ ช่วงเวลาในการสุ่มตัวอย่างที่มีหน่วยเป็นชั่วโมง

$$\frac{h}{P} - \tau = \frac{h}{P} - \left[\frac{h}{2} - \frac{\lambda h^2}{12} \right] \quad (4.11a)$$

$$= h \left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right] \quad (4.11b)$$

2.2 ช่วงเวลาในการสุ่มและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุม (ช่วงระหว่าง จุด D ถึง จุด E) ซึ่งโดยปกติแล้ว เวลาที่ใช้ในการสุ่มตัวอย่างและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมนั้นจะแปร

ผันตรงกับขนาดตัวอย่าง n หน่วย ดังนั้นช่วงเวลาในการสุ่มและการแสดงผลบนแผนภูมิควบคุมมีค่าเท่ากับ gn

3. ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตหยุดการผลิต (ช่วงระหว่าง จุด E ถึง จุด F) ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิต หลังจากพบว่ามีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่าที่กำหนดไว้หรือช่วงเวลาที่ไม่มีจุด ๆ หนึ่งที่พล็อตค่าลงบนแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสียตกออกนอกขอบเขตควบคุมโดยมีค่าดังสมการต่อไปนี้

$$D_s = A \left[\frac{\alpha}{\lambda h} \right] + D_t + S \quad (4.12)$$

โดยรายละเอียดของช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตหยุดการผลิตสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

3.1 ช่วงเวลาในการค้นหาการเกิดการเตือน โดยกำหนดให้ A คือ เวลาที่คาดหวังในการค้นหาการเตือนในแต่ละครั้ง ดังนั้นค่าคาดหวังของช่วงเวลาที่เกิดการเตือนจะมีค่าเท่ากับ A คูณด้วยจำนวนครั้งของการเกิดการเตือนซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{\alpha}{\lambda h}$ ดังนั้นค่าคาดหวังของช่วงเวลาในการค้นหาการเตือนจะมีค่าเท่ากับ $A \left[\frac{\alpha}{\lambda h} \right]$

3.2 ช่วงเวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติและทำการแก้ไขกระบวนการผลิตหลังจากที่พบว่ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งหมายความว่า กระบวนการผลิตเกิดจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมากกว่าที่กำหนดไว้ หรือกระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจริงโดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ D_t

3.3 ช่วงเวลาในการปรับตั้งกระบวนการผลิตใหม่เพื่อให้กระบวนการผลิตเข้าสู่สภาวะการควบคุมอีกครั้งมีค่าคงที่เท่ากับ S

ดังนั้นถ้ากำหนดให้ $E(T_{shutdown \ process})$ คือ ค่าคาดหวังของวงจรการผลิตในกรณีกระบวนการผลิตเป็นแบบ Shutdown Process แล้ว ค่าคาดหวังของระยะเวลาของหนึ่งวงจรของการผลิตในกรณีกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process จะมีค่าเท่ากับ

$$\begin{aligned} E(T_{shutdown \ process}) = & E (\text{ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะการควบคุม} + \\ & E (\text{ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตไม่อยู่ในสภาวะควบคุม}) + \\ & E (\text{ช่วงเวลาที่กระบวนการผลิตหยุดการผลิต}) \end{aligned}$$

$$E(T_{\text{shutdown process}}) = \frac{1}{\lambda} + h \left[\frac{1}{P} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right] + gn + D_s \quad (4.13)$$

4.2.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับการผลิตแบบ Shutdown Process

การพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ของงานวิจัยครั้งนี้จะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายดังต่อไปนี้

4.2.1.1 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสุ่มและการทดสอบขนาดตัวอย่าง

ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการสุ่มและการทดสอบขนาดตัวอย่าง n หน่วย จะมีค่าเท่ากับ $b + cn$ คุณด้วยค่าคาดหวังของตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาในขณะที่กระบวนการผลิตยังคงดำเนินการผลิตอยู่ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{\lambda} + \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) h + gn / h$ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการสุ่มและการทดสอบในหนึ่งวงจรการผลิตจะมีค่าเท่ากับ $(b + cn) \left(\frac{1}{\lambda} + \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) h + gn \right) / h$

4.2.1.2 ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติ

ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติ จะเกิดขึ้นในกรณีที่มียาจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมีค่ามากกว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้ ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นการส่งสัญญาณเตือนว่ากระบวนการผลิตเกิดความผิดปกติ ซึ่งสัญญาณเตือนนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) และสัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm)

สัญญาณเตือนที่ถูกต้อง (True Alarm) เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อความผิดปกติในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นจริง โดยที่ค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายในกรณีนี้มีค่าเท่ากับ $C_1 P$

สัญญาณเตือนที่ผิด (False Alarm) เป็นสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นเมื่อไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตโดยที่มีค่าเท่ากับ $C_2 \alpha$ เมื่อ α คือ ความเสี่ยงของผู้ผลิตที่ค่า

$$\text{เท่ากับ } 1 - \sum_{x=0}^d \frac{n!}{x!(n-x)!} (p_0)^x (1-p_0)^{n-x}$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมของการสืบสาวถึงสาเหตุของความผิดปกติมีค่าเท่ากับ

$$C_1 P + C_2 \alpha$$

4.2.1.3 ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิต

ในกรณีที่กระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิตในระหว่างที่ทำการค้นหาสาเหตุความผิดปกติในการผลิต ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตและทำการแก้ไขให้กระบวนการผลิตกลับมาสู่สภาวะปกติจะเกิดขึ้น เมื่อในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูกซึ่งหมายความว่ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจริงโดยมีค่าเท่ากับ PW ในทำนองเดียวกัน ถ้าในกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิดซึ่งหมายความว่ากระบวนการผลิตไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งกระบวนการผลิตจะไม่เกิดขึ้น

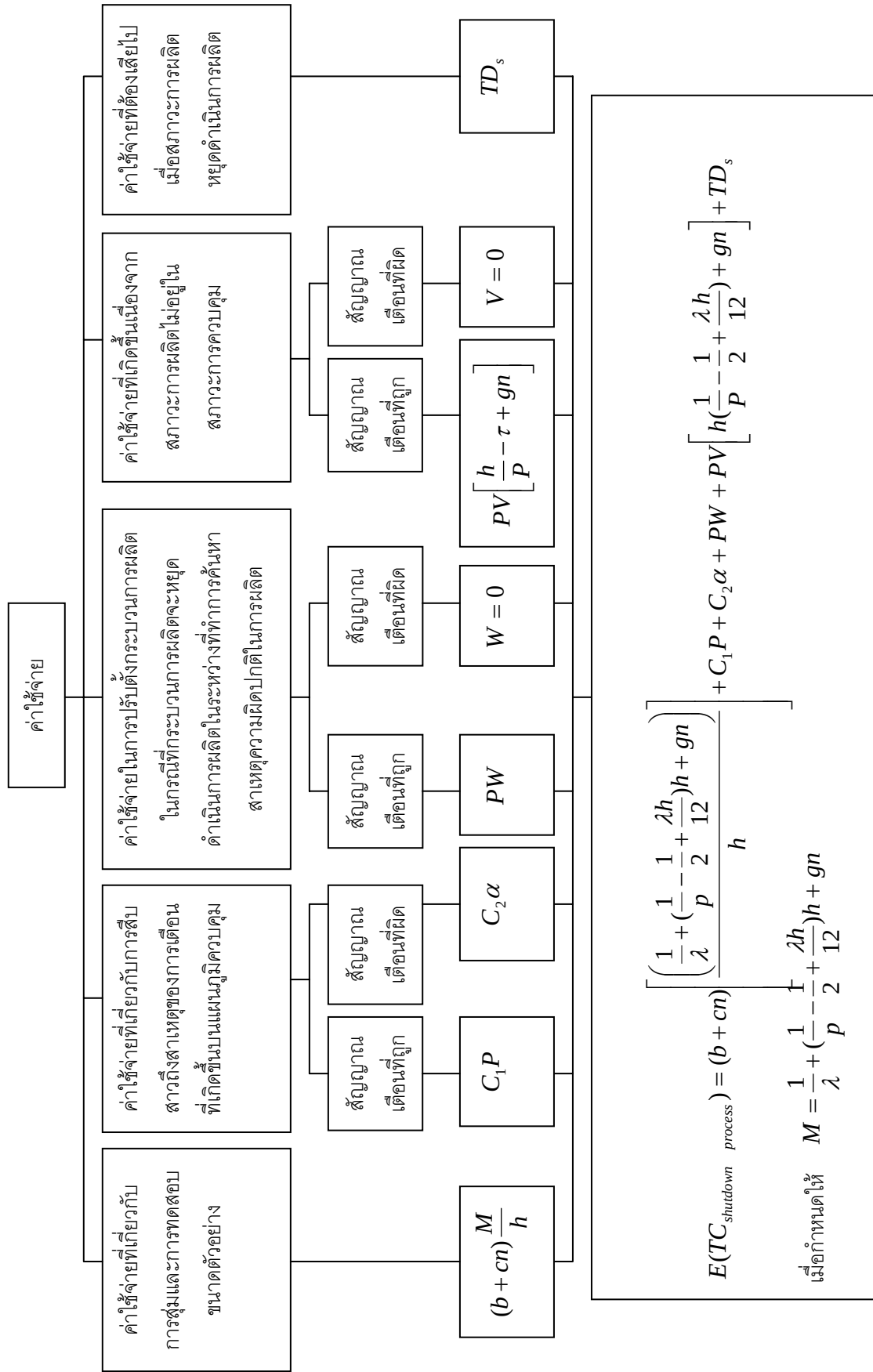
4.2.1.4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในการควบคุม

ค่าใช้จ่ายนี้จะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ถูก ซึ่งหมายความว่ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้นจริง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตที่เปลี่ยนแปลงจากสภาวะที่อยู่ในการควบคุมไปสู่สภาวะที่ไม่อยู่ในการควบคุมโดยมีค่าเท่ากับ $PV \left[\frac{h}{P} - \tau + gn \right]$ ในทำนองเดียวกันถ้ากระบวนการผลิตเกิดสัญญาณเตือนที่ผิดซึ่งหมายความว่ากระบวนการผลิตไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้น ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาวะการผลิตไม่อยู่ในการควบคุมจะไม่เกิดขึ้น

4.2.1.5 ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต

ถ้ากำหนดให้ T คือ ค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิตจะมีค่าเท่ากับ TD_s โดยที่ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะเกิดขึ้นไม่ว่าสัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นจะเป็นสัญญาณเตือนที่ถูกหรือสัญญาณเตือนที่ผิด

จากค่าใช้จ่ายที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาสรุปเป็นภาพได้ดังต่อไปนี้ โดยในภาพจะเป็นการแสดงถึง ค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งวงจรการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process



ภาพที่ 4.12 แสดงถึงค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการผลิตสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในวงจรการผลิตของกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ที่กล่าวข้างต้นสามารถพิจารณาได้จากภาพที่ 4.12 ซึ่งมีค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายรวม $E(TC)$ ต่อวงจรการผลิตมีค่าดังสมการที่ 4.13

$$E(TC_{shutdown \ process}) = (b + cn) \left[\left(\frac{1}{\lambda} + \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) h + gn \right) / h \right] + C_1 P + C_2 \alpha + PW + PV \left[h \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) + gn \right] + TD_s \quad (4.14)$$

ดังนั้นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายที่สูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตในกรณีกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีค่าเป็น

$$E(L_{shutdown \ process}) = \frac{E(TC_{shutdown \ process})}{E(T_{shutdown \ process})} \quad (4.15a)$$

$$= \frac{(b + cn) \left[\frac{M}{h} \right] + C_1 P + C_2 \alpha + PW + PV \left[h \left(\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right) + gn \right] + TD_s}{\frac{1}{\lambda} + h \left[\frac{1}{p} - \frac{1}{2} + \frac{\lambda h}{12} \right] + gn + D_s} \quad (4.15b)$$

จากฟังก์ชัน $E(L_{shutdown \ process})$ ซึ่งเป็นค่าคาดหวังของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยที่ $E(L_{shutdown \ process})$ เป็นฟังก์ชันของพารามิเตอร์ n, h และ d ของแผนภูมิควบคุมจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย ดังนั้นในกรณีที่ต้องการหาค่าแผนแบบที่เหมาะสม สามารถพิจารณาโดยการหาค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตเทียบกับค่าแผนแบบ n, h และ d

4.2.2 ผลการหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

การหาค่าแผนแบบ n, h และ d ที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ของงานวิจัยครั้งนี้ใช้การเขียนโปรแกรมภาษา C # โดยใช้เครื่องมือช่วยเขียนจาก Microsoft Visual Basic Studio 2008 มาใช้ในการดำเนินการคำนวณ

4.2.2.1 การทำงานของโปรแกรมโดยจะแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก ๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานของโปรแกรม ก่อนที่โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าแผนแบบ ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิต พร้อมทั้งหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค โดยโปรแกรมสามารถที่จะแสดงหน้าจอให้กรอกข้อมูล ซึ่งการกรอกข้อมูลนั้นสามารถที่จะบันทึก เพิ่มเติม แก้ไข และลบข้อมูลพื้นฐานของผู้ใช้งานได้ตามต้องดังแสดงในภาพต่อไปนี้

ภาพที่ 4.13 แสดงถึงหน้าจอกรอกข้อมูลของโปรแกรมเพื่อใช้ในการคำนวณ
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการคำนวณและการบันทึกผลของการคำนวณลงในฐานข้อมูล ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากผู้ใช้งานของโปรแกรมมาจากส่วนที่ 1 ดังแสดงในภาพต่อไปนี้

ข้อมูลด้าน	n	d	h	E(Lshutdwn)	ความเสียหายต่อ(a)	ความเสียหายต่อ(b)
Lambda 0.25	1	0	1.5319605806934038	933.98310281538079	0.050000000000000044	0.05
g 0.05	1	1	1.5319605806934038	933.98310281538079	0.050000000000000044	0.05
D 0.5	2	0	1.9714521822743336	894.8299318373613	0.097500000000000031	0.002500000000000005
V 1000	2	1	1.1621325818368022	1034.2212184791106	0.0025000000000000577	0.0975
b 500	2	2	1.1621325818368022	1034.2212184791106	0.0025000000000000577	0.0975
c 5	3	0	2.16487999051376	906.03893097682032	0.142625000000000011	0.0001250000000000003
w 1000	3	1	1.6496710293285797	914.73719744520588	0.007250000000000009	0.007250000000000012
C1 200	3	2	0.9348048094195911	1163.3927130420473	0.00012500000000004174	0.142625
C2 500	3	3	0.9348048094195911	1163.3927130420473	0.00012500000000004174	0.142625
n0 1	4	0	2.2695575639165027	928.3627189389624	0.185437500000000012	6.250000000000002E-06
n1 100	4	1	1.9057189941875983	888.56719783267408	0.0140187500000000191	0.00048125000000000012
p0 0.05	4	2	1.434868865553687	973.94916096151667	0.000481250000000021068	0.014018750000000003
S 0.5	4	3	0.76571209013746366	1312.0641030653003	6.2500000002074785E-06	0.18543749999999999
T 1000	4	4	0.76571209013746366	1312.0641030653003	6.2500000002074785E-06	0.18543749999999999
A 0.05	5	0	2.3434467187844827	953.425474387633	0.226219062500000012	3.12500000000000013E-07
	5	1	2.0314791274907358	888.72378618860193	0.0225925000000000126	3.00000000000000011E-05
	5	2	1.7591702682837875	918.62676124527411	0.00115812500000001209	0.0011581250000000005
	5	3	1.247626940627379	1046.1483513432345	3.000000000000000514E-05	0.022592499999999998
	5	4	0.63382510426228611	1483.407355880598	3.12500000009919177E-07	0.22621906249999998
	5	5	0.63382510426228611	1483.407355880598	3.12500000009919177E-07	0.22621906249999998
	6	0	2.4057573824586358	978.9519590901312	0.2649081093750002	1.56250000000000006E-08
	6	1	2.098545260741925	898.29361167742081	0.032773828125000293	1.796875000000000005E-06
	6	2	1.9436674673158358	903.440283989636	0.0022298437500003487	8.640625E-05
	6	3	1.6109365968926852	960.27209055692643	8.6406250000337081E-05	0.0022298437500000005
	6	4	1.0843203946353646	1129.7731620722827	1.7968750003483081E-06	0.032773828125
	6	5	0.52826774934962428	1681.6795452925785	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	6	6	0.52826774934962428	1681.6795452925785	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
	7	0	2.4626989939031367	1004.2815761902609	0.30166270390625027	7.91250000000000048E-10
	7	1	2.1433691096145067	911.52165099085835	0.044380542187500316	1.046875000000000003E-07
	7	2	2.0410352615001748	903.98951107431378	0.0037570423687503459	6.027343750000000038E-06
	7	3	1.8528106058640679	929.34393689648175	0.00019357812500031546	0.0001935781250000004

ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณเมื่อกรอกข้อมูลลงในโปรแกรมได้อย่างถูกต้องสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

ส่วนที่ 3 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับการแสดงผลของการคำนวณ โดยผู้วิจัยจะเขียนโปรแกรมเพื่อดึงข้อมูล (ผลของการคำนวณ) ที่บันทึกในฐานข้อมูลให้แสดงออกมาทาง Microsoft Excel ทั้งนี้เพื่อนำค่าที่คำนวณได้มาหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดต่อไปดังแสดงให้เห็นดังภาพต่อไปนี้

รูปแสดงโปรแกรม

Lambda: 0.25
 g: 0.05
 D: 0.5
 V: 1000
 b: 500
 c: 5
 W: 1000
 C1: 200
 C2: 500
 n0: 1
 n1: 100
 p0: 0.05
 S: 0.5
 T: 1000
 A: 0.05

แสดงผล

n	d	h	E(Lifetime)	ความถี่ของคลื่น(a)	ความถี่ของคลื่น(b)
1	0	1.5319605806934038	933.98310281538079	0.050000000000000044	0.05
1	1	1.5319605806934038	933.98310281538079	0.050000000000000044	0.05
2	0	1.971452182274336	894.8299318373613	0.097500000000000031	0.002500000000000005
2	1	1.1621325818368022	1034.2212184791106	0.0025000000000000577	0.0975
2	2	1.1621325818368022	1034.2212184791106	0.0025000000000000577	0.0975
3	0	2.164879990051376	906.03893097682032	0.142625000000000011	0.0001250000000000003
3	1	1.6496710293285797	914.73719744520588	0.007250000000000009	0.007250000000000012
3	2	0.9348048094195911	1163.3927130420473	0.00012500000000004174	0.142625
3	3	0.9348048094195911	1163.3927130420473	0.00012500000000004174	0.142625
4	0	2.2695575639165027	928.36271899389624	0.185493750000000012	6.2500000000000002E-06
4	1	1.9057189941875983	888.56719783267408	0.0140187500000000191	0.00048125000000000012
4	2	1.434868865553687	973.94916096151667	0.000481250000000021068	0.014018750000000003
4	3	0.76571209013746366	1312.0641030653003	6.2500000002074785E-06	0.18549374999999999
4	4	0.76571209013746366	1312.0641030653003	6.2500000002074785E-06	0.18549374999999999
5	0	2.3434467187844827	953.425474387633	0.226219062500000012	3.12500000000000013E-07
5	1	2.0314791274907358	888.72378618860193	0.0225925000000000126	3.00000000000000011E-05
5	2	1.7591702682637875	918.62676124527411	0.00115812500000001209	0.0011581250000000005
5	3	1.247626940627979	1046.1483513432345	3.00000000000085514E-05	0.02259249999999999
5	4	0.63382510426228611	1483.4073558880598	3.1250000009919177E-07	0.22621906249999998
5	5	0.63382510426228611	1483.4073558880598	3.1250000009919177E-07	0.22621906249999998
6	0	2.4057573824586358	978.95195590901312	0.2649081093750002	1.56250000000000006E-08
6	1	2.098545260741925	898.29361167742081	0.032773828125000293	1.79687500000000005E-06
6	2	1.9436674673158358	903.440283989636	0.0022298437500003487	8.640625E-05
6	3	1.6109365968926852	960.27208056692643	8.640625000037081E-05	0.0022298437500000005
6	4	1.0843203946353646	1129.7731620722827	1.79687500003483081E-06	0.032773828125
6	5	0.52826774934962428	1681.6795452925785	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
6	6	0.52826774934962428	1681.6795452925785	1.5625000293617575E-08	0.264908109375
7	0	2.4626989939031367	1004.2815761902609	0.30166270390625	7.81250000000000048E-10
7	1	2.1433691096145067	911.52165099089583	0.044380542187500316	1.04687500000000003E-07
7	2	2.0410352615001748	903.98951107431378	0.0037570429687503459	6.02734375000000038E-06
7	3	1.8528106058640679	929.34393689648175	0.00019357812500031546	0.0001935781250000004

Excel

คลิกเพื่อให้ผลการคำนวณในหน้าจอต่อไปนี้ไปแสดงผลใน Microsoft Excel

ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณในตัวโปรแกรม
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

Microsoft Excel - Shutdown Process

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help Adobe PDF

Arial 10 B I U

	A	B	C	D	E	F	G
1	n	d	h	e	a	b	
2	1	0	1.5319605806934	933.983102815381	0.05	0.05	
3	1	1	1.5319605806934	933.983102815381	0.05	0.05	
4	2	0	1.97145218227433	894.829931837361	0.0975	0.0025	
5	2	1	1.1621325818368	1034.22121847911	0.0025000000000006	0.0975	
6	2	2	1.1621325818368	1034.22121847911	0.0025000000000006	0.0975	
7	3	0	2.16487999005138	906.03893097682	0.142625	0.000125	
8	3	1	1.64967102932858	914.737197445206	0.0072500000000009	0.00725	
9	3	2	0.934804809419591	1163.39271304205	0.00012500000000042	0.142625	
10	3	3	0.934804809419591	1163.39271304205	0.00012500000000042	0.142625	
11	4	0	2.2695575639165	928.362718993896	0.18549375	6.25E-06	
12	4	1	1.9057189941876	888.567197832674	0.0140187500000002	0.00048125	
13	4	2	1.43486886555369	973.949160961517	0.000481250000000211	0.01401875	
14	4	3	0.765712090137464	1312.0641030653	6.25000000020748E-06	0.18549375	
15	4	4	0.765712090137464	1312.0641030653	6.25000000020748E-06	0.18549375	
16	5	0	2.34344671878448	953.425474387633	0.2262190625	3.125E-07	
17	5	1	2.03147912749074	888.723786188602	0.02259250000000012	3E-05	
18	5	2	1.75917026826379	918.626761245274	0.001158125000000012	0.001158125	
19	5	3	1.24762694062798	1046.14835134323	3.000000000000855E-05	0.0225925	
20	5	4	0.633825104262286	1483.40735588806	3.12500000099192E-07	0.2262190625	
21	5	5	0.633825104262286	1483.40735588806	3.12500000099192E-07	0.2262190625	
22	6	0	2.40575738245864	978.951955909013	0.264908109375	1.5625E-08	
23	6	1	2.09854526074193	898.293611677421	0.0327738281250003	1.796875E-06	
24	6	2	1.94366746731584	903.440283989636	0.00222984375000035	8.640625E-05	
25	6	3	1.61093659689269	960.272080566926	8.6406250000371E-05	0.00222984375	
26	6	4	1.08432039463536	1129.77316207228	1.796875000034831E-06	0.032773828125	
27	6	5	0.528267749349624	1681.67954529258	1.56250002936176E-08	0.264908109375	
28	6	6	0.528267749349624	1681.67954529258	1.56250002936176E-08	0.264908109375	
29	7	0	2.46269899390314	1004.28157619026	0.30166270390625	7.8125E-10	
30	7	1	2.14336910961451	911.5216509908958	0.0443805421875003	1.046875E-07	
31	7	2	2.04103526150017	903.989511074314	0.00375704296875035	6.02734375E-06	
32	7	3	1.85281060586407	929.343936896482	0.000193578125000315	0.000193578125	

Shutdown Process

Ready

ภาพที่ 4.16 ตัวอย่างการแสดงผลหน้าจอของผลการคำนวณใน Microsoft Excel
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากนั้นนำโปรแกรมทั้ง 3 ส่วนมารวมกันโดยจะต้องนำค่าตัวแปร คำสั่งและฟังก์ชันของแต่ละส่วนนั้นมารวมกันเพื่อที่จะทำให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถพิจารณาขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมการคำนวณโดยดูได้จาก Flow Chart ซึ่งจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

4.2.2.2 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรม

งานวิจัยครั้งนี้มีสมการที่พิจารณา คือ สมการค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตและมีแผนแบบที่สนใจ คือ n, h และ d โดยสามารถสรุปขั้นตอนของการหาค่าแผนแบบ n, h และ d ได้ดังนี้

- 1) กำหนดค่าที่เป็นลงในสมการที่ 4.15b
- 2) กำหนดค่า n เป็นช่วงหรือเป็นค่าคงที่ (ตามความต้องการของผู้ใช้งาน) ที่โดยเริ่มต้นที่ n เท่ากับ 1 และกำหนดค่า d เป็นค่าคงที่โดยเริ่มต้นที่ d เท่ากับ 0 และจะเพิ่มขึ้นทีละ 1 ไปจนถึง n ในแต่ละขนาดตัวอย่าง n
- 3) คำนวณค่า α จากสมการ 4.7 โดยที่กำหนดให้ p_0 เป็นค่าคงที่ที่ทราบค่าก่อนทำการคำนวณ
- 4) คำนวณค่า P จากสมการ 4.9 เมื่อ $p_1 = p_0 + 3\sqrt{p_0(1-p_0)}$
- 5) คำนวณค่า h โดยที่กำหนดให้ $h = \sqrt{\frac{\alpha(C_1 + C_2) + (b + cn)(gn + 1)}{\lambda V(\frac{1}{P} - \frac{1}{2})}}$
- 6) นำค่าของแผนแบบ n, h และ d ที่คำนวณได้และค่าที่กำหนดไว้จากข้อที่ 1 แทนค่าลงในสมการที่ 4.15b อีกครั้ง
- 7) นำค่าของแผนแบบ n และ d ที่คำนวณได้แทนค่าลงในสมการที่ 4.7 และสมการที่ 4.8 เพื่อหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค
- 8) คำนวณค่า Loss-Cost , h, d และค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคของ n ตัวต่อไปโดยการทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 7 และโปรแกรมจะหยุดคำนวณเมื่อคำนวณครบตาม ขนาดตัวอย่าง (n) ที่กำหนดไว้ในข้อ 2

4.2.2.2 ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างที่ 2 บริษัทแห่งหนึ่งทำการผลิตสินค้าชนิดหนึ่ง โดยมีอัตราการผลิตอยู่ที่ 20 ชิ้นต่อชั่วโมงการผลิต ถ้าบริษัทนี้ทำการผลิต 5 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นบริษัทนี้จะมีขนาดของลพิษการผลิตอยู่ที่ 100 ชิ้นต่อวัน ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นจะกำหนดให้ โดยเฉลี่ยแล้วจะเกิดความผิดปกติของกระบวนการผลิตทุก 4 ชั่วโมง และมีเวลาในการสุ่มและตรวจสอบตัวอย่างต่อชิ้นเป็น 3 นาที

โดยมีค่าใช้จ่ายคงที่และค่าใช้จ่ายผันแปรของการสุ่มตัวอย่างเป็น 500 บาทต่อครั้งและ 5 บาทต่อตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนเวลาที่ใช้ในการตรวจพบสาเหตุความผิดปกติเท่ากับ 30 นาที ซึ่งในการตรวจหาสาเหตุนั้น จะต้องมีการเสียค่าใช้จ่ายในกรณีที่หลังการตรวจพบว่าไม่มีความผิดปกติเกิดขึ้นจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 500 บาท และในกรณีที่ตรวจพบว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 200 บาท โดยถ้ากระบวนการผลิตมีความผิดปกติเกิดขึ้น จะทำให้เกิดความสูญเสียเท่ากับ 1,000 บาทต่อชั่วโมง และถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับ 1,000 บาท ในขณะเดียวกันเมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นกระบวนการผลิตจะหยุดดำเนินการผลิต ซึ่งจะต้องใช้เวลาในการตรวจสอบว่าความผิดปกติที่เกิดขึ้นเกิดขึ้นจริงหรือไม่ซึ่งจะใช้เวลาเท่ากับ 3 นาที และกำหนดให้กระบวนการผลิตจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายไป เมื่อกระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิตเท่ากับ 1,000 บาทต่อชั่วโมง และในขณะที่กระบวนการผลิตหยุดดำเนินการผลิต เพื่อทำการปรับตั้งกระบวนการผลิตให้กลับมาอยู่ในสภาวะการควบคุมอีกครั้งกำหนดให้ใช้เวลาไป 30 นาที และกำหนดให้มีอัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมเท่ากับ 0.01 (ผู้ผลิตจะทำการสุ่มขนาดตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ 20 ชิ้น)

จากโจทย์กำหนดเป็นค่าตัวแปรได้ดังนี้

$\lambda = 0.25$ ครั้ง / ชั่วโมง	$V = 1000$ บาท / ชั่วโมง
$g = 0.05$ ชั่วโมง	$b = 500$ บาท / ครั้งของการสุ่มตัวอย่าง
$D = 0.5$ ชั่วโมง	$c = 5$ บาท / ตัวอย่าง
$W = 1000$ บาท	$S = 0.5$ ชั่วโมง
$C_1 = 200$ บาท	$T = 1000$ บาท / ชั่วโมง
$C_2 = 500$ บาท	$A = 0.05$ ชั่วโมง

การคำนวณสำหรับตัวอย่างที่ 2 จะทำการคำนวณหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดในแต่ละขนาดตัวอย่าง (n) เมื่อการสุ่มขนาดตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบมีขนาดเท่ากับ 20 ชิ้น โดยจะทำการคำนวณว่าขนาดตัวอย่างที่เท่าไรที่สุ่มมาแล้วทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด ซึ่งการคำนวณนั้นจะคำนวณขนาดตัวอย่างระหว่าง 1 ถึง 20 ตัวอย่าง พร้อมทั้งหาค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตและค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณนั้นแสดงให้เห็นได้ดังตารางต่อไปนี้

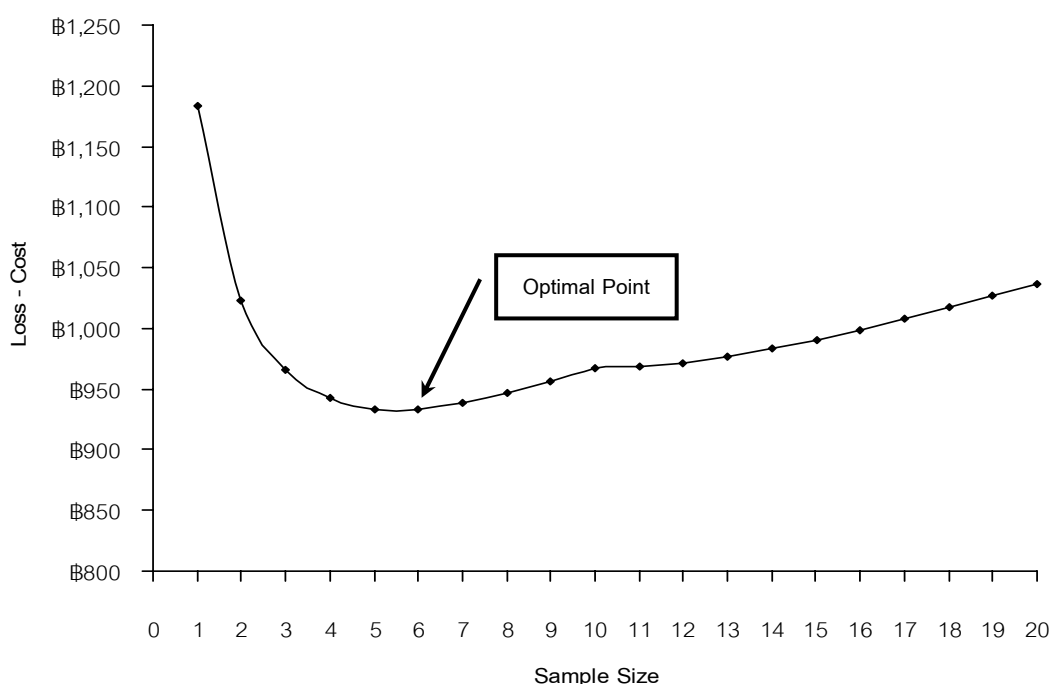
ตารางที่ 4.3 แสดงถึงค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่คำนวณได้เมื่อขนาดตัวอย่าง (n) เปลี่ยนแปลงไป
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

n	d	h	Loss-Cost	ความเสี่ยงของผู้ผลิต	ความเสี่ยงของผู้บริโภค
1	0	0.8645	1183.0100	0.01	0.01
2	0	1.2175	1022.6383	0.0199	0.0001
3	0	1.4714	965.7590	0.029701	1.00E-06
4	0	1.6644	942.1140	0.03940399	1.00E-08
5	0	1.8135	933.7705	0.04900995	1.00E-10
6*	0	1.9300	933.7297	0.058519851	1.00E-12
7	0	2.0222	938.6149	0.067934652	1.00E-14
8	0	2.0965	946.5783	0.077255306	1.00E-16
9	0	2.1579	956.5244	0.086482753	1.00E-18
10	0	2.2101	967.7690	0.095617925	1.00E-20
11**	1	1.9590	968.5010	0.005179717	1.09E-19
12	1	2.0308	971.6679	0.006174538	1.19E-21
13	1	2.0921	976.7720	0.007248944	1.29E-23
14	1	2.1450	983.2794	0.008401244	1.39E-25
15	1	2.1915	990.8037	0.009629773	1.49E-27
16	1	2.2330	999.0622	0.010932892	1.59E-29
17	1	2.2708	1007.8467	0.012308986	1.68E-31
18	1	2.3060	1017.0036	0.013756464	1.78E-33
19	1	2.3394	1026.4194	0.015273761	1.88E-35
20	1	2.3715	1036.0105	0.016859338	1.98E-37

* หมายถึง แผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 0

** หมายถึง แผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่ให้ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 1

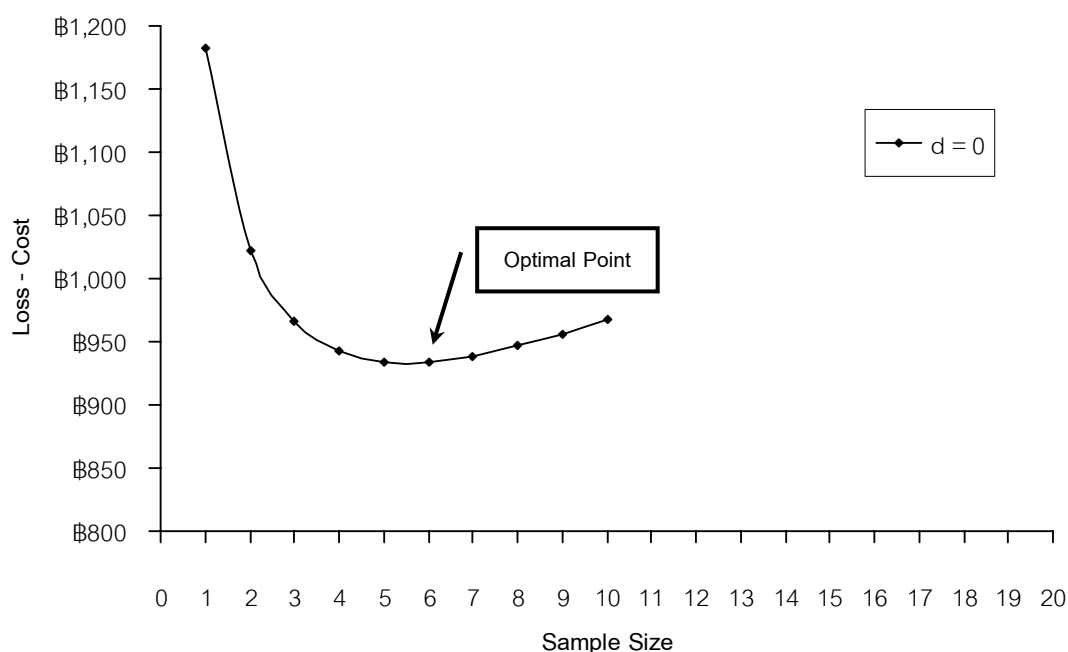
จากผลที่ได้ในตารางที่ 4.3 สามารถนำมาเขียนกราฟได้ดังต่อไปนี้ ซึ่งจากกราฟจะแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อขนาดตัวอย่างอยู่ระหว่าง 1 ไปจนถึง 20



ภาพที่ 4.17 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นในแต่ละขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบสำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

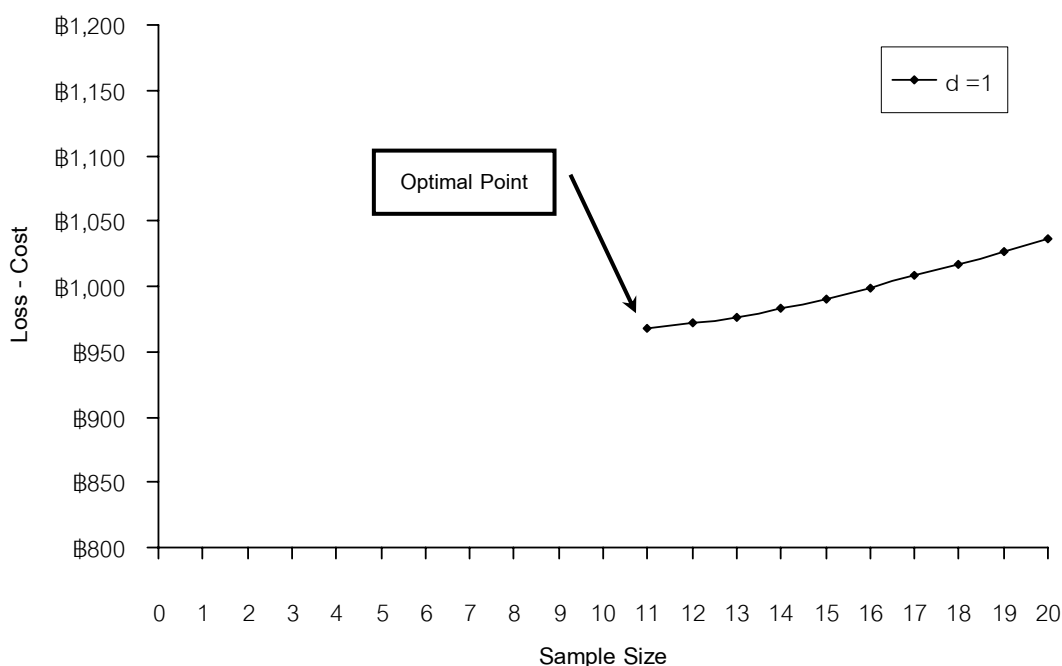
จากภาพที่ 4-17 พบว่า ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 933.7297 บาท แต่ถ้าพิจารณาจากภาพที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 10 ตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นและเมื่อขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 11 ตัวอย่าง ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตจะมีค่าลดลงและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกครั้ง ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในกระบวนการผลิตมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เพิ่มมากขึ้น โดยพิจารณาได้จากตารางที่ 4.3 ดังนั้นเพื่อที่จะหาค่าแผนแบบที่เหมาะสมในกรณีที่ กระบวนการผลิตมีจำนวน

ผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เพิ่มมากขึ้นจะทำการพล็อตกราฟใหม่โดยทำการ พล็อตแยกกันระหว่าง ขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 ตัวอย่าง กับขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 11 ถึง 20 ตัวอย่าง ดังพิจารณาได้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.18 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นของขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 10 ตัวอย่าง เมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับศูนย์ ($d = 0$) สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากภาพที่ 4.18 พบว่า ค่าแผนแบบที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 933.7297 บาท



ภาพที่ 4.19 แสดงถึงค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดที่เกิดขึ้นของขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 11 ถึง 20 ตัวอย่าง เมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับศูนย์ ($d = 1$) สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากภาพที่ 4.19 สามารถสรุปได้ว่าค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้นเมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเท่ากับ 1 คือ ค่าแผนแบบที่มีขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 11 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 1 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9590 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้กระบวนการผลิตมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 968.5010 บาท แต่อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาจากค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดแล้ว ค่าแผนที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดนั้น คือ ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 933.7297 บาท พิจารณาจากภาพที่ 4.17

ดังนั้นจากค่าแผนแบบที่เหมาะสมในตัวอย่างที่ 2 สามารถนำมาหาความเหมาะสมของค่าแผนแบบที่จะใช้ในการตรวจสอบลอทการผลิตเพื่อที่จะแยกลอตดีและลอตไม่ดี ให้มีความ

แตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยใช้หลักการคำนวณของเส้นโค้งโอซีหรือที่เรียกว่า OC curve ซึ่งในการคำนวณนั้นจะนำค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด ดังนั้นจากตัวอย่างที่ 2 จะได้ค่าแผนแบบที่ประกอบไปด้วย ขนาดของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง และมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0

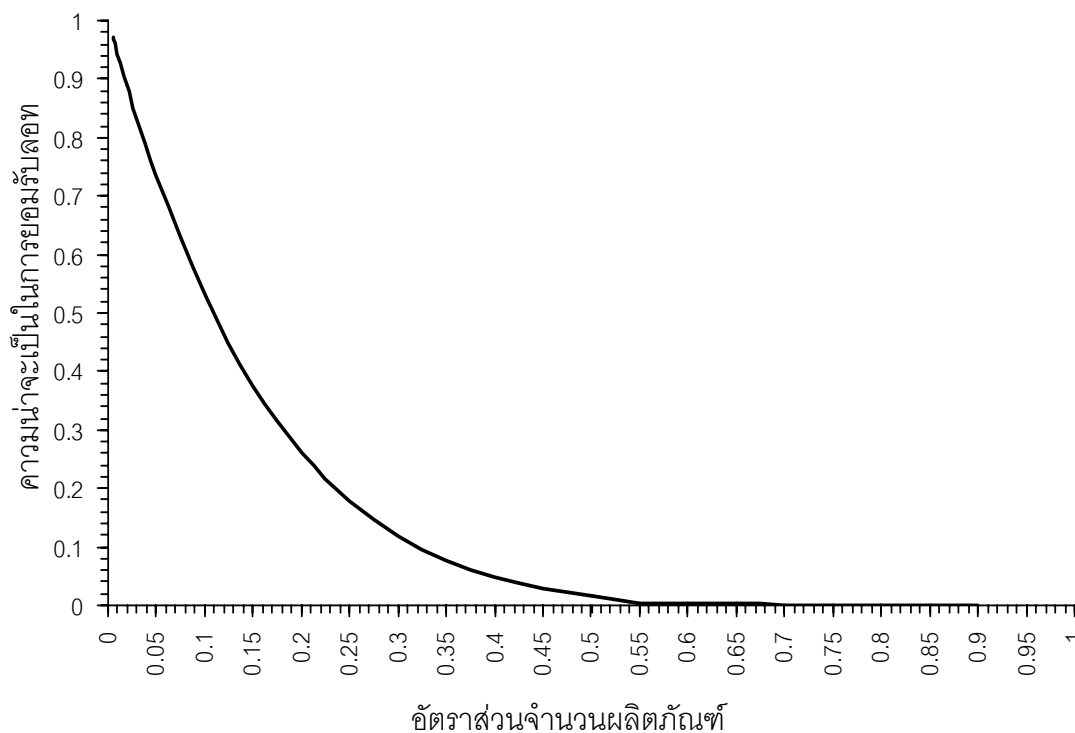
ตารางที่ 4.4 แสดงถึงความน่าจะเป็นในการยอมรับลทผลิตรภัณฑ์ของแผนแบบที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดจากแผนแบบที่เหมาะสมของตัวอย่างที่ 2

อัตราส่วนจำนวน ผลิตภัณฑ์เสีย	ความน่าจะเป็นในการ ยอมรับ ลทผลิตรภัณฑ์	อัตราส่วนจำนวน ผลิตภัณฑ์เสีย	ความน่าจะเป็นในการ ยอมรับ ลทผลิตรภัณฑ์
	$n = 6, d = 0$		$n = 6, d = 0$
0.005	0.9703	0.45	0.0276
0.01*	0.9414	0.5	0.0156
0.05	0.735	0.55	0.003
0.1	0.5314	0.6	0.004
0.15	0.3771	0.65	0.0018
0.2	0.2621	0.7	0.00072
0.25	0.1779	0.75	0.00024
0.3	0.1176	0.8	0.000064
0.35	0.0754	0.85	0.0000113
0.4	0.0466	0.9	0.000001

* หมายถึง อัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมที่กำหนดไว้ในตัวอย่างที่ 2

จากตาราง 4.4 แสดงให้เห็นว่า แผนแบบที่มีค่า $n = 6$ และ $d = 0$ มีค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับลทผลิตรภัณฑ์เท่ากับ 0.9414 เมื่อกำหนดให้มีอัตราเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่สภาวะการผลิตอยู่ในการควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.01 ดังนั้นความน่าจะเป็นในการปฏิเสธลท

ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าเท่ากับ $1 - 0.9414 = 0.0586$ และจากตารางที่ 4.4 สามารถแสดงเป็นเส้นโค้งโอซี (OC curve) ของค่าแผนแบบที่เหมาะสมได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 4.20 แสดงถึงเส้นโค้ง OC curve ของค่าแผนแบบที่เหมาะสม
สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นในการยอมรับลอตผลิตภัณฑ์กับอัตราส่วนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียในลอตการผลิต และเมื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของผู้ผลิตรวมถึงค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคจากตารางที่ 4.3 สรุปได้ว่า ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และ ช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 933.7297 บาท เป็นค่าแผนแบบที่มีความสามารถในการแยกลอตดีและลอตไม่ดีให้มีความแตกต่างกันได้ดี เมื่อพิจารณาจากความชันของเส้นโค้ง OC curve กล่าวคือ ถ้าอัตราส่วนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าลดลงแล้วความน่าจะเป็นในการยอมรับลอตผลิตภัณฑ์จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกันในระบบการผลิต รวมถึงถ้าดูค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตที่มีค่าเท่ากับ 0.058519851 ซึ่งหมายความว่า ผู้ผลิตมีความเสี่ยงจาก

ลพิษที่มีผลิตภัณฑ์เสีย 0.01% จะถูกปฏิเสธเท่ากับ 5.85% นั่นคือผู้ผลิตจะต้องเสี่ยงเนื่องจากผู้บริโภคจะไม่ยอมรับลพิษที่ได้มาตรฐาน 5.85% นั่นเอง ซึ่งถือได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำ หรือถ้าดูจากค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคที่มีค่าเท่ากับ $1.00E-12$ ซึ่งหมายความว่า ผู้บริโภคมีความเสี่ยงจากลพิษที่มีผลิตภัณฑ์เสีย 0.01% จะถูกยอมรับ $1.00E-10\%$ นั่นคือ ผู้บริโภคจะต้องเสี่ยงเนื่องจากการยอมรับลพิษที่ไม่ได้มาตรฐาน $1.00E-10\%$ นั่นเอง ซึ่งถือได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำมาก ๆ ดังนั้น ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และ ช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 933.7297 บาท เป็นค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบในกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากผลการศึกษาในตัวอย่างที่ 1 สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และตัวอย่างที่ 2 สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process สามารถนำมาสรุปเพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบถึงค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดรวมถึงค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตในแต่ละขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process สามารถแสดงให้เห็นได้ดังตารางต่อไปนี้ ซึ่งเป็นการแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าแผนแบบที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

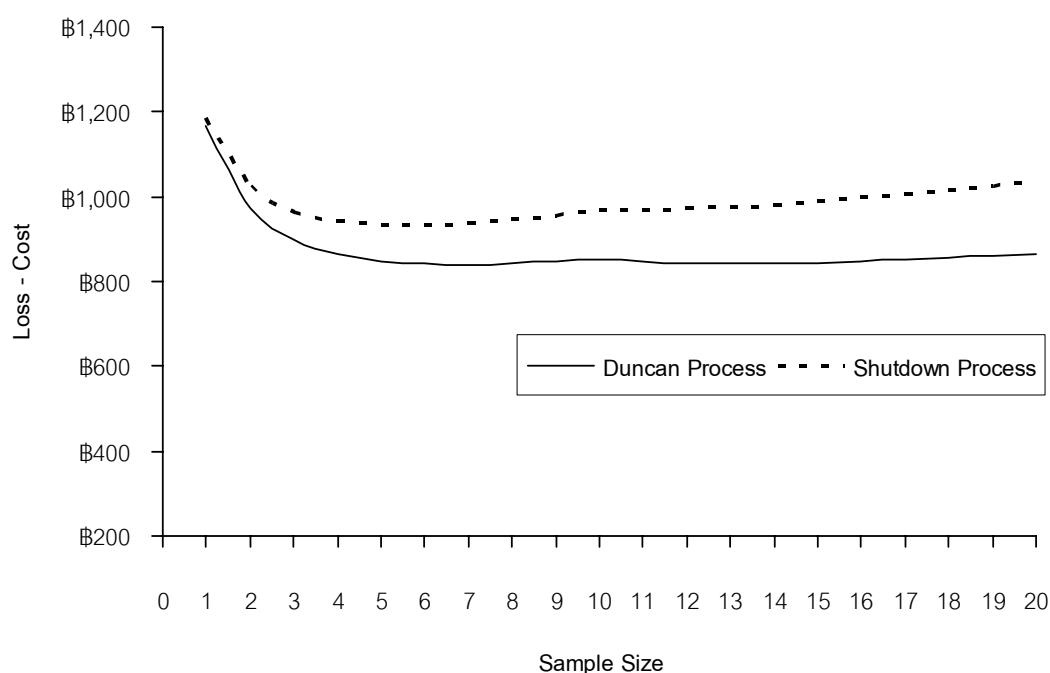
ตารางที่ 4.5 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าแผนแบบที่เหมาะสมและค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วย
เวลาการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ
Shutdown Process

Duncan Process				Shutdown Process			
n	d	h	Loss-Cost	n	d	h	Loss-Cost
1	0	0.8643	1165.5965	1	0	0.8645	1183.0100
2	0	1.2164	973.4767	2	0	1.2175	1022.6383
3	0	1.4683	899.8843	3	0	1.4714	965.7590
4	0	1.6583	865.0678	4	0	1.6644	942.1140
5	0	1.8035	848.2025	5	0	1.8135	933.7705
6	0	1.9150	841.0547	6*	0	1.9300	933.7297
7*	0	2.0013	839.6292	7	0	2.0222	938.6149
8	0	2.0689	841.7393	8	0	2.0965	946.5783
9	0	2.1227	846.0942	9	0	2.1579	956.5244
10	1	1.8333	851.6830	10	0	2.2101	967.7690
11	1	1.9080	845.5518	11	1	1.9590	968.5010
12	1	1.9690	842.5491	12	1	2.0308	971.6679
13	1	2.0187	841.7987	13	1	2.0921	976.7720
14	1	2.0592	842.6803	14	1	2.1450	983.2794
15	1	2.0926	844.7473	15	1	2.1915	990.8037
16	1	2.1205	847.6751	16	1	2.2330	999.0622
17	1	2.1441	851.2256	17	1	2.2708	1007.8467
18	1	2.1645	855.2242	18	1	2.3060	1017.0036
19	1	2.1824	859.5422	19	1	2.3394	1026.4194
20	1	2.1986	864.0850	20	1	2.3715	1036.0105

* หมายถึง ค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process มีขนาดตัวอย่างที่เหมาะสมที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบใหญ่กว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ส่วนจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่เหมาะสมที่ยอมรับได้จะมีจำนวนที่เหมาะสมเท่ากัน ทั้งกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process และถ้าพิจารณาถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process มีช่วงเวลาของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบที่มากกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process แต่ถ้าพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุดแล้วจะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

ในกรณีที่ต้องการดูค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตในแต่ละขนาดตัวอย่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบ จะพบว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ในทุก ๆ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบดังแสดงให้เห็นในภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.21 แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตในแต่ละขนาดตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากภาพที่ 4.19 เป็นการสรุปถึงค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตในแต่ละขนาดตัวอย่างระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process กับกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ดังนั้นถ้าต้องการพิจารณาในสถานะการณ์ที่ว่าเมื่อทั้งสองกระบวนการผลิตมีส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่เปลี่ยนแปลงไปแล้ว ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process จะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรโดยสามารถพิจารณาได้ในหัวข้อต่อไป

4.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตระหว่างกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process จะใช้วิธีการศึกษาโดยการแปลงค่าตัวแปรจากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 โดยการศึกษาในกรณีนี้จะทำการแปลงค่าตัวแปรสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสีย (p_0) ให้มีค่าเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 ตามลำดับ ที่ทำการแปลงค่านี้ก็เพราะจะทำให้เห็นถึงสภาพค่าใช้จ่ายโดยรวมทั้งหมดของกระบวนการผลิต กล่าวคือ เมื่อค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีการเปลี่ยนแปลงไป ค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร โดยกำหนดให้ค่าตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้ที่อยู่ในตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 มีค่าคงที่ ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกำหนดให้
ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.01

Duncan Process				Shutdown Process				ค่าความเสี่ยง	
<i>n</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	Loss-Cost	<i>n</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	Loss-Cost	a	b
1	0	0.8643	1165.5965	1	0	0.8645	1183.0100	0.01	0.01
2	0	1.2164	973.4767	2	0	1.2175	1022.6383	0.0199	0.0001
3	0	1.4683	899.8843	3	0	1.4714	965.7590	0.0297	1.00E-06
4	0	1.6583	865.0678	4	0	1.6644	942.1140	0.03940399	1.00E-08
5	0	1.8035	848.2025	5	0	1.8135	933.7705	0.04900995	1.00E-10
6	0	1.9150	841.0547	6*	0	1.9300	933.7297	0.058519851	1.00E-12
7*	0	2.0013	839.6292	7	0	2.0222	938.6149	0.067934652	1.00E-14
8	0	2.0689	841.7393	8	0	2.0965	946.5783	0.077255306	1.00E-16
9	0	2.1227	846.0942	9	0	2.1579	956.5244	0.086482753	1.00E-18
10	1	1.8333	851.6830	10	0	2.2101	967.7690	0.095617925	1.00E-20
11	1	1.9080	845.5518	11	1	1.9590	968.5010	0.005179717	1.09E-19
12	1	1.9690	842.5491	12	1	2.0308	971.6679	0.006174538	1.19E-21
13	1	2.0187	841.7987	13	1	2.0921	976.7720	0.007248944	1.29E-23
14	1	2.0592	842.6803	14	1	2.1450	983.2794	0.008401244	1.39E-25
15	1	2.0926	844.7473	15	1	2.1915	990.8037	0.009629773	1.49E-27
16	1	2.1205	847.6751	16	1	2.2330	999.0622	0.010932892	1.59E-29
17	1	2.1441	851.2256	17	1	2.2708	1007.8467	0.012308986	1.68E-31
18	1	2.1645	855.2242	18	1	2.3060	1017.0036	0.013756464	1.78E-33
19	1	2.1824	859.5422	19	1	2.3394	1026.4194	0.015273761	1.88E-35
20	1	2.1986	864.0850	20	1	2.3715	1036.0105	0.016859338	1.98E-37

* หมายถึง ค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด

a หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต

b หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค

ตารางที่ 4.7 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกำหนดให้
ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.02

Duncan Process				Shutdown Process				ค่าความเสี่ยง	
n	d	h	Loss-Cost	n	d	h	Loss-Cost	a	b
1	0	1.0821	1028.1595	1	0	1.0824	1062.8384	0.02	0.02
2	0	1.4992	889.2352	2	0	1.5006	949.7380	0.0396	0.0004
3	0	1.7663	846.4238	3	0	1.7699	919.2152	0.058808	8.00E-06
4	0	1.9421	833.5804	4*	0	1.9488	914.2321	0.07763184	1.60E-07
5	0	2.0599	833.4930	5	0	2.0707	920.2102	0.096079203	3.20E-09
6	0	2.1418	839.5228	6	0	2.1575	931.5408	0.114157619	6.40E-11
7	1	1.8577	828.1292	7	1	1.8786	929.1574	0.007856533	4.40E-10
8	1	1.9497	820.9424	8	1	1.9780	928.8700	0.010336892	1.01E-11
9*	1	2.0154	819.1070	9	1	2.0519	933.1995	0.013114894	2.26E-13
10	1	2.0629	820.5419	10	1	2.1083	940.3665	0.016177641	5.03E-15
11	1	2.0982	823.9938	11	1	2.1533	949.2926	0.019512632	1.11E-16
12	1	2.1257	828.6938	12	1	2.1911	959.3122	0.023107752	2.41E-18
13	2	2.0623	832.1061	13	2	2.1378	968.0798	0.001968444	1.54E-17
14	2	2.0955	833.9167	14	2	2.1835	975.3771	0.002468101	3.59E-19
15	2	2.1210	836.8928	15	2	2.2220	983.6749	0.003039375	8.29E-21
16	2	2.1412	840.6195	16	2	2.2557	992.6078	0.003685353	1.89E-22
17	2	2.1578	844.8224	17	2	2.2866	1001.9327	0.00440885	4.29E-24
18	2	2.1722	849.3212	18	2	2.3157	1011.4895	0.005212413	9.65E-26
19	2	2.1851	853.9988	19	3	2.3193	1021.1509	0.006098341	2.16E-27
20	3	2.1778	857.8010	20	3	2.3522	1029.8288	0.000599679	1.41E-26

* หมายถึง ค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุด

a หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต

b หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค

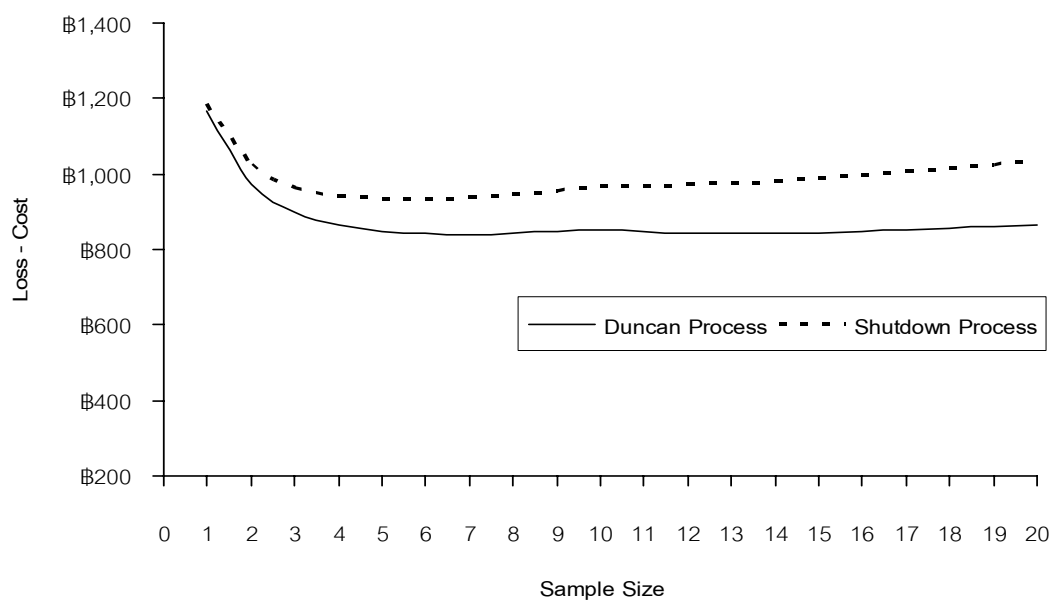
ตารางที่ 4.8 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกำหนดให้
ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.03

Duncan Process				Shutdown Process				ค่าความเสี่ยง	
n	d	h	Loss-Cost	n	d	h	Loss-Cost	a	b
1	0	1.2503	957.3576	1	0	1.2506	1001.5444	0.03	0.03
2	0	1.6970	853.1933	2	0	1.6985	918.4948	0.0591	0.0009
3	0	1.9493	830.9372	3*	0	1.9531	905.3529	0.087327	2.70E-05
4	0	2.0968	832.2207	4	0	2.1038	912.3758	0.11470719	8.10E-07
5	1	1.7906	826.3177	5	1	1.8011	915.2221	0.008472053	3.95E-06
6	1	1.9258	811.9699	6	1	1.9418	908.8376	0.01245587	1.42E-07
7*	1	2.0110	808.3202	7	1	2.0334	911.6523	0.017093034	4.97E-09
8	1	2.0659	810.2020	8	1	2.0954	919.2628	0.022340758	1.70E-10
9	1	2.1035	815.0100	9	1	2.1409	929.4354	0.028158234	5.75E-12
10	2	2.0373	816.5428	10	2	2.0829	936.8807	0.002764949	2.80E-11
11	2	2.0764	817.9958	11	2	2.1320	943.9866	0.003717198	1.02E-12
12	2	2.1035	821.3132	12	2	2.1697	952.7111	0.004846141	3.69E-14
13	2	2.1236	825.6783	13	2	2.2010	962.3388	0.006160231	1.31E-15
14	2	2.1398	830.6266	14	2	2.2291	972.4609	0.007666655	4.57E-17
15	3	2.1296	834.4218	15	3	2.2313	981.4302	0.000847573	2.22E-16
16	3	2.1464	838.4217	16	3	2.2616	990.5918	0.001103288	8.20E-18
17	3	2.1601	842.8082	17	3	2.2894	1000.0621	0.001408573	2.99E-19
18	3	2.1721	847.3976	18	3	2.3161	1009.6768	0.001768155	1.07E-20
19	3	2.1830	852.0846	19	4	2.3335	1019.3357	0.002186709	3.83E-22
20	4	2.1869	856.3490	20	4	2.3621	1028.5107	0.000258223	1.86E-21

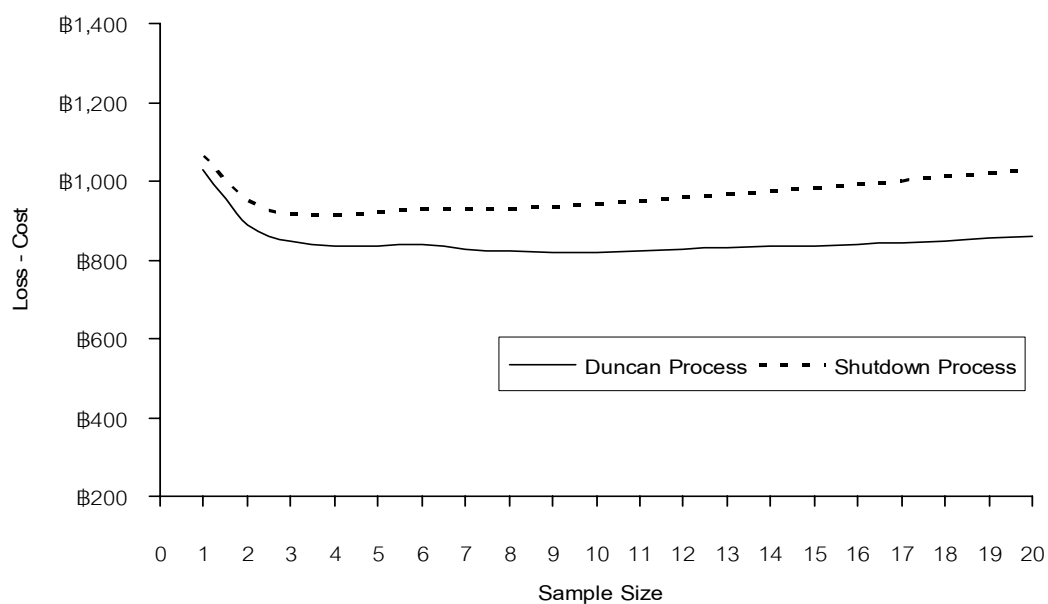
* หมายถึง ค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำที่สุด

a หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต

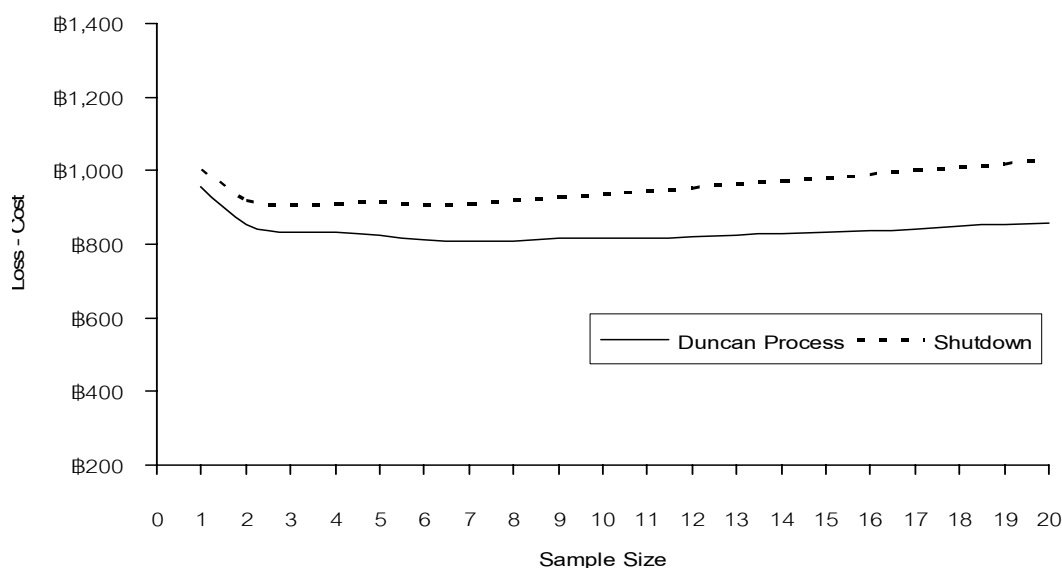
b หมายถึง ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค



ภาพที่ 4.22 แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อ
กำหนดให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.01



ภาพที่ 4.23 แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อ
กำหนดให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.02



ภาพที่ 4.24 แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกำหนดให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.03

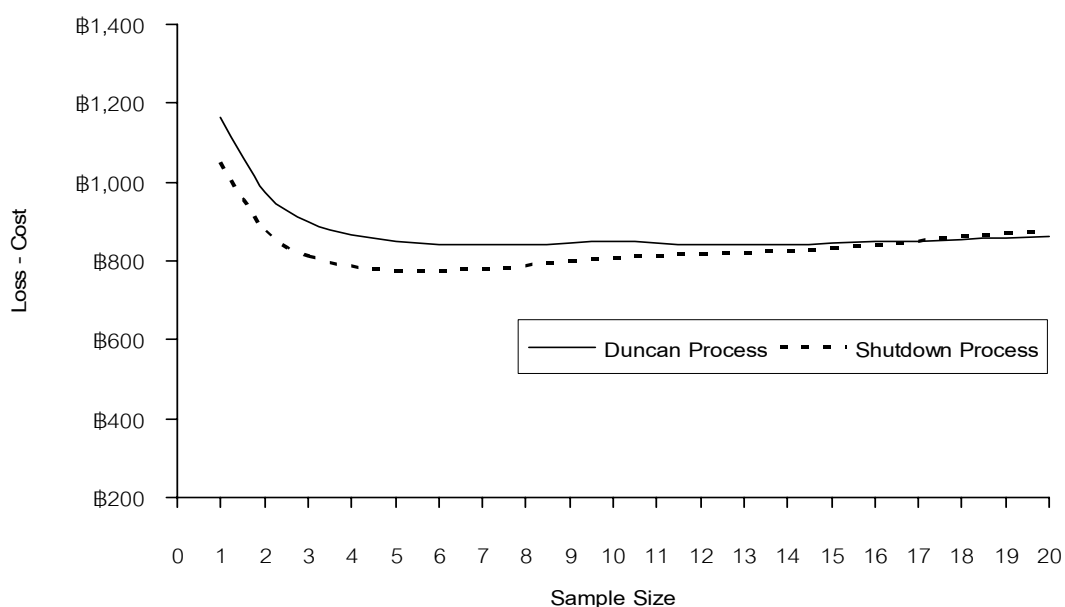
สรุปผลการศึกษาจากภาพที่ 4.22 ถึงภาพที่ 4.24 ที่แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกำหนดให้ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 ตามลำดับ จากการศึกษพบว่าโดยทั่วไปแล้วค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process จะมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process

จากผลการศึกษาข้างต้นสรุปได้ว่าโดยทั่วไปแล้วกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process จะมีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ยกเว้นในกรณีที่กระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิตหรือตัวแปร $T = 0$ ซึ่งจะส่งผลให้กระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process เมื่อกำหนดให้ในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเท่ากับ 0.01 ส่วนตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้กำหนดให้มีค่าคงที่ที่กำหนดไว้ในตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ซึ่งสามารถดูผลการศึกษาได้ในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าแผนแบบและค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต

Duncan Process				Shutdown Process			
n	d	h	Loss-Cost	n	d	h	Loss-Cost
1	0	0.8643	1165.5965	1	0	0.8645	1048.1312
2	0	1.2164	973.4767	2	0	1.2175	875.5217
3	0	1.4683	899.8843	3	0	1.4714	813.2935
4	0	1.6583	865.0678	4	0	1.6644	786.8530
5	0	1.8035	848.2025	5	0	1.8135	776.9699
6	0	1.9150	841.0547	6*	0	1.9300	776.0922
7*	0	2.001	839.6292	7	0	2.0222	780.5632
8	0	2.0689	841.7393	8	0	2.0965	788.3790
9	0	2.1227	846.0942	9	0	2.15799	798.3517
10	1	1.8333	851.6830	10	0	2.2101	809.7399
11	1	1.9080	845.5518	11	1	1.9590	811.6979
12	1	1.9690	842.5491	12	1	2.0308	814.5979
13	1	2.0187	841.7987	13	1	2.0921	819.6079
14	1	2.0592	842.6803	14	1	2.1450	826.1491
15	1	2.0926	844.7473	15	1	2.1915	833.8028
16	1	2.1205	847.6751	16	1	2.2330	842.2628
17	1	2.1441	851.2256	17	1	2.2708	851.3037
18	1	2.1645	855.2242	18	1	2.3060	860.7594
19	1	2.1824	859.5422	19	1	2.3394	870.5069
20	1	2.1986	864.0850	20	1	2.3715	880.4557

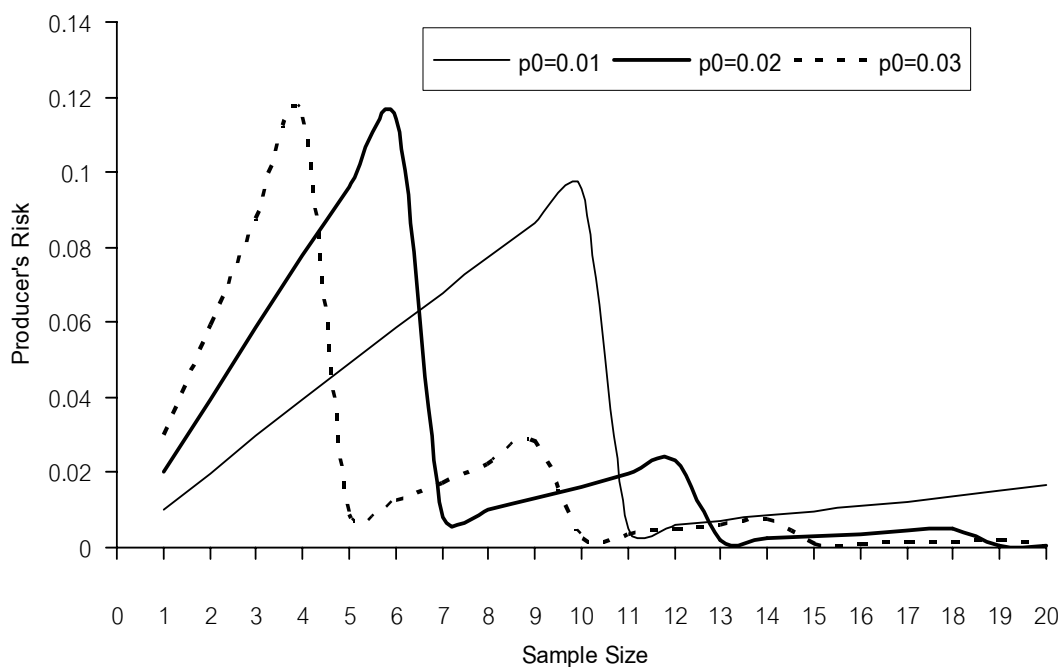
* หมายถึง ค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่หน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด



ภาพที่ 4.25 แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตเมื่อกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิต

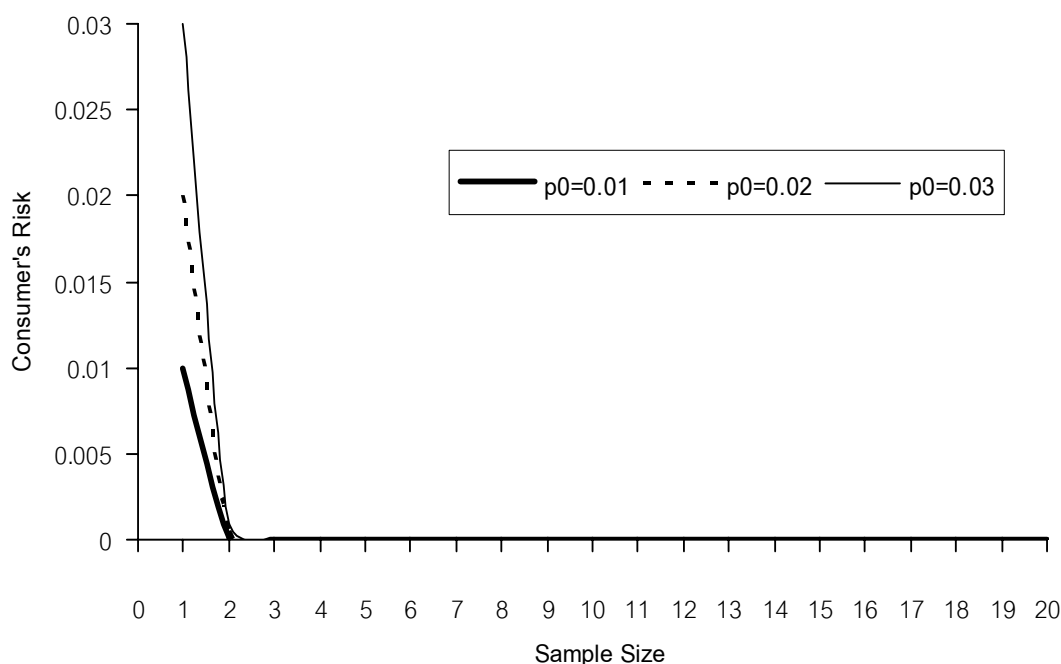
สรุปผลการศึกษาจากภาพที่ 4.25 สรุปได้ว่าถ้ากระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียไปเมื่อสภาวะการผลิตหยุดดำเนินการผลิตหรือ $T = 0$ แล้วจะส่งผลให้กระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีค่าใช้จ่ายสูญเสียต่อหน่วยเวลาการผลิตในแต่ละขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบที่ต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบ Duncan Process โดยมีค่าแผนแบบที่เหมาะสมที่มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาการผลิตที่ต่ำที่สุด คือ ค่าแผนแบบที่มีจำนวนการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเท่ากับ 6 ตัวอย่าง โดยที่มีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เท่ากับ 0 ตัวอย่าง และ ช่วงห่างของการสุ่มตัวอย่างขึ้นมาตรวจสอบเป็น 1.9300 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูญเสีย (Loss-Cost) ต่อหน่วยเวลาผลิตเท่ากับ 776.0922 บาท

นอกจากนี้แล้วจากผลการคำนวณในตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.8 ยังสามารถสรุปถึงค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) และค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังภาพนี้



ภาพที่ 4.26 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk)

สรุปผลการศึกษาจากภาพที่ 4.26 ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) เมื่อกำหนดให้ในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียมีค่าเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 โดยสามารถดูผลการคำนวณได้จากตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.8 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงของผู้ผลิตของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อในแต่ละกระบวนการผลิตมีขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบมีขนาดมากขึ้นดังแสดงในภาพ 4.26 ซึ่งจากภาพจะเห็นได้ว่ากราฟมีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างรวดเร็วที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า ในกระบวนการผลิตมีจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้เพิ่มขึ้นโดยพิจารณาได้จากตารางที่ 4.6 ถึงตารางที่ 4.8 กล่าวคือ เมื่อจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) จะลดลงและจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกว่าจำนวนผลิตภัณฑ์เสียที่ยอมรับได้จะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง โดยที่กราฟจะมีลักษณะที่เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ตามขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบ โดยที่ค่าความเสี่ยงของผู้ผลิต (Producer's Risk) นั้นจะมีค่าต่ำลงเรื่อย ๆ เมื่อขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบมีการสุ่มตัวอย่างมากขึ้นดังพิจารณาได้จากภาพที่ 4.26



ภาพที่ 4.27 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk)

สรุปผลการศึกษาจากภาพที่ 4.27 ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) เมื่อกำหนดให้ในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 โดยสามารถดูผลการคำนวณได้จากตารางที่ 4.6 ถึง ตารางที่ 4.8 ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าความเสี่ยงของผู้บริโภคของกระบวนการผลิตแบบ Duncan Process และกระบวนการผลิตแบบ Shutdown Process มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อในแต่ละกระบวนการผลิตมีขนาดตัวอย่างที่สุ่มขึ้นมาตรวจสอบมีขนาดมากขึ้น นอกจากนี้ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) จะมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียลดลง กล่าวคือ ถ้าในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียเพิ่มขึ้นค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) ก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยแต่ถ้าในกระบวนการผลิตมีสัดส่วนเฉลี่ยของจำนวนผลิตภัณฑ์เสียลดลง ค่าความเสี่ยงของผู้บริโภค (Consumer's Risk) ก็จะลดลงตามไปด้วย