

การคัดเลือกผู้ส่งมอบโดยพิจารณาดัชนีสมรรถภาพของกระบวนการ กรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะแบบพิกัดด้านเดียว

ศิริประภา มโนมัย^{* 1)} และ ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา²⁾

บทคัดย่อ

การคัดเลือกผู้ส่งมอบโดยพิจารณาปัจจัยด้านคุณภาพของกระบวนการนั้น มีความสำคัญอย่างมาก ต่อกระบวนการผลิต ดัชนีสมรรถภาพ C_{pu} หรือ C_{pl} เป็นเครื่องมือสำหรับวัดสมรรถภาพกระบวนการในกรณีที่ กระบวนการมีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียว แต่การที่จะทราบค่าดัชนีสมรรถภาพที่แท้จริงของกระบวนการเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เมื่อทราบค่าดัชนีสมรรถภาพกระบวนการจากตัวอย่างของผู้ส่งมอบแต่ละรายแล้ว การพิจารณาเปรียบเทียบว่าผู้ส่งมอบ รายใดมีระดับคุณภาพที่แตกต่างจึงทำได้ยาก ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการสำหรับใช้คัดเลือกผู้ส่งมอบกรณีที่มีผู้ส่งมอบ หลายราย โดยพิจารณาดัชนีสมรรถภาพกระบวนการกรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียว พารามิเตอร์ที่ศึกษาได้แก่ จำนวนผู้ส่งมอบ ค่าดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ ขนาดตัวอย่าง และระดับนัยสำคัญ ในแต่ละกรณีได้ใช้วิธีมอนติคาร์โล ทำการซ้ำ 10,000 รอบ พิจารณาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง เปรียบเทียบกับระดับ นัยสำคัญที่กำหนด ซึ่งพบว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ให้ค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง ใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนดในทุกกรณี

คำสำคัญ: การคัดเลือกผู้ส่งมอบหลายราย, ดัชนีสมรรถภาพกระบวนการกรณีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียว, วิธีมอนติคาร์โล

^{* 1)} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาสถิติประยุกต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, จังหวัดกรุงเทพฯ 10800, Corresponding Author, อีเมล: srm@kmutnb.ac.th

²⁾ รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จังหวัดกรุงเทพฯ 10900

The Method for Selecting Multiple Suppliers Using One-sided Specification Limit's Capability Index

Siraprapa Manomat^{*1)} and Prapaisri Sudasna Na Ayudthaya²⁾

Abstract

The potential supplier is an important for manufacturing process. This paper presents a new method for selecting multiple suppliers using one-sided specification limit's capability index (C_{pu} or C_{pl}). This study defined 4 parameters such as the number of suppliers, C_{pu} index, sample size and significant level (α). A Monte Carlo simulation with 10,000 runs under various situations was conducted for investigating. The proposed method provided actual Type I error rate close to the pre-defined significant level (α) for all simulated cases.

Keywords: Selecting multiple suppliers, One-sided specification limit's capability index, Monte Carlo simulation

^{*1)} Assistant Professor, Department of Applied Statistics, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10900, Corresponding Author, E-mail: srm@kmutnb.ac.th

²⁾ Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Kasetsart University, Bangkok, 10900.

1. บทนำ

กระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพนั้น เริ่มต้นตั้งแต่การคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพจากผู้ส่งมอบ โดยสมรรถภาพของผู้ส่งมอบอาจพิจารณาจากดัชนีสมรรถภาพ (Process capability indices: PCIs) ซึ่งดัชนีสมรรถภาพของกระบวนการเป็นเครื่องมือสำหรับเปรียบเทียบความผันแปรตามธรรมชาติของกระบวนการผลิตเทียบกับข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ พัฒนาขึ้นโดย Kane (1986) ดัชนีสมรรถภาพที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรมได้แก่ ดัชนี C_p , C_{pk} , C_{pm} และ C_{pmk} ซึ่งดัชนีเหล่านี้ใช้สำหรับกระบวนการที่มีข้อกำหนดเฉพาะสองด้าน กล่าวคือมีทั้งข้อกำหนดเฉพาะด้านล่าง (Lower specification limit: LSL) และมีทั้งข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (Upper specification limit: USL) สำหรับบางกระบวนการที่มีเฉพาะข้อกำหนดเฉพาะด้านบน หรือด้านล่างจะใช้ดัชนี C_{pu} หรือ C_{pl} วิธีการสำหรับการคัดเลือกผู้ส่งมอบ โดยพิจารณาจากดัชนีสมรรถภาพกระบวนการนั้น ได้มีผู้วิจัยหลายรายทำการศึกษาและพัฒนาขึ้น เช่น Chou (1994) ได้นำเสนอวิธีการคัดเลือกผู้ส่งมอบสองราย ซึ่งต้องใช้ขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบที่เท่ากัน Pearn และคณะ (2004) ได้สร้างช่วงความเชื่อมั่นสำหรับ C_{pu} และ C_{pl} ในปี 2003 Nair และ Rao (2003) ได้นำเสนอวิธีการทดสอบความเท่ากันของสัมประสิทธิ์ ผันแปรผกผัน (Inverse coefficient of variation: ICV) โดยใช้สถิติทดสอบวอลด์ (Wald test) ซึ่งต่อมา Hubele และคณะ (2005) ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ นอกจากนี้ Pearn และคณะ (2009) ได้นำเสนอวิธีแอ็คแซ็ก (Exact method) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับคัดเลือกผู้ส่งมอบสองราย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ขนาดตัวอย่างที่เท่ากันสำหรับการทดสอบ ซึ่งการนำวิธีการคัดเลือกผู้ส่งมอบสองรายไปใช้เพื่อคัดเลือกผู้ส่งมอบมากกว่าสองรายโดยทำการเปรียบเทียบทีละคู่ นั้น นอกจากจะเสียเวลาทดสอบทีละคู่หลายครั้งแล้ว ยังทำให้ระดับนัยสำคัญที่เกิดขึ้นสูงกว่าที่กำหนดไว้ด้วย

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบขั้นตอน และสร้างสูตรเพื่อใช้สำหรับคัดเลือกผู้ส่งมอบที่มีสมรรถภาพของกระบวนการต่ำออกไป ให้เหลือไว้เฉพาะรายที่มีสมรรถภาพกระบวนการที่ดีใกล้เคียงกัน โดยศึกษาในกรณีที่กระบวนการผลิตมีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียว และมีผู้ส่งมอบตั้งแต่สองรายขึ้นไป

2. วิธีการ

2.1 การทดสอบความเท่ากันของดัชนีสมรรถภาพ

$$(C_{pu}, C_{pl})$$

สำหรับกระบวนการที่มีการแจกแจงเป็นแบบปกติ ซึ่งมีคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นแบบเดียว (Univariate quality characteristic, X) และกระบวนการมีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียว กล่าวคือมีเฉพาะ USL หรือ LSL ดัชนีสมรรถภาพของกระบวนการที่นิยมใช้ได้แก่ C_{pu} หรือ C_{pl} โดย

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \quad C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (1)$$

เมื่อ USL, LSL คือ ข้อกำหนดเฉพาะด้านบนและด้านล่าง

μ คือ ค่าเฉลี่ยของกระบวนการ

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ

ภายใต้กระบวนการข้างต้น ถ้ากำหนดให้ U เป็นตัวแปรสุ่มที่แทนด้วย $USL - X$ จะได้ค่าคาดหวังและความแปรปรวนของ U เป็น $E(U) = USL - \mu$ และ $Var(U) = \sigma^2$ กำหนดให้ส่วนกลับของสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Inverse coefficient of variation: ICV) ของ U แทนด้วย $ICV(U)$ ซึ่ง

$$ICV(U) = \frac{E(U)}{\sqrt{Var(U)}} = \frac{USL - \mu}{\sigma}$$

$$\text{ดังนั้น } C_{pu} = \frac{1}{3} ICV \quad (2)$$

ในทำนองเดียวกัน พิจารณาดัชนีสมรรถภาพ C_{pl} โดย $C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$ ถ้ากำหนดให้ V เป็นตัวแปรสุ่มที่แทนด้วย $X - LSL$ จะได้ค่าคาดหวังและความแปรปรวนของ V เป็น $E(V) = \mu - LSL$ และ $Var(V) = \sigma^2$

กำหนดให้ส่วนกลับของสัมประสิทธิ์ความผันแปรของ V แทนด้วย $ICV(V)$ ซึ่ง

$$ICV(V) = \frac{E(V)}{\sqrt{Var(V)}} = \frac{\mu - LSL}{\sigma}$$

$$\text{ดังนั้น } C_{pl} = \frac{1}{3}ICV \quad (3)$$

การเปรียบเทียบ C_{pu} หรือ C_{pl} จึงใช้หลักการของการทดสอบความเท่ากันของ ICV ได้ (Hubele และคณะ, 2005) งานวิจัยนี้ได้นำแนวความคิดข้างต้นมาสร้างวิธีการใหม่เพื่อเปรียบเทียบความเท่ากันของดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ ดังนี้

ในกรณีที่ผู้ส่งมอบตั้งแต่สองรายขึ้นไป (k ราย) กำหนดให้ C_{pu_i} หรือ C_{pl_i} แทนดัชนีสมรรถภาพ μ_i แทนค่าเฉลี่ย และ σ_i แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการจากผู้ส่งมอบรายที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, k$ โดย

$$C_{pu_i} = \frac{USL - \mu_i}{3\sigma_i} \text{ และ } C_{pl_i} = \frac{\mu_i - LSL}{3\sigma_i} \quad (4)$$

ซึ่งในความเป็นจริงของกระบวนการผลิต เป็นไปได้ยากที่จะทราบค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงของกระบวนการ (μ, σ) ดังนั้นจึงสุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิตและนำค่าสถิติที่ได้จากกระบวนการผลิตมาทำการประมาณค่าพารามิเตอร์

กำหนดให้ X_{ij} เป็นคุณลักษณะทางคุณภาพของผู้ส่งมอบที่ i ($i=1,2,\dots,k$) ตัวอย่างที่ j ($j=1,2,\dots,n_i$, n_i คือ ขนาดตัวอย่างที่ใช้สำหรับผู้ส่งมอบรายที่ i) และสามารถหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของตัวอย่าง

$$\text{สำหรับผู้ส่งมอบรายที่ } i \text{ ได้จาก } \bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}}{n_i} \text{ และ}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1} \text{ ซึ่ง } \bar{X}_i, S_i^2 \text{ เป็นตัวประมาณ}$$

ที่ไม่เอนเอียงของ μ_i, σ_i^2 ดังนั้นตัวประมาณของ C_{pu} และ C_{pl} คือ

$$\hat{C}_{pu_i} = \frac{USL - \bar{X}_i}{3S_i}, \hat{C}_{pl_i} = \frac{\bar{X}_i - LSL}{3S_i} \quad (5)$$

อย่างไรก็ตาม Pearn และ Chen (2002) พบว่าตัวประมาณจากสมการที่ (5) เป็นตัวประมาณที่เอนเอียงสำหรับ C_{pu} และ C_{pl} โดยตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงได้แก่

$$C'_{pu_i} = b_{n_i-1} \hat{C}_{pu_i}, \quad C'_{pl_i} = b_{n_i-1} \hat{C}_{pl_i} \quad (6)$$

$$\text{เมื่อ } b_{n_i-1} = \sqrt{\frac{2}{(n_i-1)}} \times \frac{\Gamma[(n_i-1)/2]}{\Gamma[(n_i-2)/2]} \text{ เป็น}$$

แฟคเตอร์ปรับแก้ (Correction factor)

เมื่อสุ่มตัวอย่างจากผู้ส่งมอบทั้ง k รายและมาหาค่าประมาณของ C_{pu_i} หรือ C_{pl_i} แล้ว ผู้ที่ทำการคัดเลือกผู้ส่งมอบทั่วไปต้องการทราบว่า สมรรถภาพของกระบวนการผู้ส่งมอบนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่และตัวที่ให้ค่าประมาณต่ำสุด มีสมรรถภาพของกระบวนการแตกต่างจากรายอื่นหรือไม่ การออกแบบขั้นตอนและสูตรที่ใช้สำหรับการทดสอบความเท่ากันของดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้

1. เรียงลำดับค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพ C_{pu} หรือ C_{pl} (เพื่อความสะดวกในการแสดงสูตรการคำนวณจึงขอกำหนด C_{PI} แทน C_{pu} หรือ C_{pl} และ $\hat{C}_{PI}$ แทน $\hat{C}_{pu}$ หรือ $\hat{C}_{pl}$ และ C'_{PI} แทน C'_{pu} หรือ C'_{pl}) โดยให้ C_{PI_1} เป็นค่าประมาณที่มีค่าต่ำที่สุด C_{PI_2} เป็นค่าประมาณที่มีค่าต่ำรองลงมา เรียงลำดับไปเรื่อย ๆ จนถึง C_{PI_k} เป็นค่าประมาณที่มีค่าสูงที่สุด

2. กำหนดสมมติฐานและคำนวณค่าสถิติทดสอบ

$$H_0 : C_{PI_1} = C_{PI_2} = C_{PI_3} = \dots = C_{PI_k}$$

$$H_1 : C_{PI_i} \text{ แตกต่างจาก } C_{PI_j} \text{ รายอื่นอย่างน้อย 1 ค่า}$$

จากการกำหนดสมมติฐานข้างต้น สามารถกำหนดเวกเตอร์ $d' (d')$ ให้เป็นผลต่างระหว่าง C_{PI_1} กับ C_{PI_i} อื่น ๆ ได้ดังนี้

$$d' = \begin{bmatrix} C_{PI_1} - C_{PI_2} \\ C_{PI_1} - C_{PI_3} \\ \vdots \\ C_{PI_1} - C_{PI_k} \end{bmatrix} \quad (7)$$

ถ้าดัชนีสมรรถภาพกระบวนการของผู้ส่งมอบทั้ง k รายไม่มีความแตกต่างกัน ค่าผลต่างจะมีค่าเป็นศูนย์

ดังนั้นจากสมมติฐานหลักข้างต้น สามารถเขียนให้อยู่ในรูป $\mathbf{d}'$ ได้ดังนี้

$$H_0 : \mathbf{d}' = \mathbf{0} \quad \text{กับ} \quad H_1 : \mathbf{d}' \neq \mathbf{0}$$

กำหนดให้ $\mathbf{H}$ เป็นอนุพันธ์ของ $\mathbf{d}'$ เทียบกับ $\mathbf{C}_{PI}$ เมื่อ

$$\mathbf{C}_{PI} = \begin{bmatrix} C_{PI_1} \\ C_{PI_2} \\ \vdots \\ C_{PI_k} \end{bmatrix} \quad (8)$$

ดังนั้น

$$\mathbf{H} = \left[\frac{\partial \mathbf{d}'}{\partial \mathbf{C}_{PI}} \right] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & \cdots & 0 \\ 1 & 0 & -1 & & 0 \\ & & \vdots & & \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & -1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

กำหนดให้ $\hat{\mathbf{d}}'$ เป็นค่าประมาณของ $\mathbf{d}'$ ซึ่งคำนวณจาก

$$\hat{\mathbf{d}}' = \begin{bmatrix} \tilde{C}'_{PI_1} - \tilde{C}'_{PI_2} \\ \tilde{C}'_{PI_1} - \tilde{C}'_{PI_3} \\ \vdots \\ \tilde{C}'_{PI_1} - \tilde{C}'_{PI_k} \end{bmatrix} \quad (10)$$

เมื่อ $\tilde{C}'_{PI_i}$ เป็นตัวประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดและไม่เอนเอียงของ C_{PI_i} คำนวณจาก

$$\tilde{C}'_{PI_i} = \sqrt{\frac{n_i}{n_i - 1}} b_{n_i-1} \hat{C}_{PI_i} \quad (11)$$

เนื่องจากตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ C_{PI_i} ($\hat{C}_{PI_i} = b_{n_i-1} \hat{C}_{PI_i}$) คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาจากตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงของ σ_i^2 กล่าวคือ

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i - 1} \quad \text{ในขณะที่สถิติทดสอบบอลด์}$$

ใช้ตัวประมาณความน่าจะเป็นสูงสุดของ σ_i^2 นั่นคือ

$$\hat{\sigma}_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n_i} \quad \text{ดังนั้น } \tilde{C}'_{PI_i} \text{ จึงคำนวณตามสูตรข้างต้น}$$

กำหนดให้ $\mathbf{V}'$ เป็นเมตริกซ์ทแยง (Diagonal matrix) ของค่าประมาณความแปรปรวนของตัวประมาณดัชนีสมรรถภาพ กำหนดโดย

$$\mathbf{V}' = \text{diag} \left[\frac{1}{n_1} \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{2} \tilde{C}'_{PI_1}{}^2 \right), \frac{1}{n_2} \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{2} \tilde{C}'_{PI_2}{}^2 \right), \dots, \frac{1}{n_k} \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{2} \tilde{C}'_{PI_k}{}^2 \right) \right] \quad (12)$$

คำนวณค่าสถิติทดสอบบอลด์ (W) จาก

$$W = \hat{\mathbf{d}}' [\mathbf{H} \mathbf{V}' \mathbf{H}^T]^{-1} \hat{\mathbf{d}}' \quad (13)$$

3. นำค่าสถิติทดสอบไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤต

ภายใต้ข้อตกลงเบื้องต้นและสมมติฐานหลัก สถิติทดสอบบอลด์ จะเข้าสู่การแจกแจงแบบไคส์สแควร์ด้วยองศาอิสระ $k-1$ ดังนั้นที่ระดับนัยสำคัญ α จะปฏิเสธสมมติฐานหลักเมื่อค่า W ที่คำนวณได้ตามขั้นตอนที่ 2 มีค่ามากกว่าค่า $\chi_{\alpha, (k-1)}^2$ ซึ่งเปิดจากตารางไคส์สแควร์และสรุปว่าค่าดัชนีสมรรถภาพกระบวนการของผู้ส่งมอบรายแรกมีความแตกต่างค่าอื่นอย่างน้อย 1 ค่า ดังนั้นจะตัดค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพกระบวนการของผู้ส่งมอบรายแรกออก แล้วนำค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพของผู้ส่งมอบรายถัดไปมาเป็นรายแรก แล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 และ 3 จนกว่าจะไม่ปฏิเสธสมมติฐานหรือเหลือผู้ส่งมอบเพียงรายเดียว โดยสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 คำนวณค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ จากตัวอย่างที่สุ่มมา
ขั้นที่ 2 เรียงลำดับค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพกระบวนการจากน้อยไปมาก โดยให้รายแรกคือผู้ส่งมอบที่มีค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพที่ต่ำที่สุด
ขั้นที่ 3 ทดสอบความเท่ากันของดัชนีสมรรถภาพ โดย

$$\text{กำหนดให้ } \mathbf{d}' = \begin{bmatrix} C_{PI_1} - C_{PI_2} \\ C_{PI_1} - C_{PI_3} \\ \vdots \\ C_{PI_1} - C_{PI_k} \end{bmatrix}$$

ตั้งสมมติฐาน $H_0 : \mathbf{d}' = \mathbf{0}$

$$H_1 : \mathbf{d}' \neq \mathbf{0}$$

สร้างเมตริกซ์ $\mathbf{H}$ ($\mathbf{H}$)

คำนวณค่า $\hat{\mathbf{d}}'$, $\mathbf{V}'$ และคำนวณค่าสถิติทดสอบ W

นำค่าสถิติทดสอบ W ไปเปรียบเทียบกับค่า $\chi_{\alpha, (k-1)}^2$

ขั้นที่ 4 ถ้าปฏิเสธสมมติฐานหลักให้ตัดผู้ส่งมอบรายแรกออกแล้วกำหนดให้ผู้ส่งมอบรายที่มีค่าประมาณดัชนีสมรรถภาพกระบวนการต่ำรองลงมาเป็นรายแรกแทนแล้วเริ่มทำขั้นที่ 3 และ 4 ใหม่

กรณีที่ไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าผู้ส่งมอบรายที่เหลือมีสมรรถภาพกระบวนการไม่แตกต่างกัน ณ ระดับนัยสำคัญที่กำหนด

ตัวอย่างการคำนวณ

สมมติว่ากระบวนการที่ศึกษามีเฉพาะข้อกำหนดเฉพาะด้านบน (USL) โดยกำหนดให้มีค่า $USL = 6$ และมีดัชนีสมรรถภาพที่แท้จริงดังนี้

ผู้ส่งมอบ A : กระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งมีดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ (C_{puA}) เป็น 1.5

ผู้ส่งมอบ B : กระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งมีดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ (C_{puB}) เป็น 1

ผู้ส่งมอบ C : กระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งมีดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ (C_{puC}) เป็น 1.5

ผู้ส่งมอบ D : กระบวนการมีการแจกแจงแบบปกติซึ่งมีดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ (C_{puD}) เป็น 1.5

ซึ่งค่าที่แท้จริงเหล่านี้จะไม่ทราบ ถ้าผู้ทำการคัดเลือกผู้ส่งมอบทำการสุ่มตัวอย่างมาจากกระบวนการของผู้ส่งมอบทั้ง 4 ราย กำหนดขนาดตัวอย่างที่สุ่มมาของทั้ง 4 ราย คือ 100 ซึ่งมีค่าสถิติของแต่ละรายดังนี้

$$\bar{x}_A = 3.12317, S_A = 0.71248, \hat{C}_{puA} = 1.345923$$

$$\bar{x}_B = 2.91463, S_B = 0.92773, \hat{C}_{puB} = 1.108573$$

$$\bar{x}_C = 3.07837, S_C = 0.66768, \hat{C}_{puC} = 1.458598$$

$$\bar{x}_D = 2.93557, S_D = 0.71857, \hat{C}_{puD} = 1.421541$$

นำมาคำนวณค่า C'_{pu_i} จากสูตร

$$C'_{pu_i} = b_{n_i-1} \hat{C}_{pu_i} = b_{n_i-1} \left(\frac{USL - \bar{x}_i}{3s_i} \right)$$

$$C'_{pu_A} = 1.33569 \quad C'_{pu_B} = 1.10015$$

$$C'_{pu_C} = 1.44751 \quad C'_{pu_D} = 1.41074$$

นำมาเรียงและกำหนดลำดับใหม่ได้ดังนี้

$$C'_{pu_1} = 1.10015 \text{ (ผู้ส่งมอบ B)}, \tilde{C}'_{pu_1} = 1.105693$$

$$C'_{pu_2} = 1.33569 \text{ (ผู้ส่งมอบ A)}, \tilde{C}'_{pu_2} = 1.342426$$

$$C'_{pu_3} = 1.41074 \text{ (ผู้ส่งมอบ D)}, \tilde{C}'_{pu_3} = 1.417847$$

$$C'_{pu_4} = 1.44751 \text{ (ผู้ส่งมอบ C)}, \tilde{C}'_{pu_4} = 1.454808$$

$$\text{กำหนดให้ } \mathbf{d}' = \begin{bmatrix} C_{pu_1} - C_{pu_2} \\ C_{pu_1} - C_{pu_3} \\ C_{pu_1} - C_{pu_4} \end{bmatrix}$$

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0 : \mathbf{d}' = 0 \text{ กับ } H_1 : \mathbf{d}' \neq 0$$

กำหนดระดับนัยสำคัญ (α) ไว้ที่ 0.05

$$\text{สร้างเมตริกซ์ } H \text{ โดย } H = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

คำนวณค่า $\hat{\mathbf{d}}'$, $\mathbf{V}'$ และคำนวณค่าสถิติทดสอบ W

$$\hat{\mathbf{d}}' = \begin{bmatrix} 1.105693 - 1.342426 \\ 1.105693 - 1.417847 \\ 1.105693 - 1.454808 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.236733 \\ -0.312154 \\ -0.349115 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{V}' = \text{diag}[0.00722, 0.01012, 0.01116, 0.01169]$$

$$W = 8.695055$$

$$\text{เปิดตาราง } \chi^2_{\alpha, (k-1)} = \chi^2_{0.05, (4-1)} = 7.814728$$

ค่าสถิติทดสอบ W ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าไคส์สแควร์ที่เปิดได้จากตาราง จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักและสรุปว่าผู้ส่งมอบ B มีสมรรถภาพกระบวนการแตกต่างจากรายอื่นอย่างน้อยหนึ่งราย ดังนั้นจึงตัด C_{pu_1} (ผู้ส่งมอบ B) ออก แล้วกำหนดให้ C_{pu_2} ของผู้ส่งมอบ A เป็น C_{pu_1} แทน จะได้ลำดับใหม่ของค่าประมาณ ดังนี้

$$C'_{pu_1} = 1.33569 \text{ (ผู้ส่งมอบ A)}, \tilde{C}'_{pu_1} = 1.342426$$

$$C'_{pu_2} = 1.41074 \text{ (ผู้ส่งมอบ D)}, \tilde{C}'_{pu_2} = 1.417847$$

$$C'_{pu_3} = 1.44751 \text{ (ผู้ส่งมอบ C)}, \tilde{C}'_{pu_3} = 1.454808$$

$$C'_{pu_4} = 1.41074 \text{ (ผู้ส่งมอบ D)}, \tilde{C}'_{pu_4} = 1.417847$$

$$C'_{pu_5} = 1.44751 \text{ (ผู้ส่งมอบ C)}, \tilde{C}'_{pu_5} = 1.454808$$

$$\text{กำหนด } \mathbf{d}' \text{ ใหม่ โดย } \mathbf{d}' = \begin{bmatrix} C_{pu_1} - C_{pu_2} \\ C_{pu_1} - C_{pu_3} \end{bmatrix}$$

$$\text{ตั้งสมมติฐาน } H_0 : \mathbf{d}' = 0 \text{ กับ } H_1 : \mathbf{d}' \neq 0$$

$$\text{สร้างเมตริกซ์ } H \text{ โดย } H = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

คำนวณค่า $\hat{\mathbf{d}}'$, $\mathbf{V}'$ และคำนวณค่าสถิติทดสอบ W

$$\hat{\mathbf{d}}' = \begin{bmatrix} 1.342426 - 1.417847 \\ 1.342426 - 1.454808 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.075421 \\ -0.112382 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{V}' = \text{diag}[0.01012, 0.01116, 0.01169]$$

$$W = 0.611677$$

$$\text{เปิดตาราง } \chi^2_{\alpha, (k-1)} = \chi^2_{0.05, (3-1)} = 5.99146$$

ค่าสถิติทดสอบ W มีค่าน้อยกว่าค่าไคส์สแควร์ที่เปิดได้จากตาราง จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังนั้นสรุปได้ว่า ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผู้ส่งมอบ A C และ D มีสมรรถภาพกระบวนการไม่แตกต่างกัน

2.2 การทดสอบความแม่นยำและวิเคราะห์ความสามารถของวิธีการที่สร้างขึ้น

การทดสอบความแม่นยำและวิเคราะห์ความสามารถของวิธีการที่สร้างขึ้นนี้ ทำโดยการจำลองข้อมูลด้วยวิธีมอนติคาร์โล กำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งใช้แทนคุณลักษณะทางคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการของผู้ส่งมอบ โดยกำหนดให้มีผู้ส่งมอบ 2 ราย 3 ราย 4 ราย และ 5 ราย และกำหนดดัชนีสมรรถภาพกระบวนการที่ศึกษามีค่าตั้งแต่ 1, 1.33, 1.5, 1.66 และ 2 ตามระดับคุณภาพกระบวนการของ Pearn และคณะ (2009) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01, 0.025 และ 0.05 โดยทดลองทำซ้ำจำนวน 1,000, 5,000, 10,000 และ 100,000 ครั้ง พบว่า ค่าเริ่มเสถียรที่ 10,000 ครั้ง จึงทำในแต่ละกรณี 10,000 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง (The actual Type I error) เพื่อเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ (α) ที่กำหนด การจำลองข้อมูลและประมวลผล ทำโดยการเขียนชุดคำสั่งในโปรแกรม R

3. ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้ให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงใกล้เคียงกับระดับนัยสำคัญที่กำหนด ทั้งในกรณีที่ผู้ส่งมอบ 2 ราย 3 ราย 4 ราย และ 5 ราย ในทุก ๆ ขนาดตัวอย่าง และทุก ๆ ระดับของดัชนีสมรรถภาพกระบวนการ ซึ่งผลเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผู้วิจัยขอแสดงผลเฉพาะกรณีที่ผู้ส่งมอบสองราย เนื่องจากต้องการผลการเปรียบเทียบด้วยวิธีของ Chou (1994) ผลการวิจัยแสดงดังตารางที่ 1 ถึง 3

พิจารณาตารางที่ 1 ถึง 3 พบว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ถ้านำไปเปรียบเทียบกับวิธีของ Chou จะให้ค่าความ

น่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริงดีกว่าวิธีของ Chou ในกรณีที่ขนาดตัวอย่างต่ำ เมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ขึ้นวิธีที่พัฒนาขึ้นใหม่กับวิธีของ Chou ให้ค่าที่ใกล้เคียงกัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้เพื่อเปรียบเทียบดัชนีสมรรถภาพกระบวนการของผู้ส่งมอบ กรณีที่มีข้อกำหนดเฉพาะด้านเดียวได้ โดยที่ไม่มีข้อจำกัดเรื่องการใช้ขนาดตัวอย่างในการทดสอบที่เท่ากันของผู้ส่งมอบ และสามารถนำไปใช้เปรียบเทียบในกรณีที่ผู้ส่งมอบตั้งแต่สองรายขึ้นไป ซึ่งจะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานพิจารณาเปรียบเทียบสมรรถภาพกระบวนการของผู้ส่งมอบได้สะดวกขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Chou,Y.M. (1994). Selecting a better supplier by testing process capability indices. *Quality Engineering*. Vol. 6, No. 3, 427-438.
- Hubele,N.F., Berrado,A. and Gel,E.S. (2005). A Wald test for comparing multiple capability indices. *Journal of Quality Technology*. Vol. 37, No. 4, 304-307.
- Kane.V.E. (1986). Process capability indices . *Journal of Quality Technology*. Vol. 18, No. 1, 41-52.
- Nairy K.S. and Rao,K.A. (2003). Tests of Coefficients of Variation of Normal Population. *Communications in Statistics : Simulation and Computation*. Vol. 32, No. 3, 641-661.
- Pearn,W.L. and Chen,K.S. (2002). One-sided capability indices C_{pu} and C_{pl} : decision making with sample information. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 19, No. 3, 221-245

- Pearn,W.L., Hung,H.N. and Cheng Y.C. (2009). Supplier selection for one-side processes with unequal sample sizes. *European Journal of Operational Research*. Vol. 195, 381-393.
- Pearn,W.L., Shu,M.H. and Hsu,B.M. (2004). Lower confidence bounds for C_{pu} and C_{pl} based on multiple samples with application to production yield assurance. *International Journal of Production Research*. Vol. 42, No. 12, 2339-2356.

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01

$\alpha=0.01$	1		1.33		1.5		1.667		2	
	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New
n = 30	0.0118	0.0096	0.0119	0.0094	0.0110	0.0091	0.0119	0.0099	0.0123	0.0100
n = 50	0.0112	0.0099	0.0113	0.0097	0.0110	0.0097	0.0111	0.0099	0.0113	0.0099
n = 100	0.0105	0.0100	0.0102	0.0096	0.0107	0.0100	0.0099	0.0092	0.0099	0.0093
n = 150	0.0106	0.0101	0.0112	0.0108	0.0105	0.0100	0.0099	0.0095	0.0103	0.0099
n = 200	0.0105	0.0102	0.0100	0.0097	0.0101	0.0098	0.0106	0.0103	0.0103	0.0099
n = 250	0.0106	0.0104	0.0104	0.0102	0.0101	0.0098	0.0101	0.0098	0.0104	0.0101
n = 300	0.0101	0.0099	0.0097	0.0095	0.0102	0.0101	0.0102	0.0101	0.0101	0.0098

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง ณ ระดับนัยสำคัญ 0.025

$\alpha=0.025$	1		1.33		1.5		1.667		2	
	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New
n = 30	0.0296	0.0262	0.0285	0.0250	0.0287	0.0255	0.0287	0.0255	0.0282	0.0251
n = 50	0.0274	0.0256	0.0270	0.0251	0.0265	0.0247	0.0269	0.0250	0.0281	0.0260
n = 100	0.0256	0.0247	0.0265	0.0255	0.0261	0.0251	0.0256	0.0248	0.0272	0.0262
n = 150	0.0260	0.0254	0.0250	0.0245	0.0253	0.0248	0.0253	0.0248	0.0256	0.0248
n = 200	0.0254	0.0249	0.0253	0.0248	0.0257	0.0252	0.0259	0.0254	0.0254	0.0249
n = 250	0.0251	0.0247	0.0254	0.0249	0.0256	0.0253	0.0251	0.0247	0.0255	0.0252
n = 300	0.0247	0.0244	0.0251	0.0248	0.0255	0.0253	0.0255	0.0252	0.0256	0.0254

ตารางที่ 3 ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดประเภทที่ 1 ที่เกิดขึ้นจริง ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05

$\alpha=0.05$	1		1.33		1.5		1.667		2	
	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New	Chou	New
n = 30	0.0552	0.0509	0.0551	0.0509	0.0558	0.0520	0.0550	0.0512	0.0561	0.0520
n = 50	0.0539	0.0515	0.0521	0.0497	0.0540	0.0516	0.0533	0.0507	0.0542	0.0517
n = 100	0.0523	0.0511	0.0515	0.0503	0.0516	0.0506	0.0500	0.0487	0.0509	0.0495
n = 150	0.0522	0.0512	0.0505	0.0498	0.0522	0.0515	0.0506	0.0500	0.0518	0.0511
n = 200	0.0521	0.0513	0.0501	0.0496	0.0507	0.0502	0.0518	0.0511	0.0503	0.0497
n = 250	0.0511	0.0505	0.0508	0.0502	0.0488	0.0483	0.0500	0.0495	0.0508	0.0503
n = 300	0.0498	0.0494	0.0506	0.0500	0.0504	0.0500	0.0516	0.0512	0.0504	0.0500