

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย

A Comparison on Efficiency of Fraction Nonconforming Control Charts

ชัชฎาภา ดีอุ่น¹ และ เปรมพร เขมามุขมณี²

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800^{1,2}
E-mail: ma_mamiao@hotmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย ซึ่งแผนภูมิควบคุมที่นำมาศึกษาประกอบด้วย แผนภูมิควบคุม p แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma เมื่อกำหนดสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07 และ 0.09 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสีย (δ) เท่ากับ 0.0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 และกำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมคือ ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1) จากผลการศึกษารูปได้พบว่า แผนภูมิควบคุม p จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการดี เมื่อสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05, 0.07 และ 0.09 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 2.0 สำหรับแผนภูมิควบคุม Ewma และ แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma มีประสิทธิภาพดีในทุกกรณีที่ศึกษา เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และ 50 ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่า หากสัดส่วนของเสีย หรือขนาดตัวอย่าง หรือระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียอย่างใด

อย่างหนึ่งมีค่ามากขึ้นจะส่งผลให้แผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพในการทดสอบสูงขึ้น

คำสำคัญ: แผนภูมิควบคุม p, แผนภูมิควบคุม Ewma, แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma, ความผิดพลาดประเภทที่ 1, ความยาววิ่งเฉลี่ย

Abstract

The objective of this research is to compare the efficiency of fraction nonconforming control charts that are p chart, Ewma chart and Isrt p ewma chart. This research considered the standard fraction nonconforming (p_0) are 0.01, 0.03, 0.05, 0.07 and 0.09. The shift of fraction nonconforming (δ) are 0.0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 and 2.0. Sample sizes (n) are 50, 100, 200 and 300. For each studied situation, the benchmark criteria were both Type I error and Average Run Length (ARL_1). The results of this study were as follows: p chart is the most efficient tool where $p_0 = 0.05, 0.07$ and 0.09; $n = 300$; and $\delta = 2.0$. Both Ewma chart and Isrt p ewma chart are the most efficient tool in case of

all p_0 , when $\delta = 2.0$; and $n = 200$ and 50 respectively. Finally the efficiency of Ewma chart is higher when one of these three factors: Standard fraction nonconforming; Shift of fraction nonconforming; and sample size is higher too.

Keywords: p chart, Ewma chart, Isrt p ewma chart, Type I error, Average Run Length

1. บทนำ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีบทบาทสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค ดังนั้นผู้ผลิตจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด หากเมื่อใดมีผลิตภัณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานเกิดขึ้นจะสร้างความเสียหายแก่ผู้ผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นควรมีการควบคุมคุณภาพ โดยใช้เครื่องมือในการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติมาช่วยในการเก็บข้อมูลและแก้ไขข้อบกพร่อง ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวคือ แผนภูมิควบคุม (Control Charts) [1]

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียเป็นแผนภูมิควบคุมที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจาก แผนภูมิควบคุมดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลากหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ [2] อุตสาหกรรมพลาสติก [3] อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ [4] เป็นต้น โดยแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายคือ แผนภูมิควบคุม p แต่ปัญหาสำคัญของแผนภูมิควบคุม p คือ ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตได้ช้า [1], [5], [6], [7] ทำให้นักวิจัยหลายท่านศึกษาการใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในหลายรูปแบบ เช่น แผนภูมิ

ควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma [8], [9], [10], [11]

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 3 วิธี คือ แผนภูมิควบคุม p แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma พร้อมทั้งพิจารณาว่าหากสัดส่วนของเสียมีค่าแตกต่างกันจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมหรือไม่ และหาข้อสรุปสำหรับการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม หมายถึง ความไวในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ [7], [8], [9], [10] เช่น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเสีย [12]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้นำเสนอทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย รวมไปถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 แผนภูมิควบคุม p

ธิดาเดียว มยุรีสุวรรณ [1] กล่าวว่า ในปี 1924 Shewhart ได้เสนอแผนภูมิควบคุม p ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการ โดยขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) และ (2)

$$UCL = p_0 + 3 \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \quad (1)$$

$$LCL = p_0 - 3 \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \quad (2)$$

ถ้า $LCL < 0$ ให้ $LCL = 0$

เมื่อ $p_0 =$ ค่าสัดส่วนของเสีย

n = ขนาดตัวอย่าง

2.2 แผนภูมิควบคุม Ewma

Montgomery [13] กล่าวว่า แผนภูมิควบคุม Ewma เป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่มีขนาดเล็กของกระบวนการ โดยแผนภูมิควบคุม Ewma สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3) ถึง (5)

$$Z_i = \lambda p_i + (1-\lambda) Z_{i-1} \quad (3)$$

เมื่อ Z_i = ตัวสถิติ Ewma ณ เวลาที่ i กำหนด $Z_0 = p_0$

λ = พารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุมเป็นค่าคงที่

$$\text{เมื่อ } 0 < \lambda \leq 1$$

p_i = จำนวนของผลิตภัณฑ์เสียตัวอย่างที่ i

$$UCL = p_0 + L \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \left(\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \right) \quad (4)$$

$$LCL = p_0 - L \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \left(\frac{\lambda}{(2-\lambda)} \right) \quad (5)$$

เมื่อ p_0 = ค่าสัดส่วนของเสีย

L = ค่าสัมประสิทธิ์ของแผนภูมิควบคุม Ewma

2.3 แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma

ในปี 2014 Sukparungsee [11] ได้เสนอแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma ใช้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิต แผนภูมิดังกล่าว สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดี แม้สัดส่วนของเสียมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6) และ (7)

$$UCL = \sqrt{p_0} - L \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1-p_0}{n}} - \frac{1}{6} \left(\frac{1-p_0}{n\sqrt{p_0}} \right) \right]} \quad (6)$$

$$LCL = \sqrt{p_0} - L \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \left[\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1-p_0}{n}} - \frac{3}{8} \left(\frac{1-p_0}{n\sqrt{p_0}} \right) \right]} \quad (7)$$

ถ้า $LCL < 0$ ให้ $LCL = 0$

เมื่อ L = ค่าสัมประสิทธิ์ของแผนภูมิควบคุม Ewma

λ = พารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุมเป็นค่าคงที่

$$\text{เมื่อ } 0 < \lambda \leq 1$$

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในหลายรูปแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนภูมิควบคุม p เป็นแผนภูมิควบคุมที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ต่อมานักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม p พบว่า แผนภูมิควบคุมดังกล่าวขาดความสามารถในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิตที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 [5], [6], [7], [8] แต่ในขณะที่ศุภิสรา พลอยครุฑ [14] พบว่า แผนภูมิควบคุม p มีประสิทธิภาพดี ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 แต่ที่สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.05 และ 0.1 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.0001 ถึง 0.009 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 3,500

แผนภูมิควบคุม Ewma เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของ

กระบวนการ สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลง ส่วนของเสียของกระบวนการได้อย่างรวดเร็ว ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 และ 0.005 [8], [9] แต่ อภิญา ปริสุทธิพงศ์ [10] พบว่า ที่ระดับนัยสำคัญ เดียวกันแผนภูมิดังกล่าวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ช้า เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03

แผนภูมิควบคุม Isrt p พัฒนาขึ้นในปี 2006 โดยแผนภูมิดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีกับกรณีที่สัดส่วน ของเสียมีค่าเพียงเล็กน้อย และขนาดตัวอย่างมีขนาด เล็กถึงปานกลาง ต่อมาในปี 2014 Sukparungsee [11] ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของแผนภูมิ ควบคุม Isrt p ผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิ Isrt p มี ประสิทธิภาพดี ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05 และ 0.1 ขนาดตัวอย่าง เท่ากับ 50 และ 70 และระดับการเปลี่ยนแปลงค่า สัดส่วนของเสียเท่ากับ 1.0, 1.5 และ 2.0

แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma เป็นแผนภูมิที่ ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2014 โดยใช้หลักการรวม แผนภูมิควบคุม Isrt p และแผนภูมิควบคุม Ewma เข้าด้วยกัน ผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิดังกล่าว สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของ กระบวนการผลิตได้ดี ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05 และ 0.1 ระดับ การเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.03, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 และ ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 และ 70 [11]

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลที่มีลักษณะการแจกแจงทวินาม เนื่องจากการแจกแจงทวินามเป็นการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง โดยในการทดลองแต่ละครั้งจะมีผลลัพธ์ได้เพียง 2 ทางคือ ดี เสีย ซึ่งสอดคล้องกับ ข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ เช่นสัดส่วนของเสีย [13]

สร้างข้อมูลตามขอบเขตการทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตการทดลอง

1. แผนภูมิควบคุมที่ใช้ในการศึกษาประสิทธิภาพ ได้แก่ แผนภูมิควบคุม p แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma

2. กำหนดสัดส่วนของเสีย (p_0) เท่ากับ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07 และ 0.09 เนื่องจากค่าสัดส่วนของเสียดังกล่าวสามารถพบได้บ่อยในหลายอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก [15], อุตสาหกรรมผลิตขวดแก้ว [16] เป็นต้น อีกทั้งยังมีนักวิจัยหลายท่านนำค่า สัดส่วนของเสียข้างต้นมาศึกษาประสิทธิภาพของ แผนภูมิควบคุมเช่นกัน [12], [17]

3. กำหนดระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสีย (δ) เท่ากับ 0.0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 เนื่องจากแผนภูมิควบคุม p ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ดีเมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียมากกว่า 1.5 [1] จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมอื่น ๆ เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเล็กน้อย แตกต่างกันไปเพิ่มเติม เพื่อลดข้อจำกัดของแผนภูมิควบคุม p นอกจากนี้ยังพบว่า มีนักวิจัยหลายท่านให้ ความสนใจศึกษาเป็นอย่างมาก เมื่อข้อมูลมีระดับการ

เปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียตามที่กล่าวมาข้างต้น [11], [18]

4. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม (λ) เท่ากับ 0.05 [8], [10], [19] โดย Montgomery [13] กล่าวว่า λ เท่ากับ 0.05 เป็นทางเลือกที่ดีในการนำไปใช้ เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย

5. กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) เท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 เนื่องจากสามารถพบได้บ่อยในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานจริง และขนาดตัวอย่างดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ในการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม [12], [20]

6. กำหนดระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.0027 เนื่องจากโดยทั่วไปแผนภูมิควบคุม p มักกำหนดระยะห่างระหว่างขีดจำกัดควบคุมและเส้นกลางเท่ากับ 3σ ทำให้มีช่วงเชื่อมั่นเท่ากับ 99.73% หรือระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 [13]

7. จำลองข้อมูล 10,000 ครั้ง และทดลองซ้ำ 50 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม R [14], [19]

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงาน ซึ่งมี ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จำลองข้อมูลโดยกำหนดการแจกแจงสัดส่วนของเสีย ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสีย และขนาดตัวอย่าง ตามขอบเขตการทดลอง ดังรูปที่ 1

```
> p0=0.05
> n=50
> shift=0
> p1=p0*(1+shift)
> y=rbinom(1,size=n,prob=p1)/n
> y
[1] 0.04
```

รูปที่ 1 จำลองข้อมูลตามสถานการณ์ที่กำหนด

จากรูปที่ 1 แสดงการจำลองข้อมูล เมื่อกำหนดให้ข้อมูลมีการแจกแจงทวินาม สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 โดยสัดส่วนของเสียที่ได้จากการจำลองข้อมูลเท่ากับ 0.04

2. คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุมทั้ง 3 วิธี ตามสมการที่ 1 ถึง 7

3. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม

4. บันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบ

5. ในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 10,000 รอบ โดยใช้โปรแกรม R [14], [19]

6. คำนวณหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) โดยนำค่าที่ได้จากการบันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบหารด้วยจำนวนรอบในการทำซ้ำทั้งหมดเท่ากับ 10,000 รอบ โดยกำหนดให้ระดับการเปลี่ยนแปลง (δ) เท่ากับ 0

7. คำนวณหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1) โดยนำค่าที่ได้จากการบันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบหารด้วยจำนวนรอบในการทำซ้ำทั้งหมดเท่ากับ 10,000 รอบ โดยกำหนดให้ระดับการ

เปลี่ยนแปลง (δ) เท่ากับ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0

8. พิจารณา ค่า ARL_1 ของแผนภูมิทั้ง 3 วิธี หากแผนภูมิควบคุมใดที่ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดจะมีประสิทธิภาพสูงสุด

9. สรุปผลการทดลอง

4. ผลการวิจัย

ในส่วนนี้แบ่งผลการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาความสามารถในการควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของแผนภูมิควบคุม 3 วิธี เพื่อคัดเลือกแผนภูมิควบคุมที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ โดยส่วนนี้จะจำลองข้อมูลให้อยู่ในขีดจำกัดควบคุม (กระบวนการไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม) หากแผนภูมิควบคุมใดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ จะนำไปพิจารณาหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ยในขั้นตอนนี้ต่อไป

จากการทดลองตามที่กำหนดไว้ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ในทุกกรณีการศึกษา เนื่องจากค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 มีค่าไม่เกิน 0.0027 ในขณะที่แผนภูมิควบคุม p สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05, 0.07 และ 0.09 เท่านั้น ดังนั้น แผนภูมิ

ควบคุม p จะถูกนำมาพิจารณาหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1) ต่อเฉพาะกรณีที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 สัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.05, 0.07 และ 0.09 (ดังตารางที่ 4 ถึง 6)

4.2 ความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1)

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาหาความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL_1) โดยจำลองข้อมูลให้อยู่นอกขีดจำกัดควบคุม (กระบวนการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม) จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรก หากแผนภูมิควบคุมใดที่ให้ค่า ARL_1 ต่ำที่สุดจะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสูงสุด

จากการทดลองตามที่กำหนดไว้ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 ถึง 6

จากตารางที่ 2 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 เนื่องจากมีค่า ARL_1 เท่ากับ 2.0147 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด เพราะค่า ARL_1 สูงสุด ซึ่งเท่ากับ 348.2575 ในขณะที่แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 เนื่องจากมีค่า ARL_1 เท่ากับ 0.4941 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด แต่ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิ Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด เพราะค่า ARL_1 สูงที่สุด ซึ่งเท่ากับ 362.2169

จากตารางที่ 3 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 เนื่องจากมีค่า ARL_1 เท่ากับ 0.9157 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด เพราะค่า ARL_1 สูงสุด ซึ่งเท่ากับ 354.7028 ในขณะที่แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่มีประสิทธิภาพต่ำสุดที่ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 เนื่องจากมีค่า ARL_1 เท่ากับ 5.7472 และ 328.2647 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม p และ แผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิ p จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด อีกทั้งแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดเช่นกัน แต่ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 สำหรับแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดและต่ำสุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 และ 0.01 ตามลำดับ

จากตารางที่ 5 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม p จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดและต่ำสุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 และ 0.01 ตามลำดับ ส่วนแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่า

สัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิควบคุม ดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด สำหรับแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิ Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด

จากตารางที่ 6 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แผนภูมิควบคุม p และแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดี แต่เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิ p จะมีประสิทธิภาพต่ำ และแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพต่ำเช่นกัน แต่ที่ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ในขณะที่แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดและต่ำสุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 และ 0.01 ตามลำดับ

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิควบคุม p จะไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้เลย เมื่อขนาดตัวอย่างน้อยกว่า 300 และสัดส่วนของเสียน้อยกว่า 0.05 แต่ถ้าขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 แผนภูมิควบคุม p และแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ดีทั้งคู่ ที่ระดับการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 2.0 สำหรับขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ที่ระดับ

การเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 2.0 แผนภูมิควบคุม lsrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม Ewma แต่ถ้าที่ระดับการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 0.01

แผนภูมิควบคุม ทั้ง 2 วิธี จะตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ช้ามาก

ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1

n	p_0	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01	0.0139*	0.0027	0.0027
	0.03	0.0037*	0.0027	0.0027
	0.05	0.0032*	0.0027	0.0027
	0.07	0.0074*	0.0027	0.0027
	0.09	0.0043*	0.0027	0.0027
100	0.01	0.0186*	0.0027	0.0027
	0.03	0.0032*	0.0027	0.0027
	0.05	0.0043*	0.0027	0.0027
	0.07	0.0041*	0.0027	0.0027
	0.09	0.0035*	0.0027	0.0027
200	0.01	0.0043*	0.0027	0.0027
	0.03	0.0031*	0.0027	0.0027
	0.05	0.0029*	0.0027	0.0027
	0.07	0.0040*	0.0027	0.0027
	0.09	0.0028*	0.0027	0.0027
300	0.01	0.0043*	0.0027	0.0027
	0.03	0.0048*	0.0027	0.0027
	0.05	0.0027	0.0027	0.0027
	0.07	0.0027	0.0027	0.0027
	0.09	0.0027	0.0027	0.0027

* หมายถึง แผนภูมิควบคุมไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

ตารางที่ 2 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL₁) เมื่อ p_0 เท่ากับ 0.01

n	δ	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		348.2575	362.2169
	0.05		272.8729	320.303
	0.1		203.0447	282.1237
	0.5		37.6024	19.0699
	1.0		15.1542	2.4842
	2.0		6.4972	0.4941
100	0.01		341.4559	333.0557
	0.05		260.3102	225.1561
	0.1		167.3903	141.4123
	0.5		24.3255	21.7561
	1.0		9.7446	9.7939
	2.0		4.2299	3.7939
200	0.01		346.7054	322.2871
	0.05		231.7647	199.518
	0.1		129.3521	123.9711
	0.5		15.3272	199.5186
	1.0		9.7446	9.0777
	2.0		4.2299	3.7939
300	0.01		343.3622	319.2872
	0.05		206.9624	180.7122
	0.1		104.7625	110.1205
	0.5		11.75	26.0193
	1.0		4.8371	14.0422
	2.0		2.0147	7.2578

ตารางที่ 3 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL₁) เมื่อ p₀ เท่ากับ 0.03

n	δ	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		354.7028	328.2647
	0.05		246.9594	213.0729
	0.1		144.8368	131.3052
	0.5		18.2474	25.1131
	1.0		7.4532	12.1427
	2.0		3.1093	5.7472
100	0.01		340.4981	316.8493
	0.05		207.3493	183.0876
	0.1		103.6636	109.3428
	0.5		11.6046	25.9891
	1.0		4.8078	13.9615
	2.0		1.9614	7.2195
200	0.01		336.8918	300.3281
	0.05		159.1526	151.9238
	0.1		66.7905	88.3865
	0.5		7.4075	25.1246
	1.0		3.0574	14.2823
	2.0		1.1952	7.7153
300	0.01		327.868	293.795
	0.05		130.9477	134.0248
	0.1		52.1506	79.0219
	0.5		5.7114	24.5085
	1.0		2.359	14.2611
	2.0		0.9157	7.8163

ตารางที่ 4 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL₁) เมื่อ p₀ เท่ากับ 0.05

n	δ	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		345.3684	327.1409
	0.05		218.2297	189.668
	0.1		114.3855	114.002
	0.5		12.7832	25.9744
	1.0		5.3538	13.6445
	2.0		2.1878	6.9433
100	0.01		341.7895	303.8796
	0.05		172.7923	157.1937
	0.1		76.8506	92.2931
	0.5		8.1623	25.1839
	1.0		3.42916	14.2299
	2.0		1.3239	7.6276
200	0.01		329.4958	284.5819
	0.05		120.0631	128.3462
	0.1		46.8785	76.5942
	0.5		5.2598	24.2315
	1.0		2.155	14.2183
	2.0		0.8304	7.8042
300	0.01	322.3675	313.1364	273.2769
	0.05	199.9007	94.0214	115.1407
	0.1	111.0728	35.0395	69.7797
	0.5	4.3022	4.0736	23.7188
	1.0	0.3336	1.6201	14.1094
	2.0	0.0006	0.5465	7.8256

ตารางที่ 5 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL₁) เมื่อ p₀ เท่ากับ 0.07

n	δ	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		347.5323	315.3640
	0.05		194.8419	172.7465
	0.1		93.9534	102.8463
	0.5		10.1090	25.4844
	1.0		4.2177	13.9991
	2.0		1.6654	7.3519
100	0.01		332.9144	295.8238
	0.05		144.4108	141.7150
	0.1		60.0589	84.0252
	0.5		6.5447	24.6962
	1.0		2.6907	14.2439
	2.0		1.0438	7.7273
200	0.01		316.7517	270.7582
	0.05		99.2462	116.2635
	0.1		36.5990	70.6339
	0.5		4.1907	23.7640
	1.0		1.6739	14.1089
	2.0		0.5387	7.8205
300	0.01	354.5433	302.8275	255.1223
	0.05	201.4600	75.2048	103.7584
	0.1	103.2109	27.1489	64.9514
	0.5	2.5482	3.2250	23.2685
	1.0	0.1085	1.2500	13.9850
	2.0	0.0001	0.1812	7.8074

ตารางที่ 6 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL₁) เมื่อ p₀ เท่ากับ 0.09

n	δ	p	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		347.2134	299.8111
	0.05		177.5048	157.5509
	0.1		79.7249	92.1841
	0.5		8.5345	25.1725
	1.0		3.5488	14.0814
	2.0		1.3829	7.5060
100	0.01		331.2120	283.4475
	0.05		126.3144	130.7619
	0.1		49.7665	77.9069
	0.5		5.4976	24.2401
	1.0		2.2363	14.1596
	2.0		0.8671	7.7631
200	0.01		307.7260	262.3161
	0.05		81.6382	107.7120
	0.1		29.7304	66.7858
	0.5		3.5119	23.4112
	1.0		1.3760	14.0137
	2.0		0.2972	7.8080
300	0.01	249.4011	298.1696	245.9485
	0.05	141.1453	62.6586	96.4924
	0.1	67.8357	22.5277	61.8895
	0.5	1.3605	2.6899	23.0381
	1.0	0.0282	1.0430	13.8954
	2.0	0.0001	0.0275	7.7959

เอกสารอ้างอิง

- [1] ธิดาเดี๋ยว มยุรีสุวรรณค์. “การควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม”. กรุงเทพฯ : ศูนย์ผลิตตำราเรียนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [2] กীরติศักดิ์ กীরติศมเดช. “การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตฝากระป๋อง โดยใช้การควบคุมกระบวนการด้วยหลักการทางสถิติ”. การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม, 2555.
- [3] ธนกฤษ ชุ่นเซ่ง. “การลดของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษา : ของเสียประเภทจุดดำ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2557.
- [4] กิตติคุณ แจ่มไสภณ. “การควบคุมกระบวนการโดยใช้หลักการทางสถิติในโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้”. สารนิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2552.
- [5] Khoo, B.M. “A moving average control chart for monitoring the fraction non-conforming.” Quality and Reliability Engineering International, no. 20 (2004), 617-635.
- [6] Tsai, T-R. “ Alternative Attribute Control Charts Based on Improved Square Root Transformation” . Journal of Mathematical Sciences, 2006, 61-72.
- [7] อินทิพร กิติไสภกุล. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิพี (p-chart), แผนภูมิคิว (Q-chart) และแผนภูมิจีออเมตริก (G-chart) ในการตรวจจับความเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนของเสีย”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2546.
- [8] ธิญญาลักษณ สุวรรณกุล. “สูตรสำเร็จค่าความยาววิ่งเฉลี่ยของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งสำหรับข้อมูลเชิงคุณลักษณะ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558.
- [9] นิธิยา ทองยวน. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการประมาณค่าความยาววิ่งเฉลี่ยของแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักด้วยเอกซ์โพเนนเชียล เมื่อข้อมูลมีการแจกแจงแบบทวินามด้วยเทคนิคการจำลองมอนติคาร์โล และวิธีลูกโซ่มาร์คอฟ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2552.
- [10] อภิญา ปรีสุทธิพงศ์. “การประมาณค่าความยาววิ่งเฉลี่ยของแผนภูมิควบคุม Arcsine EWMA Sign แบบไม่อิงพารามิเตอร์ด้วยวิธีลูกโซ่มาร์คอฟ”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558.
- [11] Sukparungsee, S. “An EWMA p Chart Based On Improved Square Root Transformation”. Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering, Vol:8, No:7, 2014.
- [12] เพ็ญญา เจริญศิลป์. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสำหรับการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงในสัดส่วนของเสีย”.

- วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- [13] Montgomery, D.C. “ Statistical Quality Control A Modern Introduction”. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 2013.
- [14] ศุภิสรา พลอยครุฑ. “การวัดประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียพีชชี”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2558.
- [15] ภัคจิรา พึ่งสุข. “การลดสัดส่วนของเสียในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง ในโรงงานผลิตเครื่องซักผ้า”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2554.
- [16] ทิมาพร มงคลแสง. “การลดปริมาณของเสียในโรงงานผลิตขวดแก้ว”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2553.
- [17] สุพีชา รุ่งเรือง. “การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสีย”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2557.
- [18] วรณนิตา รอดโอ. “แผนภูมิควบคุมคุณภาพสำหรับการเฝ้าสังเกตสัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตเมื่อกระบวนการออกนอกการควบคุม”. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปีที่ 24, ฉบับที่ 6, 2559.
- [19] ชนาพันธุ์ ชนาเนตร. “แผนภูมิควบคุมสำหรับตรวจจับค่าเฉลี่ยกระบวนการทวินามเชิงลบประเภทที่สองที่มีศูนย์มาก”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2557
- [20] Oliveira, A.M. “ Beta control charts for monitoring fraction data”. Expert Systems with Applications, no.39, 2012.