

การศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม p, Ewma และ Isrt p ewma  
**A STUDY OF EFFICIENCY OF P, EWMA AND ISRT P EWMA  
 CONTROL CHARTS**

ชัชฎาภา ดีวุ่น<sup>1</sup> และ เปรมพร เขมาวุฒ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800,

<sup>1</sup>ma\_mamiao@hotmail.com, <sup>2</sup>ppm@kmutnb.ac.th

Chatchadapa Dewun<sup>1</sup> and Premporn Khemavuk<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Department of industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
 King Mongkut's University of technology North Bangkok, Bang Sue, Bangkok 10800, Thailand,

<sup>1</sup>ma\_mamiao@hotmail.com, <sup>2</sup>ppm@kmutnb.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 3 วิธี คือ แผนภูมิควบคุม p แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma เมื่อกำหนดสัดส่วนของเสีย ( $p_0$ ) เท่ากับ 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.1 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสีย ( $\delta$ ) เท่ากับ 0.0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 และกำหนดขนาดตัวอย่าง ( $n$ ) เท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมคือ ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 และค่าความยาววิ่งเฉลี่ย ( $ARL_1$ ) จากผลการศึกษารูปได้พบว่า แผนภูมิควบคุม p จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการดี เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงเท่ากับ 2.0 สำหรับแผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma มีประสิทธิภาพดีในทุกกรณีของ  $p_0$  ที่ศึกษา เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 และ 50 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย, ความผิดพลาดประเภทที่ 1, ความยาววิ่งเฉลี่ย

### ABSTRACT

The objective of this research evaluation of the performance of fraction nonconforming control charts, such as p chart, Ewma chart and Isrt p ewma chart. The standard fraction nonconforming ( $p_0$ ) considered are 0.04, 0.06, 0.08 and 0.1. The shift of fraction

nonconforming ( $\delta$ ) 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, two criteria were used to decide: Type I error and Average Run Length ( $ARL_1$ ). The results of this study were as follows: p chart has the most efficient in the case of  $n = 300$  and  $\delta = 2.0$ . For Ewma chart and lsrt p ewma chart the most efficient in the case of all  $p_0$ , when  $\delta = 2.0$  and  $n = 300$  and 50 respectively.

**KEYWORDS:** Fraction nonconforming control charts, Type I error, Average Run Length

## 1. บทนำ

คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความสำคัญในการตัดสินใจซื้อสินค้าของผู้บริโภค ผู้ผลิตจำเป็นต้องควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานอยู่เสมอ แต่ความเป็นจริงกระบวนการผลิตมักมีความแปรปรวนเกิดขึ้นตลอดเวลา หากผลิตภัณฑ์เหล่านี้ตกถึงมือผู้บริโภคจะสร้างความเสียหายแก่ผู้ผลิตเป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมคุณภาพเกิดขึ้น โดยใช้เครื่องมือในการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติมาช่วยในการเก็บข้อมูลและแก้ไขข้อบกพร่อง ซึ่งเครื่องมือดังกล่าว คือ แผนภูมิควบคุม (Control Chart) [1]

แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียเป็นแผนภูมิควบคุมที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากแผนภูมิควบคุม p ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย แต่ขาดความสามารถในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต หรือตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ช้า [2-4] จึงทำให้นักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาและพัฒนาแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียในหลายรูปแบบ เช่น แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม lsrt p ewma

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียทั้ง 3 วิธี คือ แผนภูมิควบคุม p แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม lsrt p ewma พร้อมทั้งพิจารณาหาข้อสรุปสำหรับการประยุกต์ใช้แผนภูมิควบคุมในสถานการณ์ต่างๆ

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 แผนภูมิควบคุม p

Shewhart ได้เสนอแผนภูมิควบคุม p ใช้สำหรับการควบคุมกระบวนการผลิต โดยควบคุมสัดส่วนของเสียที่พบในกลุ่มตัวอย่าง โดยขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) และ (2) [1]

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

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

ถ้า  $LCL < 0$  ให้  $LCL = 0$

เมื่อ  $p_0$  = ค่าสัดส่วนของเสีย

$n$  = ขนาดตัวอย่าง

## 2.2 แผนภูมิควบคุม Ewma

แผนภูมิควบคุม Ewma เป็นอีกทางเลือกที่ดีสำหรับใช้ในตรวจจับการเปลี่ยนแปลงที่มีขนาดเล็กของกระบวนการ สูตรของแผนภูมิควบคุม Ewma สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3) ถึง (5) [5]

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

ถ้า  $LCL < 0$  ให้  $LCL = 0$

เมื่อ  $Z_i$  = ตัวสถิติ EWMA ณ เวลาที่  $i$  เมื่อกำหนด  $Z_0 = p_0$

$\lambda$  = พารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม Ewma ซึ่งเป็นค่าคงที่เมื่อ  $0 < \lambda \leq 1$

$\hat{p}_i$  = 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  $L$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของแผนภูมิควบคุม Ewma

## 2.3 แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma

แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma ใช้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิต แผนภูมิดังกล่าว สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ดี แม้สัดส่วนของเสียมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิดังกล่าวสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (6) และ (7) [6]

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

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

ถ้า  $LCL < 0$  ให้  $LCL = 0$

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แผนภูมิควบคุม  $p$  เป็นแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสียที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ต่อมานักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม  $p$  พบว่า แผนภูมิควบคุมดังกล่าวขาดความสามารถในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ เมื่อระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.0027 [2-4, 7, 8]

แผนภูมิควบคุม Ewma เป็นแผนภูมิควบคุมสำหรับตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิต สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของกระบวนการได้อย่างรวดเร็ว [7-9] แต่อภิญา [10] พบว่า แผนภูมิควบคุมดังกล่าวตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ช้า แต่ค่าสัดส่วนของเสียต้องเท่ากับ 0.05, 0.1 และ 0.2 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.02 และ 0.03 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 5, 10 และ 15 ตัวอย่าง

แผนภูมิควบคุม  $lsrt\ p\ ewma$  เป็นแผนภูมิที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 2014 โดยผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิควบคุมดังกล่าวสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของเสียของกระบวนการผลิตได้ดี เมื่อสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.03, 0.05, 0.07 และ 0.09 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 และขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ตัวอย่าง [6, 8]

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 ขอบเขตการดำเนินงานวิจัย

1. งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย 3 วิธี คือ แผนภูมิควบคุม  $p$  แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม  $lsrt\ p\ ewma$
2. ศึกษาเฉพาะกรณีค่าผิดปกติ (Outliers) ออกนอกขีดจำกัดควบคุมเท่านั้น

3. งานวิจัยฉบับนี้ทำการทดสอบภายใต้การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) เนื่องจากในการทดลองแต่ละครั้งจะมีผลลัพธ์ได้เพียง 2 ทางคือ ดี เสีย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่เป็นจำนวนนับ เช่น จำนวนของเสีย สัดส่วนของเสีย

4. กำหนดค่าสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้การควบคุม ( $p_0$ ) เท่ากับ 0.04 ถึง 0.10 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.02 เนื่องจากค่าสัดส่วนของเสียดังกล่าวพบได้บ่อยในหลายอุตสาหกรรม และมีการนำมาศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมเช่นกัน [11-13]

5. กำหนดค่าสัดส่วนของเสียเมื่อกระบวนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม ( $p_1$ ) =  $p_0 (1+\delta)$  โดยที่  $\delta = 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0$  และ  $2.0$  เนื่องจากแผนภูมิควบคุม  $p$  สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ดีเมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียมีค่ามาก จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมอื่นๆ เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียมากน้อยแตกต่างกันเพิ่มเติม [8]

6. กำหนดขนาดตัวอย่าง ( $n$ ) เท่ากับ 50, 100, 200 และ 300 เนื่องจากสามารถพบได้บ่อยในการนำแผนภูมิควบคุมไปใช้งานจริง และยังสอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ในการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม [11, 13, 14]

7. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม ( $\lambda$ ) เท่ากับ 0.05 เนื่องจาก เมื่อกำหนด  $\lambda$  เท่ากับ 0.05 เป็นทางเลือกที่ดีในการนำไปใช้ เนื่องจากแผนภูมิควบคุมจะสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว เมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย [5]

8. กำหนดระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.0027 และพิจารณาความสามารถในการควบคุมค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley นั่นคือ ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 อยู่ในช่วง (0.00243, 0.00297) [15]

9. งานวิจัยฉบับนี้จำลองข้อมูล 10,000 รอบ และทำซ้ำ 50 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์โดยใช้โปรแกรม R

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุม ตามสมการที่ 1 ถึง 7
2. จำลองข้อมูลโดยกำหนดการแจกแจง สัดส่วนของเสีย ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสีย และขนาดตัวอย่าง ตามขอบเขตการทดลอง
3. นำข้อมูลที่ได้จากการจำลองพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม
4. บันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบ
5. ในแต่ละสถานการณ์ทำซ้ำ 10,000 รอบ โดยใช้โปรแกรม R
6. คำนวณหาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error) โดยนำค่าที่ได้จากการบันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลออกนอกขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบ หาดด้วย

จำนวนรอบในการทำซ้ำทั้งหมดเท่ากับ 10,000 รอบ โดยกำหนดให้ระดับการเปลี่ยนแปลง ( $\delta$ ) เท่ากับ 0

7. คำนวณหาค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL<sub>1</sub>) โดยนำค่าที่ได้จากการบันทึกจำนวนครั้งก่อนพบข้อมูลนอกนอกรขีดจำกัดควบคุมเป็นครั้งแรกของการทำซ้ำแต่ละรอบ หาค่าด้วยจำนวนรอบในการทำซ้ำทั้งหมดเท่ากับ 10,000 รอบ โดยกำหนดให้ระดับการเปลี่ยนแปลง ( $\delta$ ) เท่ากับ 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0

8. พิจารณา ARL<sub>1</sub> หากแผนภูมิควบคุมใดที่ให้ค่า ARL<sub>1</sub> ต่ำที่สุดจะมีประสิทธิภาพสูงสุด

9. สรุปผลการทดลอง

#### 4. ผลการดำเนินงานวิจัย

##### 4.1 ความผิดพลาดประเภทที่ 1 (Type I Error)

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 ของแผนภูมิควบคุม เพื่อคัดเลือกแผนภูมิควบคุมที่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ โดยค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1 จะต้องอยู่ในช่วง (0.00243, 0.00297) หากแผนภูมิควบคุมใดสามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ จะนำไปพิจารณาค่าความยาววิ่งเฉลี่ยในขั้นตอนต่อไป ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดประเภทที่ 1

$p_0$	n	P	Ewma	lsrt p ewma	$p_0$	n	P	Ewma	lsrt p ewma
0.04	50	0.0036*	0.0027	0.0027	0.06	50	0.0048*	0.0027	0.0027
	100	0.0069*	0.0027	0.0027		100	0.0036*	0.0027	0.0027
	200	0.0031*	0.0027	0.0027		200	0.0032*	0.0027	0.0027
	300	0.0025	0.0027	0.0027		300	0.0027	0.0027	0.0027
0.08	50	0.0057*	0.0027	0.0027	0.10	50	0.0032*	0.0027	0.0027
	100	0.0034*	0.0027	0.0027		100	0.0030*	0.0027	0.0027
	200	0.0030*	0.0027	0.0027		200	0.0034*	0.0027	0.0027
	300	0.0025	0.0027	0.0027		300	0.0029	0.0027	0.0027

\* หมายถึง แผนภูมิควบคุมไม่สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้

จากตารางที่ 1 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ ในทุกกรณีที่ศึกษา ในขณะที่แผนภูมิควบคุม p สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 เท่านั้น

#### 4.2 ความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL<sub>1</sub>)

ในขั้นตอนนี้จะพิจารณาความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL<sub>1</sub>) ของแผนภูมิควบคุม หากแผนภูมิควบคุมใดให้ค่า ARL<sub>1</sub> ต่ำสุดจะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสูงสุด ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 2 ถึง 5

จากตารางที่ 2 ถึง 5 สามารถสรุปผลได้ดังนี้ แผนภูมิควบคุม p จะมีประสิทธิภาพดีที่สุดและต่ำสุดเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 และ 0.01 ตามลำดับ ส่วนแผนภูมิควบคุม Ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิควบคุมดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำสุด สำหรับแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 2.0 แต่เมื่อระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเท่ากับ 0.01 แผนภูมิ Isrt p ewma จะมีประสิทธิภาพต่ำสุด

#### ตารางที่ 2 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย เมื่อ $p_0 = 0.04$

n	$\delta$	P	Ewma	Isrt p ewma	n	$\delta$	P	Ewma	Isrt p ewma
50	0.01		346.9798	316.6113	100	0.01		341.2288	305.2272
	0.05		227.8507	184.5183		0.05		187.1142	162.3633
	0.1		128.4453	115.0881		0.1		87.7094	96.8171
	0.5		14.9677	25.3879		0.5		9.6518	25.4587
	1.0		6.2104	13.0722		1.0		3.9681	14.1451
	2.0		2.5823	6.4659		2.0		1.5830	7.4905
200	0.01		333.2845	288.4535	300	0.01	351.2255	326.9403	271.7489
	0.05		138.4773	134.9195		0.05	220.8674	110.2663	119.6940
	0.1		55.5972	80.2510		0.1	131.0052	41.6679	72.9144
	0.5		6.0755	24.5565		0.5	6.2215	4.7373	24.0006
	1.0		2.5064	14.2284		1.0	0.6324	1.9027	14.1576
	2.0		0.9838	7.7724		2.0	0.0067	0.7376	7.8186

ตารางที่ 3 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย เมื่อ  $p_0 = 0.06$

n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma	n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		348.1606	306.1295	100	0.01		331.7177	297.7495
	0.05		207.5922	171.7147		0.05		158.3472	145.6964
	0.1		103.6481	104.2230		0.1		66.6981	86.1316
	0.5		11.3532	25.4475		0.5		7.2300	24.8835
	1.0		4.7245	13.8003		1.0		3.0048	14.2085
	2.0		1.9021	7.1419		2.0		1.1658	7.6778
200	0.01		328.8315	278.2118	300	0.01	320.1047	310.4918	262.9230
	0.05		108.3069	120.7133		0.05	190.5016	84.4813	108.1911
	0.1		41.0582	72.8174		0.1	103.2429	30.3564	66.7330
	0.5		1.6584	23.9342		0.5	3.2010	3.6009	23.5233
	1.0		1.8931	14.1229		1.0	0.1978	1.3558	14.0266
	2.0		0.6888	7.7994		2.0	0.0001	0.3000	7.8130

ตารางที่ 4 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย เมื่อ  $p_0 = 0.08$

n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma	n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		342.0074	300.6718	100	0.01		331.8920	281.9137
	0.05		183.0532	160.0675		0.05		137.8396	133.7761
	0.1		85.6614	95.2587		0.1		54.0955	79.2785
	0.5		9.2834	25.1248		0.5		5.9738	24.4063
	1.0		3.8749	14.0151		1.0		2.4625	14.1886
	2.0		1.5174	7.4071		2.0		0.9526	7.7279
200	0.01		320.7716	261.8974	300	0.01	386.2247	301.3597	246.9085
	0.05		88.8180	111.0547		0.05	219.0325	68.1486	99.2992
	0.1		32.6523	68.0028		0.1	105.4050	24.5997	63.1643
	0.5		3.8452	23.5378		0.5	2.1103	2.9297	23.1314
	1.0		1.5140	14.0301		1.0	0.0700	1.1257	13.9216
	2.0		0.4138	7.8036		2.0	0.0001	0.0763	7.8063



ตารางที่ 5 ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย เมื่อ  $p_0 = 0.10$ 

n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma	n	$\delta$	P	Ewma	lsrt p ewma
50	0.01		342.0559	298.5649	100	0.01		329.7617	279.0477
	0.05		169.3497	149.6260		0.05		120.5884	125.1425
	0.1		74.4562	89.1983		0.1		45.0659	74.6158
	0.5		7.9109	24.8914		0.5		5.0902	24.0837
	1.0		3.3054	14.0963		1.0		2.0639	14.1070
	2.0		1.2756	7.5528		2.0		0.7875	7.7561
200	0.01		301.5217	252.8067	300	0.01	292.1965	286.8460	235.8018
	0.05		75.5901	103.4486		0.05	162.3115	57.1456	93.5562
	0.1		27.5349	64.8749		0.1	75.2965	20.5948	63.0767
	0.5		3.2414	23.2376		0.5	1.1837	2.4999	22.8626
	1.0		1.2473	13.9521		1.0	0.0168	0.9829	13.8394
	2.0		0.1552	7.7890		2.0	0.0000	0.0103	7.7996

#### 4.3 การทดสอบเพื่อยืนยันผล

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองระหว่างการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมด้วยค่าความยาววิ่งเฉลี่ย และข้อมูลกรณีศึกษาว่าให้ผลสรุปสอดคล้องกันหรือไม่ โดยข้อมูลกรณีศึกษาแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสัดส่วนของเสียกรณีศึกษาเมื่อ  $p_0 = 0.0993$  และ  $n = 50$  ตัวอย่าง [5]

ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย
1	4	17	4	33	6	49	3
2	7	18	6	34	3	50	7
3	16	19	3	35	5	51	6
4	14	20	7	36	8	52	4
5	5	21	6	37	7	53	3
6	6	22	2	38	5	54	5
7	17	23	4	39	6	55	8
8	22	24	3	40	4	56	3

ตารางที่ 6 ค่าสัดส่วนของเสียกรณีศึกษาเมื่อ  $p_0 = 0.0993$  และ  $n = 50$  ตัวอย่าง (ต่อ)

ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย	ครั้งที่	จำนวนของเสีย
9	24	25	6	41	5	57	5
10	15	26	5	42	2	58	2
11	7	27	4	43	3	59	1
12	13	28	8	44	4	60	4
13	6	29	5	45	7	61	5
14	6	30	6	46	6	62	3
15	5	31	7	47	5	รวม	394
16	6	32	5	48	5		

จากตารางที่ 6 แสดงค่าสัดส่วนของเสียกรณีศึกษา เมื่อ  $p_0 = 0.0993$  และ  $n = 50$  ตัวอย่าง พบว่า ค่าสัดส่วนของเสียเกิดการเปลี่ยนแปลง ( $p_1$ ) เท่ากับ 0.1271

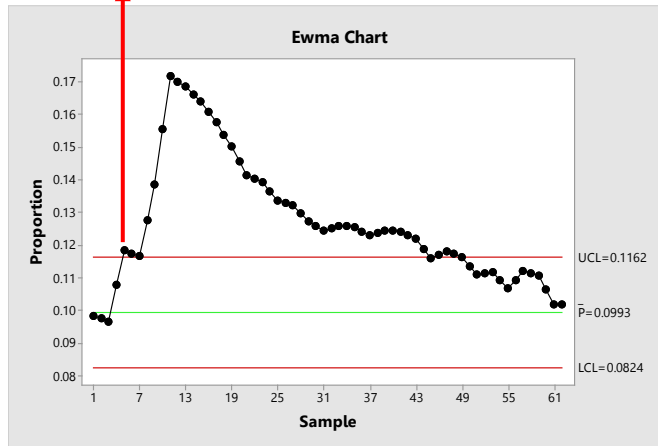
คำนวณหาค่าระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียได้ตั้งสมการที่ 8

$$\delta = \frac{p_1 - p_0}{p_0} \tag{8}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{0.1271 - 0.0993}{0.0993} \\ &= 0.28 \end{aligned}$$

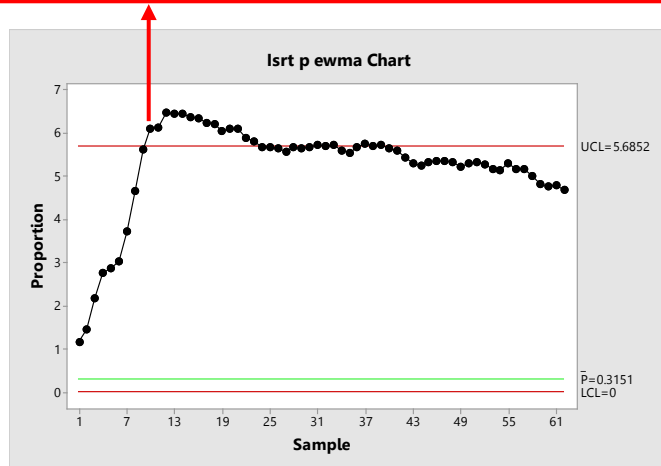
เมื่อค่าสัดส่วนของเสียอยู่ในช่วง 0.1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 50 ตัวอย่าง พบว่า แผนภูมิควบคุม Ewma และแผนภูมิควบคุม Isrt p ewma สามารถควบคุมความผิดพลาดประเภทที่ 1 ได้ (จากตารางที่ 1) จึงนำแผนภูมิควบคุมดังกล่าวมาทดสอบยืนยันผล แสดงดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2

แผนภูมิควบคุม Ewma ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ตั้งแต่ข้อมูลลำดับที่ 5



รูปที่ 1 พล็อตข้อมูลลงในแผนภูมิ Ewma เมื่อ  $p_0 = 0.0993$  และ  $n = 50$  ตัวอย่าง

แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ตั้งแต่ข้อมูลลำดับที่ 10



รูปที่ 2 พล็อตข้อมูลลงในแผนภูมิ Isrt p ewma เมื่อ  $p_0 = 0.0993$  และ  $n = 50$  ตัวอย่าง

จากรูปที่ 1 และ 2 พบว่า แผนภูมิควบคุม Ewma ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้เร็วกว่า แผนภูมิควบคุม Isrt p ewma ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม ด้วยข้อมูลกรณีศึกษา และการศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมจากค่าความยาววิ่งเฉลี่ยให้ผลสรุปสอดคล้องกัน

## 5. สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

ผลการศึกษาพบว่า แผนภูมิควบคุม  $p$  จะสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ดีเมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 300 ตัวอย่าง ซึ่งผลสรุปดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณนิศา [16] อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าระดับการเปลี่ยนแปลงค่าสัดส่วนของเสียเพิ่มขึ้นแผนภูมิควบคุมทั้ง 3 วิธี จะมีประสิทธิภาพในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการได้ดีขึ้น

## References

- [1] Tidadeaw Mayureesawan. Industrial Quality Control. Bangkok: King Mongkut's University of technology North Bangkok; 2016 (In Thai)
- [2] Khoo BM. A moving average control chart for monitoring the fraction non-conforming. Quality and Reliability Engineering International 2004;20:617-35.
- [3] Tsai TR. Alternative Attribute Control Charts Based on Improved Square Root Transformation. Journal of Mathematical Sciences 2006;22:61-72.
- [4] Intiporn Kitisopakool. A Comparison of the Efficiencies of the  $p$ -chart,  $Q$ -chart and  $G$ -chart in Detecting a Shift in the Fraction Non-conforming Item [dissertation]. Bangkok: Research of King Mongkut's University of technology North Bangkok; 2003. (In Thai)
- [5] Montgomery DC. Statistical Quality Control A Modern Introduction. 7<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons; 2013.
- [6] Sukparungsee S. An EWMA  $p$  chart based on improved square root transformation. Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering 2014;7:1045-7.
- [7] Thanyaluk Suwankul. Average run length of double average control chart for attribute data [dissertation]. Bangkok: Research of King Mongkut's University of technology North Bangkok; 2012. (In Thai)
- [8] Chatchadapa Dewun, Premporn Khemavuk. A comparison on efficiency of fraction nonconforming control charts. Engineering Journal of Siam University 2017;18:19-30. (In Thai)
- [9] Nitiya Thongoun. An efficient of average run length approximation methods of exponentially weighted moving average control chart when observations are binomial distributed by Monte Carlo simulation and Markov chain approach [dissertation].

- Bangkok: Research of King Mongkut's University of technology North Bangkok; 2009. (In Thai)
- [10] Apinya Prarisudtipong. An approximation of average run length for nonparametric arcsin EWMA sign control chart using Markov chain approach [dissertation]. Bangkok: Research of King Mongkut's University of technology North Bangkok; 2015. (In Thai)
- [11] Pennapa Charoensin. A comparison on efficiency of control charts for a shift in fraction nonconforming [dissertation]. Bangkok: Research of Chulalongkorn University; 2004. (In Thai)
- [12] Supeecha Rungruang. An efficiency comparison of fraction nonconforming control charts. Veridian E-Journal 2014;6:862-76. (In Thai)
- [13] Chatchadapa Dewun. A comparison on efficiency of fraction nonconforming control charts [dissertation]. Bangkok: Research of King Mongkut's University of technology North; 2015. (In Thai).
- [14] Oliveira AM. Beta control charts for monitoring fraction data. Expert Systems with Applications 2012;39:10236-43.
- [15] Bradley JV. Robustness?. Br J Math Stat Psychol 1978;31:44-52.
- [16] Wannisa Rod-o. Quality control chart for monitoring the fraction nonconforming in production process for out-of-control process. Journal of Science and Technology 2016;24:884-95. (In Thai)

#### ประวัติผู้เขียนบทความ



ชัชฎาภา ตีวุ่น นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail: ma\_mamiao@hotmail.com



ผศ.เปรมพร เขมวสุวัฒน์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชา  
วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail:  
ppm@kmutnb.ac.th