

การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์ระดับชาติ  
ครั้งที่ 12 ประจำปี 2554

เปิดโลกวิจัย  
ด้วยการใช้ระเบียบวิธีที่เหมาะสม

“Open Network for Gaia Research Using  
Appropriate Methodologies”  
ONGRUAM

18 – 22 พฤษภาคม 2554  
ณ โรงแรมเจบี อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

กำหนดการนำเสนอผลงานวิจัยกลุ่มย่อยแบบบรรยาย

19 พฤษภาคม 2554	
ห้อง	11.00-11.20
ห้อง จิติ A	11.20-11.40
ห้อง จิติ B	11.40-12.00
ห้อง หาดใหญ่	
<p><b>Invited Talk: How Many Cases Are Missed When Screening Human Populations for Disease?</b>  <i>Professor Dankmar Bohning</i></p> <p>Mortality of tuberculosis (TB) in Thailand  <i>Sampurna Kakchapati* and Chamnein Choonpradup</i></p> <p>C-16 p 44</p>	
<b>Biostatistics</b>	
ห้อง จิติ A	11.00-11.20
ห้อง จิติ B	11.20-11.40
ห้อง หาดใหญ่	11.40-12.00
<p>แผนภูมิความถี่ของโรคที่มีศูนย์กลาง:  <i>ณัฐพร เกตุมี* และ ธิดาธิชา มุขีสุวรรณ</i></p> <p>แผนภูมิความถี่ของโรคที่มีศูนย์กลาง:  <i>ณัฐพร เกตุมี* และ ธิดาธิชา มุขีสุวรรณ</i></p> <p>แผนภูมิความถี่ของโรคที่มีศูนย์กลาง:  <i>ณัฐพร เกตุมี* และ ธิดาธิชา มุขีสุวรรณ</i></p> <p>แผนภูมิความถี่ของโรคที่มีศูนย์กลาง:  <i>ณัฐพร เกตุมี* และ ธิดาธิชา มุขีสุวรรณ</i></p> <p>p 254 p 266</p>	
<b>Quality Control</b>	
ห้อง หาดใหญ่	11.00-11.20
ห้อง หาดใหญ่	11.20-11.40
ห้อง หาดใหญ่	11.40-12.00
<p>Stochastic Orders Comparisons of Negative Binomial Distribution with Generalized Waring Distribution:  <i>Chookait Pudprommara* and Winai Bodhisuwan</i></p> <p>The Crack Lifetime Distribution in the Practical Parameterization:  <i>Phitchaphat Bowonrattanaset* and Kamon Budsaba</i></p> <p>ความเหมาะสมและไม่เหมาะสมในการใช้สถิติทดสอบที่ สำหรับข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงแบบปัวซอง:  <i>ฉัตรรัตน์ ทาใจ และ มานะชัย รอดรัตน์*</i></p> <p>p 78 p 97 p 187</p>	
<b>Mathematical Statistics</b>	

\* Speaker

## แผนภูมิควบคุมสำหรับตัวแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก

เนรัญชรา เกตุมี<sup>1\*</sup>, ธิดาเดียว มยุรีสุวรรณ<sup>1\*\*</sup>

Control Charts for Zero-Inflated Poisson Models

Narunchara Katmee<sup>1</sup>, Tidadeaw Mayureesawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Applied Statistics, Faculty of Applied Science,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Email: \* narun\_ess@hotmail.com, \*\* tms@kmutnb.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิเมื่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มีการแจกแจงแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก (ZIP) โดยการศึกษาในแต่ละระดับค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิ ( $\mu_0$ ) แต่ละระดับค่าสัดส่วนของรอยตำหนิที่เป็นศูนย์ ( $\omega$ ) แผนภูมิควบคุมที่พัฒนาขึ้น 2 แบบ โดยแบบแรกคือแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิที่พัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิพื้นฐาน (*c-Chart*) ให้ชื่อว่า  $c_M$ -Chart โดย  $c_M$ -Chart เป็นการปรับค่าประมาณของความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ *c-Chart* และแบบที่สองคือ แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิที่พัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิของตัวแบบ ZIP ( $c_{ZIP}$ -Chart) ให้ชื่อว่า  $c_{MZIP}$ -Chart โดย  $c_{MZIP}$ -Chart เป็นการปรับทั้งค่าประมาณของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ  $c_{ZIP}$ -Chart และทำการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของแผนภูมิทั้ง 2 แบบกับแผนภูมิควบคุมอื่นอีก 3 แบบ คือ *c-Chart*  $c_{ZIP}$ -Chart และแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิตามวิธี Jeffreys Prior Interval ( $c_J$ -Chart) โดยประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมจะพิจารณาร่วมกันทั้งค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL) และค่าความน่าจะเป็นครอบคลุมเฉลี่ย (ACP) ผลการวิจัยกรณีที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตไม่เปลี่ยนแปลง พบว่า  $c_{MZIP}$ -Chart มีประสิทธิภาพ เมื่อค่า  $\mu_0$  เท่ากับ 4.5 - 5.5 และ  $\omega$  เท่ากับ 0.8 ส่วนกรณีที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงพบว่า  $c_M$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพในทุกๆระดับค่า  $\mu_0$  และ  $\omega$  เท่ากับ 0.3 - 0.7

คำสำคัญ: การแจกแจงแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก ความยาววิ่งเฉลี่ย ความน่าจะเป็นครอบคลุมเฉลี่ย แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ

### Abstract

This study aims to develop nonconforming control charts based on the Zero-Inflated Poisson (ZIP). This research, two nonconforming control charts are developed. The first proposed control chart is developed by adjusting the estimated value of variance used in control limit of traditional Shewhart nonconforming control chart (*c-Chart*) with we call *c<sub>M</sub>-Chart*. The second control chart is developed by adjusting both the estimated value of mean and variance used in control limit for ZIP control chart (*c<sub>ZIP</sub>-Chart*) with we call *c<sub>MZIP</sub>-Chart*. The performance measure of these control charts such as the Average Run Length (ARL) and the Average Coverage Probability (ACP) are compared with the other three control charts namely: a *c-Chart*, a *c<sub>ZIP</sub>-Chart* and nonconforming control chart base on Jeffreys Prior Interval (*c<sub>J</sub>-Chart*). The results showed that for there was no mean shift, the *c<sub>MZIP</sub>-Chart* was efficiency control chart, when  $\mu_0 = 4.5 - 5.5$  and  $\omega = 0.8$ . When there was a mean shift, the *c<sub>M</sub>-Chart* was considered the best control chart, when all of  $\mu_0$  and  $\omega = 0.3 - 0.7$ .

**Keywords:** Average run length, Average of coverage probability, Nonconforming control charts, Zero-inflated Poisson

### 1. บทนำ

แผนภูมิที่ใช้ควบคุมจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ในกรณีที่ขนาดของหน่วยตัวอย่างมีค่าคงที่คือ *c-Chart* โดยขีดจำกัดควบคุมของ *c-Chart* หรือ *Shewhart c-Chart* มีพื้นฐานการสร้างมาจากการสร้างช่วงความเชื่อมั่น 99.73% ของค่าเฉลี่ยจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นต่อหน่วยตัวอย่างที่ประมาณด้วยการแจกแจงแบบปกติ เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาตรวจสอบอาจไม่พบรอยตำหนิบนผลิตภัณฑ์หน่วยนั้น จำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์มากมีการแจกแจงแบบปัวส์ซองที่เรียกว่า Zero-Inflated Poisson (ZIP) เมื่อเกิดกรณีเช่นนี้ตัวประมาณค่าเฉลี่ยที่ได้ของการแจกแจงแบบปัวส์ซองจะมีค่าที่ต่ำเกินจริง (Underestimate) ทำให้ค่าความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งเรียกว่าเกิด Over Dispersion ส่งผลให้ช่วงกว้างของขีดจำกัดควบคุมแคบเกินไป (Sim and Lim (2008)) นำไปสู่การเกิดข้อผิดพลาดสูงของอัตราการเตือนการไม่อยู่ภายใต้การควบคุม (False Alarm Rate)

Sim and Lira (2008) ได้สร้างแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิตามวิธี Jeffreys Prior Interval (*c<sub>J</sub>-Chart*) และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ *c-Chart* *c<sub>ZIP</sub>-Chart* และ *c<sub>J</sub>-Chart* กรณีที่กระบวนการผลิตมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์เพียงระดับเดียวคือ 0.4 มีค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิเท่ากับ 4.0-5.5 มีระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิต

เท่ากับ 0.00-0.60 ผลการศึกษาพบว่า  $c_J$ -chart เหมาะสมเมื่อค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง พบว่า  $c$ -Chart สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลง ได้ดีกว่า แต่ให้ค่าความน่าจะเป็นครอบคลุมแย่กว่าแผนภูมิควบคุมอื่น ๆ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับวิลาสินี และ ธิดาเดียว (2010) ที่ได้ทำการขยายการศึกษาของ Sim and Lim โดยการเพิ่มกรณีที่กระบวนการผลิตมีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์ 4 ระดับ คือ 0.3-0.6 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมร่วมกันทั้ง 2 ด้าน คือด้านความสามารถในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสม และด้านการให้ค่าความน่าจะเป็นครอบคลุมใกล้เคียงค่าเป้าหมาย พบว่ายังไม่มีแผนภูมิใดที่สามารถให้ประสิทธิภาพดีทั้ง 2 ด้าน งานวิจัยนี้จึงสนใจพัฒนาแผนภูมิควบคุมรอยตำหนิของชีวฮาร์ท โดยทำการปรับค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิสำหรับตัวแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก (Zero-Inflated Poisson Models: ZIP) แผนภูมิควบคุมที่พัฒนาขึ้น 2 แบบ ได้แก่ แผนภูมิควบคุมที่พัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิพื้นฐาน ( $c$ -Chart) ให้ชื่อว่า  $c_M$ -Chart และแผนภูมิควบคุมที่พัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิตัวแบบ ZIP ( $c_{ZIP}$ -Chart) ให้ชื่อว่า  $c_{MZIP}$ -Chart โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมด้วยค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (Average Run Length: ARL) และค่าความน่าจะเป็นครอบคลุมเฉลี่ย (Average Coverage Probability: ACP) กับแผนภูมิควบคุมอื่นอีก 3 แบบ คือแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิพื้นฐาน ( $c$ -Chart) แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิวิธีตัวแบบ ZIP ( $c_{ZIP}$ -Chart) และแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิตามวิธี Jeffreys Prior Interval ( $c_J$ -Chart) โดยทำการศึกษาในแต่ละระดับค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิ และแต่ละระดับค่าสัดส่วนของรอยตำหนิที่เป็นศูนย์

## 2. วิธีการวิจัย

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 ตัวแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก (Zero-Inflated Poisson: ZIP)

Gupta and Tripathi (1996) ได้พัฒนาตัวแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก โดยมีฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็น ดังนี้

$$P(Y = y) = \begin{cases} \omega + (1 - \omega) \exp(-\lambda) & y = 0 \\ \frac{(1 - \omega) \exp(-\lambda) \lambda^y}{y!} & y > 0 \end{cases} \quad (1)$$

กำหนดให้  $Y$  คือตัวแปรสุ่มแทนจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยตัวอย่าง

ค่า  $\lambda$  คือค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยตัวอย่าง

ค่า  $\omega$  คือสัดส่วนจำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์ที่เกิดขึ้นบนผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยตัวอย่าง

2.1.2 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิตัวแบบ ZIP ( $c_{ZIP}$ -chart)

ในปี ค.ศ. 2008 Sim and Lim ได้ศึกษาตัวแบบ ZIP ที่ถูกปรับฟังก์ชันความหนาแน่นน่าจะเป็นจากสมการ (1) ดังนี้

$$P(Y=y) = \omega I_{(y,0)} + (1-\omega)g(y; \lambda) ; y = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

เมื่อ  $Y$  คือตัวแปรสุ่มแทนจำนวนรอยตำหนิของกระบวนการผลิตที่มีศูนย์กลาง

$g(y; \lambda)$  คือฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซงพื้นฐาน

โดย Cohen ได้ศึกษาค่าประมาณแบบโลกลิสต์สูงสุด (MLEs) ของพารามิเตอร์  $\lambda$  และค่าประมาณพารามิเตอร์  $\lambda$  ถูกนำมาคำนวณขีดจำกัดควบคุมของ  $c_{ZIP}$ -Chart โดยมีหลักการสร้างแผนภูมิควบคุมเช่นเดียวกับ  $c$ -Chart

2.1.3 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิวิธี Jeffreys Prior Interval ( $c_J$ -Chart)

Sim และ Lim (2008) ได้สร้างแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิที่มีพื้นฐานการสร้างมาจากช่วงความเชื่อมั่นด้านเดียวตามวิธีของ Jeffreys Prior กำหนดโดย (Cai (2005))

$$CI_J^+(y) = [G(\alpha; y + 0.5, 1), \infty] \quad (3)$$

เมื่อ  $\lambda$  คือพารามิเตอร์ของการแจกแจงปัวส์ซงที่ทำกรประมาณจากตัวแบบ ZIP

$y$  คือจำนวนรอยตำหนิของการแจกแจงปัวส์ซงทั่วไป

แผนภูมิควบคุมของ Sim และ Lim ชื่อว่า  $c_J$ -Chart โดยมีขีดจำกัดควบคุมด้านบนดังนี้

$$UCL = \max\{x \mid \lambda > G(\alpha; y + 0.5, 1)\} \quad (4)$$

2.1.4 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิที่พัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิพื้นฐาน ( $c_M$ -Chart)

งานวิจัยนี้ได้ปรับค่าประมาณของความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ  $c$ -Chart และกำหนดให้แผนภูมินี้ชื่อว่า  $c_M$ -Chart โดยมีขีดจำกัดควบคุมดังนี้

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{iqr(c)} \quad (5)$$

$$LCL = 0$$

เมื่อ  $iqr(c)$  คือพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range) ของจำนวนรอยตำหนิตัวอย่างสำหรับตัวแบบ ZIP

2.1.5 แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิพัฒนาจากแผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิตัวแบบ ZIP ( $c_{MZIP}$ -Chart)

งานวิจัยนี้ได้ปรับทั้งค่าประมาณของค่าเฉลี่ยและค่าประมาณของความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ  $c_{ZIP}$ -Chart และกำหนดให้แผนภูมินี้ชื่อว่า  $c_{MZIP}$ -Chart โดยมีขีดจำกัดควบคุมดังนี้

$$UCL = \frac{\bar{c}}{(1-\omega)} + 3\sqrt{\bar{c} + \left(\frac{\omega}{1-\omega}\right)^{-2} \bar{c}^2} \quad (6)$$

$$LCL = 0$$

เมื่อ  $\frac{\bar{c}}{(1-\omega)}$  คือค่าประมาณของ  $\lambda$  ที่ได้จากค่าเฉลี่ยของตัวแบบ ZIP

และ  $\sqrt{\bar{c} + \left(\frac{\omega}{1-\omega}\right)^{-2} \bar{c}^2}$  คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวแบบ ZIP

## 2.2 ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมทั้ง 5 แบบ ทำการศึกษาในสถานการณ์ที่กระบวนการผลิตมีค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิ ( $\mu_0$ ) เท่ากับ 4.0, 4.5, 5.0 และ 5.5 มีระดับการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิของกระบวนการผลิต ( $\rho$ ) เท่ากับ 0.00, 0.40, 0.80 และ 1.20 โดยที่ค่า  $\mu_1 = (\mu_0 + \rho)$  เมื่อ  $\mu_1$  คือค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนแปลงไป มีสัดส่วนของจำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์ ( $\omega$ ) เท่ากับ 0.30 - 0.90 มีระดับการเกิด Over Dispersion ( $\phi$ ) เท่ากับ 1 มีการจำลองจำนวนรอยตำหนิของกระบวนการผลิตที่มีศูนย์มาก ( $n$ ) ในแต่ละระดับของ  $\mu_0$ ,  $\mu_1$ ,  $\omega$  และ  $\phi$  เท่ากับ 1,000 ค่า และจำลองค่าซ้ำ ( $M$ ) เท่ากับ 100,000 รอบ เหนือในการประเมินประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมคือ ค่าความยาววิ่งเฉลี่ย (ARL) และค่าความน่าจะเป็นครอบคลุมเฉลี่ย (ACP) การคำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิมิมีพื้นฐานการสร้างมาจากช่วงความเชื่อมั่น 99.73%

## 2.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1. กำหนดให้กระบวนการผลิตอยู่ภายใต้การควบคุมที่ระดับ  $\mu_0$  โดยใช้โปรแกรม R จำลองข้อมูลจำนวนรอยตำหนิของกระบวนการผลิตที่มีศูนย์มากสำหรับตัวแบบ ZIP ที่ค่าพารามิเตอร์  $(n, \mu_0, \phi, \omega)$
2. คำนวณขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิในขอบเขตวิจัย
3. ทำข้อ 1 และข้อ 2 ซ้ำจำนวน 100,000 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิ
4. จำลองข้อมูลจำนวนรอยตำหนิของกระบวนการผลิตที่มีศูนย์มากสำหรับตัวแบบ ZIP ที่ค่าพารามิเตอร์  $(n, \mu_0, \phi, \omega)$
5. ตรวจสอบกระบวนการผลิตของแผนภูมิควบคุม เพื่อหาค่าความยาววิ่งและค่าความน่าจะเป็นครอบคลุม
6. ทำซ้ำในข้อ 4 และ 5 จำนวน 100,000 รอบ เพื่อคำนวณค่า ARL และ ACP ของแผนภูมิควบคุมทั้งหมด
7. เปลี่ยนระดับค่าพารามิเตอร์ในการศึกษาตามที่กำหนดในขอบเขตการวิจัย

### 3. ผลการวิจัย

การพัฒนาแผนภูมิควบคุมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุมทั้ง 5 แบบ จะแสดงผลในทุกระดับค่า  $\mu_0$  และบางระดับค่า  $\rho$  และ  $\omega$  ที่กำหนดในขอบเขตการวิจัย ได้ผลการวิจัย ดังนี้

กรณีที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตไม่เปลี่ยนแปลง ( $\rho = 0.00$ ) ภาพที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $ARL$  และภาพที่ 2 แสดงผลต่างแบบไม่คิดเครื่องหมายระหว่างค่า  $ACP$  กับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป้าหมาย 0.9973 พิจารณาว่า  $ARL$  ของทุกระดับค่า  $\mu_0$  และค่า  $\omega = 0.3 - 0.6$  พบว่า  $c_{MZIP}$ -Chart ให้ค่า  $ARL$  สูงสุด นั่นคือ  $c_{MZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพสำหรับการตรวจสอบกระบวนการผลิต เนื่องจากสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้ช้าสุด แต่เมื่อค่า  $\omega = 0.7 - 0.9$  พบว่าประสิทธิภาพของ  $c_{MZIP}$ -Chart จะลดลง โดยให้ค่า  $ARL$  ต่ำลง และเมื่อค่า  $\mu_0 = 4.0$  และค่า  $\omega = 0.3 - 0.6$  พบว่า  $c_J$ -Chart ให้ค่า  $ARL$  สูงใกล้เคียงกับ  $c_{MZIP}$ -Chart นั่นคือ  $c_J$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart มีประสิทธิภาพดีใกล้เคียงกัน แต่เมื่อ  $\omega = 0.7 - 0.9$  พบว่า  $c_J$ -Chart ให้ค่า  $ARL$  สูงกว่า ส่วนเมื่อค่า  $\mu_0 = 4.5 - 5.5$  และค่า  $\omega = 0.8, 0.9$  พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart และ  $c_J$ -Chart ให้ค่า  $ARL$  สูงใกล้เคียงกัน นั่นคือทั้ง 2 แผนภูมิมีประสิทธิภาพดีใกล้เคียงกัน และทั้ง 2 แผนภูมิให้ค่า  $ARL$  สูงขึ้นตามค่า  $\omega$

เมื่อพิจารณาค่า  $ACP$  ในภาพที่ 2 พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart  $c_J$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงกัน พิจารณาในทุกระดับค่า  $\mu_0$  และ  $\omega = 0.3, 0.4$  พบว่า  $c_J$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากที่สุด นั่นคือ  $c_J$ -Chart มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เมื่อค่า  $\omega = 0.5 - 0.7$  พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากที่สุด นั่นคือ  $c_{ZIP}$ -Chart มีประสิทธิภาพมากที่สุด และเมื่อค่า  $\omega = 0.8, 0.9$  พบว่า  $c_{MZIP}$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากที่สุด นั่นคือ  $c_{MZIP}$ -Chart มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นหากพิจารณาร่วมกันทั้งค่า  $ARL$  และ  $ACP$  เมื่อค่า  $\mu_0 = 4.0$  และ  $\omega = 0.3 - 0.5$  พบว่า  $c_J$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อค่า  $\mu_0 = 4.5$  และ  $\omega = 0.7$  พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อ  $\omega = 0.8$  พบว่า  $c_{MZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เมื่อ  $\omega = 0.9$  พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่วนเมื่อค่า  $\mu_0 = 5.0, 5.5$  และ  $\omega = 0.7$  พบว่า  $c_{ZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เมื่อ  $\omega = 0.8$  พบว่า  $c_{MZIP}$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

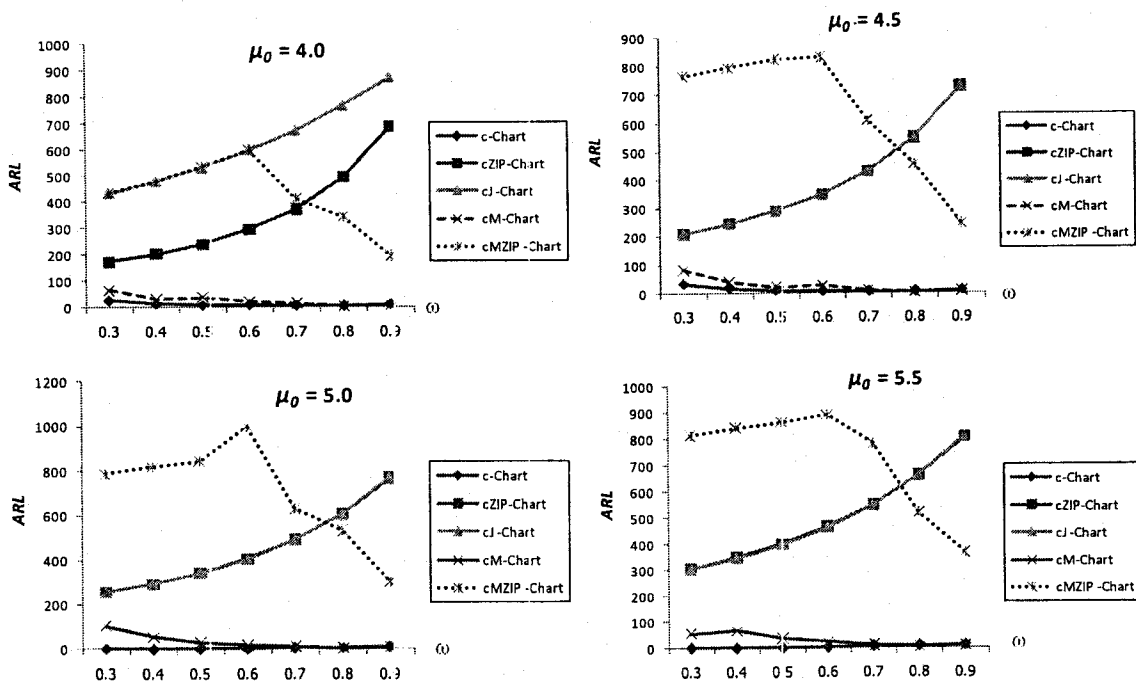
กรณีที่ค่าเฉลี่ยของจำนวนรอยตำหนิในกระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลง ( $\rho > 0.00$ ) พิจารณาค่า  $ARL$  จากภาพที่ 3 ในทุกระดับค่า  $\mu_0, \omega$  และ  $\rho = 0.4, 0.8$  และ 1.2 พบว่า  $c$ -Chart และ  $c_M$ -Chart ให้ค่า  $ARL$  ต่ำสุดใกล้เคียงกัน นั่นคือ  $c$ -Chart และ  $c_M$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพสำหรับการ



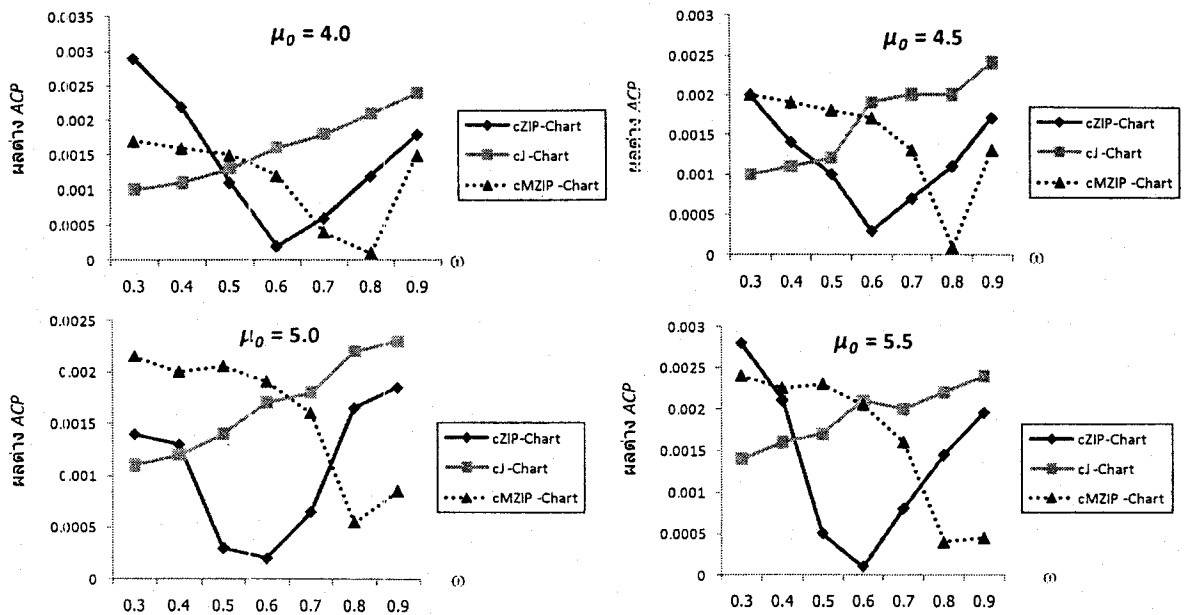
ตรวจสอบกระบวนการผลิตเนื่องจากสามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงได้เร็วสุด แต่ทั้ง 2 แผนภูมิจะมีประสิทธิภาพลดลงเมื่อค่า  $\omega$  สูงขึ้น ( $\omega = 0.8, 0.9$ )

พิจารณาผลต่างแบบไม่คิดเครื่องหมายระหว่างค่า  $ACP$  กับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป้าหมาย 0.9973 เฉพาะ  $c$ -Chart และ  $c_M$ -Chart แสดงในภาพที่ 4 ในทุกระดับค่า  $\mu_0$  ค่า  $\omega = 0.3 - 0.7$  และค่า  $\rho = 0.4, 0.8$  และ  $1.2$  พบว่า  $c_M$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากที่สุด นั่นคือ  $c_M$ -Chart มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เมื่อ  $\omega = 0.8, 0.9$  พบว่า  $c$ -Chart ให้ค่า  $ACP$  ใกล้เคียงค่าเป้าหมายมากที่สุด นั่นคือ  $c$ -Chart มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นหากพิจารณาร่วมกันทั้งค่า  $ARL$  และ  $ACP$  ในทุกระดับค่า  $\mu_0$  และ  $\omega = 0.3 - 0.7$  พบว่า  $c_M$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เมื่อ  $\omega = 0.8, 0.9$  พบว่า  $c$ -Chart เป็นแผนภูมิที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

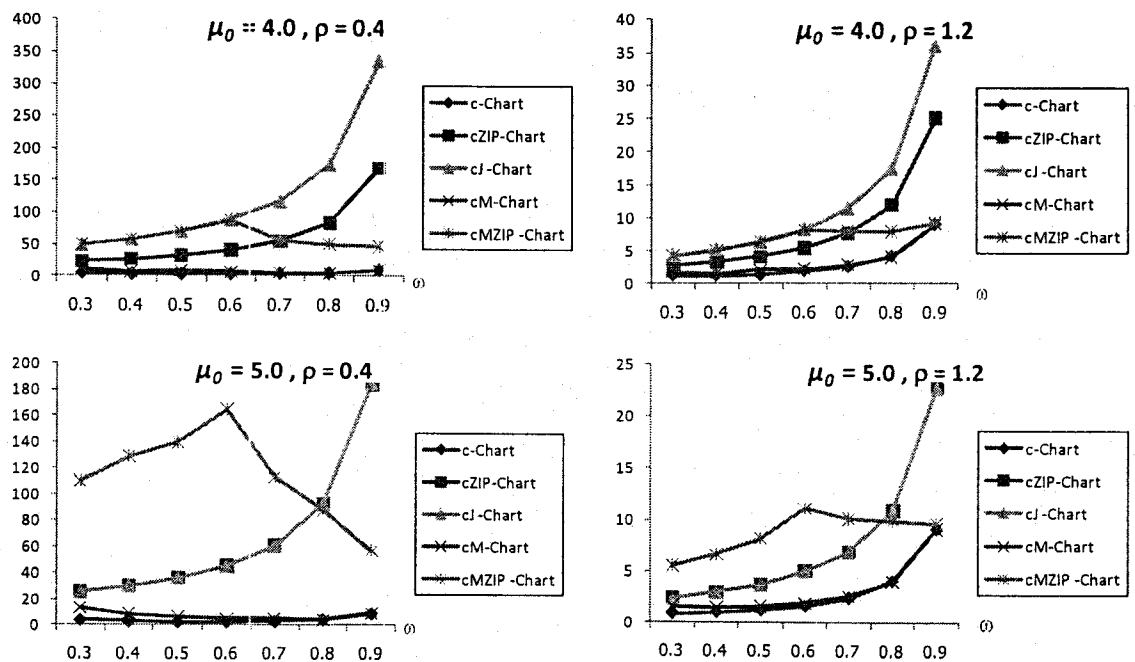


รูปที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $ARL = ARL_0$  ของแผนภูมิควบคุม  $c$ -Chart,  $c_{ZIP}$ -Chart,  $c_J$ -Chart,  $c_M$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart กรณีที่  $\rho = 0.00$  ในทุกระดับค่า  $\mu_0$  และบางระดับค่า  $\omega$

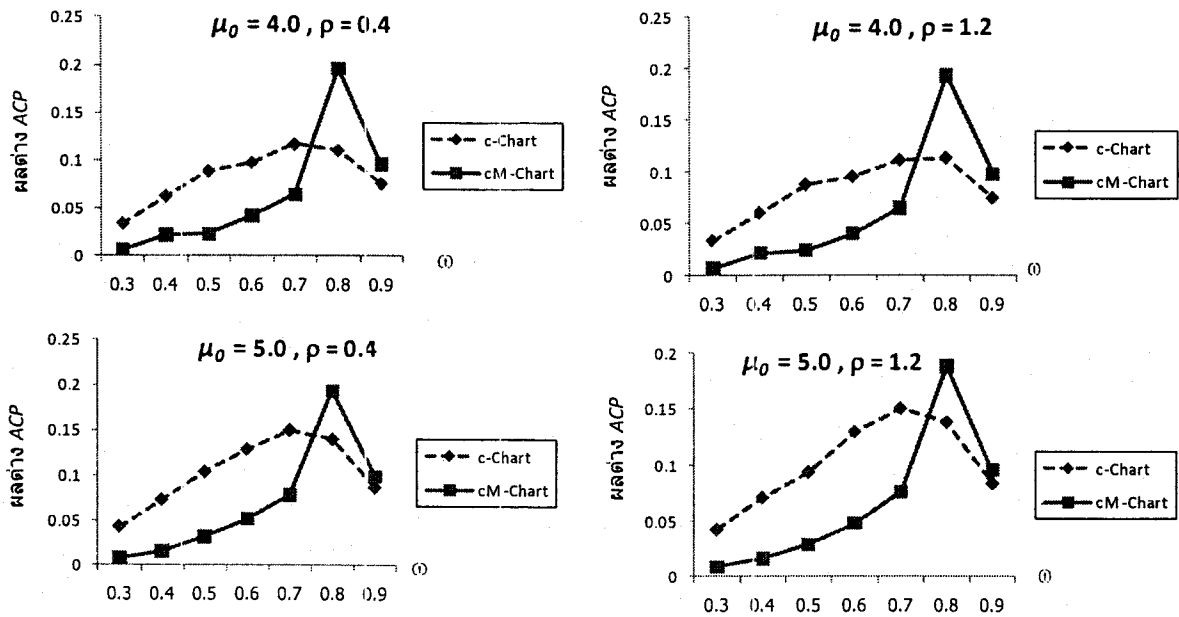


รูปที่ 2 แสดงผลต่างแบบไม่คิดเครื่องหมายระหว่างค่า ACP กับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเป้าหมาย 0.9973 ของ  $c_{ZIP}$ -Chart,  $c_J$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart กรณี  $\rho = 0.00$  ทุกระดับค่า  $\mu_0$  บางระดับ

ค่า  $\omega$



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $ARL = ARL$ , ของแผนภูมิควบคุม  $c$ -Chart,  $c_{ZIP}$ -Chart,  $c_J$ -Chart,  $c_M$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart กรณีที่  $\rho > 0.00$  ในบางระดับค่า  $\mu_0, \omega$  และ  $\rho$



รูปที่ 4 แสดงผลต่างแบบไม่คิดเครื่องหมายระหว่างค่า ACP กับค่าลัมประสิทธิความเชื่อมั่นเป้าหมาย 0.9973 ของ  $c$ -Chart และ  $c_M$ -Chart กรณี  $\rho > 0.00$  บางระดับค่า  $\mu_0, \omega$  และ  $\rho$

5. สรุปผลการวิจัย

แผนภูมิควบคุมจำนวนรอยตำหนิเมื่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์มีการแจกแจงแบบปัวส์ซองที่มีศูนย์มาก (ZIP) ที่พัฒนาขึ้น 2 แบบ ได้แก่  $c_M$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart โดย  $c_M$ -Chart เป็นการปรับค่าประมาณของความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ  $c$ -Chart และ  $c_{MZIP}$ -Chart เป็นการปรับทั้งค่าประมาณของค่าเฉลี่ยและของค่าความแปรปรวนในขีดจำกัดควบคุมของ  $c_{ZIP}$ -Chart ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิทั้ง 2 แบบกับแผนภูมิควบคุมอื่นอีก 3 แบบ คือ  $c$ -Chart  $c_{ZIP}$ -Chart และ  $c_J$ -Chart ประสิทธิภาพของแผนภูมิจะพิจารณาาร่วมกันทั้งค่า ARL และค่า ACP ได้ผลสรุปแผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพแสดงดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงแผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพเมื่อพิจารณาพร้อมกันทั้ง  $ARL$  และ  $ACP$  ในแต่ละสถานการณ์ของกระบวนการผลิต

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิ	ค่าเฉลี่ยจำนวนรอยตำหนิ ( $\mu_0 / \mu_1$ )	สัดส่วนจำนวนรอยตำหนิที่เป็นศูนย์ ( $\omega$ )	แผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพ		
			พิจารณาค่า $ARL$	พิจารณาค่า $ACP$	พิจารณาค่า $ARL$ และ $ACP$ ร่วมกัน
ไม่เปลี่ยนแปลง	4.0	0.3 - 0.5	$c_f$ -Chart	$c_f$ -Chart	$c_f$ -Chart
		0.6 - 0.9	$c_f$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	-
	4.5	0.3 - 0.4	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_f$ -Chart	-
		0.5 - 0.6	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	-
		0.7	$c_{ZIP}$ -Chart, $c_f$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart
		0.8	$c_{ZIP}$ -Chart, $c_f$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart
		0.9	$c_{ZIP}$ -Chart และ $c_f$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart
		5.0	0.3 - 0.4	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart และ $c_f$ -Chart
	0.5 - 0.6		$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	-
	0.7		$c_{ZIP}$ -Chart, $c_f$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart
	0.8		$c_{ZIP}$ -Chart, $c_f$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart
	0.9		$c_{ZIP}$ -Chart และ $c_f$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	-

ตารางที่ 2 (ต่อ)

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอยตำหนิ	ค่าเฉลี่ยจำนวนรอยตำหนิ ( $\mu_0 / \mu_1$ )	สัดส่วนจำนวนรอยตำหนิเป็นศูนย์ ( $\omega$ )	แผนภูมิควบคุมที่มีประสิทธิภาพ		
			พิจารณาค่า ARL	พิจารณาค่า ACP	พิจารณาค่า ARL และ ACP ร่วมกัน
ไม่เปลี่ยนแปลง	5.5	0.3 - 0.4	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_J$ -Chart	-
		0.5 - 0.6	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	-
		0.7	$c_{ZIP}$ -Chart, $c_J$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart	$c_{ZIP}$ -Chart
			$c_{ZIP}$ -Chart, $c_J$ -Chart และ $c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart
		0.9	$c_{ZIP}$ -Chart และ $c_J$ -Chart	$c_{MZIP}$ -Chart	-
เปลี่ยนแปลง	4.0 - 5.5	0.3 - 0.7	$c$ และ $c_{NI}$ -Chart	$c_{NI}$ -Chart	$c_{NI}$ -Chart
		0.8 - 0.9	$c$ และ $c_{NI}$ -Chart	$c$ -Chart	$c$ -Chart

## เอกสารอ้างอิง

1. วิลาสินี และ ชิดาเดียว มยุรีสุวรรณ, แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิสำหรับกระบวนการผลิตที่มีศูนย์มาก, *การประชุมวิชาการสถิติและสถิติประยุกต์*, 2010; 11: 61
2. Sim, C.H., and Lim, M.H., Attribute Charts for Zero-Inflated Processes, *Journal of Communications in Statistics-Simulation and Computation*, 2008; 37: 1440-1452.
3. Gupta, P. L., Gupta, R.C., and Tripathi, R.C., Analysis of Zero-Adjusted Count Data, *Computational Statistics & Data Analysis*, 1996; 23: 207-218.