การเปรียบเทียบวิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติ

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล[1]
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต คลองหลวง ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติ ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี คือ วิธีการประมาณแบบปกติ (Normal method) วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง (Root of Quadratic Equation method) และวิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์ (Bayesian Interval method) โดยการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40, 100 และ 200 ค่าพารามิเตอร์ θ มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 ค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสองและล็อกนอร์มัล กำหนดร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และ 10 และคำนวณช่วงความเชื่อมั่นที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการจำลองแบบมอนติคาร์โล และทำการทดลองซ้ำๆ กัน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

วิธีการประมาณแบบปกติ วิธีนี้ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ เท่ากับ 1 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง

วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง วิธีนี้ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 40 สำหรับกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ

วิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์ วิธีนี้ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด ในสองกรณีคือ กรณีที่ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 200 เมื่อร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 5 และกรณีที่ 2 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 100 และ 200 เมื่อร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

---

[1] *อาจารย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ*

A Comparison on Confidence Intervals Estimation Methods for the Parameter of Exponential Distribution with Outlier

Wararit Panichkitkosolkul[1]
Thammasat University (Rangsit Campus), Klong Laung, Pathumthani 12121

Abstract

The objective of this research is to compare three methods of estimation confidence intervals for the parameter of exponential distribution with outlier. The methods are Normal method, Root of Quadratic Equation method, and Bayesian Interval method. The research was considered by the approximate confidence coefficients and the average width of the confidence intervals. The comparisons were done by using sample sizes are 20, 40, 100, and 200 whereas parameters θ from 1 to 10 increasing by 1. The distributions of outliers have chi-squares and lognormal distribution. The percentages of outlier are 5 and 10. All of which are considered at 95% confidence level. This research used the Monte Carlo Simulation method. The experiment was repeated 1,000 times for each condition. Results of the research are as follows:

Normal method, this method meets both requirement of approximate confidence coefficient not lower than given confidence coefficient and the average confidence interval widths are lowest when the parameter θ is 1 in all sample sizes.

Root of Quadratic Equation method, this method meets both requirement of approximate confidence coefficient not lower than given confidence coefficient and the average confidence interval widths are lowest when sample sizes are 100 and 40 whereas the percentages of outlier are 5 and 10, respectively.

Bayesian Interval method, this method meets both requirement of approximate confidence coefficient not lower than given confidence coefficient and the average confidence interval widths are lowest in two cases. First case, sample sizes are 20, 40, and 100 when the percentage of outlier is 5. Second case, sample sizes are 20, 100, and 200 when the percentage of outlier is 10 in most parameter values.

---

[1] *Lecturer, Department of Mathematics and Statistics.*

1. บทนำ

การประมาณค่าแบบช่วง เป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรว่าช่วงจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง โดยช่วงที่ได้จะบอกถึงขอบเขตล่าง (Lower bound: L) และขอบเขตบน (Upper bound: U) ซึ่งสามารถเขียนรูปแบบได้ดังนี้ $L < \theta < U$ เมื่อ θ แทนพารามิเตอร์ ผลจากการประมาณจะทำให้ผู้ศึกษาเชื่อมั่นได้ระดับหนึ่งว่าช่วงประมาณที่ได้ครอบคลุมพารามิเตอร์ที่สนใจศึกษา

โดยทั่วไปแล้วการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระยะเวลาการใช้งาน (Life time) ถูกนำมาใช้งานวิจัยด้านต่างๆ อาทิ การแพทย์และสาธารณสุข วิศวกรรมศาสตร์ และการเกษตร เป็นต้น ซึ่งลักษณะข้อมูลดังกล่าวสามารถจัดให้อยู่ในรูปของการแจกแจงที่เหมาะสมได้หลายแบบ เช่น การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull distribution) การแจกแจงแกมมา (Gamma distribution) และการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง (Exponential distribution) เป็นต้น โดยที่การแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เป็นการแจกแจงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลารอคอยจนเกิดเหตุการณ์ที่สนใจศึกษา เช่น ระยะเวลารอคอยจนกระทั่งมีลูกค้าเข้ามาใช้บริการในหน่วยงานแห่งหนึ่ง ระยะเวลารอคอยจนมีโทรศัพท์เข้ามา ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าจนกระทั่งหลอดไฟฟ้าขาด เป็นต้น ในบางครั้งข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้อาจมีค่าผิดปกติ (Outlier) ปะปนอยู่ โดยค่าผิดปกติ หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าสูงกว่าหรือต่ำกว่าปกติ ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุต่างๆ หลายประการ ซึ่งจะส่งผลต่อความน่าเชื่อถือของค่าประมาณพารามิเตอร์ ดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้สนใจเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของช่วงเวลารอคอย กรณีที่ข้อมูลมีค่าผิดปกติ ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี คือ วิธีการประมาณแบบปกติ วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง และวิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์ โดยการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นและค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ซึ่งจะทำให้สามารถเลือกใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้

2. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย มีดังนี้

1) กำหนดขนาดตัวอย่าง (n) ที่ศึกษา เท่ากับ 20, 40, 100 และ 200[1]

2) กำหนดค่าพารามิเตอร์ θ มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 1

3) ลักษณะข้อมูลที่ศึกษา (X) มีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังปลอมปน (Contaminated exponential distribution) โดยค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง (Chi-square distribution) และการแจกแจงล็อกนอร์มัล (Lognormal distribution) ซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability density function) เขียนได้เป็น

$$f(x) = (1-p)\,Exp(\theta) + p\,\chi^2_{\nu} \quad \textbf{(1)}$$

และ

$$f(x) = (1-p)\,Exp(\theta) + p\,LN(\mu,\sigma) \quad \textbf{(2)}$$

เมื่อ p แทนร้อยละของค่าผิดปกติที่ปลอมปนในข้อมูล ในที่นี้กำหนดค่า p เท่ากับ 0.05 และ 0.10
จำนวนข้อมูลผิดปกติ จำแนกตามขนาดตัวอย่างและร้อยละของค่าผิดปกติ แสดงได้ดังนี้

---

[1] *เนื่องจากมีการกำหนดร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 5 และ 10 ดังนั้น ขนาดตัวอย่างที่ศึกษาจึงต้องกำหนดให้จำนวนข้อมูลผิดปกติมีค่าเป็นจำนวนเต็ม*

ขนาดตัวอย่าง	ร้อยละของค่าผิดปกติ	จำนวนข้อมูลผิดปกติ
20	5	1
	10	2
40	5	2
	10	4
100	5	5
	10	10
200	5	10
	10	20

สำหรับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงที่เกี่ยวข้อง มีดังนี้

- ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง [1] เขียนได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\theta}e^{-x/\theta} \quad , \quad x \geq 0 \qquad \textbf{(3)}$$

- ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงไคกำลังสอง [2] เขียนได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\nu/2)\,2^{\nu/2}}x^{(\nu/2)-1}e^{-x/2} \quad , \quad 0 \leq x < \infty \qquad \textbf{(4)}$$

- ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงล็อกนอร์มัล [3] เขียนได้ดังนี้

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}}e^{\frac{-(\log x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad , x > 0, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \qquad \textbf{(5)}$$

4) กำหนดค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงของข้อมูลผิดปกติ ดังนี้ การแจกแจงไคกำลังสอง กำหนดค่า $\nu = 1$ และการแจกแจงล็อกนอร์มัล กำหนดค่า $\mu = 0$ และ $\sigma = 0.5$

5) กำหนดระดับความเชื่อมั่น (1-α)100% เท่ากับ 95%

6) โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทั้งหมดเขียนด้วยโปรแกรม R ซึ่งทำการทดลองซ้ำ 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 การจำลองข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

จำลองข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง และจำลองค่าผิดปกติ ข้อมูลที่ได้กำหนดให้เป็นตัวแปรสุ่ม X ซึ่งการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นไปตามขอบเขตของการวิจัย

3.2 การคำนวณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี ดังนี้

1. วิธีการประมาณแบบปกติ (Normal Method) [4] ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ θ คือ

$$\left(\hat{\theta} - z_{\alpha/2}\frac{\hat{\theta}}{\sqrt{n}} \quad , \quad \hat{\theta} + z_{\alpha/2}\frac{\hat{\theta}}{\sqrt{n}}\right) \qquad \textbf{(6)}$$

เมื่อ $\hat{\theta} = \bar{X}$

2. วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง [5] (Root of Quadratic Equation method) ช่วงความเชื่อมั่น (1-α)100% ของ θ คือ

$$\left(\frac{\hat{\theta} - \hat{\theta}\, z_{\alpha/2}\sqrt{1/n}}{(1-Z^2_{\alpha/2}/n)} \quad , \quad \frac{\hat{\theta} + \hat{\theta}\, z_{\alpha/2}\sqrt{1/n}}{(1-Z^2_{\alpha/2}/n)}\right) \qquad \textbf{(7)}$$

เมื่อ $\hat{\theta} = \bar{X}$

3. วิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์ (Bayesian Interval method) [6] โดยกำหนดฟังก์ชันความหนาแน่นเริ่มแรก (Prior distribution) เป็นการแจกแจงเอกรูป

(Uniform distribution) ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของ θ คือ

$$\left(\frac{2\sum_{i=1}^{n} x_i}{\chi^2_{\alpha/2,\,2n}} \;,\; \frac{2\sum_{i=1}^{n} x_i}{\chi^2_{1-\alpha/2,\,2n}} \right) \qquad \textbf{(8)}$$

3.3 การคำนวณค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วง

นำช่วงความเชื่อมั่นที่คำนวณได้มาพิจารณาว่าครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ θ หรือไม่ ถ้าช่วงความเชื่อมั่นใดครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ θ จะทำการนับจำนวนครั้งและบวกสะสมค่าไว้ เมื่อทำครบทุกช่วงแล้ว ก็จะนำค่าสะสมที่ได้ของช่วงที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ θ มาหารด้วยจำนวนรอบ ซึ่งจะเรียกค่าที่ได้ว่า ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น $(1-\hat{\alpha})$ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$1-\hat{\alpha} = \frac{\text{จำนวนครั้งทั้งหมดที่ช่วงความเชื่อมั่นครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ } \theta}{1{,}000} \qquad \textbf{(9)}$$

การประมาณค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วง หาได้โดยการหาผลต่างระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่างในแต่ละช่วงความเชื่อมั่น แล้วทำการบวกสะสมค่าไว้ ซึ่งในแต่ละสถานการณ์จะคำนวณช่วงความเชื่อมั่นซ้ำกัน 1,000 ครั้ง หลังจากนั้นนำผลบวกสะสมที่ได้หารด้วย 1,000 ค่าที่ได้คือ ค่าประมาณของความกว้างเฉลี่ยของช่วง ที่คำนวณได้จากแต่ละวิธี เท่ากับ

$$\frac{\sum_{j=1}^{1{,}000}(U_j - L_j)}{1{,}000}$$

เมื่อ U_j, L_j แทน ขอบเขตบนและล่างของช่วงความเชื่อมั่น ในการทำซ้ำครั้งที่ j

3.4 การเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นกับค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ทำการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น $(1-\hat{\alpha})$ ว่ามีค่าไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด $(1-\alpha_0)$ อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ สามารถเขียนสมมุติฐานในการทดสอบได้ดังนี้

$$H_0 : P \geq P_0$$

$$H_1 : P < P_0$$

จะปฏิเสธสมมุติฐาน H_0 เมื่อ

$$\frac{\hat{P} - P_0}{\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{M}}} < -Z_{\alpha^*}$$

นั่นคือ

$$\hat{P} < P_0 - Z_{\alpha^*}\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{M}}$$

ดังนั้น วิธีการประมาณที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด คือวิธีการประมาณที่ให้ค่า

$$\hat{P} \geq P_0 - Z_{\alpha^*}\sqrt{\frac{P_0(1-P_0)}{M}}$$

เมื่อ

P คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น หรือ $P = 1-\alpha$

P_0 คือ สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด หรือเท่ากับ $1-\alpha_0$

$\hat{P}$ คือ ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่ได้จากการทดลอง หรือเท่ากับ $1-\hat{\alpha}$

M คือ จำนวนรอบของการทดลอง ในที่นี้กำหนดเท่ากับ 1,000 รอบ

α^* คือ ระดับนัยสำคัญของการทดสอบ ในที่นี้กำหนดเท่ากับ 0.05

ดังนั้น เกณฑ์การตัดสินใจ คือ เมื่อ $P_0 = 0.95$ จะถือว่าวิธีการประมาณนั้นให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อค่า

$$\hat{P} \;\geq\; 0.95 - 1.96\sqrt{\frac{0.95(0.05)}{1{,}000}} \;=\; 0.939$$

ถ้าในแต่ละสถานการณ์มีวิธีการประมาณที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดหลายวิธี จะนำค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นมาพิจารณาด้วย โดยวิธีการประมาณใดให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงต่ำที่สุดจะถือว่าวิธีการ

ประมาณนั้นให้ช่วงความเชื่อมั่นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสถานการณ์นั้น

3.5 สรุปผล

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น และค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นแล้ว จะทำการสรุปผลการทดลองว่าวิธีการประมาณใดเหมาะสมกับการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลังในแต่ละสถานการณ์

4. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจะนำเสนอเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของวิธีการประมาณค่า และส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

ในการนำเสนอผลการวิจัยเพื่อความสะดวกจะใช้สัญลักษณ์ต่อไปนี้แทนความหมายต่างๆ ดังนี้

N หมายถึง วิธีการประมาณแบบปกติ

RQ หมายถึง วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง

B หมายถึง วิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์

4.1 การเปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของวิธีการประมาณค่า

ผลการวิจัยจะนำเสนอโดยจำแนกตามการแจกแจงของค่าผิดปกติ ดังนี้

4.1.1 เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง

วิธี N ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 200 และค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 1 ในทุกระดับของร้อยละของค่าผิดปกติ

วิธี RQ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 100 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ θ ส่วนในกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 วิธี RQ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 40 ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ θ

วิธี B ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ มีค่าตั้งแต่ 4 ขึ้นไป ในทุกระดับของขนาดตัวอย่างและทุกระดับของร้อยละของค่าผิดปกติ

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง จำแนกตามค่าพารามิเตอร์ θ วิธีการประมาณค่า ขนาดตัวอย่าง และร้อยละของค่าผิดปกติ แสดงในตารางที่ 1

4.1.2 เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

วิธี N ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ เท่ากับ 1 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่างและทุกระดับของร้อยละของค่าผิดปกติ

วิธี RQ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 100 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ θ ส่วนในกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 วิธี RQ ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20 และ 40 ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ θ

วิธี B ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ มีค่าตั้งแต่ 3 ขึ้นไป และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง ส่วนในกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 วิธี B ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ มีค่าตั้งแต่ 6 ขึ้นไป ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง

ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล จำแนกตามค่าพารามิเตอร์ θ วิธีการประมาณค่า ขนาดตัวอย่าง และร้อยละของค่าผิดปกติ แสดงในตารางที่ 2

เมื่อพิจารณาถึงร้อยละของจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่า

สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด พบว่า วิธี RQ มีจำนวนสถานการณ์ที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดสูงที่สุด คือ ร้อยละ 84.4 รองลงมาคือ วิธี B ร้อยละ 73.1 และวิธี N ร้อยละ 7.5

4.2 การเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่น

ในการเปรียบเทียบค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นจะพิจารณาเฉพาะวิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ผลการวิจัยจะนำเสนอโดยจำแนกตามการแจกแจงของค่าผิดปกติ ดังนี้

4.2.1 เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง

วิธี N ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ เท่ากับ 1 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง

วิธี RQ ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 40 สำหรับกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

วิธี B ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 200 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ส่วนกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 วิธี B ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 100 และ 200 ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

4.2.2 เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

วิธี N ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ เท่ากับ 1 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง

วิธี RQ ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 40 สำหรับกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

วิธี B ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 200 และร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 ส่วนกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 วิธี B ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 100 และ 200 ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

วิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด และให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด แสดงในตารางที่ 3 และ 4

5. ตัวอย่างการประยุกต์ใช้

ในที่นี้จะยกตัวอย่างที่สามารถนำการประมาณช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง เมื่อข้อมูลมีค่าผิดปกติ ดังนี้

ในการศึกษาระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าจนกระทั่งหลอดไฟฟ้าขาด นักวิจัยทดลองกับหลอดไฟฟ้า 20 หลอด ได้ข้อมูลซึ่งมีค่าผิดปกติอยู่ 1 ค่า แสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าจนกระทั่งหลอดไฟฟ้าขาด

ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้า (วัน)	10	100	200	300	400	500	600
จำนวนหลอดไฟฟ้า (หลอด)	1	7	5	3	2	1	1

จากข้อมูลข้างต้น n = 20 และ $\hat{\theta} = \bar{X} = 225.5$ วัน กำหนดระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยแสดงการคำนวณช่วงความเชื่อมั่น ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี ดังนี้

คำนวณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการประมาณแบบปกติ

ขอบเขตล่างของช่วง เท่ากับ

$$\hat{\theta} - z_{\alpha/2}\frac{\hat{\theta}}{\sqrt{n}} = 225.5 - 1.96\frac{225.5}{\sqrt{20}}$$

$$= 126.67 \text{ วัน}$$

ขอบเขตบนของช่วง เท่ากับ

$$\hat{\theta} + z_{\alpha/2}\frac{\hat{\theta}}{\sqrt{n}} = 225.5 + 1.96\frac{225.5}{\sqrt{20}}$$

$$= 324.33 \text{ วัน}$$

สรุปได้ว่า ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าโดยเฉลี่ยประมาณ 126.67 ถึง 324.33 วัน ด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อคำนวณด้วยวิธีการประมาณแบบปกติ

คำนวณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง

ขอบเขตล่างของช่วง เท่ากับ

$$\frac{\hat{\theta} - \hat{\theta}\, z_{\alpha/2}\sqrt{1/n}}{(1 - z^2_{\alpha/2}/n)} = \frac{225.5 - 225.5\,(1.96)\sqrt{1/20}}{(1 - 1.96^2/20)}$$

$$= 156.79 \text{ วัน}$$

ขอบเขตบนของช่วง เท่ากับ

$$\frac{\hat{\theta} + \hat{\theta}\, z_{\alpha/2}\sqrt{1/n}}{(1 - z^2_{\alpha/2}/n)} = \frac{225.5 + 225.5\,(1.96)\sqrt{1/20}}{(1 - 1.96^2/20)}$$

$$= 401.44 \text{ วัน}$$

สรุปได้ว่า ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าโดยเฉลี่ยประมาณ 156.79 ถึง 401.44 วัน ด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อคำนวณด้วยวิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง

คำนวณช่วงความเชื่อมั่นด้วยวิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์

ขอบเขตล่างของช่วง เท่ากับ

$$\frac{2\sum_{i=1}^{n} X_i}{\chi^2_{\alpha/2,2n}} = \frac{2\,(4{,}510)}{59.34}$$

$$= 152.01 \text{ วัน}$$

ขอบเขตบนของช่วง เท่ากับ

$$\frac{2\sum_{i=1}^{n} X_i}{\chi^2_{1-\alpha/2,2n}} = \frac{2\,(4{,}510)}{24.43}$$

$$= 369.22 \text{ วัน}$$

สรุปได้ว่า ระยะเวลาใช้งานของหลอดไฟฟ้าโดยเฉลี่ยประมาณ 126.67 ถึง 324.33 วัน ด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อคำนวณด้วยวิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง กรณีที่ข้อมูลมีค่าผิดปกติ ด้วยวิธีการประมาณ 3 วิธี ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

วิธีการประมาณแบบปกติ (วิธี N) วิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นต่ำกว่าวิธีอื่น เนื่องจากวิธีนี้ให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำ และให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าพารามิเตอร์ θ เท่ากับ 1 ในทุกระดับของขนาดตัวอย่าง

วิธีการประมาณด้วยรากของสมการกำลังสอง (วิธี RQ) วิธีนี้ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด เมื่อขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 100 ในทุกระดับของค่าพารามิเตอร์ และให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อ

ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 100 และ 40 สำหรับกรณีที่ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ

วิธีการประมาณด้วยช่วงแบบเบส์ (วิธี B) วิธีนี้ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด ในเกือบทุกกรณีที่ศึกษา และให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด ในสองกรณี คือ กรณีที่ 1 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 40 และ 200 เมื่อร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5 และกรณีที่ 2 ขนาดตัวอย่างเท่ากับ 20, 100 และ 200 เมื่อร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10 ในเกือบทุกระดับของค่าพารามิเตอร์

7. เอกสารอ้างอิง

1. Evans, M., Hastings, N., and Peacock, B., 2000, *Statistical Distributions,* John Wiley & Sons, Inc., New York, 3rd ed., pp. 77-78.

2. Evans, M., Hastings, N., and Peacock, B., 2000, *Statistical Distributions,* John Wiley & Sons, Inc., New York, 3rd ed., pp. 52-53.

3. Evans, M., Hastings, N., and Peacock, B., 2000, *Statistical Distributions,* John Wiley & Sons, Inc., New York, 3rd ed., pp. 129-130.

4. อโนทัย ตรีวานิช, 2539, *ทฤษฎีการอนุมานทางสถิติ,* พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, จ.ขอนแก่น, หน้า 148-149.

5. นฤดี สมิทธ์ปรีชา, 2547, *การประมาณค่าแบบช่วงของการแจกแจงเอ็กโปเนนเชียล,* สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จ.เชียงใหม่, หน้า 14-15.

6. Elfessi, A. and Reineke, D.M., 2001, "A Bayesian Look at Classical Estimations: The Exponential Distribution," *Journal of Statistics Education,* Vol. 9, online, Available: http://www.amstat.org/publications/jse/v9n1/elfessi.html, 18 May 2006.

ตารางที่ 2 ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า θ	วิธีการประมาณค่า	ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5				ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10			
		n=20	n=40	n=100	n=200	n=20	n=40	n=100	n=200
1	N	0.915	0.936	0.945*	0.945*	0.937	0.945	0.940*	0.963*
	RQ	0.954*	0.945*	0.957*	0.952*	0.952*	0.948*	0.941*	0.972*
	B	0.938	0.933	0.924	0.886	0.926	0.904	0.818	0.733
2	N	0.909	0.931	0.925	0.921	0.902	0.916	0.907	0.885
	RQ	0.956*	0.952*	0.953*	0.956*	0.962*	0.964*	0.943*	0.925
	B	0.947*	0.939*	0.940*	0.942*	0.940*	0.946*	0.930	0.891
3	N	0.900	0.911	0.931	0.916	0.890	0.879	0.879	0.825
	RQ	0.963*	0.959*	0.950*	0.943*	0.969*	0.949*	0.940*	0.883
	B	0.953*	0.955*	0.946*	0.952*	0.955*	0.939*	0.926	0.924
4	N	0.895	0.914	0.905	0.914	0.884	0.883	0.858	0.784
	RQ	0.963*	0.953*	0.948*	0.934	0.964*	0.946*	0.922	0.849
	B	0.955*	0.951*	0.957*	0.941*	0.952*	0.955*	0.954*	0.940*
5	N	0.910	0.904	0.907	0.904	0.885	0.853	0.848	0.773
	RQ	0.966*	0.959*	0.953*	0.931	0.961*	0.949*	0.921	0.844
	B	0.955*	0.954*	0.955*	0.953*	0.943*	0.950*	0.947*	0.945*
6	N	0.899	0.894	0.914	0.876	0.881	0.873	0.824	0.748
	RQ	0.962*	0.956*	0.952*	0.924	0.963*	0.955*	0.888	0.824
	B	0.946*	0.951*	0.957*	0.949*	0.947*	0.961*	0.942*	0.956*
7	N	0.906	0.909	0.892	0.878	0.870	0.858	0.811	0.742
	RQ	0.966*	0.952*	0.943*	0.927	0.958*	0.949*	0.898	0.815
	B	0.956*	0.948*	0.940*	0.949*	0.948*	0.945*	0.953*	0.939*
8	N	0.911	0.925	0.893	0.891	0.865	0.860	0.806	0.743
	RQ	0.963*	0.958*	0.946*	0.930	0.960*	0.946*	0.895	0.839
	B	0.951*	0.947*	0.950*	0.945*	0.947*	0.960*	0.949*	0.943*
9	N	0.900	0.901	0.920	0.882	0.888	0.868	0.814	0.745
	RQ	0.953*	0.957*	0.957*	0.927	0.973*	0.960*	0.893	0.840
	B	0.939*	0.952*	0.946*	0.955*	0.959*	0.957*	0.961*	0.943*
10	N	0.904	0.909	0.892	0.876	0.863	0.859	0.807	0.746
	RQ	0.968*	0.964*	0.941*	0.921	0.963*	0.939*	0.903	0.813
	B	0.959*	0.956*	0.944*	0.958*	0.945*	0.958*	0.957*	0.962*

*หมายถึง วิธีการประมาณค่านั้นให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ตารางที่ 3 ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ค่า θ	วิธีการประมาณค่า	ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 5				ร้อยละของค่าผิดปกติเท่ากับ 10			
		n=20	n=40	n=100	n=200	n=20	n=40	n=100	n=200
1	N	0.953*	0.963*	0.967*	0.955*	0.969*	0.970*	0.959*	0.964*
	RQ	0.958*	0.971*	0.963*	0.952*	0.950*	0.968*	0.959*	0.961*
	B	0.943*	0.956*	0.916	0.888	0.923	0.919	0.817	0.645
2	N	0.856	0.823	0.855	0.827	0.845	0.845	0.827	0.782
	RQ	0.969*	0.958*	0.964*	0.968*	0.967*	0.968*	0.947*	0.941*
	B	0.963*	0.949*	0.950*	0.929	0.946*	0.939*	0.918	0.879
3	N	0.732	0.734	0.737	0.715	0.742	0.727	0.673	0.604
	RQ	0.957*	0.959*	0.947*	0.944*	0.973*	0.961*	0.949*	0.903
	B	0.946*	0.951*	0.940*	0.943*	0.965*	0.953*	0.946*	0.929
4	N	0.658	0.672	0.644	0.642	0.654	0.621	0.575	0.479
	RQ	0.960*	0.958*	0.957*	0.949*	0.955*	0.962*	0.929	0.863
	B	0.950*	0.950*	0.948*	0.954*	0.941*	0.946*	0.953*	0.925
5	N	0.621	0.563	0.590	0.581	0.609	0.557	0.508	0.410
	RQ	0.965*	0.960*	0.946*	0.931	0.973*	0.953*	0.932	0.844
	B	0.952*	0.951*	0.959*	0.949*	0.958*	0.951*	0.958*	0.935
6	N	0.584	0.544	0.530	0.480	0.532	0.536	0.433	0.361
	RQ	0.965*	0.964*	0.952*	0.928	0.966*	0.941*	0.914	0.865
	B	0.956*	0.954*	0.961*	0.940*	0.951*	0.942*	0.945*	0.942*
7	N	0.518	0.507	0.482	0.491	0.519	0.466	0.417	0.285
	RQ	0.962*	0.948*	0.951*	0.928	0.960*	0.949*	0.902	0.821
	B	0.948*	0.942*	0.955*	0.958*	0.950*	0.955*	0.953*	0.939*
8	N	0.500	0.482	0.485	0.459	0.464	0.438	0.384	0.275
	RQ	0.976*	0.962*	0.949*	0.923	0.972*	0.948*	0.911	0.810
	B	0.967*	0.952*	0.946*	0.954*	0.961*	0.956*	0.939*	0.955*
9	N	0.503	0.452	0.445	0.409	0.457	0.418	0.348	0.270
	RQ	0.965*	0.955*	0.946*	0.923	0.964*	0.945*	0.907	0.816
	B	0.955*	0.948*	0.946*	0.942*	0.953*	0.948*	0.950*	0.948*
10	N	0.491	0.436	0.432	0.403	0.434	0.404	0.333	0.252
	RQ	0.970*	0.952*	0.939*	0.915	0.973*	0.943*	0.903	0.792
	B	0.958*	0.945*	0.941*	0.945*	0.961*	0.946*	0.940*	0.939*

*หมายถึง วิธีการประมาณค่านั้นให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ตารางที่ 4 วิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงไคกำลังสอง

ค่า θ	ร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 5				ร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 10			
	n=20	n=40	n=100	n=200	n=20	n=40	n=100	n=200
1	N	N	N	N	RQ	RQ	N	N
2	B	B	RQ	RQ	B	RQ	RQ	●
3	B	B	RQ	RQ	B	RQ	RQ	●
4	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
5	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
6	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
7	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
8	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
9	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
10	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B

● หมายถึง ไม่มีวิธีการใดให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด

ตารางที่ 5 วิธีการประมาณค่าที่ให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนดและให้ค่าความกว้างเฉลี่ยของช่วงความเชื่อมั่นต่ำที่สุด เมื่อค่าผิดปกติมาจากข้อมูลที่มีการแจกแจงล็อกนอร์มัล

ค่า θ	ร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 5				ร้อยละของค่าผิดปกติ เท่ากับ 10			
	n=20	n=40	n=100	n=200	n=20	n=40	n=100	n=200
1	N	N	N	N	N	N	N	N
2	B	B	RQ	RQ	B	RQ	RQ	RQ
3	B	B	RQ	RQ	B	RQ	RQ	●
4	B	B	RQ	RQ	B	RQ	B	●
5	B	B	RQ	B	B	RQ	B	●
6	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
7	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
8	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
9	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B
10	B	B	RQ	B	B	RQ	B	B

● หมายถึง ไม่มีวิธีการใดให้ค่าประมาณสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นไม่ต่ำกว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นที่กำหนด