วารสารพัฒนบริหารศาสตร์
ปีที่ 33 ฉบับที่ 2 เมษายน-มิถุนายน 2536

การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบสำหรับทดสอบการเท่ากันของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์

ดร.ธีระพร วีระถาวร[1] นายพิษณุ เจียวคุณ[2]

1. บทนำ

โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียลเป็นการแจกแจงหนึ่งซึ่งเราจะนำมาใช้เป็นตัวแบบในการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ต้องรอคอยจนกระทั่งเหตุการณ์ที่เราสนใจศึกษาเกิดขึ้น เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าตราหนึ่ง หรือ การศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ใช้ในการรักษาโรคของยาชนิดหนึ่ง เป็นต้น

จากคุณสมบัติของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียลดังกล่าวนี้ได้มีนักสถิติหลายท่านทำการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ต้องรอคอยจนกระทั่งเหตุการณ์ที่สนใจเกิดขึ้น ซึ่งอยู่ในสถานการณ์เดียวกันของประชากรที่มีมากกว่า 1 กลุ่ม เช่น การศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานของเครื่องจักรอุตสาหกรรมชนิดหนึ่งในหลาย ๆ ตรา (ชุด) และมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าเครื่องจักรที่นำมาศึกษานั้นจะต้องเป็นเครื่องจักรที่ใช้งานอยู่ในลักษณะเดียวกัน และมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน หรือ การศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของยาชนิดหนึ่งในหลาย ๆ ฉลาก (ชื่อ) ที่ใช้ในการรักษาโรคชนิดเดียวกัน โดยที่การแจกแจงซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นตัวแบบในการวิเคราะห์ปัญหาในลักษณะดังกล่าวนี้คือ การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์ซึ่งมีพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (location parameter) และพารามิเตอร์แสดงสเกล (scale parameter) พารามิเตอร์แสดงตำแหน่งในที่นี้หมายถึง ระยะเวลาที่ต่ำที่สุด หรือ ระยะเวลาที่สั้นที่สุด (minimum time) หรือระยะเวลาในการรับประกัน (guarantee time) ก่อนที่จะเกิดความเสียหายแก่สิ่งที่เรานำมาศึกษานั้น ๆ เป็นครั้งแรก และพารามิเตอร์แสดงสเกลหมายถึง ระยะเวลาเฉลี่ยของอายุการใช้งานของสิ่งที่เรานำมาศึกษา ซึ่งวัดได้หลังจากเกิดความเสียหายเป็นครั้งแรกแก่สิ่งที่เรานำมาศึกษานั้น ๆ และโดยทั่วไปแล้วในการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลอายุ (lifetime data) จะกำหนดให้สิ่งที่นำมาศึกษานั้นมีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งตัวสถิติทดสอบที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบในครั้งนี้คือ

---

[1] รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2] นิสิตปริญญาโท ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชย์ศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ตัวสถิติทดสอบ LR (Likelihood Ratio Test Statistics)

2) ตัวสถิติทดสอบ IP (Iterated Procedure Test Statistics)

3) ตัวสถิติทดสอบ TIKU (Tiku's Test Statistics)

โดยจะทำการทดสอบการเท่ากันของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งระหว่างประชากร 2 กลุ่มและมากกว่า 2 กลุ่มภายใต้การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด (complete data) และการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งมีข้อมูลถูกตัดทิ้ง (censored data)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ 3 ตัวที่ใช้ทดสอบการเท่ากันของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์

3. วิธีการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล (Monte Carlo Method) ซึ่งเป็นเทคนิคการจำลองตัวแบบทางคณิตศาสตร์ มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษาโดยใช้เลขสุ่ม (random number) สร้างข้อมูลให้มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการซึ่งในที่นี้คือ การแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์ โดยที่ฟังก์ชันความหนาแน่นอยู่ในรูปของ

$$f(x_j)=\begin{cases}\frac{1}{\theta}\exp(-(x_j-\beta_j)/\theta) & x_j \geq \beta_j, \theta > 0, j = 1,2,\ldots,k \\ 0 & otherwise\end{cases}$$

เมื่อ β_j เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง (location parameter)

และ θ เป็นพารามิเตอร์แสดงสเกล (scale parmeter)

ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการวิจัยภายใต้ขอบเขต ดังนี้

1) ข้อมูลที่นำมาวิจัยในครั้งนี้มีการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์ โดยมี β เป็นพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง และ θ เป็นพารามิเตอร์แสดงสเกล

2) ผู้วิจัยสนใจศึกษาเมื่อค่าเฉลี่ยของประชากร (θ) = 0.5, 1, 2, และ 5

3) ขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษามี 3 ระดับคือ 10, 15, และ 20

4) กำหนดค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของประชากร (β) = 1

5) ระดับความเชื่อมั่นมี 2 ระดับคือ α = 0.01 และ 0.05

6) ผู้วิจัยศึกษาเมื่อข้อมูลมีค่าสังเกตที่สมบูรณ์ และมีค่าถูกตัดทิ้งทางขวา = 10%, 20%, และ 30% ตามลำดับ

7) ผู้วิจัยกำหนดจำนวนกลุ่มประชากรที่นำมาศึกษาในครั้งนี้เป็น 2,3 และ 5 กลุ่มประชากร

4. เกณฑ์การตัดสินใจ

1) **พิจารณาจากความสามารถในการควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 (Type I Error) ของการทดสอบในแต่ละสถานการณ์** โดยใช้เกณฑ์ของ Bradley กล่าวคือถ้าค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง [0.005, 0.015] และ [0.025, 0.075] ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ จะถือว่าตัวสถิติทดสอบนั้นควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้

2) **พิจารณาค่าอำนาจการทดสอบ** โดยจะเปรียบเทียบเฉพาะตัวสถิติทดสอบที่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้เท่านั้น

5. ตัวสถิติทดสอบและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ให้ $X_1, X_2, \ldots, X_r$ เป็นค่าสังเกตที่น้อยที่สุด r_j จากค่าสังเกต n ค่าที่เป็นอิสระซึ่งใช้กันและกันของประชากรใด ๆ มีฟังก์ชันความหนาแน่นร่วม (joint probability density function) ซึ่งอยู่ในรูปของ

$$g(x_1, x_2, \ldots, x_r; \beta, \theta) = \frac{n!}{(n-r)!}\frac{1}{\theta^{r_j}}\exp\left[\frac{-1}{\theta}\sum_{i=1}^{r}(x_{ji} - \beta_j) + (n_j - r_j)(x_{rj} - \beta_j)\right]$$

$$, \theta \geq 0, x_j > \beta_j$$

ดังนั้นฟังก์ชันการแจกแจงร่วมของอายุการใช้งาน $X_{j1} \leq X_{j2} \leq \ldots \leq X_{jr}$ เมื่อ $j = 1, 2\ldots, k$ คือ

$$f(x_{j1}, x_{j2}, \ldots, x_{jr}; \beta, \theta) = \prod_{j=1}^{k} g(x_1, x_2, \ldots, x_r; \beta, \theta)$$

$$= \prod_{j=1}^{k}\frac{n!}{(n-r)!}\theta^{-R}\exp\frac{-1}{\theta}\left[\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{r}(x_{ji} - \beta_j) + (n_j - r_j)(x_{jr} - \beta_j)\right]$$

$$, \theta \geq 0, x_j > \beta_j, R = \sum_{j=1}^{k} r_j$$

กำหนดให้ $y_j = \min(X_1, X_2, \ldots, X_{rj})$ เป็นตัวประมาณของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่ง ซึ่ง y_j เป็นตัวสถิติอันดับที่หนึ่งของข้อมูลที่มีค่าสังเกตน้อยที่สุด r_j จากประชากร π_j เมื่อ $j = 1, 2\ldots, k$

กำหนดให้ $\hat{\theta}$ เป็นตัวประมาณที่ไม่เอนเอียงและมีค่าความแปรปรวนต่ำสุด (UMVU) ของพารามิเตอร์แสดงสเกล ซึ่งแสดงถึงค่าเฉลี่ยของประชากร ตัวประมาณของ θ จะอยู่ในรูปของ

$$\hat{\theta} = R^{-1}\sum_{j=1}^{k}\left[\sum_{i=1}^{r}(X_{ji} - X_{j1}) + (n_j - r_j)(X_{jr} - X_{j1})\right]$$

5.1 ตัวสถิติทดสอบที่ใช้ในการวิจัย

1) ตัวสถิติทดสอบ IP

ในปี ค.ค. 1963 R.V.Hogg และ T.A.Tanis เสนอตัวสถิติทดสอบ IP โดยพัฒนามาจากตัวสถิติทดสอบ LR ซึ่งเสนอโดย Epstien และ Tsao เมื่อปี ค.ศ.1953 วิธีดังกล่าวนี้มีหลักการของการกระทำซ้ำ โดยเริ่มจากการนำตัวอย่างของประชากร 2 กลุ่มแรกที่ต้องการทดสอบมาทำการทดสอบสมมุติฐานก่อน ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมุติฐานจะนำตัวอย่างของประชากรทั้ง 2 กลุ่มนี้มารวมกันและนำไปทดสอบสมมุติฐานกับประชากรในกลุ่มที่ 3 ต่อไป ถ้าผลการทดสอบยอมรับสมมุติฐานของประชากรทั้ง 3 กลุ่มนี้ ก็จะนำประชากรของกลุ่มที่ 3 ไปรวมกับประชากร 2 กลุ่มแรกและทำการทดสอบสมมุติฐานกับกลุ่มต่อไป เรากระทำเช่นนี้จนกระทั่งเกิดการปฏิเสธสมมุติฐานหรือยอมรับสมมุติฐานในทุกประชากรที่นำมาทดสอบ

ให้ $X_{i1} \le X_{i2} \le \ldots \le X_{i,n-s}$, $i = 1,2,\ldots,k$ เป็นตัวสถิติอันดับ เมื่อ s_i = จำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งของกลุ่ม i

กำหนดให้

$$Z_i = \min[X_{i1}],\ i = 1,2,\ldots,k$$
$$Z_1 = X_{11}$$
$$Z_2 = \min[X_{11}, X_{21}]$$
$$\vdots$$
$$Z_5 = \min[X_{11}, X_{21}, X_{31}, X_{41}, X_{51}]$$

ให้

$$T_i = \sum_{j=1}^{i} \left\{ \sum_{h=1}^{r} X_{jh} - Z_i) + (n_j - r_j)(X_{jr} - Z_i) \right\}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^{i} \left\{ (X_{ij} - X_{i1}) + (n_j - r_j)(X_{ir} - X_{i1}) \right\}$$

$$U_i = (\sum_{j=1}^{i-1} n_j) Z_{i-1} + n_i X_{i1} - (\sum_{j=1}^{i} n_j) Z_i$$

จะได้ว่า

$$J_i = \frac{U_i\,[2(r_1 + r_2 + \cdots + r_i) - 4]}{2[T_{i-1} + V_i]}$$

เราจะปฏิเสธสมมุติฐานเมื่อ $J_i > F_\alpha\,(2, 2(r_1 + r_2 + \cdots + r_i) - 4)$

2) ตัวสถิติทดสอบ LR

ในปี ค.ศ. 1953 Epstien และ Tsao ได้เสนอตัวสถิติทดสอบ LR เพื่อใช้ในการทดสอบการเท่ากันของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์เป็นครั้งแรก แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดในการคำนวณค่าสถิติที่ซับซ้อนและใช้ได้กับประชากรที่มีเพียง 2 กลุ่มประชากร

เท่านั้น ต่อมาในปี ค.ศ.1983 N. Singh ได้ทำการปรับปรุงตัวสถิติทดสอบ LR ให้ใช้ทดสอบกับประชากรที่มีมากกว่า 2 กลุ่มและมีค่าสู่เข้าสู่การแจกแจงเอฟ ซึ่งสามารถหาค่าวิกฤตได้จากตารางการแจกแจงเอฟ โดยทั่วไป เราจะพิจารณาค่าตัวสถิติทดสอบ LR จากค่าอัตราส่วนของผลรวมของความแตกต่างของตัวสถิติอันดับที่ 1 ในกลุ่มประชากรที่กำลังพิจารณากับกลุ่มประชากรที่อยู่ถัดไปกับผลรวมของค่าความผิดพลาดที่ได้จากตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุด

ให้ $X_{j1} \le X_{j2} \le \ldots \le X_{jr}, j = 1,2,\ldots,k$ เป็นตัวสถิติอันดับ เมื่อ s_j = จำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในกลุ่มที่ j โดยที่ $r_j = n_j - s_j$

ตัวประมาณภาวะน่าจะเป็นสูงสุดของ β_j จะอยู่ในรูปของ $\beta_j = X_{j1}$

กำหนดให้ m_j เป็นส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของ

$$m_j = r_j^{-1}\left\{\sum_{i=1}^{r}(X_{ji} - X_{j1}) + (n_j - r_j)(X_{jr} - X_{j1})\right\}$$

จะได้ว่า $$M = (R-k)^{-1}\sum_{j=1}^{k} r_j m_j$$

และ $$\theta = R^{-1}\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{rj}(x_{ji} - X_{j1}) + (n_j - r_j)(x_{jr} - X_{j1})$$

โดยที่ $R = \sum_{j=1}^{k} r_j$

ให้ $$W_j = 2(\sum_{i=1}^{k} n_i)(X_{j1} - X_{j-1,1})/\theta, \qquad j = 2,\ldots,k$$

เมื่อ $X_{j1} > X_{j-1,1}$

ดังนั้น $V = (\sum_{j=2}^{k} W_j)\theta$

จะได้ว่าตัวสถิติ $U = \dfrac{V}{2(k-1)M}$ และเราจะปฏิเสธสมมุติฐานเมื่อ $U \ge F_{\alpha}(2(k-1),2(R-k))$

3) ตัวสถิติทดสอบ TIKU

ในปี ค.ศ.1985 Kambo และ Awad นักสถิติชาวจอร์แดน ได้พัฒนาตัวสถิติทดสอบนี้ขึ้น โดยมีแนวความคิดมาจากตัวสถิติทดสอบ TIKU ซึ่ง M.L TIKU ได้เสนอในปี ค.ศ.1981 หลักการของตัวสถิติทดสอบนี้จะพิจารณาค่าอัตราส่วนของผลต่างของค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งกับตัวประมาณร่วมของค่าเฉลี่ย (θ) ซึ่งตัวสถิติทดสอบนี้นำค่าของผลต่างของค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งมาพิจารณาโดยตรง ถ้าค่าพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของกลุ่มประชากรมีค่าแตกต่างกันมากกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรที่นำมาทดสอบก็จะนำไปสู่การปฏิเสธสมมุติฐานได้ง่าย ซึ่งส่งผลให้ตัวสถิติทดสอบดังกล่าวนี้มีค่าอำนาจการทดสอบสูง

ให้ $X_{i1} \le X_{i2} \le \ldots \le X_{i,ni-si}$ เป็นตัวสถิติอันดับ เมื่อ s_i = จำนวนของข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในกลุ่มที่ i

กำหนดให้ θ^* เป็นตัวประมาณร่วมของ θ ซึ่งอยู่ในรูปของ

$$\theta^* = \frac{1}{d}\sum_{i=1}^{k}\left[\sum_{j=1}^{ni-si} X_{ij} + s_i X_{i,ni-si} - n_i(X_{i1})\right]$$

เมื่อ $d = \sum_{i=1}^{k}(n_i - s_i - 1)$

กำหนด $Y_1 = \min_{1\le i\le k} X_{i1}$, $Y_k = \max_{1\le i\le k} X_{i1}$ จะได้ว่า $T = |Y_k - Y_1| / \theta^*$

เราจะปฏิเสธสมมุติฐานเมื่อ $T > V_\alpha$

เมื่อ $V_\alpha = \dfrac{-\ln(1-(1-\alpha)^{1/k-1})}{n}$

6. ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้จะนำเสนอเป็น 2 ขั้นตอนคือ

6.1) การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จากผลการทดลองกับอัตราความคลาดเคลื่อนที่กำหนดโดย Bradley

6.2) การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว

6.1 การเปรียบเทียบความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1

1) กรณีที่มีข้อมูลสมบูรณ์

โดยส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบ LR และ TIKU สามารถควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ทุกกรณี ส่วนตัวสถิติทดสอบ IP ไม่สามารถควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ได้ในบางกรณีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลมากกว่าหรือเท่ากับ 1

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลและขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนกลุ่มประชากรเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับนัยสำคัญ α จะทำให้การควบคุมความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวดีขึ้น (ดูตารางที่ 1-2)

2) กรณีที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์

ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลและขนาดตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนกลุ่มประชากรมีค่าเพิ่มขึ้น การเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งทางขวาในขณะที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อย ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 มีค่าลดลงเล็กน้อย ส่วนในกรณี

ที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่ามาก การเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งทางขวา ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย (ดูตารางที่ 3-4)

ตารางที่ 1 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$ จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง และพารามิเตอร์แสดงสเกล

θ	n	k=2			k=3			k=5		
		IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	0.007	0.006	0.012	0.012	0.013	0.015	0.014	0.012	0.014
	15	0.005	0.012	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	0.009	0.010
	20	0.005	0.006	0.007	0.015	0.006	0.011	0.005	0.011	0.011
1.0	10	0.013	0.007	0.012	0.013	0.014	0.015	0.005	0.006	0.015
	15	0.005	0.012	0.010	0.009	0.013	0.013	0.004*	0.008	0.009
	20	0.002*	0.010	0.011	0.006	0.009	0.013	0.003*	0.005	0.011
2.0	10	0.002*	0.007	0.009	0.004*	0.006	0.014	0.003*	0.008	0.010
	15	0.003*	0.009	0.014	0.001*	0.006	0.014	0.004*	0.006	0.008
	20	0.001*	0.006	0.010	0.003*	0.005	0.011	0.004*	0.005	0.009
5.0	10	0.003*	0.010	0.008	0.001*	0.007	0.009	0.002*	0.008	0.010
	15	0.000*	0.008	0.007	0.000*	0.005	0.007	0.002*	0.010	0.009
	20	0.001*	0.006	0.006	0.000*	0.006	0.006	0.000*	0.007	0.008

หมายเหตุ * หมายถึงกรณีที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้

ตารางที่ 2 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha=0.05$ จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง และพารามิเตอร์แสดงสเกล

θ	n	k=2			k=3			k=5		
		IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	0.054	0.043	0.057	0.037	0.056	0.054	0.055	0.055	0.059
	15	0.037	0.051	0.060	0.042	0.054	0.044	0.042	0.056	0.056
	20	0.039	0.048	0.052	0.044	0.043	0.055	0.033	0.054	0.056
1.0	10	0.022*	0.040	0.057	0.048	0.043	0.054	0.042	0.053	0.062
	15	0.017*	0.050	0.055	0.033	0.053	0.057	0.042	0.055	0.052
	20	0.016*	0.036	0.040	0.025	0.051	0.044	0.039	0.052	0.049
2.0	10	0.024*	0.047	0.059	0.017*	0.043	0.040	0.023*	0.049	0.054
	15	0.021*	0.043	0.053	0.013*	0.040	0.048	0.017*	0.050	0.052
	20	0.016*	0.039	0.044	0.022*	0.045	0.052	0.022*	0.036	0.053
5.0	10	0.011*	0.033	0.040	0.011*	0.041	0.040	0.010*	0.045	0.047
	15	0.009*	0.029	0.037	0.003*	0.037	0.038	0.010*	0.040	0.043
	20	0.013*	0.030	0.036	0.005*	0.033	0.041	0.009*	0.038	0.039

หมายเหตุ * หมายถึงกรณีที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้

ตารางที่ 3 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร, ขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

θ	n	s	k=2			k=3			k=5		
			IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	10%	0.008	0.005	0.012	0.010	0.011	0.015	0.008	0.007	0.014
		20%	0.005	0.009	0.013	0.014	0.014	0.013	0.007	0.013	0.010
		30%	0.006	0.006	0.012	0.015	0.012	0.013	0.003*	0.012	0.009
	15	10%	0.009	0.014	0.014	0.005	0.019	0.012	0.005	0.007	0.012
		20%	0.009	0.012	0.013	0.006	0.015	0.010	0.008	0.009	0.010
		30%	0.005	0.012	0.010	0.006	0.009	0.014	0.005	0.006	0.012
	20	10%	0.005	0.005	0.006	0.010	0.012	0.009	0.006	0.009	0.011
		20%	0.007	0.006	0.006	0.007	0.008	0.012	0.005	0.013	0.014
		30%	0.005	0.008	0.010	0.009	0.011	0.013	0.004*	0.012	0.011
1.0	10	10%	0.004*	0.007	0.012	0.002*	0.014	0.014	0.003*	0.006	0.013
		20%	0.006	0.006	0.010	0.001*	0.014	0.012	0.002*	0.003*	0.009
		30%	0.005	0.008	0.009	0.000*	0.013	0.012	0.001*	0.003*	0.008
	15	10%	0.005	0.006	0.018*	0.006	0.013	0.020	0.004*	0.011	0.012
		20%	0.004*	0.005	0.020*	0.004*	0.010	0.014	0.005	0.014	0.011
		30%	0.002*	0.011	0.020*	0.001*	0.011	0.018	0.002*	0.01	0.009
	20	10%	0.003*	0.009	0.011	0.004*	0.006	0.011	0.003*	0.005	0.012
		20%	0.000*	0.007	0.013	0.003*	0.009	0.012	0.002*	0.009	0.013
		30%	0.001*	0.005	0.014	0.004*	0.008	0.011	0.000*	0.007	0.013
2.0	10	10%	0.003*	0.009	0.010	0.004*	0.009	0.008	0.000*	0.007	0.006
		20%	0.004*	0.013	0.008	0.000*	0.012	0.010	0.000*	0.003*	0.008
		30%	0.001*	0.014	0.010	0.000*	0.011	0.011	0.000*	0.004*	0.006
	15	10%	0.003*	0.009	0.018*	0.002*	0.008	0.012	0.003*	0.008	0.012
		20%	0.004*	0.013	0.014	0.001*	0.005	0.005	0.004*	0.006	0.014
		30%	0.001*	0.007	0.012	0.000*	0.006	0.005	0.004*	0.006	0.014
	20	10%	0.004*	0.004*	0.007	0.003*	0.013	0.010	0.000*	0.003*	0.010
		20%	0.000*	0.007	0.008	0.004*	0.015	0.014	0.000*	0.006	0.009
		30%	0.001*	0.006	0.007	0.001*	0.011	0.016	0.000*	0.005	0.012
5.0	10	10%	0.004*	0.011	0.005	0.002*	0.008	0.005	0.000*	0.006	0.005
		20%	0.002*	0.010	0.007	0.000*	0.006	0.007	0.000*	0.005	0.005
		30%	0.000*	0.013	0.005	0.000*	0.010	0.006	0.000*	0.004*	0.006
	15	10%	0.000*	0.004*	0.007	0.001*	0.007	0.006	0.000*	0.005	0.005
		20%	0.000*	0.006	0.012	0.000*	0.010	0.008	0.000*	0.006	0.007
		30%	0.000*	0.003*	0.009	0.000*	0.008	0.006	0.000*	0.005	0.006
	20	10%	0.004*	0.004*	0.006	0.000*	0.007	0.006	0.000*	0.005	0.008
		20%	0.001*	0.005	0.005	0.001*	0.005	0.007	0.000*	0.007	0.006
		30%	0.000*	0.006	0.005	0.002*	0.004*	0.006	0.000*	0.007	0.006

หมายเหตุ * หมายถึงกรณีที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้

ตารางที่ 4 แสดงค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง และค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

θ	n	s	k=2			k=3			k=5		
			IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	10%	0.044	0.040	0.052	0.057	0.052	0.053	0.034	0.032	0.049
		20%	0.035	0.38	0.052	0.053	0.051	0.058	0.029	0.029	0.054
		30%	0.035	0.039	0.055	0.052	0.046	0.063	0.032	0.035	0.054
	15	10%	0.066	0.050	0.060	0.027	0.049	0.046	0.051	0.056	0.054
		20%	0.035	0.056	0.065	0.041	0.049	0.052	0.024	0.052	0.054
		30%	0.033	0.056	0.070	0.043	0.048	0.052	0.025	0.055	0.055
	20	10%	0.048	0.046	0.052	0.040	0.072	0.054	0.024	0.054	0.060
		20%	0.030	0.044	0.057	0.048	0.070	0.060	0.016	0.052	0.055
		30%	0.037	0.041	0.052	0.056	0.073	0.061	0.009*	0.054	0.059
1.0	10	10%	0.033	0.035	0.050	0.008*	0.057	0.054	0.015*	0.040	0.066
		20%	0.022*	0.036	0.054	0.005*	0.053	0.053	0.012*	0.027	0.063
		30%	0.025	0.038	0.052	0.004*	0.057	0.056	0.009*	0.031	0.058
	15	10%	0.033	0.043	0.060	0.014*	0.046	0.062	0.014*	0.058	0.052
		20%	0.029	0.061	0.061	0.011*	0.039	0.062	0.013*	0.044	0.057
		30%	0.020*	0.068	0.059	0.004*	0.036	0.063	0.010*	0.063	0.060
	20	10%	0.014*	0.043	0.042	0.016*	0.039	0.045	0.017*	0.044	0.058
		20%	0.011*	0.052	0.040	0.016*	0.041	0.050	0.014*	0.057	0.054
		30%	0.008*	0.038	0.044	0.022*	0.044	0.046	0.008*	0.055	0.051
2.0	10	10%	0.017*	0.046	0.046	0.009**	0.054	0.046	0.006*	0.034	0.049
		20%	0.019*	0.053	0.042	0.007*	0.050	0.044	0.004*	0.037*	0.048
		30%	0.017*	0.051	0.040	0.003*	0.043	0.046	0.002*	0.026*	0.052
	15	10%	0.011*	0.039	0.056	0.018*	0.045	0.048	0.010*	0.037	0.052
		20%	0.006*	0.047	0.058	0.013*	0.031	0.054	0.008*	0.039	0.052
		30%	0.004*	0.051	0.058	0.012*	0.040	0.054	0.007*	0.044	0.056
	20	10%	0.007*	0.033	0.046	0.013*	0.040	0.048	0.004*	0.039	0.056
		20%	0.003*	0.028	0.047	0.010*	0.036	0.042	0.005*	0.036	0.050
		30%	0.010*	0.053	0.052	0.019*	0.037	0.045	0.005*	0.041	0.048
5.0	10	10%	0.021*	0.043	0.036	0.001*	0.039	0.040	0.003*	0.025	0.027
		20%	0.011*	0.046	0.033	0.001*	0.031	0.038	0.000*	0.020*	0.041
		30%	0.002*	0.052	0.041	0.000*	0.042	0.041	0.000*	0.012*	0.039
	15	10%	0.013*	0.029	0.038	0.020*	0.039	0.04	0.006*	0.041	0.049
		20%	0.004*	0.027	0.040	0.022*	0.043	0.046	0.004*	0.039	0.049
		30%	0.002*	0.024	0.044	0.016*	0.042	0.046	0.002*	0.043	0.045
	20	10%	0.008*	0.026	0.042	0.014*	0.033	0.037	0.004*	0.045	0.055
		20%	0.005*	0.030	0.030	0.013*	0.039	0.035	0.000*	0.047	0.056
		30%	0.000*	0.044	0.044	0.014*	0.038	0.038	0.000*	0.051	0.060

หมายเหตุ * หมายถึงกรณีที่ควบคุมความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อนประเภทที่ 1 ไม่ได้

6.2 การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบ

ก) กรณีที่มีข้อมูลสมบูรณ์

ทุกค่าของขนาดตัวอย่างและจำนวนกลุ่มประชากรเมื่อพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อยถึงปานกลาง[3] ตัวสถิติทดสอบ TIKU จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ LR และ IP แต่เมื่อพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่ามาก[4] ตัวสถิติทดสอบ LR มีแนวโน้มที่จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ TIKU เล็กน้อย

ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดตัวอย่างในแต่ละค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าเพิ่มขึ้น แต่จะมีแนวโน้มลดลงเมื่อจำนวนกลุ่มประชากรและค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับนัยสำคัญ α จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย (ดูตารางที่ 5-6)

ข) กรณีที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์

ทุกค่าของขนาดตัวอย่างและจำนวนกลุ่มประชากร เมื่อพารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อย ตัวสถิติทดสอบ TIKU จะมีอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ IP และLR ในทุกระดับของข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้ง แต่เมื่อพารามิเตอร์แสดงสเกลและจำนวนกลุ่มประชากรมีค่าสูงขึ้น ตัวสถิติทดสอบ LR จะมีแนวโน้มที่จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ TIKU เล็กน้อย

ค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัวมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มของจำนวนกลุ่มประชากรและค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล แต่จะมีแนวโน้มสูงขึ้นตามการเพิ่มของขนาดตัวอย่าง นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในขณะที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อย ค่าอำนาจการทดสอบมีแนวโน้มลดลง ส่วนการเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในขณะที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่ามาก ค่าอำนาจการทดสอบจะมีแนวโน้มสูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มระดับนัยสำคัญ α จะทำให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้นด้วย (ดูตารางที่ 7-8)

---

[3] หมายถึงค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล (θ) ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.5-2.0

[4] หมายถึงค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล (θ) ที่มีค่าตั้งแต่ 5.0 ขึ้นไป

ตารางที่ 5 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ IP,LR และ TIKU ณ ระดับนัยสำคัญ α = 0.01 จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง และพารามิเตอร์แสดงสเกล

θ	n	k=2			k=3			k=5		
		IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	0.760	0.472	0.825	0.688	0.814	0.800	0.606	0.628	0.706
	15	0.910	0.930	0.988	0.863	0.887	0.910	0.819	0.887	1.000
	20	0.976	0.996	1.000	0.962	0.998	1.000	0.919	0.989	1.000
1.0	10	0.086	0.147	0.162	0.045	0.131	0.127	0.050	0.124	0.171
	15	0.115	0.203	0.466	0.034	0.216	0.368	-	0.170	0.233
	20	-	0.497	0.816	0.052	0.424	0.863	-	0.494	0.721
2.0	10	-	0.018	0.042	-	0.020	0.027	-	0.019	0.030
	15	-	0.045	0.078	-	0.044	0.051	-	0.027	0.035
	20	-	0.069	0.139	-	0.059	0.092	-	0.031	0.049
5.0	10	-	0.021	0.034	-	0.020	0.019	-	0.020	0.021
	15	-	0.029	0.027	-	0.023	0.018	-	0.031	0.016
	20	-	0.044	0.049	-	0.031	0.042	-	0.034	0.024

ตารางที่ 6 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU ณ ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง และพารามิเตอร์แสดงสเกล

θ	n	k=2			k=3			k=5		
		IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
0.5	10	0.921	0.898	0.969	0.903	0.795	0.989	0.886	0.866	0.996
	15	0.983	0.988	0.997	0.978	0.996	1.000	0.978	0.992	1.000
	20	0.999	1.000	1.000	0.997	1.000	1.000	0.993	1.000	1.000
1.0	10	-	0.559	0.504	0.262	0.363	0.411	0.247	0.310	0.633
	15	-	0.685	0.859	0.344	0.607	0.850	0.392	0.658	0.685
	20	-	0.894	0.973	0.491	0.895	0.923	0.448	0.764	0.892
2.0	10	-	0.105	0.142	-	0.099	0.123	-	0.103	0.117
	15	-	0.159	0.270	-	0.173	0.219	-	0.123	0.149
	20	-	0.301	0.525	-	0.286	0.380	-	0.166	0.255
5.0	10	-	0.089	0.101	-	0.072	0.092	-	0.070	0.063
	15	-	0.086	0.129	-	0.079	0.086	-	0.083	0.071
	20	-	0.154	0.188	-	0.137	0.135	-	0.109	0.090

ตารางที่ 7 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง ค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล และจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้ง ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.01$

			k=2			k=3			k=5		
θ	n	s	IP .	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
		10%	0.606	0.461	0.817	0.475	0.375	0.501	0.355	0.422	0.696
	10	20%	0.532	0.433	0.799	0.360	0.366	0.588	0.292	0.351	0.681
		30%	0.512	0.405	0.797	0.368	0.349	0.676	0.285	0.393	0.684
		10%	0.771	0.926	0.988	0.619	0.875	0.998	0.531	0.882	1.000
0.5	15	20%	0.568	0.913	0.988	0.377	0.841	0.998	0.278	0.869	1.000
		30%	0.530	0.878	0.998	0.348	0.831	0.997	0.246	0.855	1.000
		10%	0.809	0.996	1.000	0.636	0.997	1.000	0.450	0.997	1.000
	20	20%	0.663	0.996	1.000	0.405	0.996	1.000	0.232	0.989	1.000
		30%	0.616	0.994	1.000	0.364	0.997	1.000	0.213	0.985	1.000
		10%	0.043	0.159	0.171	0.011	0.106	0.125		0.063	0.071
	10	20%	0.031	0.138	0.180	0.010	0.092	0.131			0.067
		30%	0.036	0.105	0.125	0.013	0.090	0.124			0.066
		10%	0.036	0.204		0.101	0.243	0.383		0.262	0.243
1.0	15	20%		0.202			0.236	0.386	0.112	0.152	0.241
		30%		0.192			0.226	0.391		0.139	0.256
		10%		0.496	0.800		0.408	0.847		0.657	0.722
	20	20%		0.498	0.787		0.421	0.857		0.654	0.731
		30%		0.476	0.787		0.416	0.853		0.650	0.720
		10%		0.047	0.087		0.056	0.062		0.038	0.051
	10	20%		0.054	0.070		0.054	0.068			0.049
		30%		0.059	0.065		0.056	0.059			0.049
		10%		0.059			0.058	0.049		0.037	0.039
2.0	15	20%		0.051	0.076		0.049	0.055		0.026	0.038
		30%		0.060	0.083		0.058	0.053		0.025	0.040
		10%			0.144		0.089	0.099			0.048
	20	20%		0.075	0.149		0.071	0.101		0.049	0.047
		30%		0.075	0.151		0.077	0.116		0.052	0.057
		10%		0.026	0.034		0.025	0.019		0.020	0.018
	10	20%		0.028	0.039		0.027	0.019		0.017	0.019
		30%		0.029	0.043		0.034	0.020		0.026	0.019
		10%			0.054		0.034	0.019		0.020	0.020
5.0	15	20%		0.050	0.062		0.039	0.020		0.029	0.020
		30%			0.067		0.032	0.018		0.031	0.022
		10%			0.024		0.020	0.023		0.022	0.023
	20	20%		0.029	0.022		0.025	0.022		0.027	0.025
		30%		0.028	0.025			0.023		0.030	0.024

ตารางที่ 8 แสดงค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบ IP, LR และ TIKU จำแนกตามจำนวนกลุ่มประชากร ขนาดตัวอย่าง, ค่าพารามิเตอร์แสดงสเกล, และจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้ง ณ ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

			k=2			k=3			k=5		
θ	n	s	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU	IP	LR	TIKU
		10%	0.850	0.884	0.968	0.803	0.822	0.988	0.756	0.624	0.990
	10	20%	0.796	0.870	0.965	0.737	0.802	0.986	0.670	0.573	0.989
		30%	0.794	0.859	0.964	0.704	0.784	0.981	0.647	0.511	0.979
		10%	0.953	0.988	0.997	0.930	0.997	1.000	0.756	0.991	1.000
0.5	15	20%	0.883	0.988	0.998	0.801	0.998	1.000	0.670	0.984	1.000
		30%	0.856	0.972	1.000	0.765	0.996	1.000	0.647	0.981	1.000
		10%	0.976	1.000	1.000	0.956	1.000	1.000	0.895	1.000	1.000
	20	20%	0.944	1.000	1.000	0.881	1.000	1.000	0.727	1.000	1.000
		30%	0.921	0.999	1.000	0.825	1.000	1.000	0.668	1.000	1.000
		10%	0.142	0.300	0.505	0.063	0.308	0.410		0.299	0.287
	10	20%		0.307	0.511	0.052	0.304	0.418		0.295	0.308
		30%	0.128	0.283	0.410	0.048	0.301	0.423		0.284	0.303
		10%	0.432	0.686	0.862		0.604	0.890		0.789	0.811
1.0	15	20%	0.473	0.659	0.855		0.600	0.600		0.781	0.795
		30%		0.662	0.845		0.603	0.603		0.779	0.792
		10%		0.884	0.973		0.885	0.993		0.888	0.996
	20	20%		0.880	0.972		0.883	0.994		0.876	0.994
		30%		0.885	0.966		0.885	0.992		0.870	0.991
		10%		0.102	0.143		0.095	0.127		0.092	0.101
	10	20%		0.093	0.156		0.089	0.124		0.086	0.103
		30%		0.101	0.170		0.096	0.133		0.090	0.112
		10%		0.159	0.280		0.104	0.221		0.103	0.151
2.0	15	20%		0.166	0.269		0.096	0.228		0.088	0.148
		30%		0.162	0.270		0.102	0.224		0.097	0.151
		10%		0.307	0.518		0.332	0.385		0.206	0.216
	20	20%		0.311	0.522		0.329	0.391		0.199	0.220
		30%		0.299	0.523		0.334	0.397		0.204	0.222
		10%		0.096	0.067		0.085	0.063		0.060	0.061
	10	20%		0.084	0.071		0.087	0.069			0.068
		30%		0.085	0.073		0.081	0.072			0.073
		10%		0.083	0.080		0.079	0.083		0.078	0.074
5.0	15	20%		0.072	0.072		0.085	0.089		0.080	0.079
		30%		0.087	0.082		0.083	0.095		0.086	0.088
		10%		0.115	0.090		0.092	0.080		0.084	0.078
	20	20%		0.098	0.088		0.087	0.089		0.084	0.081
		30%		0.109	0.097		0.096	0.091		0.090	0.085

7. สรุปและอภิปรายผล

จากการเปรียบเทียบค่าอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบทั้ง 3 ตัว พบว่าการเพิ่มค่าพารามิเตอร์แสดงสเกลและจำนวนกลุ่มประชากร ค่าอำนาจการทดสอบจะลดลง ส่วนการเพิ่มขนาดตัวอย่างและระดับนัยสำคัญ α ค่าอำนาจการทดสอบจะสูงขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในขณะที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่ามาก จะส่งผลให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงขึ้น แต่การเพิ่มจำนวนข้อมูลที่มีค่าถูกตัดทิ้งในขณะที่พารามิเตอร์แสดงสเกลมีค่าน้อย จะส่งผลให้ค่าอำนาจการทดสอบลดลง นอกจากนี้ในสถานการณ์ส่วนใหญ่ตัวสถิติทดสอบ TIKU จะให้ค่าอำนาจการทดสอบสูงกว่าตัวสถิติทดสอบ LR และ IP ทั้งในกรณีที่มีข้อมูลสมบูรณ์และข้อมูลไม่สมบูรณ์ ดังนั้นตัวสถิติทดสอบ TIKU จึงเป็นตัวสถิติทดสอบที่เหมาะสมในการนำไปใช้ทดสอบการเท่ากันของพารามิเตอร์แสดงตำแหน่งของการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล 2 พารามิเตอร์มากกว่าตัวสถิติทดสอบตัวอื่น

บรรณานุกรม

ธีระพร วีระถาวร *การอนุมานเชิงสถิติขั้นกลาง: โครงสร้างและความหมาย* กรุงเทพมหานคร: พิทักษ์การพิมพ์, 2531

สอาด นิวิศพงษ์ *การเปรียบเทียบอำนาจการทดสอบของตัวสถิติทดสอบที่ใช้ทดสอบการแจกแจงแบบเอกซ์โปเนนเชียล* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531

Nelson W., *Applied Life Data Analysis* New York: John Wiely & Sons, 1982.

Lawless J.F., *Statistical Models and Method for Lifetime Data* John Wiely & Sons, 1982.

Epstien B. and Sobel M., *Life Testing* Journal of the American Statistical Asssociation. 48 (1988) : 486-502.

Epstien B., *Some Theorem Relevant to Life Testing from an Exponential Distribution.* Annual of Mathematical Statistics, 25 (1954): 373-381.

Epstien B. and Tsao., *Some Test Based on Ordered Observation from Two Exponential Population.* Annual of Mathematical Statistics, 24(1953): 458-466.

Hogg R.V. and Tanis F.A., *An Iterated Procedure for Testing Equality of Several Exponential Distribution.* Journal of the American Statistical Association, 58 (1963): 435-443.

Hsieh H.K., *On Testing the equality of Two Exponential Distribution.* Technometrics, 23 (1986): 265-269.

An Exact Test for Comparing Location Parameter of k Exponential Distribution with Unequal Scale Based on Type II Censored Data. Technometrics, 28 (1986): 157-163.

Kambo N.S. and Awad F.M., *Testing Equality of Location Parameter of k Exponential Distribution.* Communication in Statistical Theory and Method, 14 (1985): 567-583.

Kumar S. and Patel H.I., *A Test for a Comparison of 2 Exponential Distribution.* Technometrics, 13(1971): 183-189.

Shetty B.N. and Joshi P.C., *Likelihood Ratio Test for Testing Equality of Location Parameter of Two Exponential Distribution From Doubly Censored Samples*. Comminication in Statistical Theory and method, 18 (1989): 2063-2072.

Singh N., *The Likelihood Ratio Test for the Equlity of Location Parameter of $k \geq 2$ Exponential Distribution Based on Type II Censored Sample*. Technometrics, 25 (1983): 193-195.

Tiku M.L and Vaughan D.C., *Testing Equality of Location Parameters of Two Parameters from Censored Sample*. Communication in Statistical Theory and Method, 20 (1991): 929-944.