การประมาณค่าแบบช่วงในงานวิจัย

Interval Estimations in Research

สุรเมศวร์ ฮาชิม

ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

สถิติอนุมานคือสถิติที่เกี่ยวข้องในการประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐานของค่าพารามิเตอร์ การประมาณค่าทางสถิติจะมีทั้งการประมาณค่าแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง การประมาณค่าแบบช่วงที่นิยมใช้กันมากในการวิจัยคือการประมาณช่วงความเชื่อมั่น แต่ยังคงมีการประมาณค่าแบบช่วงในรูปแบบอื่นๆที่มีความสำคัญและมีประโยชน์ในการวิจัย หากผู้วิจัยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการศึกษา

บทความนี้จะอธิบายลักษณะและการประยุกต์ใช้การประมาณค่าแบบช่วงในรูปแบบของการประมาณค่าแบบช่วงของความเชื่อมั่น การประมาณค่าแบบช่วงของการพยากรณ์และการประมาณค่าแบบช่วงของความคลาดเคลื่อนยินยอมสำหรับใช้ในงานวิจัย

Abstract

An inferential statistics usually concern an estimation and hypothesis testing of a parameter. There are point and interval estimations. The confidence interval estimation is mostly used in research. However, there are other interval estimation techniques as well. Researcher should apply appropriate interval estimation technique in research.

This article introduce basic concept and application on confidence interval estimation, prediction interval and tolerance interval to use in research,

คำสำคัญ: การประมาณค่าแบบช่วง ช่วงความเชื่อมั่น ช่วงการพยากรณ์ ช่วงของความคลาดเคลื่อนยินยอม

Keywords: interval estimation, confidence interval, prediction interval ,tolerance interval

1. บทนำ

สถิติที่ใช้ในงานวิจัยโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ สถิติพรรณนาและสถิติอนุมาน ในส่วนของสถิติอนุมานจะเป็นการศึกษาเพื่อประมาณค่าและทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่สนใจในงานวิจัย โดยส่วนใหญ่นักวิจัยจะใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ผลสรุปของการทดสอบขึ้นอยู่กับระดับนัยสำคัญ โดยที่ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบค่าสถิติที่คำนวณได้กับค่าวิกฤติ ถ้าค่าสถิติมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติก็จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) ในปัจจุบันการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ผลลัพธ์จะถูกนำมาแสดงด้วยค่าความน่าจะเป็นที่น้อยที่สุดที่จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก เมื่อสมมติฐานหลักนั้นเป็นจริงหรือค่าพี หากค่าพีมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญก็จะปฏิเสธสมมติฐานหลัก การสรุปผลการทดสอบด้วยค่าพีจะไม่พิจารณาถึงช่วงกว้างของการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการศึกษาว่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่ต้องการมากหรือน้อยเพียงใด [1] ขณะที่การสรุปผลการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการประมาณค่าแบบช่วงจะพิจารณาตำแหน่ง และช่วงกว้างของการประมาณค่าในการสรุปผลการตัดสินใจ [2] ผลสรุปที่ได้ในกรณีการทดสอบสมมติฐานแบบสองหางด้วยวิธีการใช้ค่าพีและการประมาณค่าแบบช่วงจะมีความสอดคล้องกัน แต่รายละเอียดของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแตกต่างกัน การใช้ค่าพีจะให้ผลสรุปเกี่ยวกับการปฏิเสธหรือไม่ปฏิเสธสมมติฐานหลักเท่านั้น แต่การประมาณค่าแบบช่วงจะให้รายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่ง และช่วงกว้างของการประมาณค่าในการสรุปผลการตัดสินใจ

การประมาณค่าทางสถิติสามารถแบ่งได้เป็นการประมาณค่าแบบจุดและการประมาณค่าแบบช่วง ในปัจจุบันนักวิจัยได้ให้ความสนใจในการประมาณค่าแบบช่วง โดยเฉพาะในเรื่องของช่วงความเชื่อมั่น [2] การประมาณช่วงความเชื่อมั่นเป็นที่นิยมและรู้จักของนักวิจัยโดยส่วนมาก แต่ยังมีการประมาณค่าแบบช่วงในรูปแบบอื่นๆที่มีความสำคัญในงานวิจัย เช่น การประมาณค่าแบบช่วงของการพยากรณ์และการประมาณค่าแบบช่วงของความคลาดเคลื่อนยินยอม เป็นต้น

บทความนี้จะนำเสนอวิธีการประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 3 รูปแบบคือ การประมาณแบบช่วงของความเชื่อมั่น ค่าพยากรณ์ และ ความคลาดเคลื่อนยินยอม ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาจะมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติที่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ใดๆและการประมาณค่าแบบช่วงจะเป็นการประมาณแบบสองหางเท่านั้น พร้อมกันนี้จะได้อธิบายความแตกต่างของการประมาณทั้ง 3 รูปแบบและการนำไปใช้งาน รวมถึงตัวอย่างการใช้งานของค่าประมาณที่ได้

2. การประมาณค่าแบบจุด

หากผู้วิจัยต้องการทราบข้อมูลเกี่ยวกับประชากรแต่ไม่สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์จากประชากรได้ ผู้วิจัยจึงทำการสุ่มตัวอย่างโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์จากข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มมาศึกษา ค่าประมาณที่ดีที่สุดคือค่าสถิติที่ได้จากตัวอย่าง เช่น ต้องการทราบค่าเฉลี่ยของ

ประชากร (μ) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ) ผู้วิจัยจะสุ่มตัวอย่างขนาด n จากประชากร นำตัวอย่างที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) โดยที่

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

และ $$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

ค่าเฉลี่ย($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) ที่ได้จะเป็นตัวประมาณที่ดีที่สุดของค่าเฉลี่ยของประชากร (μ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ) ตามลำดับ การประมาณค่านี้คือการประมาณค่าแบบจุด ในขณะที่การประมาณแบบช่วงจะได้ผลลัพธ์เป็นช่วงของข้อมูลซึ่งจะมีจุดกึ่งกลางคือตัวประมาณแบบจุดและมีความกว้างของการประมาณเปลี่ยนไปตามความคลาดเคลื่อนของข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มมา และรูปแบบของการประมาณแบบต่างๆ

3. การประมาณค่าแบบช่วงของความเชื่อมั่น

การประมาณค่าพารามิเตอร์ เช่นค่าเฉลี่ยของประชากรที่ช่วงความเชื่อมั่นต่างๆ หมายถึงการหาขอบเขตที่ค่าเฉลี่ยที่แท้จริงของประชากรจะตกอยู่ในช่วงที่ประมาณได้

ช่วงความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของค่าเฉลี่ยประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\bar{x} \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

s คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง

n คือ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมา

$z_{\frac{\alpha}{2}}$ คือ ค่าจากตารางสถิติ z ที่ $P(Z > z_{\frac{\alpha}{2}}) = \frac{\alpha}{2}$

โดยปกติช่วงความเชื่อมั่นที่เป็นที่นิยมคือ 95% ซึ่งจะมีความหมายคือ เมื่อทำการศึกษาทั้งสิ้น 100 ครั้ง ขอบเขตที่ได้จากศึกษาจะครอบคลุมค่าเฉลี่ยที่แท้จริงอย่างน้อย 95 ครั้ง ปัญหาที่เกิดขึ้นของช่วงความเชื่อมั่นคือ ผู้วิจัยไม่ทราบค่าเฉลี่ยที่แท้จริงของประชากร ดังนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้ว่าช่วงของการประมาณที่คำนวณได้จะครอบคลุมค่าเฉลี่ยที่แท้จริงหรือไม่ ช่วงความเชื่อมั่นจะประมาณค่าพารามิเตอร์ของประชากรเท่านั้น ไม่ได้ประมาณค่าสถิติที่จะเกิดขึ้นในการวิจัยแต่ละครั้ง [3] หากผู้วิจัยต้องการทราบผลที่จะเกิดขึ้นกับการทดลองครั้งต่อไป ผู้วิจัยไม่สามารถสรุปได้จากช่วงความเชื่อมั่นที่ประมาณได้ เช่น ในโรงงานการผลิตหากผู้วิจัยต้องการทราบค่าพารามิเตอร์ของผลการผลิต

ทั้งหมดของโรงงาน ผู้วิจัยสามารถประมาณได้จากช่วงความเชื่อมั่น แต่ถ้าผู้วิจัยสนใจที่จะทราบผลของการผลิตในครั้งต่อไปที่จะเกิดขึ้นผู้วิจัยจะไม่สามารถสรุปได้จากช่วงความเชื่อมั่นนี้

การนำช่วงความเชื่อมั่นไปประยุกต์ใช้ประโยชน์จะมีความเหมาะสมในกรณีที่ผู้วิจัยต้องการตรวจสอบการทดลองว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น การตรวจสอบคุณภาพการผลิตในโรงงานผลิต เป็นต้น

4. การประมาณค่าแบบช่วงของการพยากรณ์

ช่วงการพยากรณ์จะประมาณค่าข้อมูลที่สนใจที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้ข้อมูลตัวอย่างในปัจจุบันเพื่อสร้างช่วงการพยากรณ์

ช่วงการพยากรณ์ $(1-\alpha)100\%$ ของค่าเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2k},n-1}\, s\sqrt{\frac{1}{n}+\frac{1}{m}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

s คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง

k คือ ช่วงเวลาในอนาคตที่ต้องการประมาณค่า

m คือ จำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาที่สนใจ

n คือ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมา

$t_{\frac{\alpha}{2k},n-1}$ คือ ค่าจากตารางสถิติ t ที่ $P(T > t_{\frac{\alpha}{2k}}) = \frac{\alpha}{2k}$ มีองศาอิสระคือ $n-1$

ช่วงการพยากรณ์จะอธิบายการประมาณค่าของข้อมูลตัวอย่างที่จะทดลองในอนาคตว่าผลที่ได้จะมีขอบเขตในการทดลองอยู่ในช่วงใด ที่ระดับความเชื่อมั่นตามต้องการ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หากผู้วิจัยสนใจผลของการทดลองแต่ละครั้งในอนาคต เช่น ในโรงงานการผลิตผู้วิจัยต้องการทราบผลการผลิตในครั้งต่อไปว่าจะมีช่วงของการผลิตอยู่ในช่วงใด เป็นต้น

5. การประมาณค่าแบบช่วงของความคลาดเคลื่อนยินยอม

การประมาณช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอมมีความแตกต่างจากการประมาณช่วงความเชื่อมั่น เนื่องจากช่วงความเชื่อมั่นจะประมาณค่าขอบเขตที่ครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ แต่ช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอมจะประมาณค่าขอบเขตที่จะครอบคลุมเปอร์เซ็นต์ของข้อมูลในประชากรซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในงานวิจัยหลายๆแขนง เช่น ในกระบวนการผลิตที่ต้องการให้ได้ผลผลิตอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการ หรืองานวิจัยด้านการตลาดเพื่อต้องการทราบลักษณะของกลุ่มเป้าหมายเพื่อทำการตลาดได้ตรงตามความต้องการ [4]

การคำนวณค่าช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอม มีปัจจัยในการประมาณ 2 ส่วนที่ต้องพิจารณาคือ ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการประมาณและสัดส่วนของประชากรที่สนใจที่จะอยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ

การประมาณค่าช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอมที่ความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ ของค่าเฉลี่ยที่จะครอบคลุม 100p% ของประชากรสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\bar{x} \pm z_p s(1+\frac{1}{2n})\sqrt{\frac{n-1}{\chi^2_{\alpha,n-1}}}$$

เมื่อ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง

s คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่าง

p คือ สัดส่วนของข้อมูลประชากรที่ต้องการ

n คือ ขนาดตัวอย่างที่สุ่มมา

z_p คือ ค่าจากตารางสถิติ z ที่ $P(Z > z_{\frac{1-p}{2}}) = \frac{1-p}{2}$

$\chi^2_{\alpha,n-1}$ คือ ค่าจากตารางสถิติ χ^2 ที่ $P(\chi^2 \le \chi^2_\alpha) = \alpha$ มีองศาอิสระคือ $n-1$

6. การประยุกต์ใช้งานค่าประมาณแบบช่วงทั้ง 3 รูปแบบ

กรณีที่ 1 โรงงานผลิตเหล็กเส้นเพื่อส่งออกแห่งหนึ่ง ผลิตเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ย 2.25 นิ้ว ฝ่ายผลิตต้องการตรวจสอบว่างานที่ผลิตได้มีขนาดเป็นไปตามต้องการหรือไม่ จึงทดสอบโดยการสุ่มตัวอย่างเหล็กเส้นมา 10 เส้น แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ดังนี้ 2.25, 2.24, 2.27, 2.26, 2.23, 2.25, 2.24, 2.27, 2.22 และ 2.23 นิ้ว

ในการตรวจสอบครั้งนี้วิธีการประมาณที่เหมาะสมคือการประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น โดยมีค่าเป้าหมายคือ 2.25 นิ้ว ผลการประมาณค่าที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% คือ

$$\bar{x} \pm z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}} = 2.246 \pm z_{\frac{.05}{2}} \frac{0.017}{\sqrt{10}}$$

$$= 2.246 \pm 1.96 \frac{0.017}{\sqrt{10}}$$

$$= (2.2355, 2.2565)$$

นั่นคือ งานที่ผลิตในครั้งนี้ผ่านเกณฑ์เป้าหมายที่ต้องการคือ 2.25 นิ้ว เนื่องจากช่วงความเชื่อมั่น 95% ของการประมาณมีค่าระหว่าง 2.2355 นิ้ว และ 2.2565 นิ้ว ซึ่งครอบคลุมค่าเป้าหมายที่ต้องการ

กรณีที่ 2 โรงงานผลิตเหล็กเส้นเพื่อส่งออกแห่งหนึ่ง ผลิตเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีการแจกแจงแบบปกติ ทางฝ่ายผลิตได้ใช้เครื่องจักรในการผลิตมาเป็นเวลานานจึงต้องการตรวจสอบว่าเครื่องจักรจะผลิตเหล็กเส้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วงใดในการผลิต 2 ครั้งถัดไป จึงทำการสุ่มตัวอย่างเหล็กเส้นมา 10 เส้น แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ดังนี้ 2.25, 2.24, 2.27, 2.26, 2.23, 2.25, 2.24, 2.27, 2.22 และ 2.23 นิ้ว จากนั้นจะประมาณเส้นผ่าศูนย์กลางการผลิตเหล็กเส้นโดยเครื่องจักรนี้ในการผลิต 2 ครั้งถัดไป

ในการตรวจสอบครั้งนี้วิธีการประมาณที่เหมาะสมคือการประมาณค่าช่วงการพยากรณ์ เนื่องจากฝ่ายผลิตต้องการทราบผลการผลิตด้วยเครื่องจักรนี้ในอนาคต ผลการประมาณค่าที่ช่วงการพยากรณ์ 95% คือ

$$\bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2k},n-1} s\sqrt{\frac{1}{n}+\frac{1}{m}} = 2.246 \pm t_{\frac{.05}{2\times2},10-1}\, 0.017\sqrt{\frac{1}{10}+\frac{1}{1}}$$

$$= 2.246 \pm 2.685 \times 0.017\sqrt{\frac{1}{10}+\frac{1}{1}}$$

$$= (2.1981, 2.2939)$$

นั่นคือ ในการผลิตเหล็กเส้นด้วยเครื่องจักรนี้ใน 2 ครั้งถัดไป เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของผลผลิตที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 2.1981 นิ้ว และ 2.2939 นิ้ว ด้วยความเชื่อมั่น 95%

กรณีที่ 3 โรงงานผลิตเหล็กเส้นเพื่อส่งออกแห่งหนึ่ง ผลิตเหล็กเส้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีการแจกแจงแบบปกติ ฝ่ายผลิตได้กำหนดขอบเขตที่ยอมรับได้ว่าชิ้นงานนี้เป็นชิ้นงานที่ดีไว้คือช่วงความเชื่อมั่น 95% ฝ่ายผลิตต้องการทราบเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่อย่างน้อย 99% ของงานที่ผลิตได้จะอยู่ภายในช่วงความเชื่อมั่น 95% นี้ จึงทำการสุ่มตัวอย่างเหล็กเส้นมา 10 เส้น แล้ววัดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ดังนี้ 2.25, 2.24, 2.27, 2.26, 2.23, 2.25, 2.24, 2.27, 2.22 และ 2.23 นิ้ว

ในการตรวจสอบครั้งนี้วิธีการประมาณที่เหมาะสมคือการประมาณค่าช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอม เนื่องจากฝ่ายผลิตต้องการทราบขอบเขตของชิ้นงานที่อย่างน้อย 99% ของงานที่ผลิตได้จะอยู่ภายในช่วงความเชื่อมั่น 95% ผลการประมาณค่าที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% ที่จะมีอย่างน้อย 99% ของงานทั้งหมดจะอยู่ภายในขอบเขตนี้คือ

$$\bar{x} \pm z_p s\left(1+\frac{1}{2n}\right)\sqrt{\frac{n-1}{\chi^2_{\alpha,n-1}}} = 2.246 \pm z_{.005} \times 0.017\left(1+\frac{1}{2\times10}\right)\sqrt{\frac{10-1}{\chi^2_{.05,10-1}}}$$

$$= 2.246 \pm 2.575 \times 0.017\left(1+\frac{1}{2\times10}\right)\sqrt{\frac{10-1}{3.33}}$$

$$= (2.1704, 2.3216)$$

นั่นคือ ในการผลิตเหล็กเส้นครั้งนี้ 99% ของเหล็กเส้นทั้งหมดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 2.1704 นิ้ว และ 2.3216 นิ้ว จะมีช่วงความเชื่อมั่น 95%

7. สรุป

การประมาณค่าแบบช่วงทางสถิติที่เป็นที่นิยมใช้ในงานวิจัยคือการประมาณช่วงความเชื่อมั่น จะแสดงขอบเขตที่จะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์ที่สนใจในประชากรเท่านั้น ไม่ได้อธิบายลักษณะของตัวอย่างที่จะเกิดขึ้นในการทดลองครั้งต่อๆไป การประมาณช่วงความเชื่อมั่นจะเหมาะสมที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าประมาณที่ได้กับค่าเป้าหมายหรือเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในเบื้องต้นว่ากลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมานั้นมีความเหมาะสมเพียงใด

ในขณะที่หากผู้วิจัยสนใจที่จะประมาณค่าผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นในครั้งต่อๆไปเท่านั้น ไม่ได้สนใจทั้งกลุ่มประชากร การประมาณค่าที่เหมาะสมคือ การประมาณช่วงการพยากรณ์ เป็นการนำข้อมูลในปัจจุบันไปประมาณค่าขอบเขตของข้อมูลในอนาคต ทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดนโยบายหรือวางแผนการปฏิบัติงานในอนาคตได้เหมาะสม

สำหรับการประมาณช่วงความคลาดเคลื่อนยินยอมจะประมาณค่าขอบเขตที่ครอบคลุมสัดส่วนของประชากร เป็นการประมาณค่าเกี่ยวกับประชากรในปัจจุบัน เพื่อผู้วิจัยสามารถทราบลักษณะของประชากร สามารถวางแผนการศึกษาได้เหมาะสมกับลักษณะของประชากรในการวิจัยต่างๆในอนาคต เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การประมาณค่าแบบช่วงทั้ง 3 รูปแบบไม่ได้เป็นเรื่องใหม่หรือเรื่องที่มีความซับซ้อนแต่อย่างไร แต่ยังมีนักวิจัยนำประโยชน์ของการประมาณค่าแบบช่วงไปใช้ไม่มากเท่าที่ควร ในงานวิจัยส่วนใหญ่จะนิยมใช้เพียงการประมาณช่วงความเชื่อมั่นเท่านั้น การได้ศึกษาวิธีการประมาณค่าทั้ง 3 รูปแบบจะช่วยให้นักวิจัยสามารถนำหลักพื้นฐานทางสถิติไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และถูกต้องตามหลักสถิติในงานวิจัยของผู้วิจัยต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Cumming, G. and Fidler, F. “Interval Estimates for Statistical Communications: Problems and Possible Solutions.” **IASE / ISI Satellite**. 2005.

[2] Belia, S., Fidler, F., Williams, J. and Cumming, G. “Research Misunderstand Confidence Interval and Standard Error Bar.” **Psychological Methods.** 2005, **10**, 389 – 396.

[3] Charusombat, U and Andy, S. Confidence Interval. available at http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/smorimer/intervals/interval.html. (8 December 2008).

[4] Market Facts, Inc. Research on Research. Confidence and Tolerance Intervals. available at http://www.synovate.com/insights/research-on-research/abstract-34-c.html. (8 December 2008).