

การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ โดยใช้ Modified z-scores

จันทร์รัตน์ วรสรรพวิทย*
 นวรัฐ เทศพิทักษ์**

การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ มีความสำคัญในการตรวจสอบความสามารถห้องปฏิบัติการ และเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่หน่วยรับรองระบบงานห้องปฏิบัติการ นำมาใช้เพื่อพิจารณาให้การรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการ เพราะผลจากการเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว จะแสดงให้เห็นถึงความชำนาญของห้องปฏิบัติการในการทดสอบนั้น ๆ ส่วนสำคัญในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ คือ การหาค่ากำหนด (assigned value) และค่าความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไปจะใช้ค่า consensus value เป็นค่ากำหนดในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การเลือกวิธีคำนวณทางสถิติที่นำมาใช้จึงมีความสำคัญ เพราะหากเลือกใช้ไม่ถูกต้องอาจทำให้ผลที่ได้ขาดความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากจำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมมีจำนวนน้อยกว่า 30 ห้องปฏิบัติการและใช้ค่า consensus value เป็นค่ากำหนดในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ

ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมเปรียบเทียบผลการทดสอบมีจำนวนน้อยนั้น ผลการทดสอบของห้องปฏิบัติการที่มีค่าสุดต่าง (outlier) จะส่งผลต่อการคำนวณค่ากลางและค่าการกระจายของข้อมูลนั้นได้ โดยหากสามารถทราบค่าสุดต่างดังกล่าวเกิดจากความผิดพลาดทางเทคนิคสามารถตัดค่าดังกล่าวออกก่อนนำค่าที่เหลือมาคำนวณต่อได้ แต่ในทางปฏิบัติทั่วไปต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังโดยเลือกวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมมาใช้

การทดสอบแบบพารามิเตอร์ (parametric test) ที่มีการนำค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) มาใช้ในการหาค่า z-scores นิยมนำมาใช้ในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการเพราะเป็นที่รู้จักและสามารถเข้าใจได้ง่าย แต่ในกรณีที่ห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมมีจำนวนน้อย ๆ การนำสถิติแบบพารามิเตอร์มาใช้นั้นอาจไม่เหมาะสม เพราะสถิติแบบนี้จะใช้ได้กับผลการทดสอบที่มี

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal distribution) และในกรณีที่พบค่าสุดต่าง การตัดค่าดังกล่าวออกหรือคงไว้ จะส่งผลต่อค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) นั้นอย่างสังเกตเห็นได้ และหากใช้ค่า consensus value เป็นค่ากำหนดก็จะมีผลกระทบด้วยเช่นกัน

โดยที่ Z คือ z-scores

$$Z = \frac{x - X}{s}$$

x คือ ผลของแต่ละห้องปฏิบัติการ
 X คือ ค่ากำหนด
 s คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การทดสอบโรบัสต์ (Robust test) เป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการเมื่อจำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมมีจำนวนน้อย เพราะในการคำนวณไม่จำเป็นต้องสรุปว่าผลจากห้องปฏิบัติการทั้งหมดมีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใด และไม่ต้องมีการตัดค่าสุดต่างทิ้ง โดยสถิติที่ใช้ คือ modified z-scores ซึ่งนำค่ามัธยฐาน (median) และสถิติเชิงปรับแก้ที่เรียกว่า median absolute deviation (MAD) มาใช้ในการหาค่า z-scores แทนการใช้ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

การประเมินผล
$$MZ = \frac{|x_i - \hat{\mu}|}{\hat{\sigma}}$$

โดยที่ MZ คือ Modified z-scores

x_i คือ ผลการทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการ
 $\hat{\mu}$ คือ robust mean โดยการคำนวณแบบวนซ้ำ (iterative) (downweighting procedure)
 $\hat{\sigma}$ คือ robust standard deviation = $\frac{MAD}{0.6745}$
 MAD คือ median absolute deviation
 $= \text{median} |x_i - \text{median}(x_i)|$
 Median คือ ค่ามัธยฐาน

* นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ
 ** นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างการคำนวณ modified z-scores

ผลการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการในรายการทดสอบไนไตรท์ของตัวอย่างน้ำแม่น้ำทั้งหมดจำนวน 7 ห้องปฏิบัติการ หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร

- นำผลทั้งหมด (x_i) มาเรียงจากน้อยไปหามากเพื่อหาค่ามัธยฐาน (คือค่าเริ่มต้นของการคำนวณ robust mean ($\hat{\mu}$)) (ข้อมูลที่ $(n+1)/2$ สำหรับจำนวนข้อมูลที่เป็นเลขคี่)

0.380, 0.400, 0.401, 0.403, 0.410, 0.411, 0.413

- ค่ามัธยฐานที่ได้นำไปคำนวณค่า absolute deviation ของ x_i จากสูตร $|x_i - \text{median}(x_i)|$

$|x_i - 0.403| \rightarrow 0.023, 0.003, 0.002, 0, 0.007, 0.008, 0.010$

- นำมาเรียงจากน้อยไปหามากเพื่อหา median absolute deviation (MAD)

0, 0.002, 0.003, 0.007, 0.008, 0.010, 0.023

- นำค่า MAD ที่ได้มาคำนวณหา robust standard deviation ($\hat{\sigma}$) จากสูตร $\text{MAD}/0.6745$

$$\hat{\sigma} = \text{MAD}/0.6745 = 0.007/0.6745 = 0.0104$$

- นำค่า $\hat{\sigma}$ ที่ได้มากำหนดเป็นค่า cut-off เพื่อปรับค่า x_i ใหม่ โดย

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{l} \text{ถ้า } x_i < \hat{\mu} - 1.5\hat{\sigma} \text{ ให้แทน } x_i \text{ ด้วย } \hat{\mu} - 1.5\hat{\sigma} \\ \text{ถ้า } x_i > \hat{\mu} + 1.5\hat{\sigma} \text{ ให้แทน } x_i \text{ ด้วย } \hat{\mu} + 1.5\hat{\sigma} \end{array} \right] & \quad \hat{\mu} - 1.5\hat{\sigma} = 0.403 - (1.5 \times 0.0104) = 0.3874 \\ & \quad \hat{\mu} + 1.5\hat{\sigma} = 0.403 + (1.5 \times 0.0104) = 0.4186 \end{aligned}$$

0.380, 0.400, 0.401, 0.403, 0.410, 0.411, 0.413

ในกรณีนี้มี 0.380 ค่าเดียว
ที่เข้าเงื่อนไขดังกล่าว จึงได้

0.3874, 0.400, 0.401, 0.403, 0.410, 0.411, 0.413

นำข้อมูลทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย
เพื่อได้ค่า new $\hat{\mu}$ ตามสูตร
 $\text{new } \hat{\mu} = \sum_{i=1}^p x_i / p = 0.4036$ (A)

นำ new $\hat{\mu}$ ที่ได้มากำหนด
ค่า cut-off ใหม่ โดย
 $\text{new } \hat{\mu} - 1.5\hat{\sigma} = 0.3880$
 $\text{new } \hat{\mu} + 1.5\hat{\sigma} = 0.4192$ (B)

นำค่า cut-off ที่ได้มาปรับค่า x_i
ซ้ำอีกครั้ง โดยใช้เงื่อนไขเดิมจึงได้ (C)

0.3880, 0.400, 0.401, 0.403, 0.410, 0.411, 0.413

เข้าการคำนวณแบบวนซ้ำ (iterative calculation)
ตามขั้นตอน (A) (B) (C) จนมั่นใจว่าค่า new $\hat{\mu}$
ที่ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีก (จากกรณีนี้ได้ = 0.4037)

- นำค่า new $\hat{\mu}$ ที่ได้มาคำนวณค่า modified z-scores ของแต่ละห้องปฏิบัติการได้ $MZ = \frac{x_i - 0.4037}{0.0104}$

ตารางที่ 1 ผลของการคำนวณ modified z-scores จากตัวอย่าง

Iteration	0	$ x_i - \hat{\mu} $	1	$ x_i - \hat{\mu} $	2	$ x_i - \hat{\mu} $	3	
1.5 σ	—		0.0156		0.0156		0.0156	
	—		0.3874		0.3880		0.3880	
	—		0.4186		0.4192		0.4193	Z Score
10	0.380	0.023	0.3874	0.0162	0.3880	0.0157	0.3880	-2.29
8	0.400	0.003	0.4000	0.0036	0.4000	0.0037	0.4000	-0.36
11	0.401	0.002	0.4010	0.0026	0.4010	0.0027	0.4010	-0.26
7	0.403	0.000	0.4030	0.0006	0.4030	0.0007	0.4030	-0.07
3	0.410	0.007	0.4100	0.0064	0.4100	0.0063	0.4100	0.61
15	0.411	0.008	0.4110	0.0074	0.4110	0.0073	0.4110	0.70
4	0.413	0.010	0.4130	0.0094	0.4130	0.0093	0.4130	0.89
new	0.403	0.007	0.4036		0.4037		0.4037	
	0.0104							
N	7							

จากตารางที่ 1 ได้ค่า modified z-scores ของห้องปฏิบัติการที่ 10 มีค่าเท่ากับ -2.29 ($2 < |z| < 3$) ผลทดสอบอยู่ในเกณฑ์น่าสงสัย ซึ่งหากคำนวณโดยใช้วิธีอื่นอาจไม่พบข้อมูลที่น่าสงสัยได้ เนื่องจากจำนวนห้องปฏิบัติการที่เข้าร่วมมีจำนวนน้อย ดังนั้นหากนำ modified z-scores มาใช้ประเมินผล

การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการ จะทำให้ความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่ามีค่าน้อย การประยุกต์ใช้ modified z-scores มีหลายอย่าง เช่น การนำมาคำนวณ outlier ของผลการทดสอบ การนำมาใช้ในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Belli, M., et al. Implementation of proficiency testing schemes for a limited number of participants. *Accreditation and Quality Assurance*, February, 2007, Vol.12, p.391-398.
- Lauk, K. *Statistical methods for evaluation of data from interlaboratory comparisons with small number of participants*. Tartu: University of Tartu, 2010, 46 p.
- Miller JN and Miller JC. *Statistical and chemometrics for analytical chemistry*. 4th ed. [n.p] : Henry Ling, 2000, p.174-175.