

การตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ตามวิธีการ ของหน่วยงานรับรองระบบงานของประเทศออสเตรเลีย (NATA) Intermediate check of electronic balances according to National Association of Testing Authorities, Australia (NATA) Method

จิตตกานต์ อินเที่ยง^{1*}
Jittakant Intiang^{1*}

รับบทความ 1 มกราคม 2568 แก้ไขบทความ 29 ตุลาคม 2568 ยอมรับตีพิมพ์ 7 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอผลการเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ตามวิธีต่าง ๆ พร้อมนำเสนอตัวอย่างการดำเนินงานตามวิธีของหน่วยงานรับรองระบบงานของประเทศออสเตรเลีย (National Association of Testing Authorities, Australia) หรือ เรียกว่า NATA ซึ่งจะเป็นการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ทั้งในส่วนของค่าความถูกต้องแม่นยำและค่าความเที่ยงตรง โดยทำการตรวจสอบทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ การตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) และการตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check) โดยนำผลการตรวจสอบระหว่างการใช้งานที่ได้มาพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการสอบเทียบของเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้เกิดความมั่นใจในสถานะผลการสอบเทียบและยืนยันว่าการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ยังคงมีความน่าเชื่อถือถูกต้องต่อไป โดยในบทความนี้ได้นำเสนอตัวอย่างการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ที่มีค่าความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุด 500 g มีค่าความละเอียด 0.0001 g โดยใช้ตุ้มน้ำหนักขนาด 500 g ที่ได้รับการสอบเทียบมาทำการตรวจสอบ จากผลการตรวจสอบทั้ง 2 หัวข้อพบว่าผ่านเกณฑ์ทั้ง 2 หัวข้อ

คำสำคัญ: การตรวจสอบระหว่างการใช้งาน, เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์, วิธีการของ NATA, การตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว, การตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ

¹ศูนย์ห้องปฏิบัติการอ้างอิงการสอบเทียบ สถาบันห้องปฏิบัติการอ้างอิงแห่งชาติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10400 ประเทศไทย

Abstract

This article aimed to present the comparison of the various intermediate check methods for the electronic balance and showed the example of the procedure based on the guideline provided by the National Association of Testing Authorities, Australia (NATA). The process included two specific checks which cover both the single point check for accuracy performance and the repeatability check for precision performance. The intermediate check results were then compared with the calibration results of the electronic balance to ensure confidence in the calibration status and confirm that the electronic balance continues to operate reliably and accurately. The intermediate check of the electronic balance with a maximum capacity of 500 g with readability of 0.0001 g was conducted by using a calibrated 500 g weight. The results of both checks showed that the electronic balance's performance still met the specified criteria.

Keywords: Intermediate check, Electronic balances, NATA method, Single point check, Repeatability check

¹Reference Calibration Laboratory Center, National Institute of Reference Laboratories, Department of Science Service, Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding author e-mail address: jittakant@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือวัดที่สำคัญและใช้งานกันอย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรมหลายด้าน โดยเฉพาะในทางการแพทย์ อาหาร และปิโตรเคมี ซึ่งมีความต้องการค่าน้ำหนักที่มีความถูกต้องแม่นยำอย่างสูง เนื่องจากส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและความปลอดภัยของประชาชน เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมการทำงานตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 นั้น ส่วนใหญ่จะได้รับการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่น่าเชื่อถือตามระยะเวลาสอบเทียบที่กำหนดไว้ เช่น ปีละครั้ง ซึ่งระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักดังกล่าว ห้องปฏิบัติการต้องมีการควบคุมให้เกิดความมั่นใจว่าผลการใช้งานเครื่องชั่งยังคงน่าเชื่อถือ มีความถูกต้อง กระบวนการดังกล่าวเรียกว่าการตรวจสอบระหว่างการใช้งาน [1]

ในเอกสาร NATA [2] ได้มีการกล่าวถึงแนวทางการตรวจสอบค่าความถูกต้องแม่นยำและการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรงของเครื่องชั่ง โดยมีการนำค่าจากรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่งมาใช้เป็นเกณฑ์ นอกจากนี้ยังมีการหาค่าขอบเขตประสิทธิภาพการทำงาน (Limit of performance) ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดของการวัดสูงสุดของเครื่องชั่งในกรณีที่เกิดการตรวจสอบจากแนวทางขั้นต้นไม่ผ่านเกณฑ์เพื่อทำการพิจารณาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องชั่ง ณ ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันล่าสุด

ในเอกสารมาตรฐาน UKAS Lab 14 [3] ได้มีการอธิบายเกี่ยวกับการตรวจสอบเครื่องชั่งตามระยะเวลาหรือก่อนใช้งาน โดยมีการแนะนำให้ใช้ตุ้มน้ำหนักก่อนเดียวที่มีขนาดใกล้เคียงกับค่าน้ำหนักที่ใช้งานประจำและเป็นตุ้มน้ำหนักที่ได้รับการสอบเทียบมาแล้ว สำหรับในกรณีที่ตุ้มน้ำหนักไม่ได้รับการสอบเทียบก็สามารถนำมาใช้ได้ แต่ต้องเป็นตุ้มน้ำหนักที่เก็บรักษาไว้ใช้งานเฉพาะการตรวจสอบนี้เท่านั้น และต้องทำการชั่งตุ้มน้ำหนักนี้ทันทีภายหลังเสร็จสิ้นการสอบเทียบเพื่อนำค่าน้ำหนักที่ชั่งได้นี้มาใช้เป็นค่าน้ำหนักอ้างอิงในการพิจารณาว่าเครื่องชั่งยังสามารถอ่านค่าน้ำหนักได้เท่าเดิม ในขณะที่ชั่งตุ้มน้ำหนักก่อนเดิม สำหรับการตรวจสอบตามมาตรฐานนี้ผู้ใช้งานเครื่องชั่งจะต้องกำหนดขอบเขตควบคุมหรือขอบเขตค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้สำหรับการใช้งานเครื่องชั่ง

นอกจากนี้ในเอกสาร OIML [4] ยังกล่าวถึงการตรวจสอบระหว่างการใช้งานของเครื่องชั่ง NAWI (Non-automatic weighing instruments) ที่ใช้งานตามเอกสารมาตรฐาน USP Chapter 35 [5] โดยที่ค่าความถูกต้องแม่นยำของตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบไม่มีความสำคัญ ดังนั้นสามารถใช้วัตถุที่มีค่ามวลคงที่และมีค่าน้ำหนักไม่เกินค่าความสามารถสูงสุดของเครื่องชั่งแทนการใช้ตุ้มน้ำหนักได้ การตรวจสอบควรดำเนินการก่อนการใช้งานครั้งแรกของวันที่มีการใช้งานเครื่องชั่งหรือภายหลังการดำเนินการที่กระทบต่อผลการสอบเทียบหรือมีการปรับแต่งเครื่องชั่ง สำหรับเครื่องชั่งวิเคราะห์ (Analytical balances) และเครื่องชั่งระดับไมโครกรัม (Microbalances) ค่าความแปรปรวนของค่าที่อ่านได้จากการชั่งตุ้มน้ำหนักทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ควรมีค่าไม่เกิน ± 0.2 mg และ 0.1% ของน้ำหนักที่ชั่งตามลำดับ สำหรับเครื่องชั่งที่ใช้งานในกรณีอื่นจะต้องทำการกำหนดขอบเขตควบคุมโดยผู้ใช้งานเครื่องชั่งเหมือนวิธีของ UKAS Lab 14

อย่างไรก็ตามยังมีแนวทางการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งอื่น ๆ ที่มีการพิจารณาจากขอบข่ายการได้รับการรับรองของห้องปฏิบัติการ ยกตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองสำหรับการสอบเทียบเครื่องชั่ง NAWI ระยะเวลาในการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งควรดำเนินการระหว่างช่วงระยะเวลาการสอบเทียบ ตัวอย่างเช่น ถ้าช่วงระยะเวลาการสอบเทียบเป็นทุก ๆ 2 ปี ระยะเวลาในการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งควรเป็นทุก ๆ 1 ปี เป็นต้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินการกิจกรรมคล้ายการสอบเทียบ แต่จำนวนจุดสอบเทียบน้อยกว่าการสอบเทียบตามแผนประจำปี เช่น สอบเทียบเพียง 3 จุดสอบเทียบก็เพียงพอ จากนั้นใช้สถิติ E_n (E_n score) ซึ่งเป็นสถิติที่ใช้ในการประเมินผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าข้อมูล 2 ค่า ว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ [6] โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างผลการสอบเทียบที่ได้จากการตรวจสอบระหว่างการใช้งานกับค่าที่รายงานในผลการสอบเทียบตามแผนประจำปี สำหรับการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ที่ได้รับการรับรองนั้น การดำเนินการขึ้นอยู่กับความต้องการของห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่เครื่องชั่งไม่ได้มีการกำหนดระยะเวลาที่แน่นอนในการตรวจสอบ จะนำตุ้มน้ำหนักที่เตรียมไว้สำหรับตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องชั่งไปทำการชั่งซ้ำหลาย ๆ ครั้งบนเครื่องชั่ง และคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยค่าเฉลี่ยที่ได้ควรมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างผลรวมของค่ามวลสัญญาณนิยมของตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบหัวข้อนี้

กับค่าความไม่แน่นอน แต่ในกรณีที่เครื่องซึ่งถูกตรวจสอบเป็นประจำทุกวันด้วยตุ้มน้ำหนักก่อนเดิม สามารถพิจารณาผลการตรวจสอบโดยใช้แผนภูมิควบคุมหรือการพิจารณาหาความเอนเอียง (Bias) โดยควรมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่ากำหนดที่ยอมรับได้ของผู้ผลิต แต่หากไม่มีข้อมูลดังกล่าวห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดค่านี้เอง รวมถึงการกำหนดค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ใช้ในการกำหนดค่าในแผนภูมิควบคุมด้วย [7]

จากการเปรียบเทียบวิธีการตรวจสอบระหว่างการใช้งานเครื่องซึ่งพบว่าแต่ละแนวทางมีจุดเด่นและข้อจำกัดที่ต่างกัน โดยวิธีการของ NATA มีความน่าเชื่อถือและเป็นระบบที่สุดเนื่องจากใช้ตุ้มน้ำหนักที่ผ่านการสอบเทียบและมีการเชื่อมโยงผลการตรวจสอบระหว่างการใช้งานกับรายงานผลการสอบเทียบที่ได้รับการรับรอง ทำให้มั่นใจได้ว่าค่าที่ใช้งานยังมีความถูกต้องแม่นยำและเที่ยงตรง วิธีนี้จึงเหมาะกับห้องปฏิบัติการที่อยู่ภายใต้ระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 ที่ต้องการหลักฐานชัดเจนในการยืนยันความน่าเชื่อถือของผลการตรวจสอบดังกล่าว

2. วิธีการวิจัย (Experimental methods)

การตรวจสอบเครื่องซึ่งน้ำหนักระหว่างการใช้งานตามแนวทางของ NATA นี้ จะทำการตรวจสอบทั้งหมด 2 หัวข้อ ได้แก่ การตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) และการตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check)

2.1 การตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check)

การตรวจสอบหัวข้อนี้เป็นการตรวจสอบค่าความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) ของเครื่องซึ่งน้ำหนักว่าไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญนับตั้งแต่ทำการสอบเทียบครั้งล่าสุด สำหรับตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบหัวข้อนี้ควรมีค่ามวลใกล้เคียงกับความสามารถในการชั่งสูงสุด (โดยทั่วไปต้องไม่น้อยกว่า 80%) ของช่วงที่ต้องการใช้งานของเครื่องซึ่งน้ำหนักที่กำลังตรวจสอบ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องซึ่งน้ำหนักที่ต้องการใช้งานถึง 500 g ให้เลือกใช้ตุ้มน้ำหนักที่มีค่ามวล 500 g ในการตรวจสอบหัวข้อดังกล่าว ในกรณีที่เครื่องซึ่งมีการใช้งานหลายช่วงควรทำการตรวจสอบให้ครบทุกช่วงการใช้งาน ตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบในหัวข้อนี้ต้องได้รับการสอบเทียบและมีค่าความไม่แน่นอนน้อยกว่า 2.26 เท่าของความสามารถในการชั่งซ้ำ (Repeatability) ของเครื่องซึ่งที่ได้มาจากรายงานการสอบเทียบ (s_r) ยกตัวอย่างเช่น ค่าความสามารถในการชั่งซ้ำในรายงานผลการสอบเทียบเครื่องซึ่ง (s_r) มีค่าเท่ากับ 0.001 g ตุ้มน้ำหนักที่นำมาใช้ตรวจสอบหัวข้อนี้ต้องมีค่าความไม่แน่นอนที่ได้จากการสอบเทียบน้อยกว่า 0.00226 g (ได้มาจาก 2.26×0.001 g) วิธีการนี้โดยทั่วไปทำการตรวจสอบเดือนละครั้ง และระยะเวลาการสอบเทียบสามารถขยายเวลาออกไปได้มากกว่า 1 ปี โดยมีขั้นตอนตามเอกสาร NATA ดังต่อไปนี้

- 2.1.1 ทำการ Tare เครื่องซึ่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งเป็น z_1
- 2.1.2 วางตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) บนจานชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักเป็น m_1
- 2.1.3 นำตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) ออกจากจานชั่งน้ำหนัก ไม่ต้องกด Tare เครื่องซึ่งน้ำหนัก
- 2.1.4 วางตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) บนจานชั่งน้ำหนักในตำแหน่งเดิมอีกครั้ง และบันทึกค่าน้ำหนักเป็น m_2
- 2.1.5 นำตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) ออกจากจานชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งเป็น z_2

ทำการคำนวณหาค่าแก้ (M) ในแต่ละรอบของการชั่งตามสมการ (1) และ สมการ (2)

$$C_1 = M - (m_1 - z_1) \quad (1)$$

$$C_2 = M - (m_2 - z_2) \quad (2)$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าแก้ไขของการตรวจสอบ ($C_{\text{User-Check Correction}}$) ตามสมการ (3)

$$C_{\text{User-Check Correction}} = (C_1 + C_2) / 2 \quad (3)$$

จากนั้นทำการคำนวณหาผลต่างระหว่างค่าแก้ไขของการตรวจสอบ ($C_{\text{User-Check Correction}}$) กับค่าแก้ไขจากรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง ณ จุดน้ำหนักที่ตรวจสอบ $C_{\text{Calibration report correction}}$ ตามสมการ (4)

$$\Delta C = C_{\text{User-Check Correction}} - C_{\text{Calibration report correction}} \quad (4)$$

ทำการตรวจสอบค่าผลต่างที่ได้ต้องมีค่าสอดคล้องกับสมการ (5)

$$|\Delta C| \leq \sqrt{\{U^2 + (1.6s_r)^2 + U_M^2\}} \quad (5)$$

โดยที่ U คือ ค่าความไม่แน่นอนของค่าแก้ไขจากรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง ณ จุดน้ำหนักที่ตรวจสอบ
 U_M คือ ค่าความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างผลการตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) ของเครื่องชั่งน้ำหนัก A ที่มีค่าความสามารถในการชั่งน้ำหนักสูงสุด 500 g และมีค่าความละเอียด 0.0001 g มีรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่งที่น้ำหนักทดสอบ 500 g ดังตารางที่ 1 โดยตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบเป็นตุ้มน้ำหนัก Class E2 ขนาด 500 g ผลการสอบเทียบดังตารางที่ 2 และผลการตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ผลการสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนัก A ที่น้ำหนักทดสอบ 500 g

น้ำหนักทดสอบ	ค่าแก้	ค่าความไม่แน่นอน (95%)
500 g	+ 0.5 mg	± 0.50 mg

ตารางที่ 2 ผลการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบขนาด 500 g

ค่าที่ระบุ	ค่ามวลจริงสัญญาณนิยม (M)	ค่าความไม่แน่นอนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (U_M)
500 g	500 g – 0.51 mg	± 0.025 mg

ตารางที่ 3 ผลการตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) ของเครื่องชั่งน้ำหนัก A

ครั้งที่	z (g)	m (g)
1	0.0000	499.9987
2	0.0000	499.9990

จากนั้นทำการคำนวณหาค่าดังต่อไปนี้

$$C_1 = 499.99949 - (499.9987 - 0.0000) = 0.00079 \text{ g}$$

$$C_2 = 499.99949 - (499.9990 - 0.0000) = 0.00049 \text{ g}$$

$$C_{\text{User-Check Correction}} = (C_1 + C_2) / 2 = 0.00064 \text{ g}$$

$$\Delta C = 0.00064 \text{ g} - 0.0005 \text{ g} = 0.00014 \text{ g}$$

$$|\Delta C| \leq \sqrt{\{0.0005^2 + (1.6 \times 0.0001)^2 + 0.00025^2\}} = 0.0006 \text{ g}$$

จากผลการตรวจสอบ พบว่า ค่าที่ได้ 0.00014 g มีค่าน้อยกว่าเกณฑ์กำหนด 0.0006 g ถือว่าผลการตรวจสอบผ่าน

2.2 การตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check)

การตรวจสอบหัวชั่งนี้เป็นการตรวจสอบค่าความเที่ยงตรง (Precision) ของเครื่องชั่งน้ำหนัก สำหรับตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบหัวชั่งนี้ควรมีค่ามวลใกล้เคียงกับค่าสูงสุดของช่วงใช้งานของเครื่องชั่งน้ำหนักที่กำลังตรวจสอบ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องชั่งน้ำหนักที่ต้องการใช้งานถึง 500 g ให้เลือกใช้ตม้มน้ำหนักที่มีค่ามวล 500 g ในการตรวจสอบหัวชั่งดังกล่าว ในกรณีที่เครื่องชั่งมีการใช้งานหลายช่วงควรทำการตรวจสอบให้ครบทุกช่วงการใช้งาน ตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบในหัวชั่งนี้ไม่จำเป็นต้องได้รับการสอบเทียบ วิธีการนี้โดยทั่วไปทำการตรวจสอบทุก ๆ 6 เดือน โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบดังต่อไปนี้

2.2.1 ทำการ Tare เครื่องชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งเป็น z_1

2.2.2 วางตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) บนจานชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักเป็น m_1

2.2.3 นำตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) ออกจากจานชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งเป็น z_2

2.2.4 ไม่ต้องทำการ Tare เครื่องชั่งน้ำหนัก วางตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) บนจานชั่งน้ำหนักในตำแหน่งเดิมอีกครั้ง และบันทึกค่าน้ำหนักเป็น m_2

2.2.5 นำตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบ (M) ออกจากจานชั่งน้ำหนัก และบันทึกค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งเป็น z_3

2.2.6 ทำซ้ำข้อ 2.2.4 และ 2.2.5 จนครบ 10 ครั้ง

ทำการคำนวณหาผลต่าง (r_i) ระหว่างค่าน้ำหนักขณะทำการชั่งกับค่าน้ำหนักขณะไม่มีการชั่งตามสมการ (6)

$$r_i = m_i - z_i \quad (6)$$

คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S_{\text{user check}}$) ตามสมการ (7)

$$s_{\text{user check}} = \sqrt{[\sum(r_i - R)^2 / (n-1)] \times 2 \times s_r} \quad (7)$$

โดยที่ i คือ จำนวนครั้งที่ชั่งซ้ำมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10

R คือ ค่าเฉลี่ยของ r_i

n คือ จำนวนครั้งที่ชั่งซ้ำทั้งหมด (ในที่นี้ = 10)

ทำการตรวจสอบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($S_{\text{user check}}$) ต้องมีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง s_r ถึงจะถือว่าผลการตรวจสอบผ่านเกณฑ์

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของผลการตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check) ของเครื่องชั่งน้ำหนัก A ตม้มน้ำหนักที่ใช้ตรวจสอบหัวชั่งนี้มีขนาด 500 g ผลการตรวจสอบแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check) ของเครื่องชั่งน้ำหนัก A

ครั้งที่	z (g)	m (g)	r (g)
1	0.0000	499.9988	499.9988
2	0.0000	499.9986	499.9986
3	0.0000	499.9987	499.9987
4	0.0000	499.9989	499.9989
5	0.0000	499.9990	499.9990
6	0.0000	499.9989	499.9989
7	0.0000	499.9988	499.9988
8	0.0000	499.9987	499.9987
9	0.0000	499.9987	499.9987
10	0.0000	499.9987	499.9987
S _{user check}			0.0001

จากผลการตรวจสอบพบว่าค่า S_{user check} ที่ได้ 0.0001 g มีค่าน้อยกว่า 2 เท่าของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากรายงานผลการสอบเทียบเครื่องชั่ง (s) 0.0002 g (ได้มาจาก 2×0.0001 g) ถือว่าผลการตรวจสอบผ่านเกณฑ์

4. สรุป (Conclusion)

จากวิธีการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ตามแนวทางของ NATA ที่อธิบายมาข้างต้นนั้นเป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ทั้งค่าความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) และค่าความเที่ยงตรง (Precision) โดยเป็นการตรวจสอบเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากรายงานผลการสอบเทียบโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มั่นใจในสถานะการสอบเทียบว่ายังคงสามารถใช้ค่าในรายงานผลการสอบเทียบดังกล่าวได้ ซึ่งจากตัวอย่างผลการตรวจสอบเครื่องชั่ง A พบว่า ผลการตรวจสอบทั้ง 2 หัวข้อผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งหมายความว่าพฤติกรรมของเครื่องชั่งยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลงไปจากที่ได้รับการสอบเทียบครั้งล่าสุด ทำให้สามารถใช้ค่าแก้และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่รายงานในผลการสอบเทียบเครื่องชั่งดังกล่าวได้ต่อไปจนกว่าจะครบกำหนดสอบเทียบตามแผน สำหรับการตรวจสอบที่ค่าน้ำหนักจุดเดียว (Single point check) นี้ให้ทำการตรวจสอบเดือนละ 1 ครั้ง และการตรวจสอบความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability check) ให้ทำการตรวจสอบทุก ๆ 6 เดือน ซึ่งในเอกสารแนะนำการกำหนดช่วงระยะเวลาสอบเทียบของ NATA ได้กล่าวไว้ว่า ในกรณีที่มีการตรวจสอบเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ตาม 2 หัวข้อนี้ ผู้ใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์สามารถกำหนดช่วงระยะเวลาสอบเทียบเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์เป็น 3 ปีครึ่งได้ [8-9]

ในกรณีที่พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่ง จะต้องมีการตรวจสอบสภาวะแวดล้อม เช่น กระแสลม ความแปรปรวนของอุณหภูมิ เป็นต้น ว่าปกติหรือไม่และดำเนินการแก้ไข เช่น ในส่วนของผลกระทบเนื่องจากกระแสลมอาจพิจารณาติดตั้งเครื่องชั่งในบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกระแสลม แต่หากดำเนินการไม่ได้ให้จัดหาที่กำบังลมมาใช้ และในส่วนของความแปรปรวนของอุณหภูมิสามารถลดผลกระทบได้โดยการติดตั้งเครื่องชั่งในตำแหน่งที่ห่างจากหน้าต่างที่มีแสงแดดส่องถึง และให้พิจารณาถึงผลกระทบของความผิดพลาดของเครื่องชั่งเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (Sensitivity

to temperature drift) ซึ่งอ้างอิงได้จากคุณลักษณะของผู้ผลิต หลังจากนั้นทำการตรวจสอบทั้ง 2 หัวข้อซ้ำ หากพบว่าผลการตรวจสอบยังไม่ผ่านเกณฑ์ให้ดำเนินการหยุดการใช้งานเครื่องชั่ง ทำการซ่อมแซมหรือปรับแต่งแก้ไข และทำการสอบเทียบเครื่องชั่งใหม่ รวมทั้งพิจารณาผลการทดสอบก่อนหน้าว่าได้รับผลกระทบจากความผิดพลาดของเครื่องชั่งหรือไม่

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ให้ความรู้และประสบการณ์ในการทำงาน ตลอดจนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ใช้ประกอบในการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือและข้อมูลประกอบการเขียนบทความ

6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] International Organization for Standardization (ISO). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. ISO/IEC 17025:2017(E). Geneva: ISO; 2017.
- [2] National Association of Testing Authorities (NATA). General accreditation guidance – User checks and maintenance of laboratory balances. Australia: NATA; 2018.
- [3] United Kingdom Accreditation Service (UKAS). Guidance on the calibration of weighing machines used in testing and calibration laboratories. UKAS LAB 14. United Kingdom: UKAS; 2022.
- [4] Vălcu A. Monitoring the validity of reported results in weighing operations according to ISO/IEC 17025:2017. OIML Bulletin. 2021;LXII(2):5-11.
- [5] The United States Pharmacopeial Convention (USP). <1251> Weighing on an analytical balance / General information. USP 35. United States of America: USP; 2012.
- [6] International Organization for Standardization (ISO). Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers. ISO/IEC 17043:2023(E). Geneva: ISO; 2023.
- [7] Vălcu A, Călin A. Ensuring the validity of results by intermediate checks in the field of mass measurements. J Phys : Conf Ser. 2018;1065(4):1-4. doi: 10.1088/1742-6596/1065/4/042033.
- [8] National Association of Testing Authorities (NATA). Specific accreditation guidance: Calibration reference equipment table. Australia: NATA; 2020.
- [9] National Association of Testing Authorities (NATA). General accreditation guidance: General equipment table. Australia: NATA; 2023.