

บทที่ 2

การวัดปริมาณตามหลักมาตรวิทยา

ทุกประเทศในโลกมองเห็นความสำคัญและตระหนักถึงความรับผิดชอบในระบบมาตรฐานการวัดของชาติ รวมทั้งเป็นหน้าที่ที่จะต้องจัดให้ระบบมาตรฐานการวัดให้ได้รับความเชื่อถือซึ่งกันและกันด้วย นับได้ว่ามาตรฐานการวัดเป็นพื้นฐานสำคัญที่รองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมของชาติทีเดียว

การวัดปริมาณเป็นพฤติกรรมที่มนุษย์ได้กระทำมาช้านานแล้ว เมื่อครั้งที่การติดต่อสื่อสารยังไม่สะดวก แต่ละกลุ่มชนได้กำหนดขนาดหรือค่าของหน่วยของแต่ละปริมาณชั้นใช้เอง ขนาดหรือค่าของแต่ละหน่วยของการวัดปริมาณเดียวกันจึงแตกต่างกันไป เมื่อการคมนาคมสะดวกขึ้นมีการติดต่อสื่อสารระหว่างกลุ่มบ่อยขึ้น ความยุ่งยากจากการใช้หน่วยต่างกันจึงมีปัญหาน้อย

สมัยกลางศตวรรษที่ 19 ซึ่งเป็นสมัยที่การค้าในประเทศยุโรปขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วและประกอบด้วยความสำเร็จทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เริ่มขยายตัวมากขึ้น ประเทศอังกฤษและประเทศในเครือจักรภพได้พยายามจัดระบบมาตรฐานการวัดขึ้น ในการประชุมหลายครั้งในยุโรปได้พยายามวางรากฐานหน่วยการวัด ความยาว และ น้ำหนักขึ้น ในที่สุดในปี ค.ศ. 1869 ประเทศอังกฤษและฝรั่งเศสได้ตกลงกันจัดตั้งระบบการวัดโดยใช้หน่วย เมตริก ระหว่างชาติขึ้นสำเร็จ โดยมีประเทศอื่นๆ อีก 24 ประเทศเห็นชอบ ต่อมาในราว ค.ศ. 1875 ได้มีข้อตกลงในการใช้ เมตร เป็นหน่วยในการวัดความยาว และ กิโลกรัม เป็นหน่วยในการวัดน้ำหนัก และเป็นต้นกำเนิดองค์การระหว่างประเทศเกี่ยวกับการวัด หรือที่เรียกว่า Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)

2.1 ความรู้ทางสถิติพื้นฐานในการวัดปริมาณ

2.1.1 ค่าเฉลี่ย (mean) หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการหารผลรวมของการ

วัดทั้งหมด ด้วยจำนวนของการวัด เช่น ถ้าให้ผลการวัดแทนด้วย $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ดังนั้น ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) จะเป็น

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ n คือ จำนวนของการวัด

ค่าจำกัด (limiting value) ของ \bar{X} เมื่อจำนวนของการวัดเข้าใกล้ อนันต์ จะเป็นค่าเฉลี่ยประชากร (population mean) แทนด้วย μ

$$\mu = \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right]$$

2.1.2 ค่าเฉลี่ยจำกัดและค่าจริง (limiting mean and true value)

การวัดปริมาณตามหลักวิทยาศาสตร์หรือโดยทั่วไปนั้น จะต้องมีความสมบัติ ดังนี้

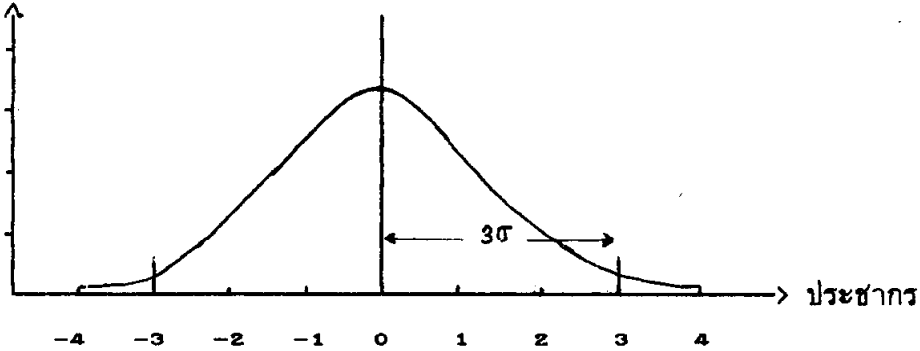
1. ค่าที่วัดได้ต้องถูกต้องหรือใกล้เคียงกับค่าจริง หรือ มีความถูกต้อง (accuracy)
2. ค่าที่วัดได้ต้องทำให้เกิดซ้ำได้ และการเกิดซ้ำต้องเป็นการกระจายแบบ สุ่ม ในทางสถิติ หรือขบวนการวัดอยู่ภายใต้การควบคุมในเชิงสถิติ (under statistical control)
3. ความไม่แน่นอน (uncertainty) หรือความผิดพลาดสุ่ม (random

error) ของผลการวัด หรือขอบเขตการวัดต้องมีความแม่นยำ (precision) เพียงพอกับความต้องการของผู้วัด

ผู้วัดปริมาณจะเกิดความมั่นใจได้ว่า ผลการวัดมีความถูกต้องทำให้เกิดใหม่ได้ และเป็นที่ยอมรับ เมื่อขอบเขตการวัดมีคุณสมบัติดังกล่าวครบถ้วน

ดังนั้น ผู้วัดปริมาณมักทำการวัดหลายครั้ง เพื่อตรวจสอบว่าขอบเขตการวัดมีลักษณะกระจายแบบสุ่ม (ทำให้เกิดซ้ำได้หรือไม่) และมีความแม่นยำเพียงพอหรือไม่ มักจะใช้ค่าเฉลี่ยของการวัดหลายครั้ง (\bar{X}) เป็นตัวแทนของค่าปริมาณที่วัด ลักษณะการกระจายของประชากรของค่าที่วัดจะต้องเป็นเส้นโค้งรูประฆังตามธรรมชาติของการกระจายแบบสุ่ม ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) คูณ 3 คือ 3σ เป็นเครื่องชี้ขนาดความแม่นยำของขอบเขตการวัด ซึ่งจะทำให้ผู้วัดมั่นใจได้ว่า ค่าที่วัดได้ในขอบเขตการวัดในครั้งต่อไป จะต้องมีความ

ความถี่



การกระจายแบบสุ่มในทางสถิติ

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n$$

เมื่อ n = จำนวนประชากร

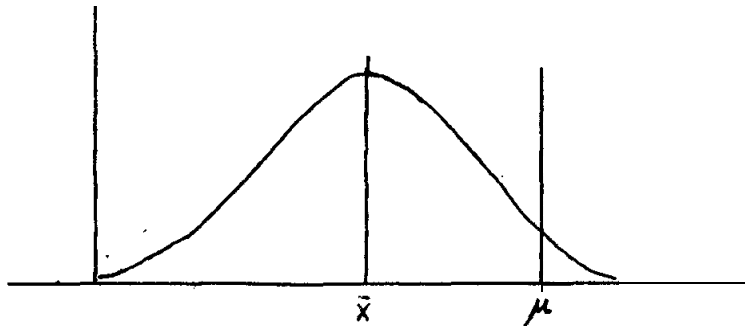
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / (n-1)}$$

อย่างไรก็ตามแม้ขบวนการวัดจะเป็นการกระจายแบบสุ่ม และมีความแม่นยำเพียงพอ แต่ผลการวัดทั้งหมดอาจผิดพลาดได้ ซึ่งหมายความว่า ค่าเฉลี่ยของการวัด (\bar{X}) ไม่ใกล้เคียงกับ ค่าจริง (true value, μ)

ในที่นี้ s = experimental standard deviation

σ = population standard deviation

อนึ่งค่าจริง (μ) เป็นค่าในอุดมคติเท่านั้น ไม่มีอยู่จริงในทางปฏิบัติ



ความผิดพลาดที่เกิดจากค่าเฉลี่ยของการวัด $\bar{X} - \mu$ อาจเรียกว่าความผิดพลาดของระบบการวัด (systematic error) หรือ bias

ปัญหาสำคัญ คือ เราไม่รู้ค่า $\bar{X} - \mu$ หรือค่า bias และไม่สามารถจะรู้ได้ เพราะในทางทฤษฎีเราไม่สามารถกำหนดค่าจริง (μ) ในการวัด

วิธีการที่จะทำให้แน่ใจว่า ค่าที่วัดได้ถูกต้อง (ใกล้เคียงกับค่าจริง) ก็คือ การตรวจสอบขบวนการวัด โดยการอ้างอิงกับสิ่งที่รู้ค่า คือ

1. มาตรฐาน
2. วัสดุอ้างอิง

ซึ่งจะช่วยในการสอบเทียบขบวนการวัดและเครื่องมือวัด ทำให้แน่ใจว่า ผลการวัดมี bias น้อย และการวัดถูกต้อง

เมื่อต้องการความถูกต้องสูงขึ้น (หาค่าใกล้เคียงยิ่งขึ้น) เราอาจหาค่าเฉลี่ยจากการวัดหลายค่า ทั้งนี้เพราะค่าเฉลี่ย (\bar{X}) จะเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยจำกัด (μ_{∞}) เมื่อ

จำนวนการวัดมีมากขึ้น ซึ่งอาจเห็นได้จากสูตร

$$\begin{aligned} (\text{bias})^2 &= (I - \mu) = \\ &= \left[(1/n) \sum_{i=1}^n X_i - \mu_m \right]^2 \end{aligned}$$

$$\therefore \bar{X} - \mu_m = \pm \sigma / \sqrt{n}$$

$$\text{เมื่อ } \mu_m = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n X_i / n$$

เมื่อจำนวนครั้งที่วัดมากขึ้น ค่าเฉลี่ยจะใกล้ค่าเฉลี่ยจำกัด (μ_m) ยิ่งขึ้น แต่ทั้งนี้ขบวนการต้องสอบเทียบตามมาตรฐานแล้ว และผลการวัดจึงมีความแม่นยำยิ่งขึ้น

2.1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อให้ข้อมูลทั้งหมดมีส่วนในการวัดการกระจาย จึงใช้วัดจากค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนของแต่ละการวัดจากมีชนิดเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย ถ้าข้อมูลกระจายมากส่วนเบี่ยงเบนเหล่านี้ก็จะมีขนาดใหญ่ ค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนควรจะใหญ่ด้วย ถ้าข้อมูลกระจายน้อยส่วนเบี่ยงเบนก็จะมีขนาดเล็ก ค่าเฉลี่ยก็ควรจะเล็กด้วย

เพื่อให้ได้การวัดการกระจายดีขึ้น จึงใช้วัดด้วยผลรวมของกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย โดยเฉลี่ยค่านี้แล้วหารากที่ 2 และเรียกผลที่ได้ว่า ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้อักษร S

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n}$$

ค่าจำกัดของ S เมื่อจำนวนการวัด (n) เข้าใกล้อนันต์ซึ่งแทนด้วย σ ในทางปฏิบัติไม่สามารถหา σ ได้โดยตรง อย่างไรก็ตามสามารถหา s ซึ่งเป็น unbiased estimate ของ σ จากความสัมพันธ์

$$s^2 = [n/(n-1)]S^2$$

$$\therefore s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นมาตรวัดการกระจายที่ดีที่สุดในการวัดการกระจายทั้งหมด

2.1.4 ความผิดพลาดในการวัด ผลต่างที่ได้จากค่าที่ได้จากการวัดกับค่าจริง ก็คือ ความผิดพลาดในการวัด

ความจำเป็นของการวัดไม่เพียงแต่ทราบขนาด (magnitude) ของปริมาณที่ไม่ทราบค่า นั้น ยังต้องทราบองค์ประกอบของความถูกต้องของการวัดด้วย

ประเภทของความผิดพลาด (Type of errors)

ความผิดพลาดในการวัดมักเกิดจากต้นตอต่างๆ กัน อาจจำแนกออกได้เป็นสามประเภทที่สำคัญ คือ

ก. ความผิดพลาดโดยผู้วัด (human error) ความผิดพลาดนี้เกิดจากมนุษย์ ในฐานะผู้ใช้เครื่องมือวัด ข้อผิดพลาดเหล่านี้ มีอาทิ เช่น การอ่านผิด การใช้เครื่องมือไม่เหมาะสม การจดผิด หรือกระทั่งการคำนวณผิด เป็นต้น ข้อผิดพลาดที่มักพบเห็นกันอยู่เสมอ ได้แก่ การเลือกใช้เครื่องมือไม่เหมาะสม โดยทั่วไปเครื่องมือแบบชี้ค่าจะส่งผลกระทบเมื่อต้องเข้ากับวงจรวัด สิ่งนี้ส่งผลให้ค่าวัดคลาดเคลื่อนไปได้ เป็นต้นว่า มาตรวัดแรงดันที่สอบเทียบไว้อย่างดีแล้ว อาจจะอ่านค่าผิดพลาดเมื่อต้องเพื่อจะวัดค่าแรงดันซึ่งตกคร่อมค่าความต้านทานสูงมาก

ความผิดพลาดโดยผู้วัดจำนวนมากเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ระมัดระวัง หรือความสะเพร่าเป็นสำคัญ เป็นต้นว่า การอ่านค่าผิด การบันทึกค่าผิดจากการอ่าน หรือการลืมปรับตั้งเครื่องมือวัดให้ถูกต้อง หรือในกรณีที่สามารถใช้วัดค่าในช่วงนิสัยต่างๆ กัน (multirange) มักจะมีการอ่านค่าจากสเกลหนึ่งในขณะที่สเกลที่ใช้จะเป็นอีกสเกลหนึ่ง

ความผิดพลาดที่ได้กล่าวมานี้ไม่สามารถแสดงหรือทำนายในเชิงคณิตศาสตร์ได้ การหลีกเลี่ยงความผิดพลาดเช่นนี้จะทำได้เฉพาะ โดยใช้ความระมัดระวังอย่างสูง ทั้งในการอ่านและการบันทึกค่าวัด โดยปกติควรทำการอ่านค่าวัดเดียวกันมากกว่าหนึ่งครั้ง และถ้าเป็นไปได้ก็โดยผู้ทำการทดลองที่ต่างไป

ข. ความผิดพลาดระบบ (systematic error) ค่าของผลการวัดที่ซ้ำๆ กันอย่างมากมายของสิ่งที่ถูกวัดเดียวกัน ลดด้วยค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัดนั้น ความผิดพลาดประเภทนี้ยังอาจจำแนกออกได้เป็นสองชนิดที่สำคัญ คือ

ความผิดพลาดโดยเครื่องมือวัด (instrumental error) เป็นความผิดพลาดที่ดำรงอยู่ในเครื่องมือวัด อันเนื่องจากโครงสร้างทางกลของเครื่องมือเหล่านี้ นอกจากนี้ การปรับตั้งที่ผิดพลาดแต่ต้น ก็ทำให้การอ่านค่าสูงหรือต่ำเกินความจริงไป ความผิดพลาดโดยเครื่องวัดดังกล่าวนี้ อาจหลีกเลี่ยงได้โดยทำการสอบเทียบเครื่องวัดกับมาตรฐานที่เหมาะสม หรืออาจโดยการวัดค่าเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดอีกตัวที่มีลักษณะสมบัติเหมือนกัน

ความผิดพลาดในสภาพแวดล้อม ความผิดพลาดชนิดนี้เกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอก เครื่องมือวัดซึ่งรวมถึงสภาพเงื่อนไขที่เราใช้เครื่องวัดนั้นๆ เป็นต้นว่า ผลจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ สนามแม่เหล็ก หรือไฟฟ้าสถิตย์ ฯลฯ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใช้งานจะยังผลให้คุณสมบัติยึดหยุ่นของสปริงในกลไกขดลวดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลง อันทำให้ค่าที่อ่านคลาดเคลื่อนได้ เป็นต้น

ค. ความผิดพลาดสุ่ม (random error) ความผิดพลาดชนิดนี้เกิดจากสาเหตุที่อธิบายไม่ได้ และเกิดขึ้นแม้เมื่อเราได้พยายามกำจัดความผิดพลาดระบบต่างๆ แล้ว สมมติว่าเราจะติดตามวัดค่าของแรงดันหนึ่งๆ โดยใช้โวลต์มิเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งเราจะอ่านค่า

ที่การเบี่ยงเบนทั้งหมดเป็นไปได้ในลักษณะที่ไม่แน่นอน ได้แก่ กรณีที่สองของค่าเฉลี่ยของ
ค่ายกกำลังสองของค่าเบี่ยงเบนของการวัดแต่ละครั้งจากค่าเฉลี่ยของการวัดจำนวนหลายๆ
ครั้ง

ศัพท์คำว่า ความแม่นยำและถูกต้องอาจจะมีการใช้ปะปนกันอย่างผิดๆ ทั้งนี้

