หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ความหมายของการวัด ความผันแปรของระบบการวัด ว่ามาจากสาเหตุใดบ้าง และแนวทางในการวิเคราะห์ระบบการวัด ว่าสามารถทำได้อย่างไร รวมทั้งแนวทางในการเลือกใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ระบบการวัดที่เหมาะสม การอธิบายถึงความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัดและวิธีในการวิเคราะห์ในรายละเอียด

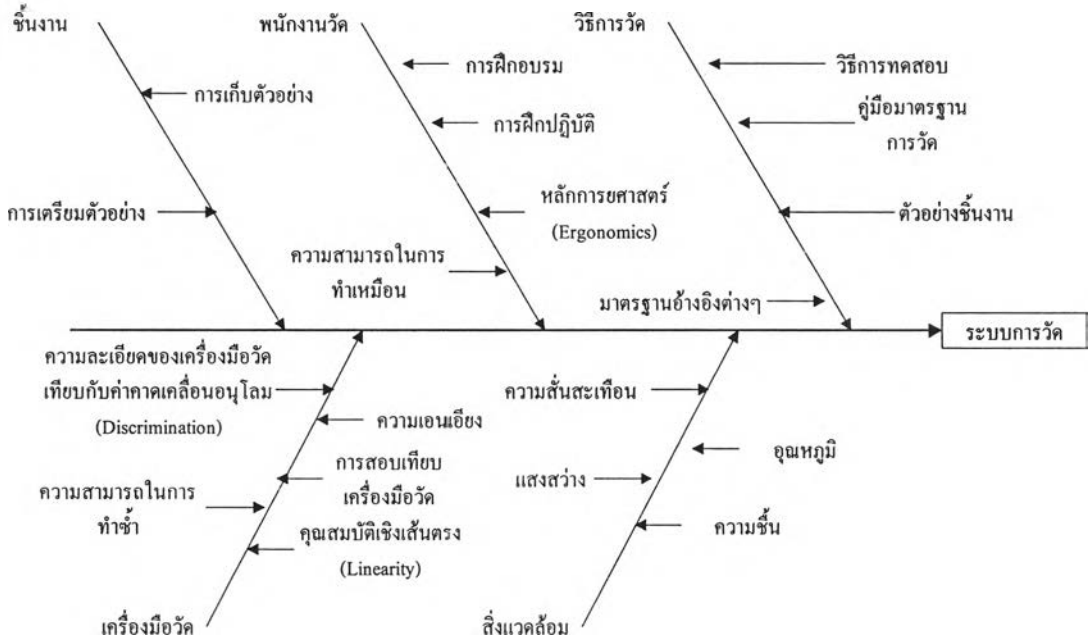
2.1 ความผันแปรในระบบการวัด

การวัด หรือ มาตรวิทยา (Eisenhart ,1963) หมายถึง การกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยคุณสมบัติเฉพาะที่กำหนด

มาตรฐาน ISO10012-1 ได้นิยามความหมายของการวัดว่า ชุดของการปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาค่าของปริมาณอันหนึ่ง

จากนิยามที่กล่าวมานี้ จะพบว่า มีคำสำคัญสำหรับการวัดคือ ค่าคงที่ของสิ่งที่จะได้รับการวัด ซึ่งเป็นค่าที่ไม่อาจทราบค่าได้ ในทางทฤษฎีเรียกว่า ค่าจริง หรือ ค่าอ้างอิง ยังมีคำสำคัญอีกคำหนึ่งคือ การปฏิบัติการให้ค่าตัวเลข ซึ่งหมายถึง กระบวนการวัดหรือระบบการวัดโดยมีองค์ประกอบคือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และสิ่งแวดล้อมในการวัด เนื่องจากองค์ประกอบเหล่านี้ก่อให้เกิดการผันแปรในระบบการวัดเสมอ

ความผันแปรในระบบการวัดที่กล่าวถึงนี้ มาจาก 2 สาเหตุหลักๆ คือ สาเหตุสามัญ (Chance cause หรือ Common cause) ซึ่งค่าความผันแปรจะอยู่ในลักษณะที่มีเสถียรภาพ สามารถทำนายได้ ส่วนสาเหตุที่ 2 เรียกว่าสาเหตุพิเศษ หรือสาเหตุที่ชี้บ่งได้ (Assignable cause หรือ Special cause) โดยค่าความผันแปรนี้จะไม่เสถียรและไม่สามารถทำนายได้ ดังนั้น ในการวัดเพื่อการประกันคุณภาพจึงจำเป็นต้องดำเนินการตรวจจับสาเหตุพิเศษและทำการกำจัดทิ้งควบคู่ไปกับการพยายามลดการผันแปรจากสาเหตุสามัญอย่างต่อเนื่อง สาเหตุแห่งความคลาดเคลื่อนต่างๆสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 สาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด (ดัดแปลงจาก www.qs9000.com)

จากรูป 2.1 จะเห็นได้ว่าสาเหตุแห่งความผันแปรของระบบการวัด สามารถจำแนกออกได้เป็นปัจจัยหลักๆ 5 ปัจจัย อันได้แก่

- **ชิ้นงานที่ทำการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากวิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาทดสอบ และ การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ ซึ่งชิ้นงานที่เป็นตัวแทนที่ดี ควรได้มาจากการทำงานจริงในกระบวนการ และมีค่าครอบคลุมทั้งค่าคาดเคลื่อนอนุโลมและความผันแปรของกระบวนการผลิตชิ้นงานดังกล่าว เพื่อให้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเป็นตัวแทนที่ดีของระบบการวัดชิ้นงานดังกล่าว
- **พนักงานวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากการฝึกอบรมพนักงาน และความชำนาญในการวัด ความสามารถในการทำเหมือนระหว่างพนักงานผู้ที่ทำการวัดชิ้นงานในจุดตรวจสอบเดียวกัน การเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อวัดชิ้นงาน
- **วิธีการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจากวิธีการทดสอบ คู่มือมาตรฐานในการวัดภายในโรงงาน ตัวอย่างแสดงวิธีการวัดหรือตัวอย่างชิ้นงานผ่านและไม่ผ่าน และมาตรฐานการวัดในระดับสากลต่างๆ
- **เครื่องมือวัด** โดยความผันแปรเป็นผลมาจาก ความละเอียดของเครื่องมือวัดเมื่อเปรียบเทียบกับความผันแปรจากกระบวนการผลิตชิ้นงาน ซึ่งโดยทั่วไปกำหนดให้อยู่ในระดับความละเอียดมากกว่า 10 เท่าของความผันแปรของกระบวนการผลิต ความเอนเอียงของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าคาดเคลื่อนจากค่าที่ถูกต้อง การสอบเทียบชิ้นงาน ความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือวัด และคุณสมบัติเชิงเส้นตรงของเครื่องมือวัด

- **สภาพแวดล้อมในการวัด** โดยความผันแปรเป็นผลจาก ความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความชื้น และ แสงสว่าง

จากสาเหตุทั้งหมดที่ได้กล่าวถึงเห็นได้ว่า หากไม่มีการควบคุมปัจจัยดังกล่าว ความผันแปรของระบบการวัดก็จะเกิดขึ้นอย่างไม่แน่นอน และมีความผันแปรในระดับสูง ซึ่งระบบการวัดก็จะมีค่าความผันแปรที่ไม่มีเสถียรภาพ ทำให้เกิดความไม่เชื่อมั่นในค่าวัดที่ได้ ซึ่งสาเหตุของความผันแปรดังกล่าวจะเรียกว่า สาเหตุพิเศษ ซึ่งสามารถชี้บ่งได้ และหากมีการควบคุมปัจจัยทั้งหมดดังกล่าว ความผันแปรของการวัดก็จะมีความผันแปรในระดับหนึ่ง ซึ่งคงที่และสามารถควบคุมได้ โดยความผันแปรดังกล่าวจะมาจากสาเหตุสามัญเท่านั้น ดังนั้นจึงนำมาซึ่งความน่าสนใจที่จะศึกษาถึงสาเหตุของความผันแปรต่างๆ และทำการควบคุมให้เกิดมาตรฐาน

เบงคิจิ โมริยามา (2536) ได้ให้ตัวอย่างสาเหตุแห่งความผิดพลาดจากค่าที่ได้จากการวัดไว้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สาเหตุแห่งความผิดพลาดในการวัดด้วยเครื่องมือเชิงกล

ประเภทของความผิดพลาด	สาเหตุ	ตัวอย่าง
1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด	โครงสร้างของเครื่องมือวัดหรือวิธีการใช้งาน	สเกลไม่เท่ากัน มีความสึกหรอ แรงกดที่ใช้ในการวัดเปลี่ยนแปลงไป ช่วงกว้างไม่เท่ากัน
2. ความคลาดเคลื่อนจากพนักงานวัด	นิสัยของผู้วัด ระดับการฝึกฝนและทักษะ รวมถึงการฝึกอบรม	อ่านสเกลผิดพลาด และวิธีใช้เครื่องมือมีความผิดพลาด
3. ความคลาดเคลื่อนจากปัจจัยภายนอก	อุณหภูมิ แสงสว่าง ความชื้น	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความชื้น วิธีการให้แสงสว่าง
4. ความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุสามัญต่างๆ	ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมและระบุได้	สภาวะแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย หรือสภาวะจิตใจของผู้วัด

สาเหตุต่างๆ สามารถสรุปได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือสาเหตุสามัญ และสาเหตุพิเศษ ดังสรุปในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ประเภทความผันแปรในระบบการวัด

ประเภทความผันแปร	สาเหตุความผันแปร	ตัวแบบความผันแปรของค่าวัด	การแก้ไข
ความผันแปรภายใน • เกิดโดยธรรมชาติ • สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุสามัญ (Common cause)	ค่าวัดกระจายสมมาตรรอบค่าที่ควรจะเป็น (รูปทรงปกติที่คงที่)	ลดความผันแปรด้วยการจัดการกับระบบ
ความผันแปรภายนอก • เกิดจากปัจจัยภายนอก • เกิดขึ้นเป็นครั้งคราว ไม่สามารถคาดการณ์ได้	สาเหตุพิเศษ (Special cause)	ค่าวัดกระจายในรูปทรงและตำแหน่งต่างๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้	แก้ปัญหาที่จุดตรวจวัด

2.2 ความผิดพลาดของค่าวัด

จากสาเหตุของความผันแปรของระบบการวัดที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า ผลการวัดจะเกิดค่าความผิดพลาดของผลการวัด (Measurement error) ในการบริหารระบบการวัดเพื่อการประกันคุณภาพ จึงมีความจำเป็นต้องพยายามทำให้ความผิดพลาดของค่าวัดมีค่าต่ำที่สุด เพื่อจะให้ค่าวัดมีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงหรือค่าอ้างอิงมากที่สุด

โดยทั่วไปแล้ว อาจจำแนกประเภทของความผิดพลาดของค่าวัดออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ความผิดพลาดที่ชี้บ่งได้ เป็นความผิดพลาดเนื่องจากสาเหตุพิเศษ
2. ความผิดพลาดเชิงระบบ หมายถึง ความผิดพลาดโดยเฉลี่ยจากค่าที่วัดได้เทียบกับค่าอ้างอิง
3. ความผิดพลาดแบบสุ่ม เกิดจากสาเหตุสามัญของระบบการวัด ไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ แต่สามารถปรับให้ค่าลดลงได้ด้วยการดำเนินการแก้ไขระบบการวัด

2.3 แนวความคิดในการวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้มีจุดประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งของผิดพลาดในระบบการวัด โดยการจำแนกออกตามสาเหตุต่างๆ และพยายามทำการปรับปรุงให้สาเหตุของความ

ผิดพลาดลดน้อยลงโดยการแก้ปัญหาที่สาเหตุพิเศษ โดยความผิดพลาดของค่าวัดมีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้และกำจัดไม่ได้ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการกำจัดปริมาณที่สามารถควบคุมได้ก่อน อันได้แก่ ความผิดพลาดจากสาเหตุที่ชี้บ่งได้ ด้วยการสร้างมาตรฐานของระบบการวัดให้เกิดขึ้น เช่นวิธีการวัดมาตรฐาน

จากนั้น ให้ดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อการกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบ โดยในการสอบเทียบเพื่อการลดและกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบนี้ จำเป็นต้องพิจารณาใน 3 ประเด็นหลัก คือ

1. ขนาดของความไม่แน่นอนของค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว
2. ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการประเมินความไม่แน่นอน
3. วิธีการประเมินค่าความไม่แน่นอนที่ได้

โดยปกติแล้ว ในการประเมินความไม่แน่นอนในการสอบเทียบนี้ จะแสดงในรูปของค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ (Absolute error) และความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative error) โดยที่

ความผิดพลาดสมบูรณ์ = $X - \mu$

ความผิดพลาดสัมพัทธ์ = $(X - \mu) / \mu \times 100\%$

หลังจากกำจัดความผิดพลาดเชิงระบบแล้ว จะมีการลดความผิดพลาดแบบสุ่มด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด โดยมีองค์ประกอบดังนี้

ค่าวัด (X_{ij}) = ค่าจริงของงาน (μ) + ค่าความเอนเอียง (b)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน (α_i)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านพนักงาน (β_j)
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับพนักงาน($\alpha\beta)_{ij}$
+ ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม (ε_{ij})

จะได้ค่าความแปรปรวนของค่าวัด (Measurement variation) ว่า

$$\sigma^2_x = \sigma^2_\alpha + \sigma^2_\beta + \sigma^2_{\alpha\beta} + \sigma^2$$

ดังนั้น การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) จะเป็นการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดจากค่าวัดที่ได้เพื่อแยกแหล่งความแปรปรวนออกเป็นชิ้นงาน (Part-to-Part Variation ; PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation ; AV) ความแปรปรวนร่วม (Interaction Variation ; IV) และแหล่งผันแปรอื่นๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติจะมีแหล่งความแปรปรวนหลักๆ มาจากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation ; EV)

เมื่อมีการวิเคราะห์ถึงความแปรปรวนจากระบบการวัด จะทำการเปรียบเทียบกับค่าคาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) หรือความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต (Manufacturing process variation) ซึ่งโดยปกติแล้ว ต้องพยายามทำให้ความแปรปรวนจากระบบการวัดน้อยกว่าข้อกำหนดเฉพาะ และความแปรปรวนจากกระบวนการผลิต

Wheeler and Lyday (1984) ได้เสนอว่าในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของระบบการวัดนี้ จะมีประเด็นหลักที่ต้องพิจารณา 5 ประการคือ

1. การพิจารณาว่า ระบบการวัดมีความสามารถในการแยกความแตกต่างที่เพียงพอหรือไม่
2. การพิจารณาว่า ระบบการวัดมีคุณสมบัติด้านความเที่ยงตรงหรือไม่ มีความเอนเอียงตลอดเวลาหรือไม่ หรือมีความมีเสถียรภาพหรือไม่
3. การพิจารณาว่า คุณสมบัติเชิงสถิติมีความสม่ำเสมอตลอดเวลาหรือไม่
4. การพิจารณาว่า คุณสมบัติเชิงสถิติของค่าวัดมีความไวต่อเทคนิคของพนักงานวัดหรืออุปกรณ์การวัดหรือไม่
5. การพิจารณาว่า ระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์ที่แสดงถึงความแปรปรวนของกระบวนการผลิต หรือไม่

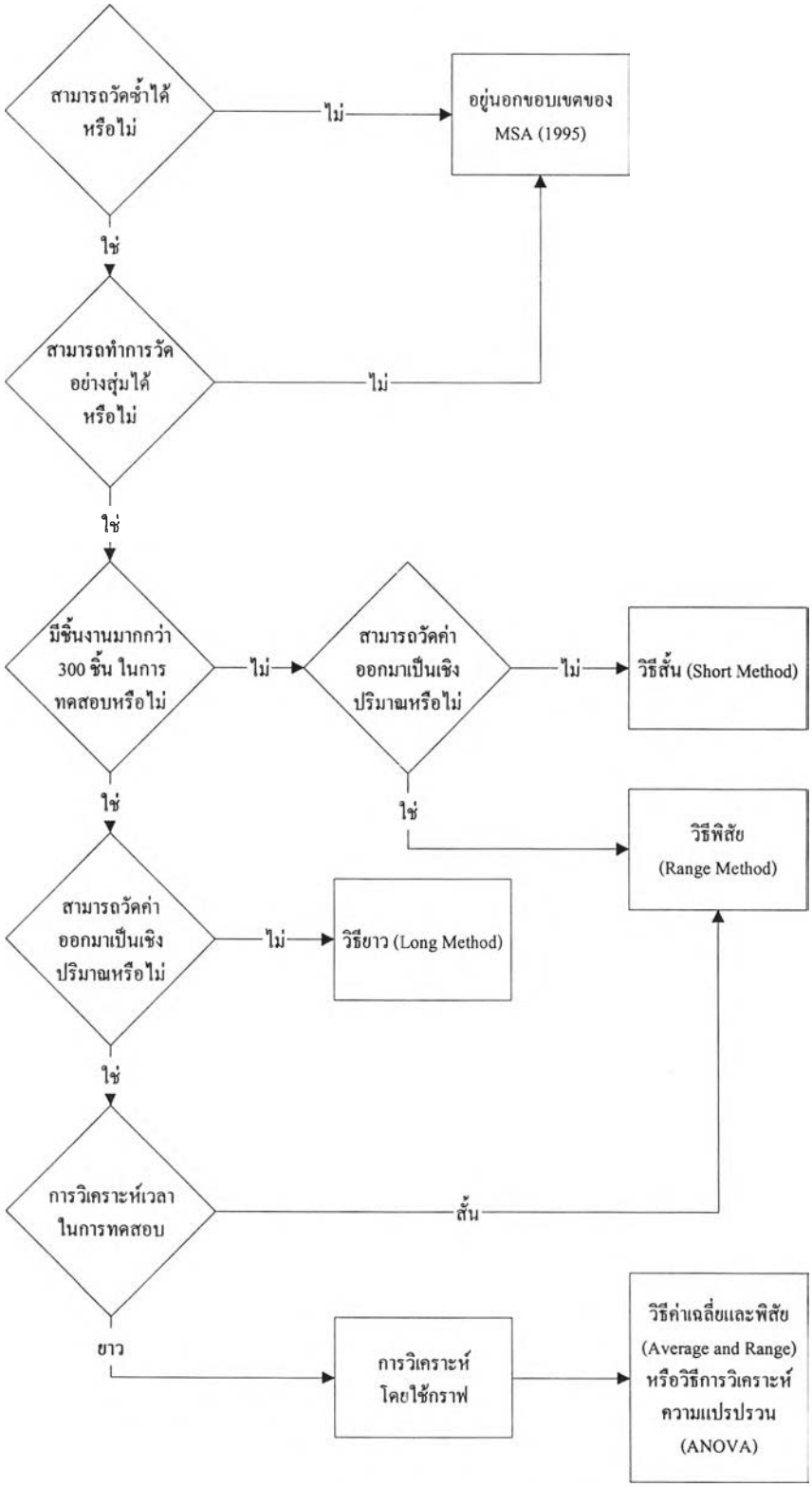
Mongomery และ Runner (1994) กล่าวถึง รายละเอียดในการทดสอบความแม่นยำ โดยใช้เทคนิค GR&R.ใน ประเด็นจำนวนชิ้นที่ใช้ในการทดสอบ และ จำนวนครั้งในการวัดซ้ำในแต่ละชิ้นงาน ไว้ว่า ควรจะทำการทดสอบชิ้นงานหลายๆชิ้น และ วัดซ้ำด้วยจำนวนครั้งที่น้อย ซึ่งจะดีกว่าการวัดชิ้นงานน้อยชิ้นด้วยการวัดซ้ำมากๆ ด้วยเหตุผล 3 ประการดังนี้

1. ความแปรปรวนของค่าวัดของชิ้นงานที่มีค่าวัดอยู่ในช่วงค่ากลางอาจมีค่าไม่เท่ากับชิ้นงานที่มีค่าวัดอยู่ในช่วงขอบเขตค่าคาดเคลื่อนอนุโลมบนหรือล่าง ดังนั้นการวัดชิ้นงานหลายๆชิ้น จะมีโอกาสที่จะครอบคลุมความผันแปรเหล่านี้ได้มากกว่า
2. ค่าความแปรของค่าวัดอาจมีค่าไม่คงที่ โดยขึ้นอยู่กับระดับของค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่ได้ ซึ่งอาจไม่สามารถตรวจจับได้หากทำการวัดชิ้นงานน้อยชิ้น ซึ่งสามารถทำการสังเกตได้จากการพล็อตค่าพิสัยบนกราฟ โดยเรียงลำดับตามค่าเฉลี่ยของค่าวัดชิ้นงาน
3. การวัดซ้ำๆบนชิ้นงานน้อยชิ้นงาน จะไม่สามารถทำให้การทดลองมีการเก็บข้อมูลที่สมบูรณ์ (Complete Replication of Measurement Process) ซึ่งทำให้ค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่าความเป็นจริง

Kenneth(1997) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ของพนักงานจากความเชี่ยวชาญที่มากขึ้น กับการวิเคราะห์ระบบการวัดไว้ว่า ควรใช้พนักงานที่มีการฝึกอบรมอย่างเชี่ยวชาญเท่านั้นในการทดสอบ ไม่เช่นนั้นอาจต้องทำการทดสอบซ้ำหลายรอบจากความแปรปรวนที่มีค่ามาก ที่มีสาเหตุจากที่พนักงานขาดความชำนาญ

2.4 แผนภูมิในการเลือกเครื่องมือในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด

ในการพิจารณาเลือกเครื่องมือทดสอบในการวิเคราะห์ระบบการวัด จะใช้แผนภูมิดังรูปที่ 2.2

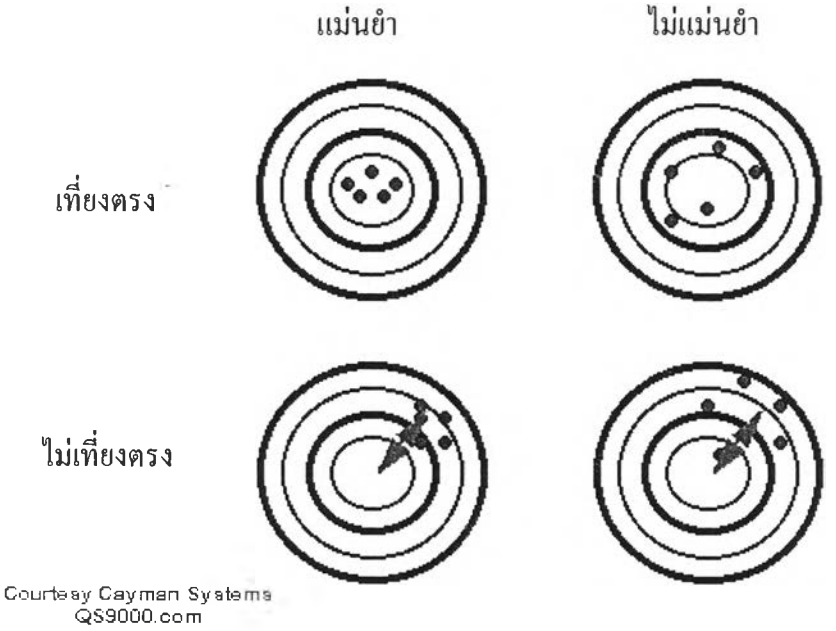


รูปที่ 2.2 แผนภูมิในการเลือกวิธีการในการทดสอบการวิเคราะห์ระบบการวัด (ดัดแปลงจาก AIAG (1995))

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ระบบการวัดภายใต้ขอบเขตของ MSA (1995) จะสามารถทดสอบได้ หากชิ้นงานสามารถที่จะทำการวัดซ้ำได้และสามารถเลือกชิ้นงานแบบสุ่มเท่านั้น ซึ่งการเลือกเพื่อกำหนดวิธีในการทดสอบนั้นยังมีปัจจัยทางด้านปริมาณชิ้นงานที่จะนำมาทดสอบ ประเภทของจุดตรวจสอบว่าเป็นลักษณะสมบัติเชิงปริมาณ หรือเชิงคุณลักษณะ และเวลาที่มีในการทดสอบ

2.5 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงปริมาณหรือเชิงผันแปร

คุณสมบัติของระบบการวัดจุดตรวจสอบเชิงปริมาณ สามารถแสดงผลออกมาเป็นความเที่ยงตรงและความแม่นยำของค่าวัดสามารถแสดงได้ตามรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความเที่ยงตรงและความแม่นยำของระบบการวัด (ดัดแปลงจาก www.as9000.com)

จากรูปดังกล่าวเห็นได้ว่า ความถูกต้องจะหมายถึงการที่ได้ค่าวัดโดยเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง ในขณะที่ค่าความแม่นยำ จะหมายถึง การได้ค่าวัดจากการวัดซ้ำหลายๆครั้งที่ใกล้เคียงกัน

2.5.1 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของระบบการวัด

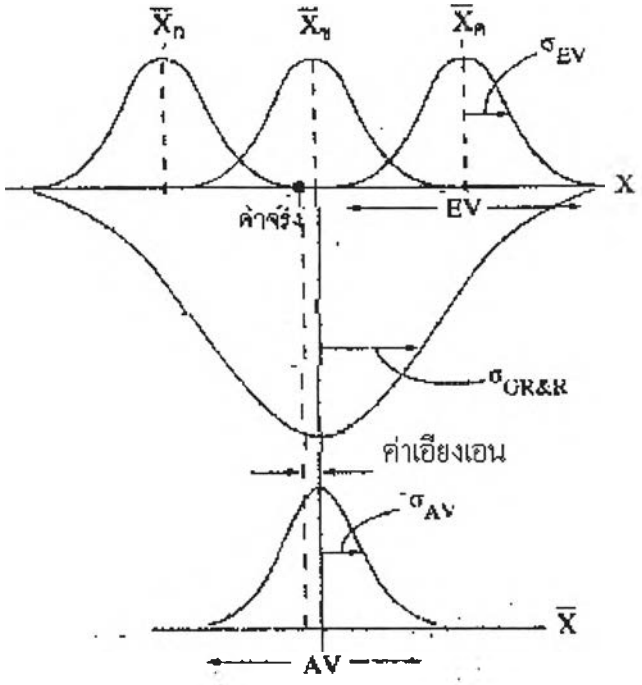
สามารถแบ่งออกได้เป็นคุณสมบัติ 3 ประการคือ ค่าความเอนเอียง (Bias) ค่าเสถียรภาพของระบบการวัด (Stability) ค่าคุณสมบัติเชิงเส้นตรง (Linearity) สำหรับการตรวจสอบลักษณะสมบัติเชิงผันแปร ในงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้ไม่เน้นที่การศึกษาความเที่ยงตรงเนื่องจากทางโรงงานได้ปฏิบัติอยู่เป็นประจำตามแผนการสอบเทียบเครื่องมือวัดอยู่แล้ว

2.5.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

ความแม่นยำของระบบการวัดจะแสดงออกทางค่าความผิดพลาดแบบสุ่ม ซึ่งหมายถึง ความผิดพลาดที่ข้อมูลกระจายอย่างสุ่มรอบค่าจริงค่าหนึ่ง พบว่าความผิดพลาดนี้มีสาเหตุมาจาก 3 แหล่งด้วยกันคือ สาเหตุจากชิ้นงาน สาเหตุจากพนักงานหรืออุปกรณ์ยึดจับชิ้นงานเพื่อการวัด และสาเหตุแบบสุ่ม

คุณสมบัติด้านความแม่นยำนี้ ถ้าหากมีการจำแนกตามช่วงเวลาที่เกิดขึ้นแล้ว สามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน โดยที่ ความสามารถในการทำซ้ำของระบบการวัดหมายถึง ค่าความแตกต่างในการวัดอย่างต่อเนื่องกับงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือเดียวกัน และด้วยพนักงานคนเดียวกัน ซึ่งโดยปกติจะใช้ค่า ความสามารถในการทำซ้ำ ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะสั้น ส่วน ความสามารถในการทำเหมือนของระบบการวัด หมายถึงค่าความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของผลการวัดในงานชิ้นเดียวกันด้วยเครื่องมือชิ้นเดียวกัน แต่ต่างพนักงานหรือต่างอุปกรณ์จับยึด และโดยปกติจะใช้ค่า ความสามารถในการทำเหมือน ในการประมาณค่าความแปรปรวนของระบบการวัดในระยะยาว อาจจะกล่าวอย่างสั้นๆ ได้ว่า ความสามารถในการทำซ้ำ คือความแปรปรวนภายในเงื่อนไขการวัดเดียวกัน ในขณะที่ความสามารถในการทำเหมือน คือความแปรปรวนในระหว่างเงื่อนไขของการวัด โดยเงื่อนไขที่กล่าวถึงนี้อาจจะหมายถึง พนักงานวัด กะงาน อุปกรณ์ยึดจับ และเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม

ในการประมาณค่า ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน ของระบบการวัด จะใช้วิธี เทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน (Gage Repeatability and Reproducibility หรือ เทคนิค GR&R) หมายถึง การประเมินผลค่าแปรปรวนอันเนื่องมาจากการวัดค่าของชิ้นงานภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขไป โดยสามารถแสดงรูปภาพของความแปรปรวนแต่ละประเภทดังในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงความแปรปรวนจาก ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน (ดัดแปลงจาก กิติศักดิ์ (2542))

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงค่าความแม่นยำโดยรวมของระบบการวัดซึ่งแสดงโดยรูปโค้งปกติคว่ำ ซึ่งแสดงค่าโดยใช้สัญลักษณ์ $\sigma_{GR\&R}$ ซึ่งมาจากระบบการวัดที่มีพนักงานวัด 3 คน คือ นาย ก นาย ข และนาย ค วัดชิ้นงานโดยใช้อุปกรณ์วัดชิ้นเดียวกัน จากความแปรปรวนรวมดังกล่าว หากแยกย่อยพิจารณาพบว่าสามารถแยกออกเป็นความแปรปรวนจากอุปกรณ์การวัด(Equipment Variation: EV) ซึ่งก็คือค่าความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือวัดโดยใช้สัญลักษณ์ σ_{EV} และความแปรปรวนจากค่าวัดที่แตกต่างกันของพนักงานทั้ง 3 คน (Appraiser Variation) ซึ่งก็คือค่าความสามารถในการทำเหมือนของพนักงาน โดยใช้สัญลักษณ์ σ_{AV}

2.5.2.1 การวางแผนเพื่อศึกษา ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน ของระบบการวัด

ในการศึกษาถึงความแปรปรวนของระบบการวัด ในรูปแบบของ ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน มีความจำเป็นที่ต้องเริ่มต้นจากขั้นตอนการวางแผนการศึกษา โดยมีประเด็นพิจารณาดังนี้

1. วิธีการและเวลาที่จะมีการสอบเทียบเครื่องมือวัด การสอบเทียบเครื่องมือวัดถือเป็นสิ่งที่สำคัญต่อความผิดพลาดทางด้านความเที่ยงตรง โดยปกติแล้วจะต้องมีการสอบเทียบก่อนการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน
2. จำนวนพนักงานที่ใช้ในการศึกษาโดยใช้เทคนิคความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการทำเหมือน จะต้องมีการพิจารณาว่า มีพนักงานที่เกี่ยวข้องในระบบการผลิตจำนวนเท่าใด สำหรับโรงงานกรณีศึกษา พนักงานในสายการผลิตและส่วนประกันคุณภาพเกี่ยวข้องกับการวัดชิ้นงาน ดังนั้น จะสุ่มพนักงานจากสายการผลิต 1 คน และจากส่วนประกันคุณภาพ 1 คนที่ผ่านการฝึกอบรมด้านการวัดมาแล้วมาเป็นผู้ทดลอง
3. จำนวนสิ่งตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยปกติควรใช้ที่ 10 ตัวอย่าง
4. จำนวนครั้งในการวัดซ้ำสำหรับสิ่งตัวอย่างแต่ละชิ้น โดยทั่วไปจะมีการกำหนดให้มีการวัดซ้ำสำหรับพนักงานวัดแต่ละคนด้วยจำนวน 2 ครั้งต่อชิ้นงานแต่ละชิ้น
5. วิธีการลดความแปรปรวนภายในสิ่งตัวอย่างของการศึกษา จำเป็นต้องพยายามเลือกงานในล็อตให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้การประมาณค่า ความสามารถในการทำซ้ำ มีความถูกต้อง
6. วิธีการประเมินผล ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน เท่าที่มีการอ้างอิงถึงใน MSA (1995) มีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี ได้แก่
   - วิธีค่าพิสัย (Range Method)
   - วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Range Method)
   - วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance Method : ANOVA)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย เนื่องจากสามารถแยกความผันแปรจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดจากค่าความสามารถในการทำซ้ำได้ ทำให้สามารถวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือนแยกออกจากกันได้ อันเป็นการกำจัดข้อเสียของวิธีค่าพิสัย และไม่ใช้วิธีการการวิเคราะห์ความแปรปรวน เพราะไม่มีความสงสัยว่าจะมีความแปรปรวนร่วมระหว่างชิ้นงานกับพนักงานวัดหรืออุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเพื่อการวัด

2.5.2.2 วิธีการทดสอบค่าความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย

รายละเอียดของวิธีการมีดังขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สุ่มเงื่อนไขในการวัดมา 2 เงื่อนไข เช่น อุปกรณ์จับยึดเพื่อการวัด 2 แบบ พนักงานวัด 2 คนโดยมาจากส่วนประกันคุณภาพ 1 คน ส่วนการผลิต 1 คน
2. สุ่มชิ้นงานมา 10 ชิ้น โดยให้ครอบคลุมช่วงผันแปรของกระบวนการแล้วกำหนดรหัสชี้บ่งที่หมายถึงหมายเลขชิ้นงาน 1 ถึง 10 โดยไม่ให้พนักงานทราบ
3. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่ใช้ในการประเมิน
4. ให้สุ่มพนักงานวัดขึ้นมา 1 คน แล้วทำการสุ่มชิ้นงานให้พนักงานดังกล่าววัดแล้วบันทึกค่าลงในแบบฟอร์ม โดยดำเนินการไปจนครบทุกชิ้น จากนั้นให้สุ่มพนักงานวัดที่เหลือแล้วดำเนินการเช่นนี้อีกจนครบทุกคน ทุกชิ้น
5. คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าพิสัยสำหรับพนักงานวัดทุกคน และในการวิเคราะห์มีความจำเป็นต้องวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูลก่อนโดยคำนึงถึงการจำแนกความแตกต่างและความสุ่มจากนั้นคำนวณหาค่า ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน

เมื่อมีการประเมินค่าความแปรปรวนของ ความสามารถในการทำซ้ำ และ ความสามารถในการทำเหมือน แล้วจะต้องมีการประเมินผลเปรียบเทียบกับความแปรปรวนที่ยอมให้ ซึ่งจะเป็นค่าคลาดเคลื่อนอนุโลม เรียกว่า อัตราส่วนความแม่นยำต่อค่าคาดเคลื่อนอนุโลม (Precision-to-Tolerance Ratio หรือ P/T) หรือเทียบกับค่าความแปรปรวนจากกระบวนการ เรียกว่า อัตราส่วนความแม่นยำต่อความแปรปรวนรวม (Precision-to-Total Variation หรือ P/TV)สำหรับระบบการวัดที่ใช้ทำการวัดเพื่อตรวจจับความแปรปรวนในกระบวนการ โดยที่

$$P/T = GR\&R / (USL - LSL) \times 100\%$$

และ $$P/TV = GR\&R / \text{ความแปรปรวนของกระบวนการ} \times 100\ \%$$

ตามมาตรฐาน AIAG (1995) กำหนดเกณฑ์การยอมรับค่า ความสามารถในการทำซ้ำ และความสามารถในการทำเหมือน ไว้ดังนี้

	P/T หรือ P/TV	<	10%	สามารถยอมรับความสามารถระบบการวัดได้
10% ≤	P/T หรือ P/TV	<	30%	อาจจะยอมรับได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญในสิ่งประยุกต์ใช้ ค่าใช้จ่ายในการวัด ตลอดจนปัจจัยอื่นๆ ฯลฯ
	P/T หรือ P/TV	≥	30%	ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้ มีความจำเป็นต้องระบุถึงสาเหตุความผันแปร แล้วทำการลดหรือกำจัดทิ้ง

2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัดในลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะหรือเชิงคุณภาพ

ในการศึกษาความสามารถของระบบการวัด สำหรับในลักษณะสมบัติเชิงคุณลักษณะนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ทำการตรวจสอบกับพิกัดของข้อกำหนดเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลได้ว่าคุณภาพของงานที่ตรวจสอบได้นั้นผ่านหรือไม่ผ่านอย่างไร ซึ่งในการศึกษาความสามารถของระบบการวัดนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีสั้น (Short Method) และวิธียาว (Long Method) โดยแนวความคิดของการประเมินผลวิธีสั้นจะอาศัยการจำแนกชิ้นส่วนตัวอย่างงานที่มีลักษณะทั้งผ่าน ไม่ผ่าน และก้ำกึ่ง ในจำนวนที่เหมาะสม แล้วให้พนักงานที่สุ่มมาหรือกำหนดไว้ล่วงหน้าทำการตรวจสอบ เพื่อจำแนกผลการตรวจสอบเป็นผ่านหรือไม่ผ่าน จากนั้นจะพิจารณาว่าผลการตรวจสอบคุณภาพตรงกับคุณภาพแท้จริงของสิ่งตัวอย่างหรือไม่ ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะบ่งบอกถึงความเที่ยงตรงในการตรวจสอบ ส่วนผลการทดสอบที่ตรงกันจากการทดสอบซ้ำๆในชิ้นงานเดียวกันจะบ่งบอกถึง ความแม่นยำในการตรวจสอบ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะทำการประเมินผลกระบวนการตรวจสอบโดยวิธีสั้นเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถจัดหาตัวอย่างชิ้นงานจำนวนมากตามข้อกำหนดของวิธียาว และการใช้วิธีสั้นก็ให้ผลลัพธ์ที่เพียงพอตามความต้องการของลูกค้า โดยจะมีกระบวนวิธีในการประเมินผลดังนี้

1. ทำการเลือกสิ่งตัวอย่างงานจากกระบวนการผลิตประมาณ 20 ชิ้น โดยเลือกทั้งสิ่งตัวอย่างงานที่มีคุณภาพผ่าน คุณภาพไม่ผ่าน และก้ำกึ่ง ในสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน
2. ทำการเลือกพนักงานวัดจากแผนกประกันคุณภาพมา 1 คน และจากแผนกผลิตมา 1 คน โดยเป็นพนักงานที่ผ่านการฝึกอบรมการวัดมาอย่างดีและผ่านการประเมินผลการตรวจสอบแล้ว
3. ทำการเลือกพนักงานขึ้นมาก่อนหนึ่งคนแล้วให้ตรวจสอบสิ่งตัวอย่างงานอย่างงานอยางสุ่ม เพื่อประเมินผลคุณภาพงานว่าผ่านหรือไม่ผ่าน แล้วบันทึกผลลงในตารางงบันทึกผลการตรวจสอบ และทำการตรวจสอบซ้ำในแต่ละสิ่งตัวอย่างงานในพนักงานแต่ละคน 2 ครั้ง
4. ทำการเลือกพนักงานมาอีก 1 คน แล้วทำการทดสอบเหมือนข้อที่ 3
5. ดำเนินการประเมินผลด้วยดัชนีต่างๆดังนี้

$$\%\text{ ความสามารถในการทำซ้ำของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\text{ ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจสอบได้เหมือนและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\text{ ประสิทธิผลด้านความสามารถในการทำซ้ำของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทั้งหมดตรวจได้เหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

$$\%\ \text{ประสิทธิผลด้านความเอนเอียงของการตรวจสอบ} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานตรวจสอบ}}$$

6. ดำเนินการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขจากดัชนีที่คำนวณได้จากดัชนีตามสมการในข้อ 5 โดย ถ้า% ความสามารถในการทำซ้ำ ของพนักงานตรวจสอบ ไม่ถึง 100% จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมพนักงานและประเมินผลพนักงานใหม่ แต่ถ้าหาก % ความไม่เอนเอียงของพนักงานตรวจสอบ มีค่าต่ำกว่า 100 % แล้วมีความจำเป็นต้องปรับปรุงวิธีการตรวจสอบใหม่ หรือมิฉะนั้นก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ