

การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับป้องกันความผิดพลาด  
การตรวจชิ้นงานวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม  
**MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS FOR THE PREVENTION OF  
INSPECTION ERRORS IN ENGINEERING LABORATORY COURSE**

เอราวิล ถาวร

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา  
19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

Erawin Thavorn

Department of Industrial Engineering, School of Engineering, University of Phayao  
19 Moo 2 Tambon Maeka, Amphur Muang, Phayao 56000, Thailand

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันความผิดพลาดการตรวจชิ้นงานของผู้สอนวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม โดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) เพื่อระบุความผันแปรที่อาจส่งผลกระทบต่อความผิดพลาดของระบบการวัด โดยเลือกศึกษาการปฏิบัติการพื้นฐานกลึงโลหะและวิเคราะห์ระบบการวัดตามคุณสมบัติ คือ 1) ความเอนเอียง 2) เสถียรภาพ 3) เชิงเส้น และ 4) ความเที่ยง ผลการวิเคราะห์พบว่า คุณสมบัติด้านความเที่ยงไม่สามารถยอมรับได้ ( $P/T \text{ Ratio} > 30\%$ ) จากนั้นจึงค้นหาสาเหตุโดยใช้แผนผังเหตุและผลและกำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุง ผลการปรับปรุงพบว่า สามารถยอมรับคุณสมบัติด้านความเที่ยงได้ เนื่องจากค่า  $P/T \text{ Ratio}$  ลดลงเหลือเท่ากับ 7.16% ส่งผลให้ลดความผันแปรของระบบการวัดและนำไปสู่การสร้างขั้นตอนมาตรฐานการวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อนำไปประยุกต์เป็นวิธีการป้องกันความผิดพลาดการตรวจชิ้นงานในการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

**คำสำคัญ:** การวิเคราะห์ระบบการวัด, GR&R, ความคลาดเคลื่อน, ความผันแปร

### ABSTRACT

This research aims to prevent the inspection errors which is result from lecturer in the engineering laboratory course using measurement system analysis (MSA) in order to determine causes of the variation that may affect the measurement system. This research

considered basic lathe operations and analyzed measurement system based on 1) bias, 2) stability, 3) linearity, and 4) precision. After the analysis all data, the unacceptable results was precision (P/T Ratio>30%). Cause and effect diagram employed to find the cause of variability of the measurement system. After improvement, the result demonstrates that the precision was acceptable because P/T Ratio was reduced to 7.16%. This result in reduced variability and lead to create MSA work instruction to be applied as a prevention of inspection errors in more effective engineering laboratory course.

**KEYWORDS:** Measurement System Analysis, GR&R, Error, Variation

## 1. บทนำ

วิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม เป็นการฝึกให้นักศึกษามีทักษะการทำงานกับเครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม โดยฝึกผลิตชิ้นงานให้ตรงตามแบบที่กำหนด และมีการประเมินทักษะการปฏิบัติด้วยการตรวจวัดชิ้นงานจากผู้สอน ทั้งนี้การตรวจวัดชิ้นงานมีโอกาสเกิดความผิดพลาด เนื่องจากวัดชิ้นงานคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ส่งผลให้การประเมินทักษะการทำงานไม่สามารถสะท้อนความสามารถของนักศึกษาได้จริง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน โดยสาเหตุความผิดพลาดจากการวัดส่วนมากเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องมือวัดและวิธีการวัดของผู้วัด ซึ่งความคลาดเคลื่อนจากการวัดชิ้นงานอาจจะมาจากการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่ผิดพลาดหรือจากการอ่านค่าผิดพลาด [1]

จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงได้หาวิธีการป้องกันการตรวจชิ้นงานผิดพลาด โดยการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis; MSA) เนื่องจากเป็นการศึกษาความผันแปรต่าง ๆ ระหว่างการตรวจวัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์ การวัด ทักษะของผู้วัด วิธีการวัด และสภาพแวดล้อมประกอบเข้าด้วยกัน และทำให้เกิดความเข้าใจถึงสาเหตุโดยธรรมชาติ (Common Causes) ของความผันแปรของระบบการวัดโดยอาศัยหลักการอนุมานเชิงสถิติ (Statistical Inference) เพื่อการแก้ไขในการลดความผันแปรต่อไป [1] งานวิจัยต่าง ๆ ที่ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัด เช่น อรุมาและสุโอปอ ได้ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เพื่อกำหนดแหล่งความผันแปรของระบบการวัดและปรับปรุงคุณภาพการผลิต ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดของเสียและต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2] ประภัสวรรณและไพโรจน์ ได้ศึกษาการลดความผันแปรระบบการวัดของโรงงานผลิตกล่องและเลนส์ขุมตัวอย่าง ผลการศึกษาพบว่า สามารถระบุสาเหตุของความผันแปรจากการวัดและลดความผันแปรดังกล่าวให้ลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ [3] นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่นำการวิเคราะห์ระบบการวัดมาใช้เพื่อปรับปรุงการทำงานให้ดีขึ้นผ่านแนวทางซิกซ์ซิกม่า (Six Sigma) [4, 5] จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น เห็นได้ว่าการวิเคราะห์ระบบการวัดถูก

นำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมการผลิต แต่สำหรับด้านการศึกษายังไม่มีการนำการวิเคราะห์ระบบการวัดมาประยุกต์ใช้ เพื่อปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรมที่มีนักศึกษาจำนวนมากเรียน ซึ่งงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการตรวจวัดชิ้นงานผิดพลาดจากผู้สอนในปฏิบัติการกลึงโลหะ ซึ่งเป็นหนึ่งในการสอนปฏิบัติการพื้นฐานของวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม โดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดเพื่อระบุความผันแปรที่อาจจะส่งผลต่อความผิดพลาดของการตรวจวัดชิ้นงาน ซึ่งวิเคราะห์ตามคุณสมบัติ 4 ข้อ คือ 1) ความเอนเอียง 2) เสถียรภาพ 3) เชิงเส้น และ 4) ความเที่ยง จากนั้นได้วิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดความผันแปรและกำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุงต่อไป สุดท้ายจัดทำเป็นมาตรฐานวิธีการตรวจวัดชิ้นงานเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

## 2. การวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัดคือ การศึกษาความผันแปรต่าง ๆ ระหว่างการตรวจวัด ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากอุปกรณ์ การวัด ทักษะของผู้วัด วิธีการวัด และสภาพแวดล้อม ประกอบเข้าด้วยกัน โดยสามารถแยกความผันแปรของข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ ความผันแปรของตำแหน่งและความผันแปรของความกว้าง [1]

โดยความผันแปรของตำแหน่ง ประกอบด้วย 3 คุณสมบัติ คือ

1) ความเอนเอียงหรือไบอัส (Bias) คือ การเข้าใกล้ค่าเฉลี่ยจากการวัดหลาย ๆ ครั้ง เมื่อเทียบกับค่าอ้างอิง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$\% Bias = \frac{Bias}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (1)$$

2) เชิงเส้นตรง (Linearity) คือ ความแตกต่างของค่าไบอัสตลอดช่วงการใช้งานของอุปกรณ์การวัด สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2

$$\% Linearity = \frac{Linearity Index}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (2)$$

3) ความเสถียร (Stability) คือ ความผันแปรทั้งหมดในการวัดที่ได้จากระบบการวัดหนึ่ง โดยอาศัยชิ้นงาน หรือค่ามาสเตอร์เดียวกันในการวัดคุณลักษณะประการหนึ่งตลอดเวลาที่ยาวนานขึ้น สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3

$$\% \text{ Stability} = \frac{\overline{x_2} - \overline{x_1}}{(USL - LSL)} \times 100\% \quad (3)$$

สำหรับความผันแปรของความกว้าง (Width Variation) หรือ ความเที่ยง (Precision) ของระบบการวัด คือ อิทธิพลโดยรวมของความสามารถในการแยกความแตกต่าง ความไว และความสามารถในการทำซ้ำ ตลอดช่วงการใช้งานของระบบการวัด โดยจำแนกออกเป็น 1) ความผันแปรภายในหรือรีพีทาทะบิลิตี้ (Repeatability) คือ ความผันแปรที่วัดโดยใช้พนักงานวัดคนเดียว อุปกรณ์เดียว วัดงานชิ้นเดียวกันซ้ำๆ หรืออาจเรียกว่าความผันแปรของอุปกรณ์ (Equipment Variation; EV) และ 2) ความผันแปรระหว่างเงื่อนไขหรือรีโพรดูซิบิลิตี้ (Reproducibility) คือ ความผันแปรที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของค่าวัดจากการใช้อุปกรณ์การวัดเดียวกัน วัดชิ้นงานเดียวกัน ด้วยเงื่อนไขที่แตกต่างกัน หรือหมายถึงความผันแปรระหว่างพนักงานวัด (Appraiser Variation; AV) ดังนั้นการที่จะศึกษาความผันแปรทั้งสองประเภทนั้น จะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติ 4 ชนิด คือ ความเอนเอียง เชิงเส้นตรง ความเสถียร และความเที่ยง

### 3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

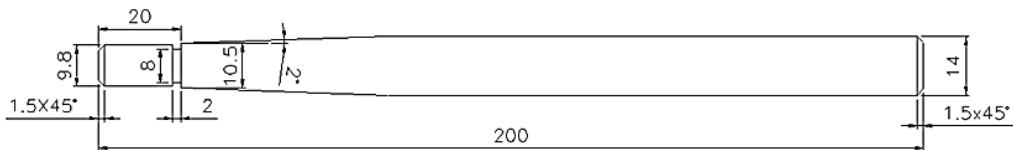
#### 3.1 วัสดุอุปกรณ์

งานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาปฏิบัติการกลึงโลหะ (Lathe) ในวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม เนื่องจากเป็นทักษะพื้นฐานที่สำคัญอันดับแรกสุดของนักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอุตสาหกรรม โดยปฏิบัติการกลึงโลหะได้มีการปรับปรุงรูปแบบการสอนขึ้นใหม่ จึงเป็นสาเหตุที่ต้องป้องกันความผิดพลาดของการตรวจวัดชิ้นงาน ก่อนจะเริ่มการเรียนการสอน ภาคปฏิบัติการ รายละเอียดของการปฏิบัติการคือ ฝึกทักษะการใช้เครื่องมือพื้นฐาน เครื่องกลึง และการวัดงาน วัสดุที่ใช้กลึงคือ ชิ้นงานโลหะ SCM 415 เป็นกลุ่มเหล็กกล้าผสมโครเมียมและโมลิบดีนัม ตามมาตรฐาน อุตสาหกรรมแห่งญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard; JIS) มีคุณสมบัติเหนียวและทนต่อแรงดึงได้ดี เหมาะแก่การชุบแข็ง โดยโลหะ SCM 415 จะถูกกลึงให้ได้ตามขนาดตามข้อกำหนดเฉพาะ (Specification) ด้วยเครื่องกลึงกึ่งอัตโนมัติ ยี่ห้อ Pinacho SP/165 มีดกลึงเหล็กความเร็วสูง (High Speed Steel; HSS) โดยใช้มุมมีดกลึง ประกอบด้วย มุมหลบ 8 องศา มุมคายเศษ 17 องศา มุมเอียง 13 องศา มุมรวมปลายมีด 60 องศา ใช้น้ำยาหล่อเย็น Soluble Cutting oil TH-O10AL อัตราส่วนของการผสมน้ำ 1:20 และใช้เครื่องมือวัดชิ้นงานคือ เวอร์เนียคาลิเปอร์ ยี่ห้อมิตุโตโย (Mitutoyo) ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่ถูกกำหนดให้ใช้ในการสอนภาคปฏิบัติการดังกล่าว

### 3.2 วิธีการดำเนินงาน

#### 3.2.1 การศึกษาขั้นตอนปฏิบัติการกลึงโลหะ

ขั้นตอนปฏิบัติการประกอบด้วย กลึงปาดหน้าชิ้นงาน กลึงผิวชิ้นงาน กลึงเรียว กลึงเซาะร่อง และกลึงลบมุมปลายชิ้นงานทั้งสองด้าน โดยให้ชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดเฉพาะดังรูปที่ 1 โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะขั้นตอนการกลึงผิวชิ้นงานเท่านั้น ซึ่งมีข้อกำหนดเฉพาะเท่ากับ  $14 \pm 0.1$  มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่มีการให้น้ำหนักคะแนนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 70 ของคะแนนทั้งหมดในปฏิบัติการกลึง รวมถึงเป็นขั้นตอนที่นักศึกษากลึงไม่ได้ขนาดตามข้อกำหนดเฉพาะมากที่สุดถึงร้อยละ 50 จากนักศึกษาที่เรียนวิชาปฏิบัติการกลึงโลหะ สาเหตุเกิดจากเป็นขั้นตอนที่มีระยะเวลาการกลึงที่นานที่สุด และเป็นการกลึงด้วยตัวเอง (Manual) ทำให้การปรับตั้งค่าเครื่องกลึงมีความแตกต่างกันไป



รูปที่ 1 ชิ้นงานโลหะตัวอย่าง

#### 3.2.2 การวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนปรับปรุง

งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลตามคำแนะนำของกิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ [1] เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติ 4 ข้อ ประกอบด้วย

1) คุณสมบัติด้านความเอนเอียง โดยการเลือกงานมาตรฐานมาหนึ่งชิ้นเป็นงานมาตรฐานขนาด 14.1 มิลลิเมตร และวัดชิ้นงานมาตรฐานซ้ำจำนวน 10 ครั้งภายใต้สภาวะการควบคุม และกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของค่าวัดเป็นค่าอ้างอิง (Reference Value) ซึ่งเท่ากับ 14.1 มิลลิเมตร จากนั้นให้ผู้สอนวัดซ้ำจำนวน 20 ครั้ง เพื่อหา %ความเอนเอียงจากสมการที่ 1

2) คุณสมบัติด้านเชิงเส้นตรง โดยการเลือกชิ้นงานมา 5 ชิ้นครอบคลุมย่านวัด และวัดค่าซ้ำแต่ละชิ้นงานจำนวน 10 ครั้ง ภายใต้สภาวะควบคุมและหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดค่าอ้างอิง จากนั้นให้ผู้สอนวัดซ้ำแต่ละชิ้นงานจำนวน 10 ครั้งอย่างสุ่ม (Random) และวัดค่าเฉลี่ยของการวัดทั้ง 10 ครั้งของชิ้นงานแต่ละชิ้น และนำมาคำนวณหาค่าความเอนเอียงเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง นำข้อมูลมาสร้างสมการเส้นตรงและวิเคราะห์สมการด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ จากนั้นคำนวณหา %เชิงเส้นตรงของความผันแปรกระบวนการจากสมการที่ 2

3) คุณสมบัติด้านความเสถียร ผู้วิจัยได้เลือกงานมาตรฐาน 1 ชิ้นเป็นงานมาตรฐาน จากนั้นให้ผู้สอนวัดชิ้นงาน 5 สัปดาห์ ๆ ละ 1 วัน วันละ 3 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 15 ครั้ง จากนั้นคำนวณหา % ความเสถียรจากสมการที่ 3

4) คุณสมบัติด้านความเที่ยง โดยเริ่มจากสอบเทียบเครื่องมือวัด จากนั้นให้ผู้สอนจำนวน 2 ท่าน วัดและเก็บข้อมูลชิ้นงานคนละ 15 ตัวอย่าง และวัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง จากนั้นนำมาวิเคราะห์ และคำนวณหาค่าความผันแปรจากการวัด (%GR&R) อัตราค่าความผันแปรการวัดต่อข้อกำหนดเฉพาะ (P/T Ratio) และอัตราค่าความผันแปรการวัดต่อความผันแปรกระบวนการ (P/TV Ratio) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โดยผู้วิจัยได้เลือกวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ทั้งนี้การเลือกตัวอย่างชิ้นงานทดสอบจะต้องถูกต้องตามคำแนะนำ [1] เนื่องจากจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ระบบการวัดได้ หลังจากวิเคราะห์ระบบการวัดเสร็จสิ้นแล้ว ถ้าคุณสมบัติใดไม่สามารถยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด [1] ผู้วิจัยก็จะดำเนินการกำหนดมาตรการปรับปรุงและจัดทำเป็นมาตรฐานการวัดต่อไป

### 3.2.3 การวิเคราะห์สาเหตุและกำหนดมาตรการแก้ไข

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้คุณสมบัติของระบบการวัดไม่สามารถยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โดยประยุกต์ใช้แผนผังเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ช่วยจำแนก และแสดงถึงสาเหตุของปัญหาที่ส่งผลต่อกระบวนการ [6] ซึ่งเมื่อทราบถึงสาเหตุที่แท้จริงแล้วก็จะได้นำไปกำหนดมาตรการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

### 3.2.4 การวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการปรับปรุง

งานวิจัยนี้ได้เก็บข้อมูลตามคำแนะนำของกิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ [1] เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทั้ง 4 ข้อ อีกครั้งหนึ่ง เพื่อเปรียบเทียบผลการปรับปรุง

### 3.2.5 การกำหนดมาตรฐานการวิเคราะห์ระบบการวัด

กำหนดมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์การวัดให้กับผู้สอน ในรูปแบบขั้นตอนการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Work Instruction; WI) เพื่อนำไปเป็นวิธีการป้องกันความผิดพลาดการตรวจชิ้นงาน

#### 4. ผลการวิจัย

##### 4.1 การวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนปรับปรุง

4.1.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเอนเอียง จากการเก็บข้อมูลและคำนวณหาค่า % ความเอนเอียงจากสมการที่ 1 พบว่าค่า % ความเอนเอียงเท่ากับ 0% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

4.1.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านเชิงเส้นตรง จากการเก็บข้อมูลและประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ พบว่า ค่าความชันของสมการเท่ากับ 0.06047 ค่าความผันแปรของกระบวนการเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร (USL-LSL) ดังนั้นดัชนีเชิงเส้น (Linearity Index) เท่ากับ 0.012094 จากการคำนวณค่า %เชิงเส้นตรงของความผันแปรกระบวนการจากสมการที่ 2 พบว่า มีค่าเท่ากับ 6.05% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่อาจจะยอมรับได้ กระบวนการวัดอาจจะมีความผิดพลาดแต่ไม่มากเกินไป

4.1.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเสถียร จากการเก็บข้อมูลและคำนวณหาค่า % ความเสถียรจากสมการที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้

4.1.4 การวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยง คือการวิเคราะห์ความผันแปรในรูปแบบของรีพีทะบิลิตี้และรีโพรดูซิบิลิตี้ หรือสามารถเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า Gage R&R จากการเก็บข้อมูลและประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แสดงผลดังตารางที่ 1 และรูปที่ 2

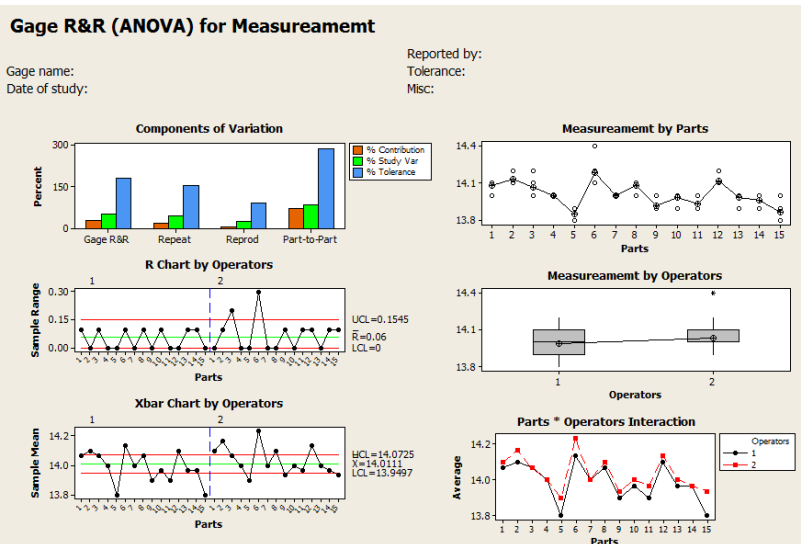
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงก่อนปรับปรุง

Gage R&R Study – ANOVA Method					
Two – Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	14	0.80889	0.0577778	22.7500	0.000*
Operators	1	0.04444	0.0444444	17.5000	0.001*
Parts * Operators	14	0.03556	0.0025397	0.9524	0.511
Repeatability	60	0.16000	0.0026667		
Total	89	1.04889			
Alpha to remove interaction term = 0.25					

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงก่อนปรับปรุง (ต่อ)

Gage R&R				
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	% Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.059763	0.358576	52.90	179.29
Repeatability	0.051407	0.308440	45.51	154.22
Reproducibility	0.030478	0.182870	26.98	91.44
Operators	0.030478	0.182870	26.98	91.44
Part – to – Part	0.095860	0.575162	84.86	287.58
Total Variation	0.112964	0.677781	100.00	338.89
Number of Distinct Categories = 2				

\* P-value<0.05



รูปที่ 2 กราฟวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงก่อนปรับปรุง

จากตารางที่ 1 พบว่าชิ้นงานที่วัด (Part) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) แสดงว่าชิ้นงานที่สุ่มเลือกมีความแตกต่างกัน สำหรับผู้วัด (Operators) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) แสดงว่าผู้วัดมีการวัดค่าที่แตกต่างกัน สำหรับความผันแปรด้านรีพีทหะบิลิตีมีค่าเท่ากับ 0.3084 มิลลิเมตร และรีโพรดิวซิบิลิตีมีค่าเท่ากับ 0.1829 มิลลิเมตร ทำให้ความผันแปรจากระบบการวัด (GR&R) มีค่าเท่ากับ 0.3586 มิลลิเมตร ส่งผลให้ค่า P/T Ratio เท่ากับ 179.29% ( $>$

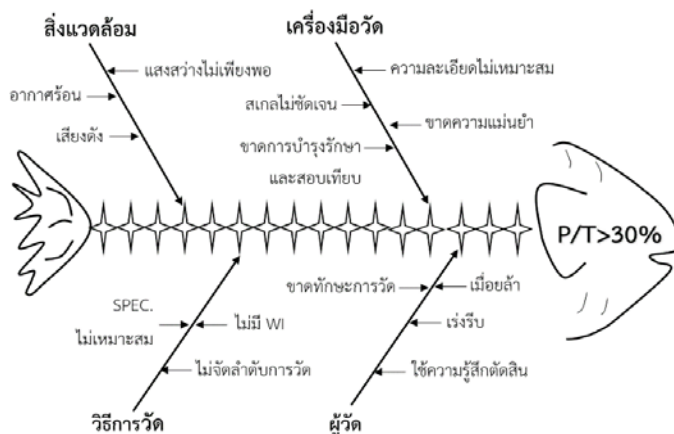


30%) แสดงว่าระบบการวัดไม่สามารถแยกแยะผลิตภัณฑ์ที่เสียได้ และ P/TV Ration เท่ากับ 52.90% (>30%) แสดงว่าระบบการวัดไม่มีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้ จากรูปที่ 2 เมื่อพิจารณาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยพบว่า ระบบการวัดขาดความไวในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน สอดคล้องกับค่า ndc (Number of Distinct Categories) ที่มีค่าเท่ากับ 2 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าแนะนำ (ndc=5) [1] สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัยพบว่า มีค่าพิสัยอยู่ภายนอกพิสัยควบคุม แสดงว่าค่าที่วัดได้จากระบบการวัดมีความผันแปรจากผู้วัด (ผู้วัดวัดค่าได้แตกต่างกัน) ผันแปรของกระบวนการ และเมื่อพิจารณาจากแผนภาพแบบกล่อง พบว่าผู้วัดทั้งสองคนมีค่าวัดที่แตกต่างกัน สอดคล้องกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานและผู้วัดที่มีลักษณะของเส้นที่ไม่ซ้อนทับกัน แสดงว่าเมื่อวัดชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้วัดทั้งสองไม่สามารถวัดชิ้นงานได้ค่าที่เท่ากัน

จากการวิเคราะห์ระบบการวัดพบว่า คุณสมบัติความเอนเอียง เชิงเส้นตรง และความเสถียรสามารถยอมรับได้ แสดงว่าระบบการวัดไม่เกิดความผันแปรของตำแหน่ง แต่เกิดความผันแปรของความกว้างเนื่องจากคุณสมบัติด้านความเที่ยงไม่สามารถยอมรับได้

## 4.2 การวิเคราะห์สาเหตุและกำหนดมาตรการแก้ไข

งานวิจัยนี้ได้รับความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องในรายวิชาปฏิบัติการทางวิศวกรรม มาสร้างแผนผังเหตุและผลเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่อาจจะทำให้ความผันแปรของตำแหน่งไม่สามารถยอมรับได้ ซึ่งเกิดจากคุณสมบัติด้านความเที่ยงมีค่า P/T Ratio เท่ากับ 179.29% แสดงดังรูปที่ 3 และพบว่าสาเหตุที่สำคัญเกิดจาก 1) ผู้วัดเกิดความเมื่อยล้าในการวัด การเร่งรีบในการวัด ในบางครั้งใช้ความรู้สึกตัดสิน และที่สำคัญขาดทักษะการวัด 2) เครื่องมือวัดที่ไม่เหมาะสม สเกลไม่ชัดเจน ขาดการบำรุงรักษา และสอบเทียบ 3) วิธีการวัดไม่มีขั้นตอนที่เป็นมาตรฐาน และ 4) สภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น ร้อน เสียงดัง แสงสว่างไม่เพียงพอ เป็นต้น



รูปที่ 3 แผนผังเหตุและผล

จากการวิเคราะห์และระดมความคิดเพื่อหามาตรการแก้ไขพบว่า สาเหตุที่ส่งผลต่อค่า P/T Ratio > 30% และต้องได้รับการแก้ไข คือ 1) ผู้วัดขาดทักษะการวัด เนื่องจากอ่านค่าได้คลาดเคลื่อน และแตกต่างกัน และ 2) ความละเอียดของเครื่องมือวัด (Resolution) ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลให้ค่า ndc น้อยกว่าค่าแนะนำ (ndc=5) ทำให้ไม่สามารถแยกแยะประเภทความแตกต่างของข้อมูลได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุง โดยสามารถแบ่งเป็น 2 แนวทางหลัก ทั้งนี้เพื่อให้ผู้สอนสามารถเลือกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันความผิดพลาดการตรวจวัดชิ้นงานได้ตามความเหมาะสมขึ้นอยู่กับเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่ใช้ในรายวิชา คือ

แนวทางที่ 1 การลดความคลาดเคลื่อนในการอ่าน เนื่องจากผู้วัดอ่านค่าคลาดเคลื่อน เกิดจากการตัดสินใจในการอ่านแตกต่างกัน และเครื่องมือที่ใช้มีความละเอียดน้อยเกินไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดให้ฝึกอบรมเพิ่มความรู้และทักษะการวัดแก่ผู้วัด และได้ทดลองเปลี่ยนเครื่องมือวัดให้เป็นระบบดิจิทัล และมีความละเอียดมากขึ้น คือ 1.1) เวอร์เนียคาลิเปอร์ดิจิทัล ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร และ 1.2) ไมโครมิเตอร์ดิจิทัล ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร

แนวทางที่ 2 การขยายข้อกำหนดเฉพาะ เนื่องจากระบบการวัดสามารถแยกแยะประเภทความแตกต่างของข้อมูลได้เพียง 2 ค่า ซึ่งน้อยกว่าค่าแนะนำ ส่งผลให้ค่า P/T Ratio มีค่าสูงมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ขยายข้อกำหนดเฉพาะ โดยให้ความผันแปรของกระบวนการมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิเมตร และเลือกชิ้นงานที่มีค่าอยู่ในระหว่าง 13-15 มิลลิเมตร ซึ่งได้ทดลองกับเครื่องมือวัดคือ 2.1) เวอร์เนียคาลิเปอร์ ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร 2.2) เวอร์เนียคาลิเปอร์ดิจิทัล ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร และ 2.3) ไมโครมิเตอร์ดิจิทัล ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร

### 4.3 ผลการปรับปรุง

จากการทดลองปรับปรุงทั้ง 5 แนวทาง ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติสรุปได้ดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าแนวทางที่ 2.3 คือ การขยายข้อกำหนดเฉพาะและใช้เครื่องมือวัดเป็นไมโครมิเตอร์ดิจิทัล ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ทำให้ระบบการวัดมีประสิทธิภาพดีที่สุด (<10%) [1] ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงของแนวทางที่ 2.3 แสดงดังตารางที่ 3 และรูปที่ 4

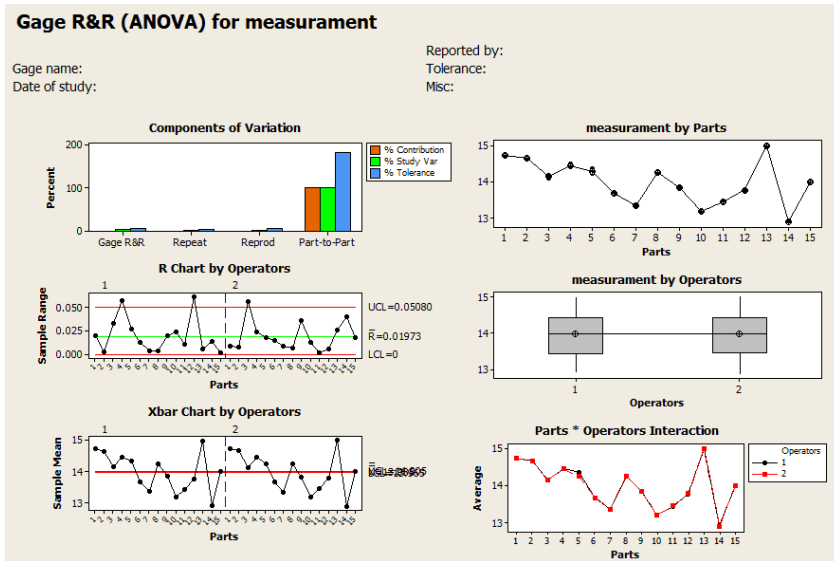
ตารางที่ 2 ผลการทดลองตามแนวทางการปรับปรุง

แนวทาง	ndc	P/TV Ratio	P/T Ratio
ก่อนปรับปรุง	2	52.90%	179.29%
1.1	2	42.68%	124.52%
1.2	6	20.15%	60.16%
2.1	12	11.14%	19.94%
2.2	30	4.68%	8.84%
2.3	35	3.96%	7.16%

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงหลังปรับปรุง (แนวทางที่ 2.3)

Gage R&R Study – ANOVA Method					
Two – Way ANOVA Table With Interaction					
Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	14	30.5159	2.17971	1626.26	0.000*
Operators	1	0.0011	0.00111	0.83	0.378
Parts * Operators	14	0.0188	0.00134	7.25	0.000*
Repeatability	60	0.0111	0.00018		
Total	89	30.5469			
Alpha to remove interaction term = 0.25					
Gage R&R					
		Study Var	% Study Var	%Tolerance	
Source	StdDev (SD)	(6 * SD)	(%SV)	(SV/Toler)	
Total Gage R&R	0.023876	0.14326	3.96	7.16	
Repeatability	0.013599	0.08159	2.26	4.08	
Reproducibility	0.019625	0.11775	3.25	5.89	
Operators	0.000000	0.00000	0.00	0.00	
Operators * Parts	0.019625	0.11775	3.25	5.89	
Part – to – Part	0.602545	3.61527	99.92	180.76	
Total Variation	0.603018	3.61811	100.00	180.91	
Number of Distinct Categories = 35					

\* P-value&lt;0.05



รูปที่ 4 กราฟวิเคราะห์คุณสมบัติด้านความเที่ยงหลังปรับปรุง (แนวทางที่ 2.3)

จากตารางที่ 3 พบว่า ชิ้นงานที่วัด (Part) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.05$ ) แสดงว่าชิ้นงานที่สุ่มเลือกมีความแตกต่างกัน สำหรับผู้วัด (Operators) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P > 0.05$ ) แสดงว่าผู้วัดมีการวัดชิ้นงานที่ไม่แตกต่างกัน ค่าความผันแปรด้านรีพีทเทบิลิตีเท่ากับ 0.0136 มิลลิเมตร รีโพรดิวซิบิลิตีเท่ากับ 0.0196 มิลลิเมตร และค่าความผันแปรจากระบบการวัด (GR&R) เท่ากับ 0.1432 มิลลิเมตร ซึ่งส่งผลให้ค่า P/T Ratio เท่ากับ 7.16% แสดงว่าระบบการวัดสามารถแยกแยะผลิตภัณฑ์ที่เสียได้ และ P/TV Ration เท่ากับ 3.96% แสดงว่าระบบการวัดมีความสามารถในการตรวจจับความผันแปรของกระบวนการได้

จากรูปที่ 4 เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยพบว่า ระบบการวัดมีความไวในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน และสอดคล้องกับค่า  $ncd$  ที่มีค่าเท่ากับ 35 ซึ่งมากกว่าคำแนะนำ สำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัยพบว่า ยังมีค่าพิสัยอยู่ภายนอกพิสัยควบคุม แสดงว่าค่าที่วัดได้จากระบบการวัดยังมีความผันแปรจากผู้วัดอยู่แต่ก็ไม่มากพอที่จะกระทบต่อระบบการวัด และเมื่อพิจารณาจากแผนภาพแบบกล่อง พบว่าผู้วัดทั้งสองคนมีค่าวัดที่ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานและผู้วัดที่มีลักษณะของเส้นที่ซ้อนทับกันพอดี แสดงว่าเมื่อวัดชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป ผู้วัดทั้งสองก็สามารถวัดชิ้นงานได้เท่ากัน

#### 4.4 กำหนดมาตรฐานการวิเคราะห์ระบบการวัด

ผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐานการวัดชิ้นงาน และมาตรฐานการวิเคราะห์การวัดให้กับผู้สอน โดยกำหนดให้ผู้สอนทำการวิเคราะห์การวัดก่อนเริ่มดำเนินการสอนวิชาปฏิบัติการในแต่ละภาคการศึกษา เพื่อนำไปเป็นวิธีการป้องกันความผิดพลาดในการตรวจวัดชิ้นงานได้

#### 5. สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการปรับปรุงพบว่า คุณสมบัติความเอนเอียงเชิงเส้นตรงและความเสถียร สามารถยอมรับได้ แสดงว่าระบบการวัดไม่เกิดความผันแปรของตำแหน่ง แต่เกิดความผันแปรของความกว้างเนื่องจากคุณสมบัติด้านความเที่ยงไม่สามารถยอมรับได้ โดยมีค่า P/T Ratio เท่ากับ 179.29% ซึ่งมากกว่าค่าแนะนำ [1] แสดงว่าระบบการวัดไม่สามารถแยกแยะผลิตภัณฑ์ดีเสียได้ ซึ่งมีความจำเป็นที่ต้องระบุสาเหตุและลดหรือกำจัดทิ้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้แผนผังเหตุและผลวิเคราะห์หาสาเหตุทำให้ค่า P/T Ratio > 30% ซึ่งพบว่า สาเหตุที่ส่งผลกระทบที่สุดและต้องได้รับการแก้ไข คือ 1) ผู้วัดขาดทักษะการวัด และ 2) ความละเอียดของเครื่องมือวัดไม่เหมาะสม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุง แบ่งเป็น 2 แนวทาง คือ 1) การลดความคลาดเคลื่อนในการอ่านด้วยการปรับเปลี่ยนเครื่องมือวัดให้อ่านได้ง่าย (แบบดิจิตอล) และมีความละเอียดที่สูง และ 2) การขยายข้อกำหนดเฉพาะ โดยผลการปรับปรุงพบว่า แนวทางที่ 1 ไม่สามารถทำให้ค่า P/T Ratio ลดลงให้ต่ำกว่า 30% ได้ แต่แนวทางที่ 2 สามารถทำให้ค่า P/T Ratio ลดลงอย่างมาก สังเกตได้จากแนวทางที่ 2.1 คือ การขยายข้อกำหนดเฉพาะเพียงอย่างเดียว โดยที่ไม่เปลี่ยนเครื่องมือวัด สามารถลดค่า P/T Ratio ให้ต่ำกว่า 30% และแนวทางที่ 2.3 คือการเพิ่มข้อกำหนดเฉพาะและใช้ไมโครมิเตอร์ดิจิตอล ความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ก็จะทำให้ค่า ndc เท่ากับ 35 ค่า P/T Ratio เท่ากับ 7.16% ซึ่งเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ระบบการวัดมีสมรรถภาพที่ดี (<10%) หรือสามารถลดความผันแปรด้านความกว้างให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ [1] จากการปรับปรุงระบบการวัด นำไปสู่การสร้างมาตรฐานการวัดชิ้นงานและการวิเคราะห์การวัดให้กับผู้สอน โดยกำหนดให้ผู้สอนวิเคราะห์การวัดก่อนเริ่มดำเนินการสอนวิชาปฏิบัติการในแต่ละภาคการศึกษา ผลที่ได้รับจากงานวิจัยนี้คือ สามารถป้องกันความผิดพลาดการตรวจชิ้นงานของนักศึกษาได้ และสามารถประเมินทักษะการทำงานที่สะท้อนความสามารถของนักศึกษาได้จริง ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและเป็นมาตรฐานมากยิ่งขึ้น

## References

- [1] Kitisak Ploypanitchareon. (2010). **Measurement System Analysis (MSA)**. 2<sup>rd</sup> Edition. Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan). (In Thai)
- [2] On-Uma Lasunon and Suopor Hiranchiracheep. (2013). "Application of Measurement System Analysis in Electronics Industry (Case Study: Choke Product)". **9<sup>th</sup> Mahasarakham University Conference 2013**. 12-13 September 2013. Mahasarakham. Page 394-403. (In Thai)
- [3] Prapatsawan Sawadwong and Phairoat Ladavichitkul. (2014). "Measurement System Analysis A Case Study of Camera and Zoom Lens Factory". **Research and Development Journal**. 25(4): 71-80. (In Thai)
- [4] Djitt Laowattana and Natapong Vutikorn. (2011). "Six Sigma Quality Enhancement of Motors through a Vibration Measurement System". **KMUTT Research and Development Journal**. 24(3): 247-267. (In Thai)
- [5] Oraphen Chayaphum Krittiya Ungvarakorn and Charoen Soontravanich. (2012). "A Production Process Improvement of Polypropylene Coated Food Packaging". **Industrial Engineering Network Conference 2012**. 17-19 October 2012. Phetchaburi. Page 195-201. (In Thai)
- [6] Thongkiat Wisutthiphithakkun. (2002). **The Use of Statistics for Process Improvement**. 1<sup>st</sup> Edition. Bangkok: Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (In Thai)

## ประวัติผู้เขียนบทความ



เอราวิล ถาวร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000 งานวิจัยที่สนใจ: การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control) การจัดการคุณภาพ (Quality Management) และการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (Design of Experiment)