innovmetric

เอกสารรายงาน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

- คำจำกัดความของระบบการวัด
- ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
  - ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
  - ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
- ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
- ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

- การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
- การศึกษา Gauge R&R

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ
วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

บริษัทผู้ผลิตตรวจติดตามคุณภาพผลิตภัณฑ์ทุกวันโดยการเก็บรวบรวมข้อมูลการวัดขนาด ข้อมูลนี้จะใช้ในการตรวจสอบความเสถียรของกระบวนการผลิต ประเมินความสามารถของกระบวนการในการรับรองคุณภาพและฟังก์ชันการทำงานของชิ้นส่วน และกำหนดดัชนีสำหรับวัดความสามารถของกระบวนการในการปฏิบัติตามข้อกำหนดด้านขนาด ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

เมื่อนำกระบวนการผลิตแบบใหม่มาใช้ อาจพบปัญหาเกี่ยวกับความเสถียรของระบบ โดยไม่สามารถระบุสาเหตุและแก้ไขปัญหาได้ ในบางกรณี ปัญหาเหล่านี้ไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต แต่เป็นที่ระบบการวัดมากกว่า

นักมาตรวิทยาทราบดีว่า เป็นไปไม่ได้เลยที่การวัดจะแน่นอนร้อยเปอร์เซ็นต์ ความแปรผันที่มาจากแหล่งต่างๆ ล้วนแต่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบการวัด ซึ่งนำไปสู่ความไม่แน่นอนในการวัด การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ผ่านความสามารถในการทำซ้ำและการศึกษา Gauge R&R จะทำให้สามารถประมาณการความแปรผันของระบบการวัดได้ การศึกษาเหล่านี้ช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถประเมินความถูกต้องของระบบการวัดและลดปัจจัยที่ส่งผลต่อความแปรผันของกระบวนการที่วัดโดยรวม ซึ่งจริงๆ แล้วเกิดจากระบบการวัด

การเตรียมการและการดำเนินการศึกษา MSA อาจมีความซับซ้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการวัด 3 มิติ ทั้งยังต้องมีความรู้ด้านสถิติอย่างครอบคลุมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่นำไปดำเนินการได้

เอกสารรายงานฉบับนี้จะ:

- อธิบายแนวคิดที่สำคัญของการวิเคราะห์ระบบการวัดและการนำอุปกรณ์การวัด 3 มิติไปใช้งานจริง
- สำรวจกระบวนการที่ใช้ระบบดิจิทัลเต็มรูปแบบ ตั้งแต่การเตรียมการและการดำเนินการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำและ Gauge R&R เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในรูปแบบ Excel โดยตรง ซึ่งจะนำไปวิเคราะห์และเผยแพร่ต่อไป รวมทั้ง
- ให้คำแนะนำนักมาตรวิทยาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลการศึกษา

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

คำจำกัดความของระบบการวัด

ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด

- ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
- ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด

ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ

การศึกษา Gauge R&R

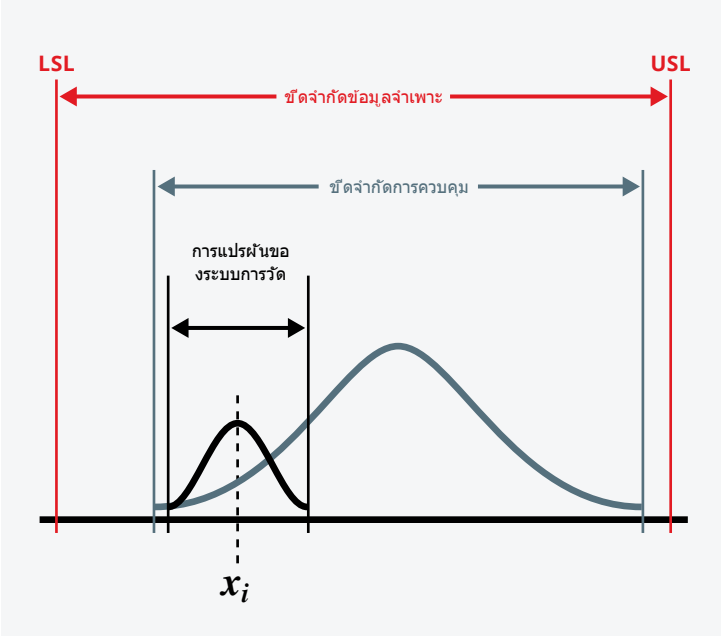
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

เรามาดูบทบาทสำคัญของ MSA ในบริบทของกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานโดยรวม ในระหว่างกระบวนการนี้ นักมาตรวิทยาจะวัดคุณลักษณะสำคัญ เช่น ขนาด มิติ ตำแหน่ง โปรไฟล์ และการจัดวางทิศทาง เพื่อหาความเบี่ยงเบนจากข้อมูลจำเพาะที่กำหนด โดยจะประเมินความสอดคล้องกับข้อกำหนดจำเพาะด้านเทคนิคตามที่กำหนดไว้ในแผนควบคุมโดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนยินยอมและข้อกำหนดการวัดทั้งหมดประกอบด้วยสองส่วนหลักๆ คือ ส่วนที่แสดงค่าความเบี่ยงเบนของจริง (ซึ่งก็คือ ค่าจริง) กับอีกส่วนประกอบที่แสดงความผันแปรของระบบการวัด เพื่อให้แน่ใจว่าระบบการวัดน่าเชื่อถือและไว้วางใจได้สำหรับการทำงาน นักมาตรวิทยาจำเป็นต้องระบุช่วงกว้างของความแปรผันของระบบการวัด และตรวจสอบให้แน่ใจว่าช่วงกว้างนั้นไม่เกิน 10% ถึง 30% ของขีดจำกัดข้อมูลจำเพาะ ความแปรผันหรือประสิทธิภาพของระบบการวัดต้องมีขนาดเล็กตามสัดส่วนมากพอที่จะไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความแปรผันของกระบวนการที่วัดโดยรวม โดยพิจารณาจากความแปรผันของกระบวนการผลิตและระบบการวัด และไม่ทำให้กระบวนการออกนอกขีดจำกัดของข้อมูลจำเพาะ (LSL, USL) หรือความคลาดเคลื่อนยินยอม

ภาพที่ 1 แสดงปฏิสัมพันธ์นี้ โดยที่ประสิทธิภาพของระบบการวัดและค่าที่วัดได้ (x_i) ส่งผลอย่างค่อนข้างไม่ต่อเนื่องและคาดการณ์ได้ต่อความแปรผันของกระบวนการที่วัด ความแปรผันนี้ได้มาจากผลลัพธ์ที่วัดได้จากชิ้นส่วนที่มาจากสายการผลิตโดยใช้เทคนิค SPC โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลนี้จะใช้คำนวณหาขีดจำกัดการควบคุม หรือในอีกแง่หนึ่งก็คือ ประสิทธิภาพของระบบการวัดส่งผลต่อผลลัพธ์ของความแปรผันของกระบวนการที่วัดโดยรวม และขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบการวัดจะช่วยให้ทราบประสิทธิภาพดังกล่าว

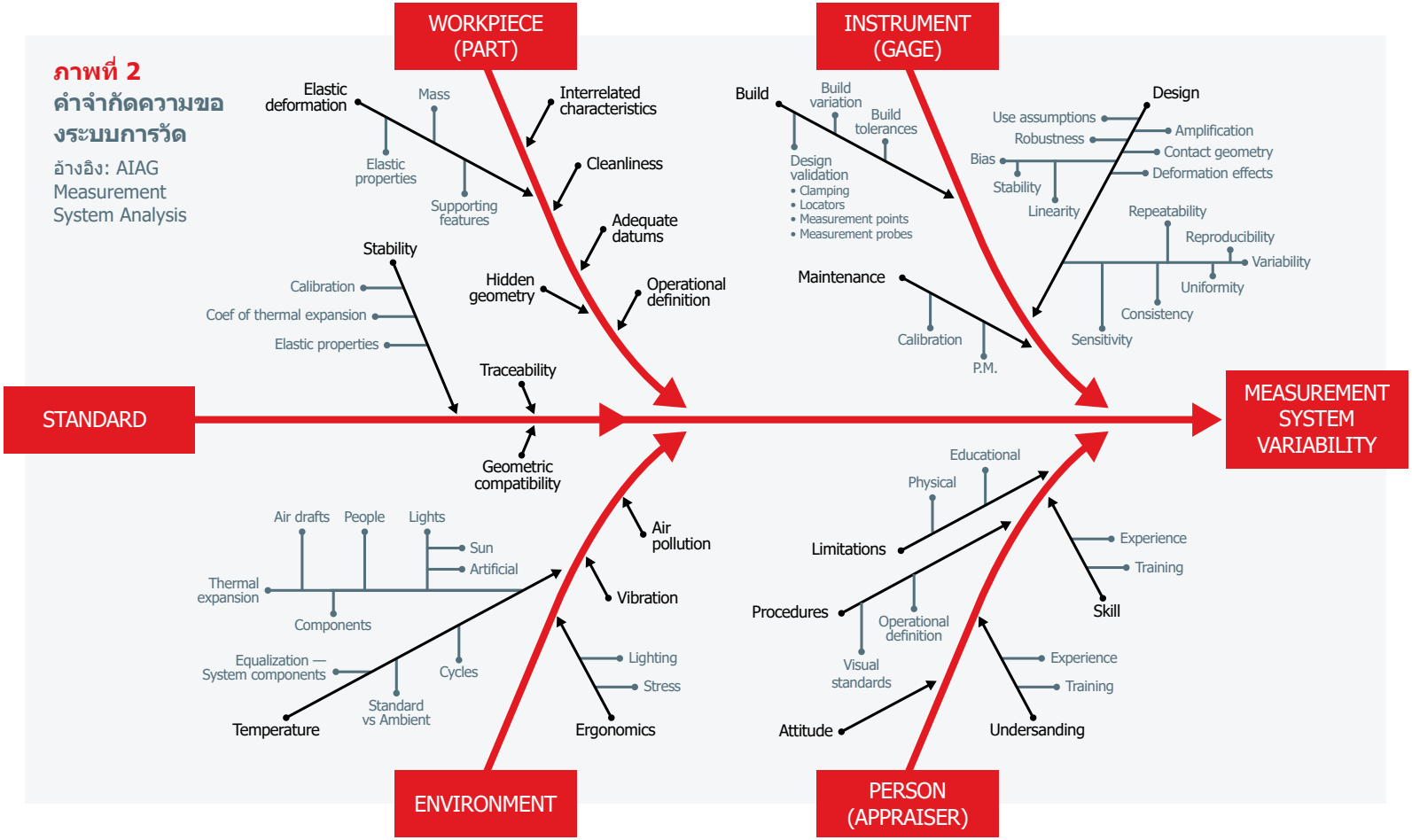


ภาพที่ 1
ประสิทธิภาพของระบบการวัดที่เกี่ยวกับการแปรผันของกระบวนการโดยรวม

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

คำจำกัดความของระบบการวัด

ก่อนที่จะสามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบการวัดได้นั้น เราจำเป็นต้องระบุแหล่งที่มาของความแปรผันที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่อาจส่งผลต่อกระบวนการวัดคุณลักษณะที่สำคัญ กลุ่มปฏิบัติการอุตสาหกรรมยานยนต์ (Automotive Industry Action Group - AIAG) ระบุว่าระบบการวัดประกอบด้วย "กลุ่มของเครื่องมือหรือเกจต่างๆ มาตรฐาน การปฏิบัติงาน วิธีการ อุปกรณ์จับยึด ซอฟต์แวร์ บุคลากร สภาพแวดล้อม และสมมติฐานที่ใช้ในการวัดหน่วยของการวัดหรือแก้ไขการประเมินคุณลักษณะเค้าโครงที่จะวัด กล่าวคือเป็นกระบวนการทั้งหมดที่ใช้ในการวัด" MSA ต้องพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ทั้งหมดตามที่ระบุรายละเอียดไว้ในภาพที่ 2 เนื่องจากล้วนแต่ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของระบบการวัดโดยรวมได้ทั้งสิ้น



ภาพที่ 2
คำจำกัดความของระบบการวัด
อ้างอิง: AIAG Measurement System Analysis

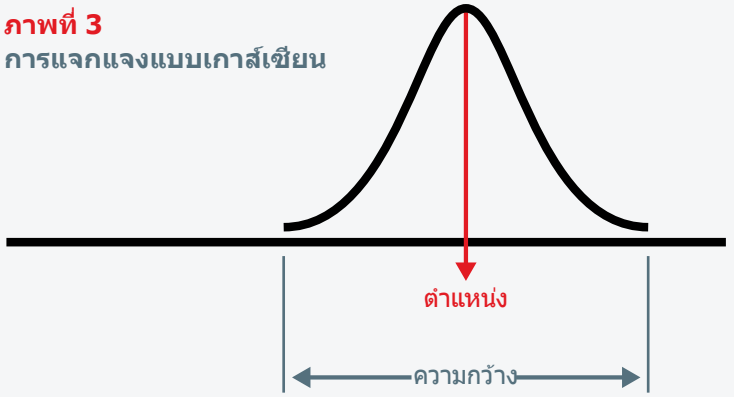
การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด

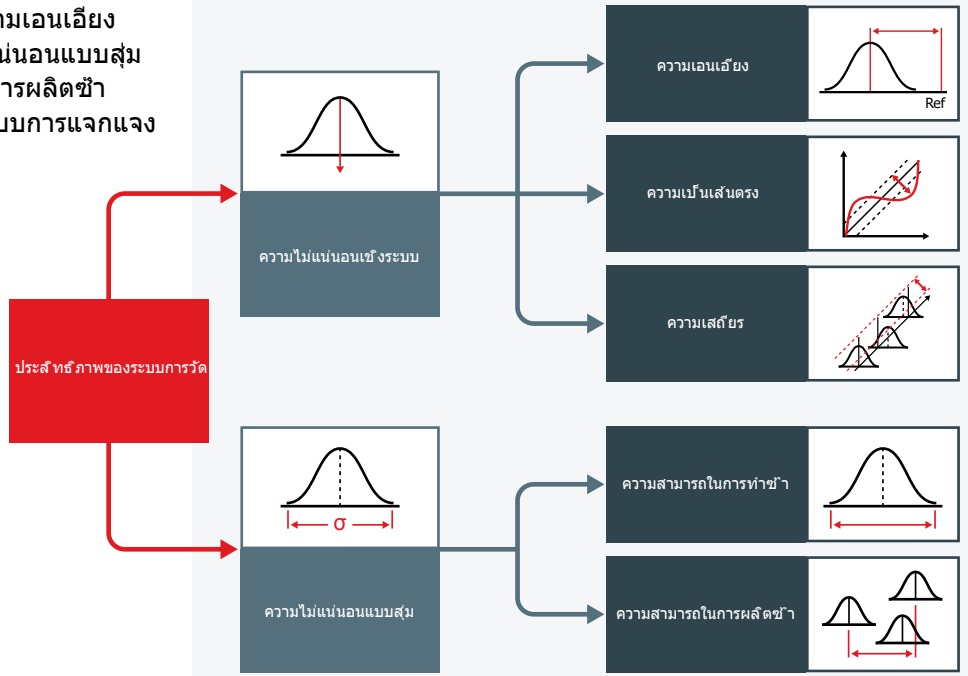
ประสิทธิภาพของระบบการวัดสามารถประเมินโดยใช้ดัชนีที่จัดหมวดหมู่และวัดความไม่แน่นอนของการวัด การเก็บรวบรวมข้อมูลในกระบวนการจะช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถวัดความแปรผันในการวัดโดยรวมได้โดยการระบุพฤติกรรมบางอย่างที่เกี่ยวข้อง โดยทั่วไปแล้วจะเรียกพฤติกรรมนี้ว่า ตัวแปรสุ่ม (Random Variable - RV) ที่มีการแจกแจงแบบเกาส์เซียน (ปกติ) ภาพที่ 3 อธิบายแนวคิดนี้ด้วยเส้นโค้งสีดำที่แสดงถึงข้อมูลที่เก็บรวบรวม เช่น ค่าที่วัดที่มาจากกระบวนการวัดและการแจกแจงที่กำหนดโดยตำแหน่ง (ค่ากลาง) และพารามิเตอร์ความกว้าง (ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ปัจจัยหลายอย่างที่ส่งผลต่อกระบวนการวัดแสดงถึงความไม่แน่นอนซึ่งมาจากหลายแหล่ง ไม่ว่าจะเกิดขึ้นในเชิงระบบ (เช่น ค่าการวัดโดยเฉลี่ย เทียบกับ ค่าจริง) หรือเกิดขึ้นแบบสุ่ม (เช่น การกระจายของการวัด) การจัดหมวดหมู่ความไม่แน่นอนเหล่านี้สามารถทำได้ แต่ก็ขึ้นอยู่กับผลกระทบที่มีต่อพารามิเตอร์การแจกแจงที่ระบุด้วย ตามที่แสดงใน ภาพที่ 4 ความไม่แน่นอนเชิงระบบ ได้แก่ ความเอนเอียง ความเป็นเส้นตรง และความเสถียร ในขณะที่ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม ได้แก่ ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำ แต่ละหมวดหมู่สามารถจำแนกได้อย่างชัดเจนตามรูปแบบการแจกแจงที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ภาพที่ 3
การแจกแจงแบบเกาส์เซียน



ภาพที่ 4
ดัชนีประสิทธิภาพ



การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

- คำจำกัดความของระบบการวัด
- ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
  - ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
  - ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
- ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
- ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

- การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
- การศึกษา Gauge R&R

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ

ความไม่แน่นอนเชิงระบบ คือความไม่แน่นอนในการวัดที่สัมพันธ์เป็นอย่างมากกับตำแหน่งของการแจกแจงปกติที่เกี่ยวกับการอ้างอิงที่ทราบ ในทางคณิตศาสตร์ จะมีผลต่อค่ากลางของข้อมูลที่วัดได้ คำที่ใช้ทั่วไปสำหรับกรณีนี้คือ ข้อผิดพลาดของค่าความถูกต้อง ข้อผิดพลาดของค่าความถูกต้องแสดงถึงความแน่นอนตรงกันระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่วัดหนึ่งครั้งขึ้นไปเทียบกับค่าอ้างอิง โดยทั่วไปข้อผิดพลาดของค่าความถูกต้องจะสามารถผลิตซ้ำได้ และมักจะเกิดจากปัญหาที่สามารถวัดค่าได้และแก้ไขให้ถูกต้องได้ ความไม่แน่นอนเชิงระบบ 3 ประเภท ได้แก่ ความเอนเอียง ความเป็นเส้นตรง และความเสถียร ซึ่งความเอนเอียงพบได้บ่อยที่สุด ความเอนเอียงแสดงถึงระยะห่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่วัดหนึ่งรายการขึ้นไป ($\bar{x}$) เทียบกับค่าอ้างอิง (อ้างอิง) ในทางคณิตศาสตร์ จะมีการประมาณการความเอนเอียงด้วยความแตกต่างระหว่างค่าจริง (ค่าอ้างอิง) กับค่ากลางที่สังเกตได้จากการวัดคุณลักษณะเดียวกันบนชิ้นส่วนเดียวกัน ในทางกลับกัน ความเป็นเส้นตรง จะบ่งชี้ว่าข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาตลอดช่วงการวัดของอุปกรณ์ตรงกับค่าอ้างอิงมากน้อยเพียงใด หรือก็คือความแตกต่างของค่าความเอนเอียงตลอดช่วงการวัดที่กำหนดไว้ทั้งหมดของอุปกรณ์นั้น ความเป็นเส้นตรง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความเอนเอียงจากจุดสูงสุดของช่วงการวัดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ความไม่แน่นอนเชิงระบบประเภทสุดท้ายคือ ความเสถียร ซึ่งแสดงถึงความสามารถของระบบการวัดในการคงระดับความสามารถด้านการวัดเมื่อเวลาผ่านไป ความเสถียรหมายถึงความแปรผันของความเอนเอียงเมื่อเวลาผ่านไป โดยทั่วไปจะเป็นเวลาระหว่างการปรับเทียบของสองระบบ

• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

แหล่งที่มาของความแน่นอนในการวัดที่เหลือคือความไม่แน่นอนแบบสุ่ม หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่า ข้อผิดพลาดของค่าความแม่นยำ ข้อผิดพลาดของค่าความแม่นยำแสดงถึงความผันผวนทางสถิติในข้อมูลที่วัด อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของระบบการวัด ข้อผิดพลาดของค่าความแม่นยำอธิบายถึงความแปรผันที่คาดว่าจะเกิดขึ้นของการวัดซ้ำตลอดช่วงของการวัด ความไม่แน่นอนแบบสุ่มสองประเภท ได้แก่ ความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำ ความสามารถในการทำซ้ำแสดงถึงความกว้างในการกระจายของค่าที่วัดได้ภายใต้เงื่อนไขจำนวนหนึ่งที่มีการควบคุมอย่างเข้มงวด ซึ่งจะอธิบายความสามารถของระบบในการได้มาซึ่งค่าการวัดเดียวกันเมื่อใช้อุปกรณ์ ชิ้นส่วน แม่แบบเดียวกัน และเงื่อนไขด้านสภาพแวดล้อมเดียวกัน การแจกแจงที่มีช่วงแคบบ่งบอกว่าการวัดมีความความสามารถในการทำซ้ำสูง ความสามารถในการผลิตซ้ำ แสดงถึงความแปรผันระหว่างค่าที่วัดได้ของผู้ปฏิบัติงานคนละคนกันที่ทำการวัดโดยใช้อุปกรณ์เดียวกันและภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ในทางคณิตศาสตร์ จะหมายถึงความแปรผันในค่าเฉลี่ยของค่าการวัดที่ได้จากผู้ปฏิบัติงานแต่ละคน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

ค่าจำกัดความของระบบการวัด

ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด

• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ

• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด

ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ

การศึกษา Gauge R&R

ค่าแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด

ความสามารถของระบบการวัด (σความสามารถ) หรือที่เรียกว่า ความไม่แน่นอนด้านมาตรฐานโดยรวม เป็นการผสมผสานความไม่แน่นอนเชิงระบบและแบบสุ่มเข้าด้วยกัน โดยจะประเมินสิ่งที่สงสัยว่าสัมพันธ์กับการวัดภายใต้เงื่อนไขที่ทราบ และใช้เพื่อระบุความไม่แน่นอนของระบบการวัดโดยรวมในช่วงเวลาสั้นๆ สามารถคำนวณความสามารถได้โดยใช้สูตร:

$$\sigma_{\text{ความสามารถ}}^2 = \sigma_{\text{ความเอนเอียง (ความเป็นเส้นตรง)}}^2 + \sigma_{R\&R}^2$$

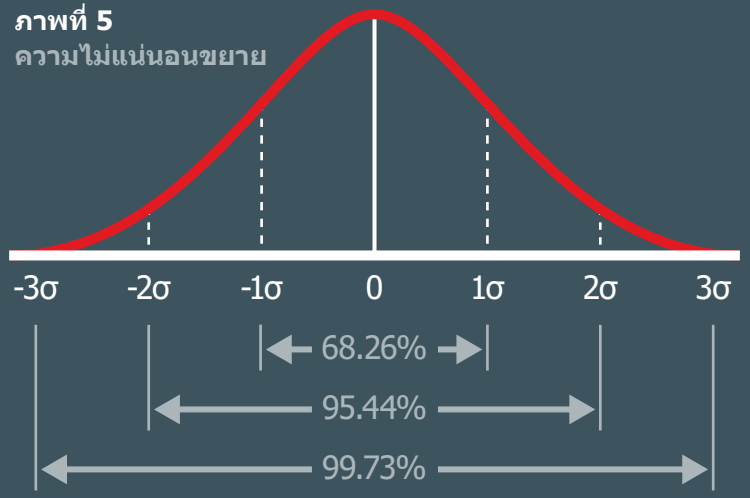
ในทางตรงกันข้าม ประสิทธิภาพไม่ได้พิจารณาแค่แหล่งที่มาของความแปรผันเชิงระบบหรือแบบสุ่มเท่านั้น แต่ยังพิจารณาแหล่งที่มาของการเบี่ยงเบนเมื่อเวลาผ่านไปด้วย คำนวณโดยใช้สูตร:

$$\sigma_{\text{ประสิทธิภาพ}}^2 = \sigma_{\text{ความสามารถ}}^2 + \sigma_{\text{ความเสถียร}}^2$$

ความไม่แน่นอนขยาย

ขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการวิเคราะห์ระบบการวัดจะประเมินหาความไม่แน่นอนขยาย (U) ที่สัมพันธ์กับระบบการวัด ความไม่แน่นอนขยาย แสดงถึงค่าความไม่แน่นอนของการวัดโดยรวม ซึ่งอธิบายถึงช่วงค่าการวัดที่คาดหวังให้ประกอบด้วยผลลัพธ์การวัดจริงที่ได้มาจากระบบภายในระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด สามารถแสดงเป็น: $U = \pm K\sigma_{tot}$ โดยที่ U eคือความไม่แน่นอนขยาย, K ies el เป็นตัวคูณขอบเขตที่แสดงถึงพื้นที่ใต้เส้นโค้งปกติของระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ (เช่น $K = 3$ สำหรับระดับความเชื่อมั่น 99.73 %), และ σ_{tot} คือความไม่แน่นอนมาตรฐานโดยรวมของระบบการวัดที่มักจะสอดคล้องกับประสิทธิภาพ ปัจจัยความเชื่อมั่นที่ใช้บ่อยที่สุดในระหว่างการวิเคราะห์ระบบการวัดอยู่ในภาพด้านล่างนี้

ภาพที่ 5
ความไม่แน่นอนขยาย



การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด 3 มิติที่ซับซ้อน

หากต้องการประเมินความไม่แน่นอนในการวัดของระบบ อันดับแรกคือต้องกำหนดโมเดลการวัดก่อน โมเดลนี้เป็นข้อมูลนำเสนอในทางคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณเอาต์พุตของระบบการวัดกับปริมาณอินพุตที่ทราบว่ามีความเกี่ยวข้องในกระบวนการวัด การวัดมีอยู่ 2 ประเภทด้วยกัน คือการวัดแบบโดยตรงและแบบโดยอ้อม ซึ่งจะส่งผลต่อวิธีการกำหนดโมเดล การวัดโดยตรงคือ การวัดที่อุปกรณ์การวัดให้ค่าปริมาณเอาต์พุตโดยตรง เช่น การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Y) โดยใช้ไมโครมิเตอร์ที่ให้ X สำหรับค่าทางกายภาพโดยตรง ในกรณีนี้ จะระบุโมเดลการวัด (เช่น ฟังก์ชัน) เป็น $Y=X$ แต่อุปกรณ์การวัด 3 มิติโดยส่วนใหญ่จะทำการวัดแบบโดยอ้อม ซึ่งไม่สามารถให้ค่าได้โดยตรง (Y) แต่จะถือเป็นฟังก์ชันของ (Y) ค่าทางกายภาพ (n หลายรายการ (X_i), $Y=f(X_1,...,(X_n)$ เช่น CMM แบบเคลื่อนย้ายได้ ใช้ตำแหน่งและการจัดวางทิศทางของ Encoder หลายๆ ตัวเพื่อให้ได้เอาต์พุตออกมา ค่าทางกายภาพเห¬-ล่านี้ ล้วนได้รับผลกระทบจากความไม่แน่นอนในการวัดทั้งสิ้น (u_{x_i}) ซึ่งในตัวอย่างนี้ ระบบจะใช้ตำแหน่งของ Encoder และการจัดวางทิศทางในการคำนวณปริมาณเอาต์พุต ดังนั้นผลลัพธ์ที่วัดและได้จากอุปกรณ์อาร์ม (Y) จะขึ้นอยู่กับชุดค่าต่างๆ (X_i) และความไม่แน่นอนที่สัมพันธ์กัน (u_{x_i}) ที่ใช้ในการประมาณการนี้ ซึ่งในท้ายที่สุดแล้ว ค่าที่วัด (Y) ก็จะมีความไม่แน่นอนทั้งหมดด้วย (u_y)

หากโมเดลที่แสดงระบบการวัดมีการกำหนดสูตรไว้อย่างชัดเจน สามารถนำมาใช้ถ่ายทอดความไม่แน่นอนจากปริมาณอินพุตไปยังปริมาณเอาต์พุตโดยใช้กลยุทธ์สองแบบ ได้แก่ อนุกรมเทย์เลอร์หรือการจำลองแบบมอนติคาร์โลได้ กลยุทธ์เหล่านี้ได้รับการกล่าวถึงในเชิงลึกในสิ่งพิมพ์ต่างๆ เช่น คู่มือในการแสดงความไม่แน่นอนในการวัด (GUM) ในอีกแง่หนึ่ง หากโมเดลมีความซับซ้อนเกินกว่าจะกำหนดสูตรอย่างชัดเจนหรือไม่ทราบพารามิเตอร์ ควรใช้กลยุทธ์แบบทดลอง การวิเคราะห์ปริมาณเอาต์พุตโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ ทำให้สามารถประมาณการความไม่แน่นอนโดยรวมของระบบการวัดได้ เช่น ในสถานการณ์ที่นักมาตรวิทยาใช้ CMM แบบเคลื่อนย้ายได้ที่มีตัวสแกนสำหรับวัดโปรไฟล์พื้นผิว ฟังก์ชันการวัดจะมีความซับซ้อนในการระบุมากขึ้น ในกรณีนี้ ต้องใช้การวิเคราะห์แบบทดลอง เนื่องจากเป็นการดำเนินการกับผลลัพธ์ของการวัดโดยตรง นักมาตรวิทยาจึงไม่จำเป็นต้องแยกย่อยระบบการวัดทั้งหมด การดำเนินการจึงง่ายขึ้น ตรงไปตรงมามากขึ้น และเข้าใจง่ายขึ้น

[1] การประเมินข้อมูลการวัด - คู่มือการแสดงความไม่แน่นอนในการวัด (JCGM 100: 2008) เผยแพร่โดย Bureau International des Poids et Mesures

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

คำจำกัดความของระบบการวัด

ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด

- ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
- ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด

ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ

การศึกษา Gauge R&R

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การวิเคราะห์การทดลองเพื่อประเมินความไม่แน่นอนที่เพิ่มขึ้นของระบบการวัด 3 มิติที่ซับซ้อน ต้องมีการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำก่อน แล้วตามด้วยการศึกษา Gauge R&R อย่างสมบูรณ์ การเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลลัพธ์การวัดของระบบที่ใช้การตั้งค่าและการทดสอบที่แตกต่างกัน ช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถประมาณการความแปรผันโดยรวมได้โดยใช้ดัชนีประสิทธิภาพที่อธิบายไว้ก่อนหน้านี้ แต่เดิมการศึกษาเหล่านี้มักจะมีความซับซ้อนในการดำเนินการ และต้องใช้ความรู้ด้านสถิติที่ครอบคลุมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

ภาพท 6
PolyWorks MSA แถบเครื่องมือ

PolyWorks® นำเสนอโซลูชันซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะเพื่อการทำ MSA แบบบูรณาการสำหรับการศึกษาระบบการวัด 3 มิติที่ซับซ้อนภายในกระบวนการดิจิทัลทั้งหมด ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถ:

1. ระบุคุณลักษณะที่สำคัญที่จำเป็นสำหรับแผนควบคุม
2. สร้างการศึกษาโดยการเลือกประเภทการศึกษาและระบุพารามิเตอร์ที่สำคัญ ซึ่งจำเป็นต่อการควบคุมคุณภาพและการตรวจสอบย้อนกลับแบบดิจิทัล
3. ทำการศึกษาโดยการรวบรวมข้อมูลสำหรับกำหนดค่าอุปกรณ์วัด 3 มิติและบริบทการวัดทั้งหมดภายในแพลตฟอร์มซอฟต์แวร์สากลเพียงแพลตฟอร์มเดียว
4. สร้างรายงานที่มีข้อมูลสมบูรณ์ครบถ้วนซึ่งเผยแพร่อยู่ใน Microsoft Excel โดยตรง พร้อมสเปรดชีทที่จัดรูปแบบไว้ล่วงหน้าที่เชื่อมโยงกับข้อมูลการตรวจวัด 3 มิติอัจฉริยะ และ
5. ดำเนินการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนใน Excel โดยไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญขั้นสูงเกี่ยวกับแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ทางสถิติ

โซลูชันของ PolyWorks MSA ช่วยให้มั่นใจได้ว่าการคำนวณทั้งหมดจะดำเนินการภายในระบบนิเวศซอฟต์แวร์เดียว และห่วงโซ่ดิจิทัลทั้งหมดจะช่วยรับรองความสมบูรณ์ของข้อมูลและผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ ตั้งแต่การจัดเตรียมการศึกษาไปจนถึงการรวบรวมข้อมูลการวัดและผลลัพธ์ที่สร้างขึ้นโดยอัตโนมัติ เช่น ดัชนีและแผนภูมิต่างๆ

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ

ขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์ระบบการวัดคือการศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ โดยจะประเมินความแปรผันของระบบการวัด (ความแปรผันของอุปกรณ์) เมื่อได้รับผลกระทบจากแหล่งที่มาความแปรผันตามจำนวนขั้นต่ำและใช้ในระหว่างการประเมินระบบการวัดเบื้องต้น เพื่อเปรียบเทียบการกำหนดค่าระหว่างระบบแบบต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว เช่น ตำแหน่งที่หนีบอุปกรณ์จับยึดหรือพารามิเตอร์ของฮาร์ดแวร์การวัด

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำจะดำเนินการโดย:

1 - วางชิ้นส่วนไว้ในอุปกรณ์จับยึด (หากต้องใช้)
2 - วัดชิ้นส่วนโดยใช้อุปกรณ์การวัด 3 มิติ
3 - นำชิ้นส่วนออกจากอุปกรณ์จับยึด และ
4 - ทำซ้ำขั้นตอนนี้ 1-3 โดยใช้ชิ้นส่วน อุปกรณ์จับยึด และอุปกรณ์การวัดเดิมเสมอ

การใช้แผนควบคุมจะช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถระบุคุณลักษณะที่สำคัญที่ต้องดำเนินการวิเคราะห์เชิงสถิติ ชิ้นส่วนจะต้องวัดอย่างน้อย 10 ครั้ง แต่โดยทั่วไปจะวัดอย่างน้อย 30 ครั้ง เพื่อให้สามารถประมาณค่าความแปรผันของอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม การศึกษาประเภทนี้มักจะดำเนินการโดยนักมาตรวิทยาอาวุโสที่มีประสบการณ์ที่จำเป็น เพื่อให้สามารถตรวจหาปัญหาในกระบวนการวัดได้อย่างรวดเร็วและแก้ไขได้อย่างง่ายดาย

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำมีสองประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 การศึกษา Gauge[2] :

- ประเมินผลกระทบจากความเอนเอียงและความสามารถในการทำซ้ำต่อการวัด
- ต้องมีการอ้างอิงมิติที่ทราบที่ได้รับการรับรอง
- เอาต์พุต 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ Cg และ Cgk
- ใช้เมื่อมีการอ้างอิงที่ได้รับการรับรอง และไม่มีข้อกังวลเกี่ยวกับความเสถียรของระบบการวัด

การศึกษา Gauge R[3] :

- ประเมินความสามารถในการทำซ้ำและความเสถียรของระบบการวัด
- ไม่จำเป็นต้องมีการอ้างอิงที่ได้รับการรับรอง
- ใช้แผนภูมิ I-MR เป็นพื้นฐานในการประเมินความแปรผันและความเสถียร

ความแตกต่างหลักๆ ระหว่างการศึกษาเหล่านี้คือการศึกษาประเภทที่ 1 จำเป็นต้องมีการการอ้างอิงที่ได้รับการรับรอง เพื่อช่วยระบุความเอนเอียงที่เป็นไปได้และไม่มีการประเมินความเสถียรของระบบการวัด

[2] ข้อกำหนดในการวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับ Aero Engine Supply Chain (AS13003) ที่เผยแพร่โดย SAE International
[3] การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) เผยแพร่โดยกลุ่มปฏิบัติการอุตสาหกรรมยานยนต์ (AIAG)

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

การศึกษาความสามารถในการทำซ้าทั้งสองแบบได้รับการอำนวยความสะดวกจากโซลูชันของ PolyWorks MSA

1 - นักมาตรวิทยาจะได้รับคำแนะนำอย่างละเอียดในขั้นตอนที่จำเป็นของการศึกษา โดยมีการสร้างโปรเจ็กต์การตรวจวัดที่เสร็จสมบูรณ์ครบถ้วน ซึ่งประกอบด้วยค่าการวัดที่จำเป็น คุณลักษณะเฉพาะ การควบคุม และเมตริกเอาต์พุตทั้งหมดตลอดจนจำนวนชิ้นที่จะวัด เพื่อให้เทมเพลตการวัดมีประสิทธิภาพ

2 - จากนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะได้รับคำแนะนำบนหน้าจอและการแสดงผล 3 มิติ ตลอดขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลการวัด

3 - เมื่อกระบวนการรวบรวมข้อมูลการวัดเสร็จสมบูรณ์แล้ว ผลลัพธ์การตรวจวัดจะเผยแพร่โดยอัตโนมัติไปยังสเปรดชีท Excel ที่จัดรูปแบบไว้ล่วงหน้า และเชื่อมโยงแบบไดนามิกกับข้อมูลการตรวจวัด 3 มิติในโปรเจ็กต์ตรวจวัด

4 - สเปรดชีทที่จัดรูปแบบไว้ล่วงหน้าจะมอบข้อมูลความแปรผันของอุปกรณ์ที่ระบบคำนวณโดยอัตโนมัติและพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ เช่น ความสามารถในการทำซ้ำ ดัชนีประสิทธิภาพ และแผนภูมิ ให้แก่นักมาตรวิทยา

5 - เพื่อให้ทำการวิเคราะห์นี้ได้อย่างสมบูรณ์และปรับกระบวนการวัดให้เหมาะสมได้อย่างรวดเร็ว นักมาตรวิทยาจะสามารถปรับพารามิเตอร์การวัดในโปรเจ็กต์การตรวจวัดและดูว่ามีอิทธิพลโดยตรงอย่างไรกับความแปรผันของอุปกรณ์ โดย PolyWorks จะอัปเดตและค่าแผนภูมิในสเปรดชีทโดยอัตโนมัติ

การศึกษา Gauge R&R

แม้ว่าการศึกษาความสามารถในการทำซ้าจะช่วยให้คุณสามารถวิเคราะห์และปรับความแปรผันของอุปกรณ์ในระบบการวัดได้อย่างเหมาะสม แต่ก็ต้องมีการศึกษาความสามารถในการทำซ้าและความสามารถในการผลิตซ้าของเกจ หรือการศึกษา Gauge R&R เพื่อให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของระบบการวัดในขั้นสุดท้ายได้

โดยทั่วไปแล้วจะดำเนินการศึกษา Gauge R&R หลังจากการศึกษาความสามารถในการทำซ้า เนื่องจากต้องมีทรัพยากร ชิ้นส่วน และค่าใช้จ่ายมากขึ้น นอกจากนี้ การศึกษาความสามารถในการทำซ้าก่อน จะช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถแก้ไขความแปรผันของอุปกรณ์ได้ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์และแก้ไขความสามารถในการผลิตซ้า การประมาณความไม่แน่นอนของความสามารถในการทำซ้าและความสามารถในการผลิตซ้าของระบบการวัดมีวิธีการเชิงประจักษ์ที่ยอมรับกันทั่วไปอยู่หลายวิธี สองวิธีที่ใช้กันบ่อยที่สุดคือ วิธีอาศัยค่าเฉลี่ยและพิสัย (X-bar R) และวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) สำหรับทั้งสองกรณี การเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องปฏิบัติตามกฎที่เข้มงวดเพื่อให้ผลลัพธ์เชื่อถือได้:

- **จำนวนผู้ปฏิบัติงาน:** จำเป็นต้องมีผู้ปฏิบัติงานอย่างน้อย 3 คน และต้องใช้ระบบการวัดในบริบทของการผลิต
- **จำนวนชิ้นส่วน:** ต้องเลือกชิ้นส่วนอย่างน้อย 2 ชิ้นที่เป็นตัวแทนความแปรผันที่พบในกระบวนการผลิต จำนวนที่แนะนำคือ 10 ชิ้น หากเป็นไปได้ แต่ยิ่งมีชิ้นส่วนมากขึ้น ก็จะช่วยให้ประมาณการพฤติกรรมของกระบวนการได้ดีขึ้น
- **จำนวนการทำซ้ำ:** ผู้ปฏิบัติงานทุกคนต้องวัดชิ้นส่วนทั้งหมดมากกว่าหนึ่งครั้ง โดยทั่วไปแล้วจะทำซ้ำ 2 หรือ 3 ครั้ง
- **ลำดับการวัดแบบสุ่ม:** เพื่อให้แน่ใจว่าลำดับของการวัดไม่ส่งผลต่อผลลัพธ์ ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนจะต้องวัดชิ้นส่วนด้วยลำดับแบบสุ่ม.

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้า
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

โซลูชัน PolyWorks MSA ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างและดำเนินการศึกษา Gauge R&R ที่สมบูรณ์ครบถ้วนได้โดยใช้วิธีการมาตรฐาน 2 วิธี ดังนี้:

1 - นักมาตรวิทยาจะเลือกวิธีการวิเคราะห์และระบุพารามิเตอร์อย่างรวดเร็ว เช่น จำนวนผู้ปฏิบัติงาน จำนวนการทำซ้ำ และจำนวนชิ้นส่วน

2 - จากนั้น PolyWorks จะสร้างโปรเจ็กต์การตรวจวัดที่มีส่วนที่จำเป็นทั้งหมดเรียงตามลำดับเรียกใช้ที่กำหนดไว้

3 - จากนั้นระบบจะส่งออกแผ่นงานลำดับการเรียกใช้ไปยังสเปรดชีท Excel โดยอัตโนมัติ ซึ่งจะให้คำแนะนำผู้ปฏิบัติงานระหว่างกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลการวัดเพื่อให้ลำดับการวัดเป็นแบบสุ่ม

4 - แถบเครื่องมือจะคอยแนะนำผู้ปฏิบัติงานตลอดกระบวนการตรวจวัด เพื่อให้การวัดคุณลักษณะที่สำคัญครบทั้งหมด และได้รับข้อมูลการตรวจจากโพรบและการสแกนที่เพียงพอต่อการแยกข้อมูลการวัดที่เชื่อถือได้

5 - หลังจากวัดเสร็จสิ้น นักมาตรวิทยาจะใช้โปรเจ็กต์การตรวจวัดมาประมาณการความแปรผันของระบบการวัด

ความแตกต่างหลักๆ ระหว่างวิธีการแบบ X-bar R กับ ANOVA อยู่ที่การวิเคราะห์ผลลัพธ์ วิธีการแบบ X-bar R จะช่วยในการวัดความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำโดยใช้การคำนวณแผนภูมิควบคุม

คู่มือ "การวิเคราะห์ระบบการวัด" ของ AIAG อธิบายวิธีการไว้อย่างละเอียด Gauge R&R ที่ใช้วิธีการ ANOVA จะให้ข้อมูลมากกว่าและครอบคลุมมากกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เป็นการวิเคราะห์เชิงสถิติที่แยกย่อยแหล่งที่มาของความแปรผันในระบบการวัด ดังนี้

- **ความสามารถในการทำซ้ำ:** ความแปรผันจากระบบการวัดที่ไม่ได้เกิดขึ้นเพราะความแปรผันจากแหล่งอื่นๆ
- **ผู้ปฏิบัติงาน:** ความแปรผันระหว่างผู้ปฏิบัติงาน
- **ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วน/ผู้ปฏิบัติงาน:** ความแปรผันที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานกับชิ้นส่วน (หากผู้ปฏิบัติงานวัดชิ้นส่วนต่างๆ ด้วยวิธีที่แตกต่าง)
- **ระหว่างชิ้นส่วนกับชิ้นส่วน:** ความแปรผันที่มาจากชิ้นส่วนที่นำมาใช้ในการศึกษา ซึ่งแสดงถึงความแปรผันของกระบวนการผลิต

แหล่งที่มาของความแปรผันจะถือว่ามีความเป็นอิสระทางสถิติ โดยไม่คำนึงถึงวิธีการที่ใช้ ดังนั้นจึงได้รับการรวบรวมแบบสุ่ม (ผลรวมของความแปรปรวน) เพื่อแสดงความไม่แน่นอนโดยรวม

อันดับแรก จะมีการประเมินว่าความแปรผันที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนกับผู้ปฏิบัติการนั้นมีนัยสำคัญหรือไม่ หากมี ต้องนำมาพิจารณาร่วมกับความสามารถในการผลิตซ้ำโดยรวมของระบบ ($\sigma_{\text{ความสามารถในการผลิตซ้ำ}}$) ด้วยดังนี้

$$\sigma_{\text{ความสามารถในการผลิตซ้ำ}}^2 = \sigma_{\text{ผู้ปฏิบัติงาน}}^2 + \sigma_{\text{ปฏิสัมพันธ์}}^2$$

การระบุความสามารถในการทำซ้ำ ($\sigma_{\text{ความสามารถในการทำซ้ำ}}$) โดยตรงในระหว่างการศึกษา จะช่วยในการระบุความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำ ($\sigma_{R\&R}$) ของระบบการวัด ดังนี้

$$\sigma_{R\&R}^2 = \sigma_{\text{ความสามารถในการผลิตซ้ำ}}^2 + \sigma_{\text{ความสามารถในการทำซ้ำ}}^2$$

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

คำจำกัดความของระบบการวัด

ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด

• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ

• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม

ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด

ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ

การศึกษา Gauge R&R

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป

ท้ายที่สุดแล้ว ค่าความแปรผันของกระบวนการที่วัดโดยรวม ($\sigma_{\text{ทั้งหมด}}$) จะได้จากการนำความสามารถในการทำซ้ำและความสามารถในการผลิตซ้ำของระบบการวัดมาบวกกับความแปรผันของกระบวนการผลิตโดยประมาณ ($\sigma_{\text{ระหว่างชิ้นส่วนกับชิ้นส่วน}}$) ดังนี้

$$\sigma_{\text{ทั้งหมด}}^2 = \sigma_{R\&R}^2 + \sigma_{\text{ระหว่างชิ้นส่วนกับชิ้นส่วน}}^2$$

การวิเคราะห์ผลการศึกษาประกอบด้วย:

- การตรวจสอบให้แน่ใจว่าความไม่แน่นอนของระบบการวัด ($\sigma_{R\&R}$) ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อความแปรผันของกระบวนการที่วัดได้โดยรวม ความแปรผันของกระบวนการผลิตโดยประมาณ (ระหว่างชิ้นส่วนกับชิ้นส่วน) ควรอธิบายสาเหตุของความแปรผันเกือบทั้งหมดได้ หากความแปรผันระหว่างชิ้นส่วนกับชิ้นส่วนส่งผลค่อนข้างสูงกว่าความแปรผันอื่นๆ แสดงว่าระบบการวัดสามารถแยกแยะข้อผิดพลาดในการผลิตได้อย่างน่าเชื่อถือ
- การเปรียบเทียบความแปรผันของระบบการวัด กับขีดจำกัดของข้อมูลจำเพาะ (ความคลาดเคลื่อนยินยอม) เพื่อให้แน่ใจว่าความแปรผันเป็นสัดส่วนไม่เกิน 30% ของขีดจำกัด

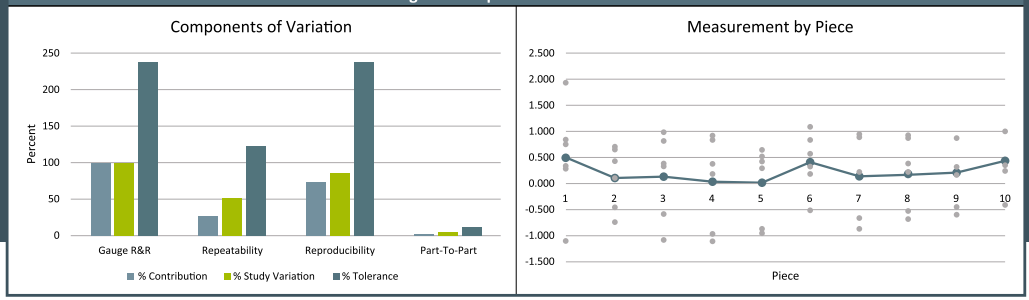
ขั้นตอนการเผยแพร่ของโซลูชัน PolyWorks MSA แปลงข้อมูลการศึกษา MSA เป็นผลลัพธ์ที่ตีความได้ และข้อมูลที่นำไปดำเนินการได้โดยใช้ตาราง สรุป และแผนภูมิที่อ่านง่าย ตามที่เห็นในภาพที่ 8 นี่คือส่วนที่มีประสิทธิภาพและสำคัญของกระบวนการศึกษาระบบดิจิทัล เนื่องจากเป็นส่วนที่อำนวยความสะดวกเป็นอย่างมากให้กับการตีความและการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับผลการศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเผยแพร่ผลลัพธ์ไปยังแม่แบบ Excel X-Bar R หรือ ANOVA ที่เลือก และวิเคราะห์ข้อผิดพลาดในการวัดและแหล่งที่มาอื่นๆ ของความแปรผันได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการศึกษา ANOVA นักมาตรวิทยาสามารถแยกย่อยความแปรปรวนออกเป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่ ชิ้นส่วน ผู้ประเมิน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนกับผู้ประเมิน และข้อผิดพลาดในการจำลองแบบที่เกิดจากเกจ

Gauge Repeatability and Reproducibility Report

Sources of Variation	Standard Deviation (SD)	Expanded Std Deviation (Study Variation * SD)	% Study Variation (% SV)	% Tolerance (SV/Tolerance)
1. Total Gauge R&R	0.7934	4.7602	99.87	238.01
1.1 Repeatability	0.4101	2.4608	51.63	123.04
1.2 Reproducibility	0.6791	4.0748	85.49	203.74
1.2.1 Operator	0.6791	4.0748	85.49	203.74
1.2.2 Part/Operator	n/a	n/a	n/a	n/a
2. Part-To-Part	0.0412	0.2472	5.19	12.36
Total Variation	0.7944	4.7666	100.00	238.33

Number of Distinct Categories =	1

Gauge R&R Report for Measurement

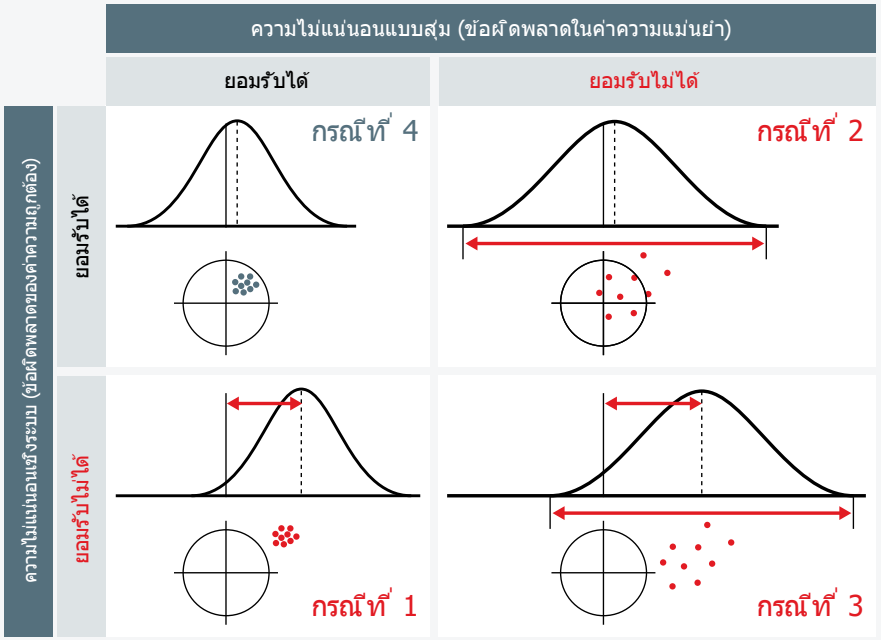


ภาพที่ 7
Gauge R&R

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากผลลัพธ์การวัดของระบบจะให้ผลตอบกลับเกี่ยวกับผลกระทบของความไม่แน่นอนของการวัด การใช้ดัชนีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักมาตรวิทยาสามารถดำเนินการแก้ไขเพื่อปรับปรุงกระบวนการวัดของตนได้ มาดูตัวอย่างนี้ซึ่งเห็นภาพชัดเจน เป้าหมายและแผนภาพการกระจายของค่าความผิดพลาด ตามที่แสดงใน ภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ข้อผิดพลาดในค่าความถูกต้องและค่าความแม่นยำ

ปัญหาแรก (กรณีที่ 1) นักมาตรวิทยาสามารถระบุได้ว่ามีข้อผิดพลาดในค่าความถูกต้องหรือไม่ ซึ่งอาจมาจากความเอนเอียงเกี่ยวกับความเป็นเส้นตรงของระบบ แต่ข้อผิดพลาดนี้สามารถแก้ไขได้ง่ายในทั้งสองกรณี สาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดของค่าความถูกต้อง ได้แก่[4]:

- อุปกรณ์วัดต้องทำการสอบเทียบ
- อุปกรณ์หรืออุปกรณ์จับยึดสึกหรอ
- ข้อผิดพลาดในการอ้างอิงที่ใช้ในกระบวนการวิเคราะห์
- วิธีการวัด (เช่น เทคนิคการจับยึด)

ปัญหาที่สองที่นักมาตรวิทยาอาจพบได้คือ เมื่อมีข้อผิดพลาดในค่าความแม่นยำ (กรณีที่ 2) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับระบบการวัด (ความสามารถในการทำซ้ำ) หรือเกิดจากผู้ปฏิบัติงาน (ความสามารถในการผลิตซ้ำ)

สาเหตุที่อาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดของค่าความแม่นยำ4 ได้แก่[4]:

- เกี่ยวกับชิ้นส่วน: รูปร่าง ตำแหน่ง พื้นผิวสำเร็จ ความเรียวความสม่ำเสมอของตัวอย่าง
- เกี่ยวกับอุปกรณ์: ซ่อมแซม สึกหรอ อุปกรณ์หรืออุปกรณ์จับยึดใช้งานไม่ได้คุณภาพ หรือการบำรุงรักษาไม่ดี
- เกี่ยวกับวิธีการ: ความแปรผันในการจัดการ เทคนิค การถือ และการจับยึด
- เกี่ยวกับผู้ปฏิบัติงาน: เทคนิค ตำแหน่ง ขาดประสบการณ์ ขาดทักษะหรือการฝึกอบรมการบังคับหรือควบคุมวัตถุ ความรู้สึกเหนื่อยล้า

หากพบว่าแหล่งที่มาของข้อผิดพลาดทั้งหมด (กรณีที่ 3) นักมาตรวิทยาต้องแยกย่อยประสิทธิภาพของระบบการวัดโดยใช้ดัชนีและแก้ไขประเภทข้อผิดพลาดทีละอย่างให้กับระบบการวัดจนอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (กรณีที่ 4)

[4] การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ที่เผยแพร่โดยกลุ่มปฏิบัติการอุตสาหกรรมยานยนต์ (AIAG)

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA
คำจำกัดความของระบบการวัด
ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
• ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
• ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
ความไม่แน่นอนขยาย
การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน
การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ
การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
การศึกษา Gauge R&R
คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา
สรุป

สรุป

กระบวนการวิเคราะห์ระบบการวัดที่มีประสิทธิภาพจะทำให้คุณแน่ใจได้ว่า คุณกำลังเก็บรวบรวมข้อมูลข้อมูลการวัด 3 มิติที่เชื่อถือได้ ทุกวันนี้ ไม่จำเป็นต้องเครียดกับกระบวนการที่ล้าสมัยและซับซ้อนที่ต้องใช้โซลูชันซอฟต์แวร์ของบริษัทอื่นหลายโซลูชันและต้องมีความเชี่ยวชาญขั้นสูงในการใช้ซอฟต์แวร์เชิงสถิติอีกต่อไป

โซลูชันซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะของ PolyWorks® MSA ช่วยให้การเตรียมการและการศึกษา MSA สำหรับสภาพแวดล้อมที่ใช้อุปกรณ์วัด 3 มิติง่ายขึ้นเป็นอย่างมาก และมอบการวิเคราะห์ความแปรผันของระบบการวัดที่เชื่อถือได้ โดยมีขั้นตอนการทำงานบนระบบดิจิทัลเต็มรูปแบบที่ใช้งานง่ายเพื่อให้แน่ใจได้ในความสมบูรณ์ของข้อมูลการวัดและช่วยให้ผู้ผลิตสามารถทำการศึกษา MSA กับทุกชิ้นส่วนใหม่ๆ ได้อย่างมั่นใจและยังยกระดับการควบคุมคุณภาพให้ดียิ่งขึ้น

Laurent Émond-Girard, P.Eng., M.A.Sc.
วิศวกรกระบวนการผลิต, InnovMetric

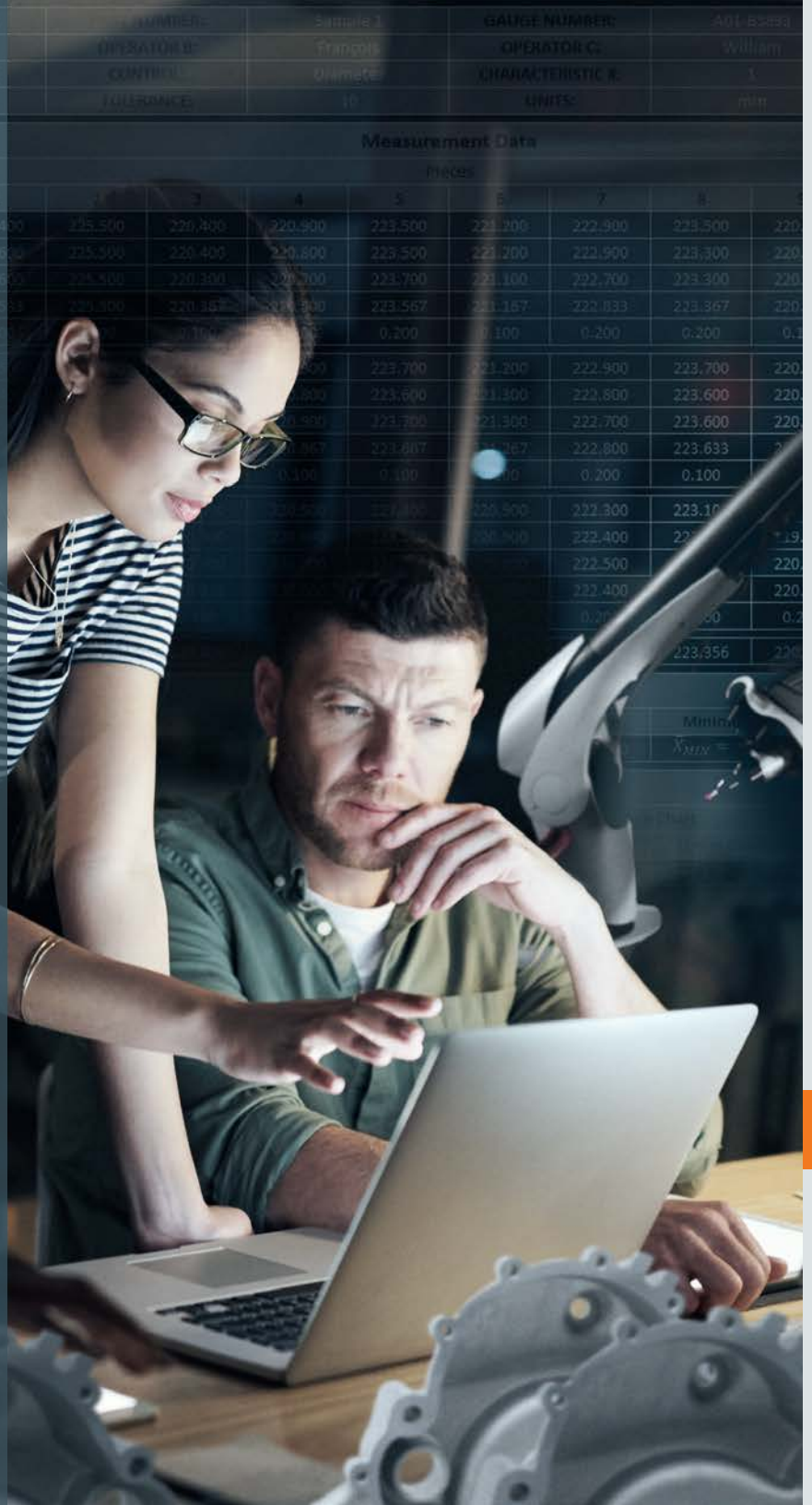
polyworks thailand

สำหรับข้อมูลเพิ่มเติม

ติดต่อเรา : +(66) 02-3647759 | info@polyworksthailand.com

เยี่ยมชมเว็บไซต์ของเรา : www.polyworksthailand.com

© 2022 InnovMetric Software Inc. สงวนลิขสิทธิ์ WP-MSA-LTTH-PWTH-0.0



การเก็บรวบรวมข้อมูลการวัด 3 มิติที่น่าเชื่อถือ | วิธีการวัด 3 มิติอัจฉริยะ

การทำความเข้าใจพื้นฐานของ MSA

- คำจำกัดความของระบบการวัด
- ดัชนีประสิทธิภาพของระบบการวัด
  - ความไม่แน่นอนเชิงระบบ
  - ความไม่แน่นอนแบบสุ่ม
- ความสามารถและประสิทธิภาพของระบบการวัด
- ความไม่แน่นอนขยาย

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมมาประเมินความไม่แน่นอนของระบบการวัด3 มิติที่ซับซ้อน

การศึกษา MSA โดยใช้วิธีการทดลองและซอฟต์แวร์การวัด 3 มิติอัจฉริยะ

- การศึกษาความสามารถในการทำซ้ำ
- การศึกษา Gauge R&R

คำแนะนำสำหรับนักมาตรวิทยา

สรุป