

การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis

(MSA) 4th Edition

Measurement Systems Analysis

MSA
Fourth Edition



วิทยากร
อุดมศักดิ์ จิตสงบ

โดย

BIG Q TRAINING CO., LTD.

www.bigq.co.th , www.bigqtraining.com

First Edition, October 1990 • Second Edition, February 1995; Second Printing, June 1998
Third Edition, March 2002; Second Printing, May 2003; Fourth Edition, June 2010

Copyright © 1990, © 1995, © 2002, © 2010 Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation
ISBN#: 978-1-60-534211-5

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



Curriculum Vitae

อุดมศักดิ์ จิตสงบ

15 ปี ในอาชีพวิทยากรและที่ปรึกษา

ความเชี่ยวชาญ

เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและปรับปรุงระบบการบริหารธุรกิจ และการประยุกต์ใช้ข้อกำหนด ISO9001, IATF16949 ในกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และการผลิตชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมต่างๆ การดำเนินกิจกรรมปรับปรุง เช่น QCC Kaizen 5S

ประวัติการศึกษา/อบรม :



ระดับการศึกษา	สาขาที่สำเร็จการศึกษา	คณะที่สำเร็จการศึกษา	สถาบันที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาโท	อุตสาหกรรมศึกษา	ศึกษาศาสตร์	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (มศว ประสานมิตร)
ปริญญาตรี	การจัดการอุตสาหกรรม	บริหารธุรกิจ	มหาวิทยาลัยสยาม
ปวส , ปวช	ไฟฟ้ากำลัง	ไฟฟ้า	วิทยาลัยเทคนิคนครปฐม

วันที่ 1

09.00-12.00 มทหน้า

- ความเข้าใจพื้นฐานและวัตถุประสงค์ของ MSA
- ข้อกำหนด IATF16949 ที่เกี่ยวข้องกับ MSA
- ความหมายของ "การวัด"
- ผลกระทบของการวัด (α , β) ที่มีต่อผลิตภัณฑ์และกระบวนการ
- บทบาทของการวัดต่อการควบคุมกระบวนการ และผลิตภัณฑ์
- หลักการและความแปรผันในระบบการวัด
- ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัด
- ความถูกต้องและความแม่นยำของการวัด
- การปรับปรุงระบบการวัดเพื่อนำไปสู่การสร้างความสำเร็จ
- ขั้นตอนวิเคราะห์ปัญหาของระบบการวัด
- บ่งชี้ประเด็นหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในการวัด
- สิ่งที่ต้องเตรียมการก่อนการวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ความผันแปรภายในกลุ่มและความผันแปรระหว่างกลุ่มของระบบ

การวัดแบบ Variable

- GR&R คืออะไร

วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Rang method)

- ขั้นตอนการวิเคราะห์ GR&R
- Graphical Analysis การวิเคราะห์เชิงกราฟ Run Chart , Whiskers Chart , Xbar-R
- Numerical Analysis การวิเคราะห์เชิงตัวเลข การคำนวณและการวิเคราะห์ ค่า Repeatability , Reproducibility GR&R , Rp , PV , TV ,ndc
- อ่านค่าและตีความ

วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)

- ขั้นตอนการวิเคราะห์ GR&R
- การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ Two-way ANOVA
- ค่าตัวเลข xbar , xdbbbar , sd Part , Appr SD ของ Appraisers
- Graphical Analysis การวิเคราะห์เชิงกราฟ
- ค่าตัวเลข xdbbbar , sd xbar Part , Repeatability , Reproducibilityg , GRR ของ Part
- การคำนวณค่า h,k
- ค่าตัวเลข Repeatability , Reproducibilityg , GRR โดยรวม การคำนวณและการวิเคราะห์ ค่า DF, SS, MS,F-Ratio,P-value,F critical ,Variance,STD Dev,6*STD Dev,% of TV,% Contribution,ndc
- อ่านค่าและตีความ

12.00-13.00 - พัก

13.00-16.30 - Workshop (ทดลองจริง)

- นำเสนอผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความเบี่ยงเบนของระบบการวัดแบบ Variable

- Bias คืออะไร
- ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถูกต้อง
- ค่าตัวเลข bias
- ค่าตัวเลขช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals) ของ Bias
- Workshop (ทดลองจริง)
- นำเสนอผลการวิเคราะห์

วันที่ 2

09.00-12.00 **การวิเคราะห์ความสามารถในการทำซ้ำและเบี่ยงเบน เมื่อเปลี่ยนย่านวัด แบบ Variable**

- Linearity คืออะไร
- ขั้นตอนการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงและแม่นยำในแต่ละย่านวัด
- ค่าตัวเลขค่า bias แต่ละย่านวัด
- ค่าตัวเลขช่วงความเชื่อมั่น ของ Bias แต่ละย่านวัด
- การยืนยันสมมติฐานของค่า (a , b)
- Workshop (ทดลองจริง)
- นำเสนอผลการวิเคราะห์

12.00-13.00 - พัก

13.00-16.30 **การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบการวัดแบบ Variable**

- Stability คืออะไร
- ขั้นตอนการทวนสอบความเที่ยงตรงและแม่นยำ
- การคำนวณค่า UCL , LCL ของ Bias
- Workshop (ทดลองจริง)
- นำเสนอผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความถูกต้องและทำเหมือน ระบบการวัดแบบ Attribute

- Kappa คืออะไร
- ขั้นตอนการวิเคราะห์ Repeatability , Reproducibility แบบ Attribute
- การคำนวณ Kappa , Effectiveness , Miss Rate , False Alarm Rate
- Workshop (ทดลองจริง)
- นำเสนอผลการวิเคราะห์
- Q&A

เนื่องจากเนื้อหาข้างมากจึงมีแนวทางการเรียน 2 แบบให้เลือก

แบบที่ 1 เรียนวิธีวิเคราะห์ , Workshop การทดลอง ไม่ลงรายละเอียดการคำนวณ (เหมาะกับผู้ที่ต้องรับผิดชอบปฏิบัติ)

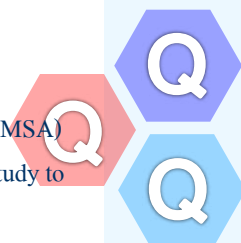
แบบที่ 2 เรียนการคำนวณ ไม่มี workshop การทดลอง (เหมาะกับผู้เข้าใจกระบวนการทำ MSA มาแล้ว)

ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติม

ASTM E2782-17 Standard guide for Measurement Systems Analysis (MSA)

ASTM E691-99 Standard Practice for Conducting an Interlaboratory Study to

Determine the Precision of a Test Method



QMS ยานยนต์ (ISO9001+IATF16949+CSR+กฎหมาย)

วัตถุประสงค์ของระบบ

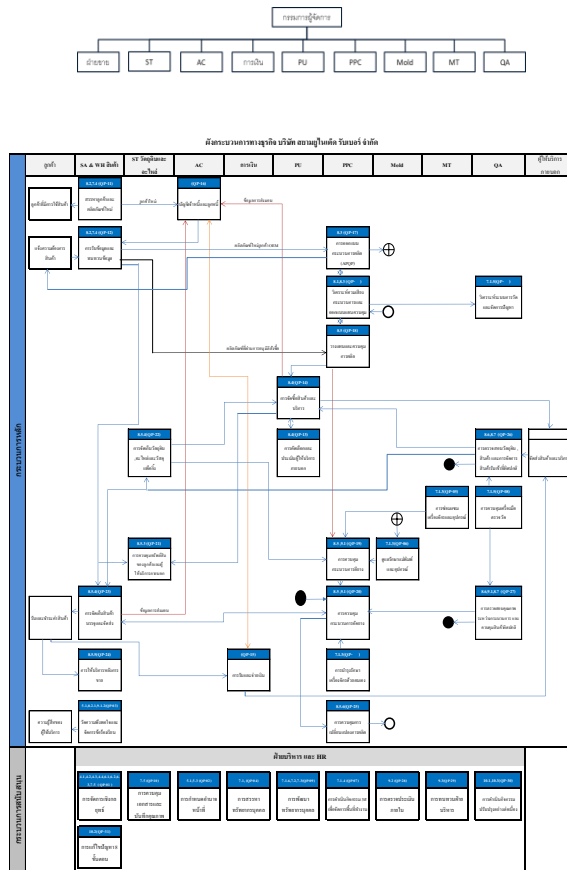
จุดที่ต้องบริหาร

เป้าหมายองค์กร

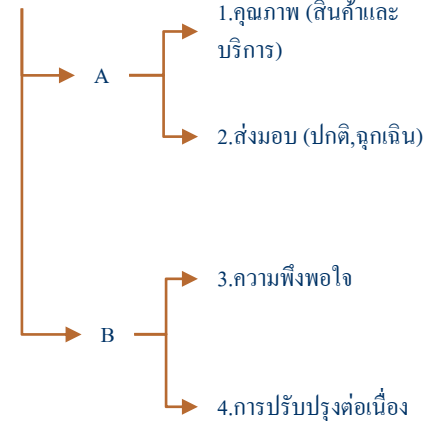
SWOT

ความต้องการ
ผู้มีส่วนได้เสีย

ข้อกำหนด
ของลูกค้า

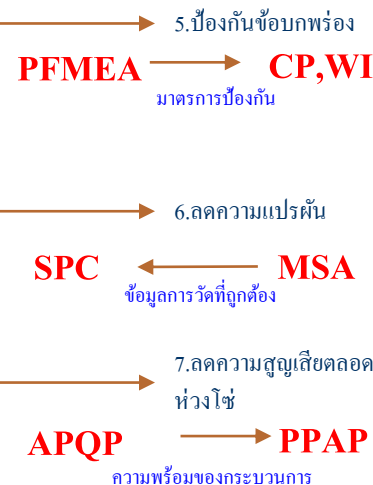


ISO9001 ข้อ 1



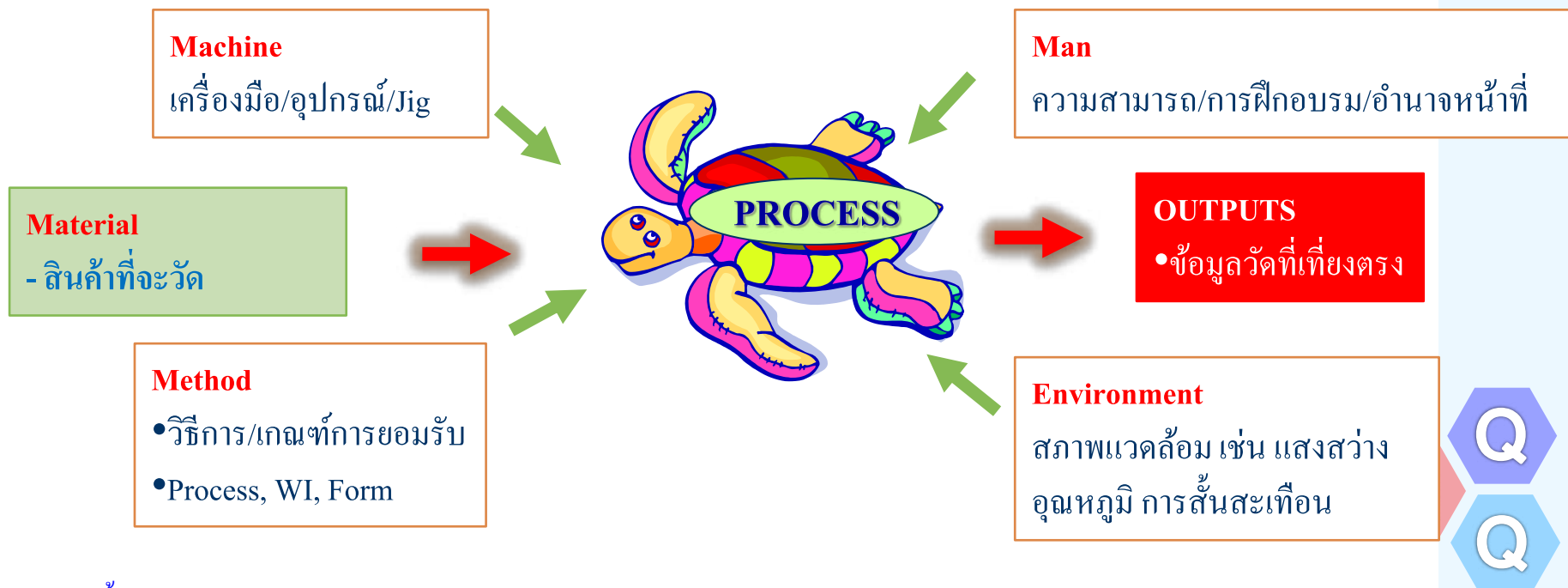
IATF ข้อ
วัตถุประสงค์

Core Tools



Measurement System Analysis คือ การวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของการวัดเพื่อจำแนกปัญหาที่พบในระบบการวัดซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก เช่น คน เครื่องมือ วิธีการ สภาพแวดล้อม เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงระบบการวัดทำให้การวัดมีความน่าเชื่อถือ

กระบวนการวัดคือ กิจกรรมที่รวบรวมไว้ซึ่ง อุปกรณ์วัดคุม เกจวัด มาตรฐาน การปฏิบัติงาน วิธีการ อุปกรณ์จับยึดงานซอฟต์แวร์ บุคลากร สิ่งแวดล้อม และข้อสมมุติต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดปริมาณของหน่วยการวัดหรือประเมินคุณลักษณะที่ได้รับการวัด หรือ กลางอย่างง่ายคือ กระบวนการอย่างสมบูรณ์ที่ใช้ในการวัด

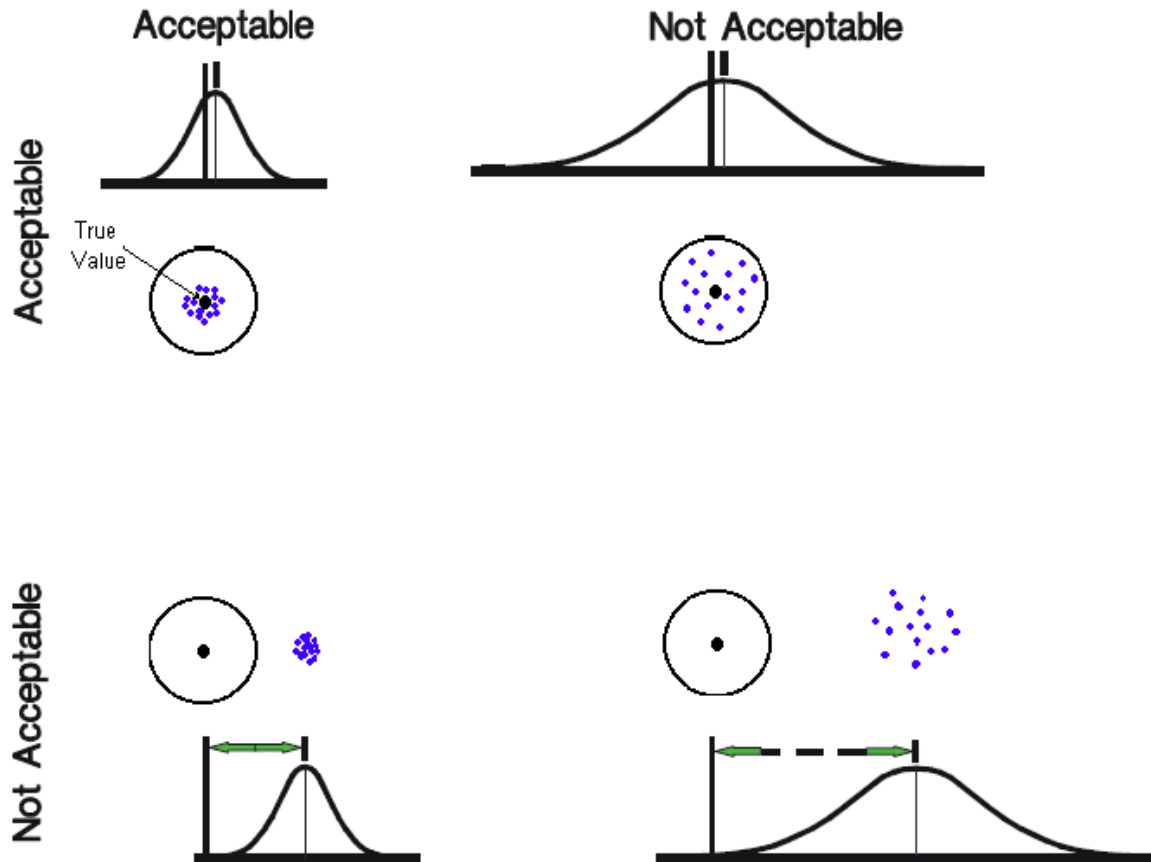


Precision

แม่นยำ

Accuracy

ถูกต้อง



ความผิดพลาด

Accuracy

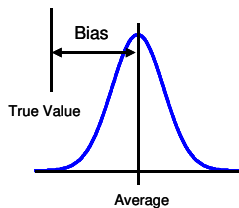
ถูกต้อง

Precision

แม่นยำ

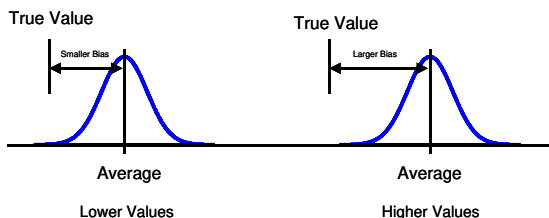
Bias

ความโน้มเอียง



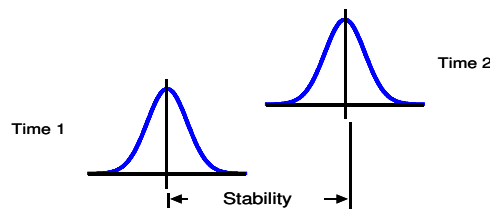
Linearity

เชิงเส้น



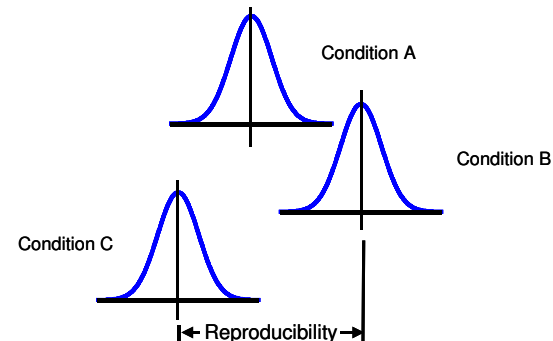
Stability

เสถียรภาพ



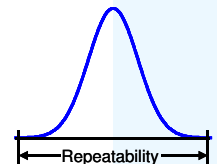
Reproducibility

ความแปรผัน
ระหว่างกลุ่ม



Repeatability

ความแปรผัน
ภายในกลุ่ม



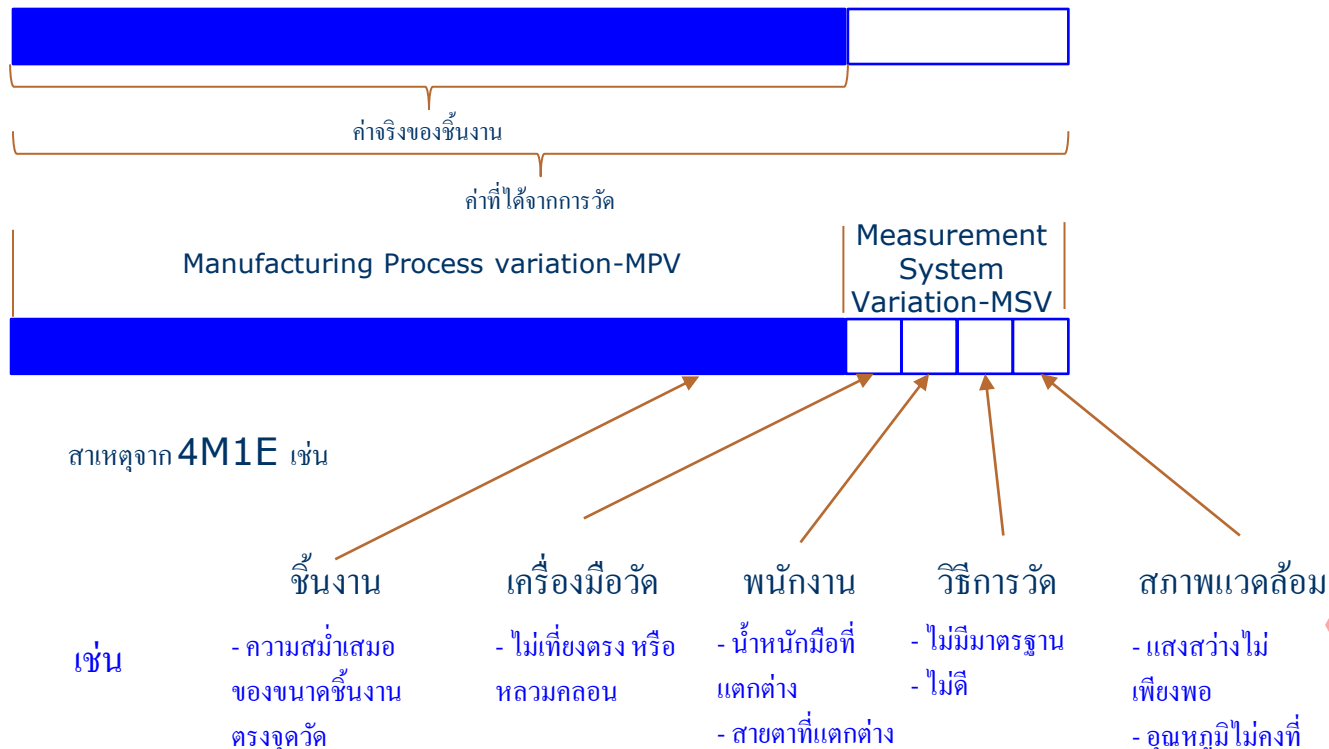
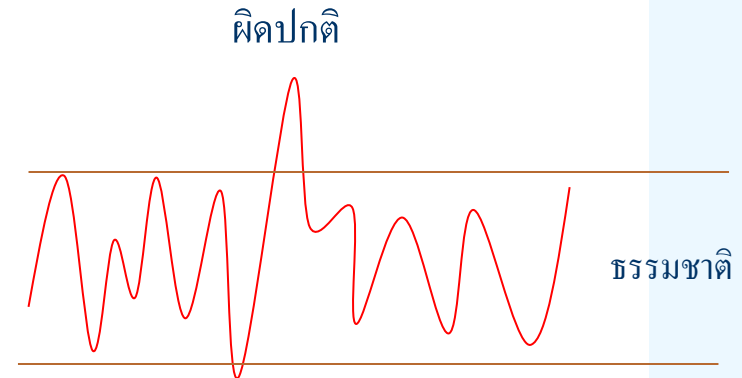
แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1 ธรรมชาติ

เป็นความแปรผันที่เกิดจากสาเหตุธรรมชาติ โดยค่าความแปรผันมีลักษณะเสถียรภาพ สามารถคาดการณ์ได้

2 ผิดปกติไม่เป็นธรรมชาติ

เป็นความแปรผันที่เกิดจากสาเหตุผิดพลาด ค่าดังกล่าวจะไม่เสถียร และคาดการณ์ไม่ได้



Step 1. Identify the Issues บ่งชี้ประเด็นหรือปัญหา ← **MSA**



Step 2. Identify the Team กำหนดคณะทำงาน



Step 3. Flowchart of Measurement System and Process ทำผังการไหลการทำงานหรือระบบการวัด



Step 4. Cause and Effect Diagram วิเคราะห์สาเหตุและผล



Step 5. Plan-Do-Study-Act (PDSA) พิสูจน์สาเหตุและกำหนดมาตรการจัดการและจัดการ

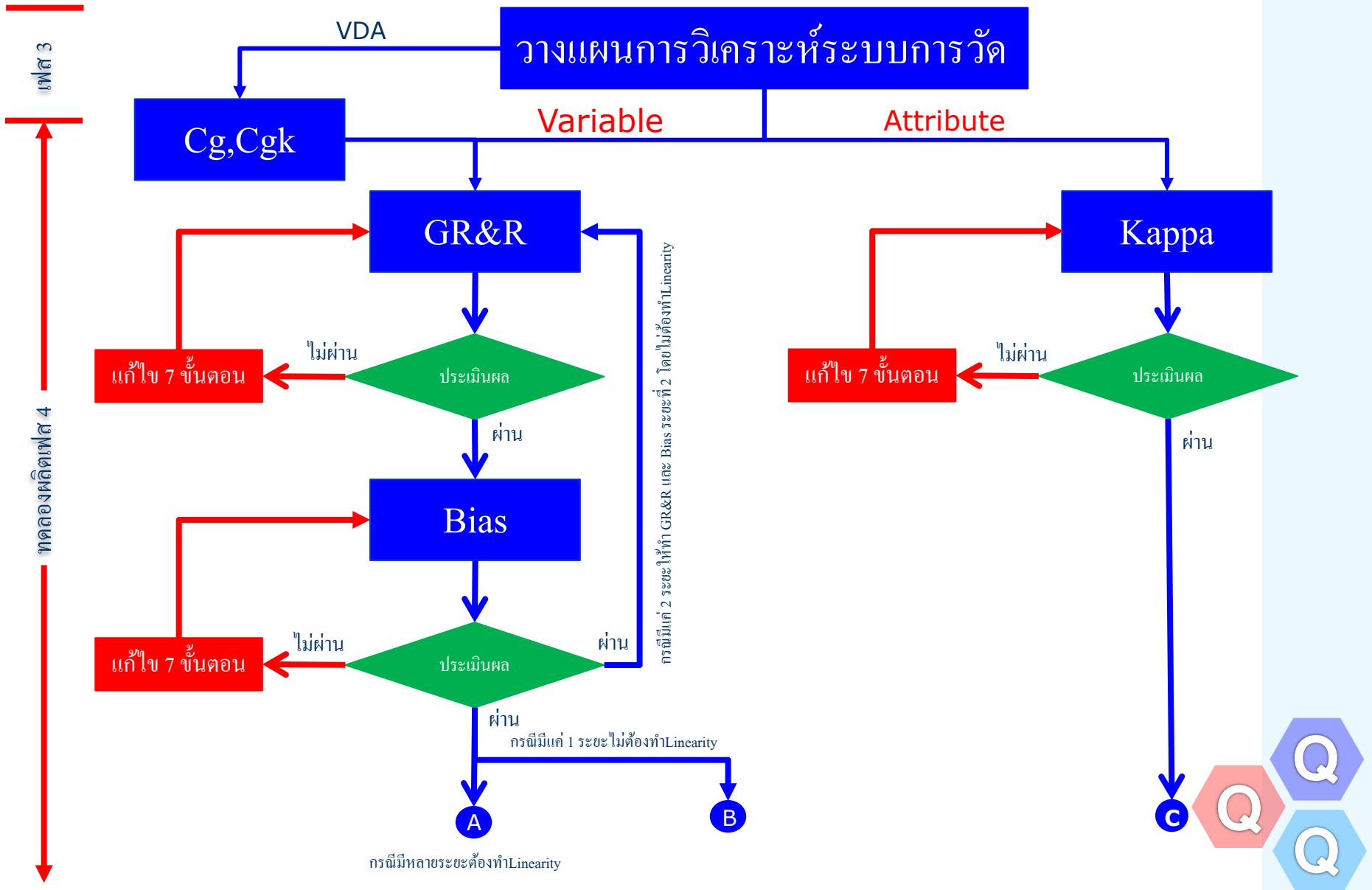


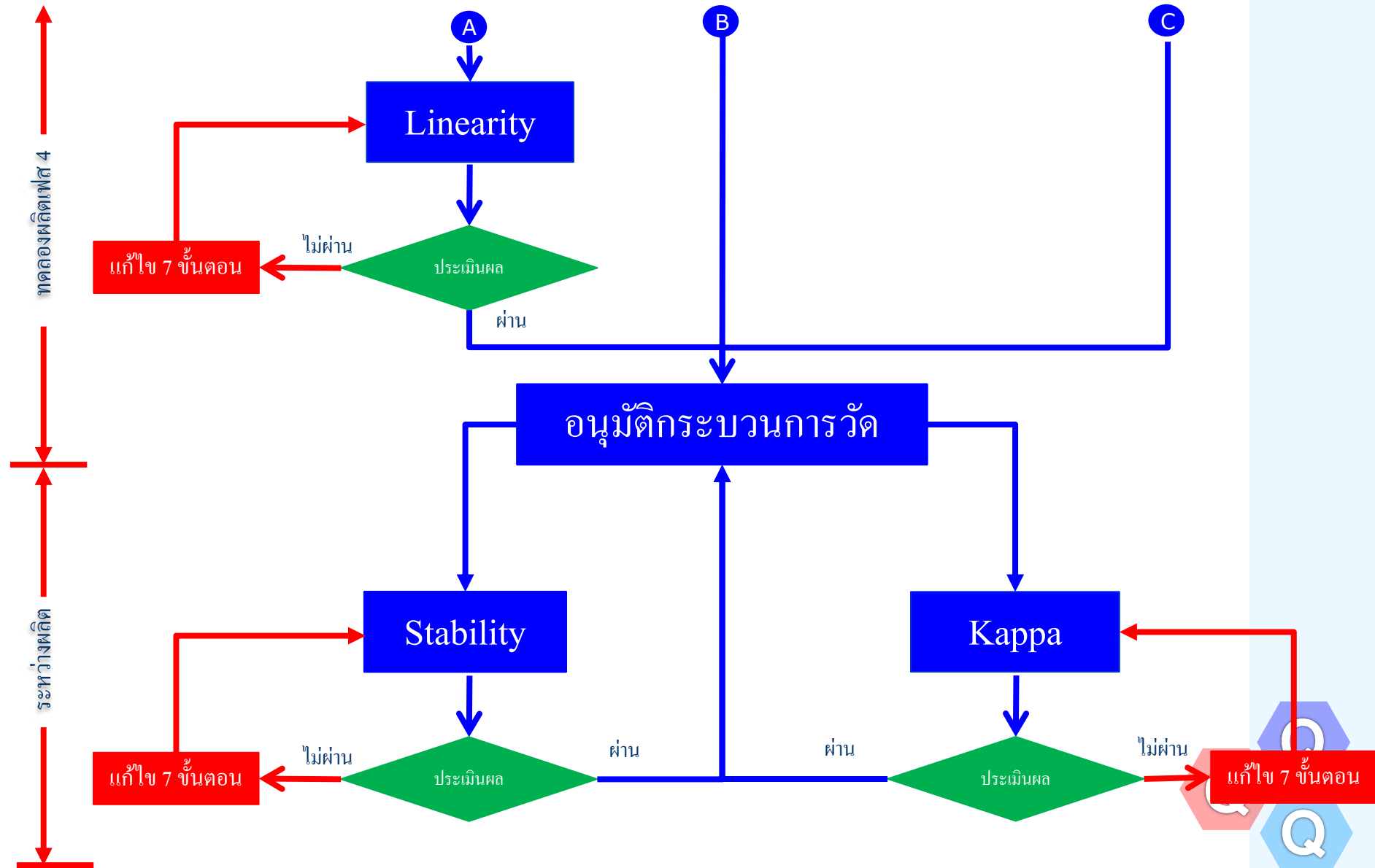
Step 6. Possible Solution and Proof of the Correction ยืนยันผลการแก้ไข ← **MSA**



Step 7. Institutionalize the Change จัดทำมาตรฐาน







ก่อนดำเนินการวิเคราะห์ระบบการวัดผู้ทำการทดลองต้องทำให้มั่นใจว่าระบบการวัดมีเพียง
ความแปรผันที่เกิดจากสาเหตุธรรมชาติเป็นหลักโดยเตรียมการดังนี้

โดย

- คนต้องผ่านการอบรมการตรวจและใช้เครื่องมือวัดคล่อง
- เครื่องมือวัดต้องสอบเทียบแล้วและค่าความคลาดเคลื่อนควรอยู่ระหว่าง 1/3-1/10 (iso10012-1 ข้อ4.3) และเหมาะสมสำหรับการวัด

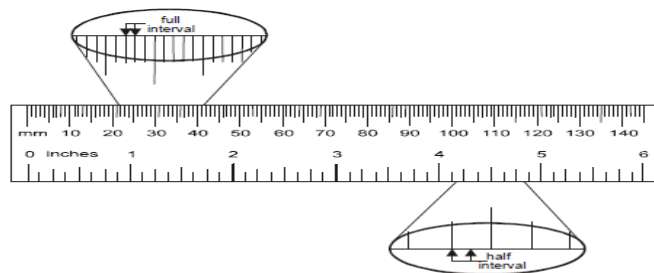


Figure I-E 2: Discrimination

- สภาพแวดล้อมในการตรวจสอบ (เสมือนจริง)
- ชิ้นงานตัวอย่างควรมาจากกระบวนการผลิตจริง
- วิธีการวัดและเกณฑ์การยอมรับ ต้องชัดเจน



การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition



Capability of Measurement Cg and Cgk

ทำตอนทดลองผลิต
และเริ่มทำเป็นอย่างแรกก่อนไปทำ GR&R

K= katayori แปลว่าการเบี่ยงเบน

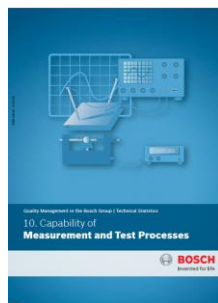
ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



C : capability **g** : gauge **k** : katayori แปลว่าการเบี่ยงเบน
ดัชนีความสามารถในการวัดที่เป็นไปได้ ค่านี้บ่งบอกถึง ความสามารถของอุปกรณ์การวัด โดยไม่ต้อง
คำนึงถึงความเบี่ยงเบนในการวัดอย่างเป็นระบบ



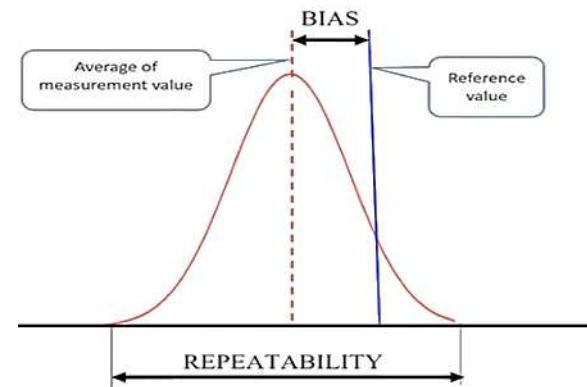
หน้า 55-56



หน้า 8-11

Cg : capability index of measuring system

ดัชนีความสามารถของระบบการวัด
ประเมินความสามารถในการทำซ้ำของเครื่องมือวัด *Repeatability*



Cgk : minimum capability index of measuring system ดัชนีความสามารถขั้นต่ำของระบบการวัด

ประเมินความสามารถในการทำซ้ำและเบี่ยงเบนของเครื่องมือวัด *Repeatability and Bias*



Capability of Measurement Cg , Cgk

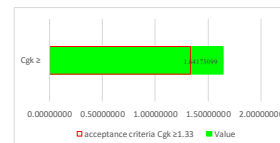
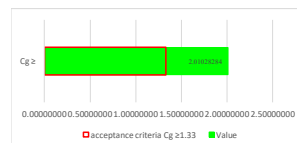
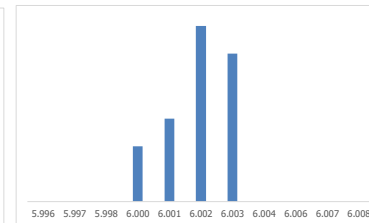
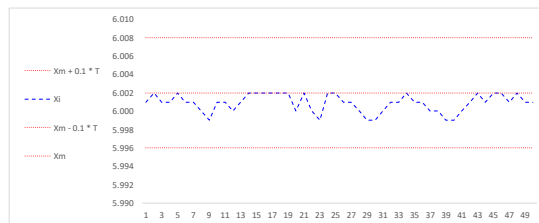
PART Name :	ROBBIN WITH PIN	Instrument Name :	Calipers	Calibration Uncertainty :	0.0002	Date :
PART NO. :		Serial Number :	-	Room Temperature :	20.2 °C	
Characteristic :		Resolution :	0.001	Room Humidity :	50%	

Reference value	6.00200	Unit	mm	LSL	5.9700	SL	6.0000	USL	6.0300
-----------------	---------	------	----	-----	--------	----	--------	-----	--------

n	xi	n	xi	n	xi	n	xi	n	xi
1	6.0010	11	6.0010	21	6.0020	31	6.0000	41	6.0000
2	6.0020	12	6.0000	22	6.0000	32	6.0010	42	6.0010
3	6.0010	13	6.0010	23	5.9990	33	6.0010	43	6.0020
4	6.0010	14	6.0020	24	6.0020	34	6.0020	44	6.0010
5	6.0020	15	6.0020	25	6.0020	35	6.0010	45	6.0020
6	6.0010	16	6.0020	26	6.0010	36	6.0010	46	6.0020
7	6.0010	17	6.0020	27	6.0010	37	6.0000	47	6.0010
8	6.0000	18	6.0020	28	6.0000	38	6.0000	48	6.0020
9	5.9990	19	6.0020	29	5.9990	39	5.9990	49	6.0010
10	6.0010	20	6.0000	30	5.9990	40	5.9990	50	6.0010

Drawing Values	Collected Values	Statistics
$\bar{X}_m + 0.1 * T$ = 6.00800	$X_{max} g$ = 6.0020	$\bar{X}_{bar} g + 3 * sg$ = 6.00388
$\bar{X}_m$ = 6.00200	$ Bias $ = 0.001100	$\bar{X}_{bar} g$ = 6.00090
$\bar{X}_m - 0.1 * T$ = 5.99600	$X_{min} g$ = 5.9990	$\bar{X}_{bar} g - 3 * sg$ = 5.99792
$0.2 * T$ = 0.01200	Rg = 0.0030	6 sg = 0.00597
T = 0.06000	nges = 50	sg = 0.00099488
K default = 20	NGE (Drawing) (L1 - L20)	

Test for Bias = 0		Test result: significant (Alpha ≤ 0.1%)	
t-score	7.8182	Minimum reference for capable measurement system	
P-value For t-score	0.000000000363		
Value	2.01028284	The terms 4s acceptance criteria	
$Cg \geq$	1.33		
$Cgk \geq$	1.33		
%RE ≤	5		
[]	HT P-Value=Alpha 0.05		
[X]	HT P-Value=Alpha 0.05		



ข้อมูลที่จะวิเคราะห์:

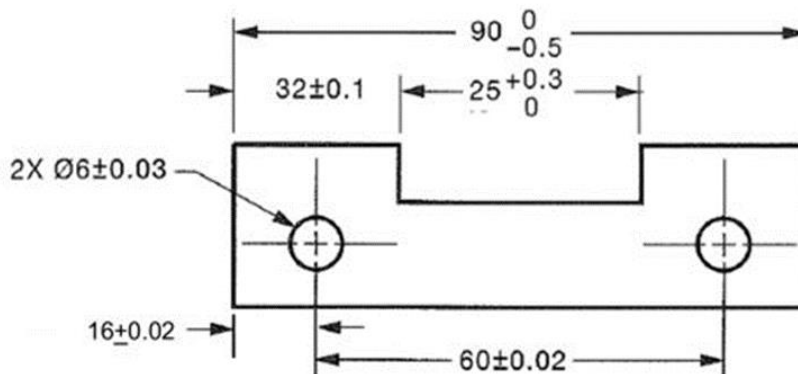
ข้อกำหนด Tolerance ของผลิตภัณฑ์ที่จะวัด : $T = USL - LSL$

ผลิตภัณฑ์ที่มีขีดจำกัดข้อมูลจำเพาะสองด้าน เช่น ด้านล่างและค่าขีดจำกัดบน (LSL และ USL)

จะคำนวณโดย $(T = USL - LSL)$

ผลิตภัณฑ์ที่มีขีดจำกัดด้านเดียว เช่น มีค่าขีดจำกัดที่ระบุเพียงค่าเดียว (LSL หรือ USL) แต่มีค่าต่ำกว่าหรือขีดจำกัดบน (LSL* หรือ USL*)

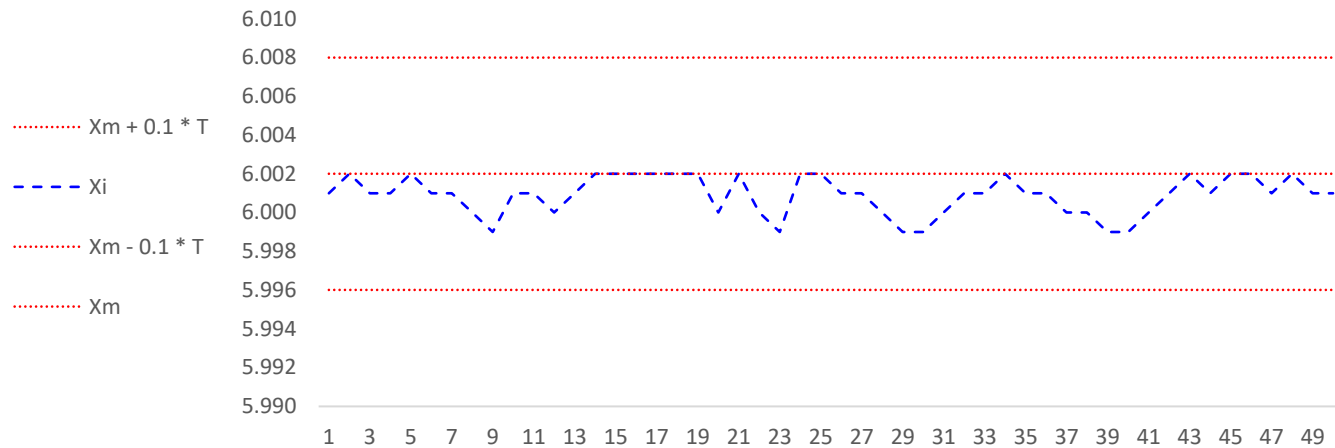
จะคำนวณโดย $T^* = USL - LSL^*$ หรือ $T^* = USL^* - LSL$ แทน



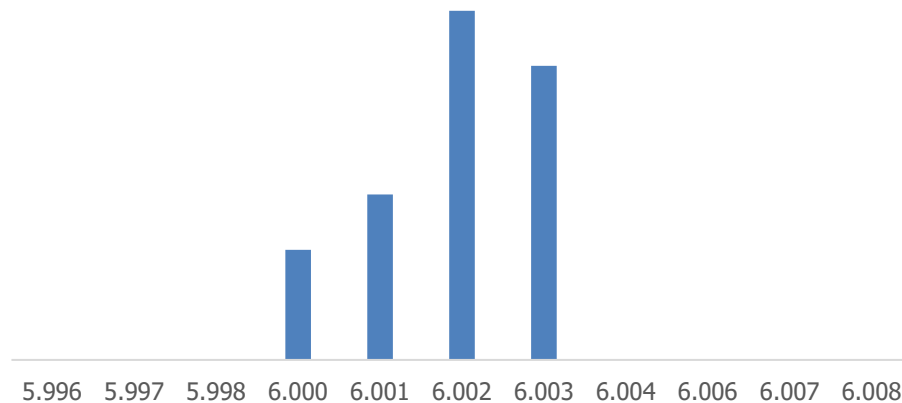
จำนวนค่าที่วัดได้ (ขนาดตัวอย่าง): n

ต้องการ 50 ครั้ง แต่อย่างน้อย 25 ครั้ง หากเป็นไปได้





บ่งชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นแบบสุ่มหรือมีแนวโน้มหรือไม่



บ่งชี้ว่าการกระจายตัวของผลการวัดเครื่องมือปกติหรือไม่



Reference value	6.0020	LSL	5.97	SL	6	USL	6.03
n	x_i	n	x_i	n	x_i	n	x_i
1	6.0010	11	6.0010	21	6.0020	31	6.0000
2	6.0020	12	6.0000	22	6.0000	32	6.0010
3	6.0010	13	6.0010	23	5.9990	33	6.0010
4	6.0010	14	6.0020	24	6.0020	34	6.0020
5	6.0020	15	6.0020	25	6.0020	35	6.0010
6	6.0010	16	6.0020	26	6.0010	36	6.0010
7	6.0010	17	6.0020	27	6.0010	37	6.0000
8	6.0000	18	6.0020	28	6.0000	38	6.0020
9	5.9990	19	6.0020	29	5.9990	39	5.9990
10	6.0010	20	6.0000	30	5.9990	40	5.9990

ค่ามากที่สุดของ $X_i \rightarrow X_{max\ g} = 6.0020$

$|Bias| = 0.001100$

ค่าน้อยสุดของ $X_i \rightarrow X_{min\ g} = 5.9990$

$R_g = 0.0030$

$n_{ges} = 50$

Drawing Values

$X_m + 0.1 * T = 6.00800$

$X_m = 6.00200$

$X_m - 0.1 * T = 5.99600$

$0.2 * T = 0.01200$

$T = 0.06000$

Statistics

$\bar{X}_{bar\ g} + 3 * sg = 6.00388$

$\bar{X}_{bar\ g} = 6.00090$

$\bar{X}_{bar\ g} - 3 * sg = 5.99792$

$6 * sg = 0.00597$

$sg = 0.00099488$

$Bi = |\bar{x}_g - x_m|$

$\bar{x}_g$ arithmetic mean of the measured values

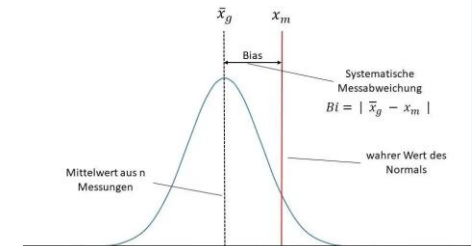
x_m reference value of the measurement standard

$|0.0011| = |6.002 - 6.0009|$

$R_g = X_{max\ g} - X_{min\ g}$

$0.003 = 6.002 - 5.999$

$n_{ges} = \text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}$
 $= 50$



Drawing Values			Collected Values			Statistics		
$Xm + 0.1 * T$	=	6.00800	$Xmax\ g$	=	6.0020	$Xbar\ g + 3 * sg$	=	6.00388
Xm	=	6.00200	$ Bias $	=	0.001100	$Xbar\ g$	=	6.00090
$Xm - 0.1 * T$	=	5.99600	$Xmin\ g$	=	5.9990	$Xbar\ g - 3 * sg$	=	5.99792
$0.2 * T$	=	0.01200	Rg	=	0.0030	$6\ sg$	=	0.00597
T	=	0.06000	$nges$	=	50	sg	=	0.00099488
$K\ default$	=	20						

Repeatability

$$0.2 = \frac{20}{100}$$

$$C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s} = \frac{k / 100 \cdot T}{6 \cdot s}$$

$$C_g = \frac{0.2 * 0.06}{6 * 0.00099488}$$

$$C_g = 2.01028284$$

$$C_g = \frac{0.2 \cdot T}{6 \cdot s_g}$$

$$C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - |\bar{x}_g - x_m|}{3 \cdot s_g}$$

$$\%RE(Resolution) = \frac{RE}{RF} * 100$$

$$\%Var (Repeatability) = \frac{K}{C_g}$$

$$\%Var (Repeatability and Bias) = \frac{K}{C_{gk}}$$

Value

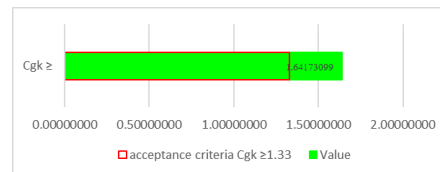
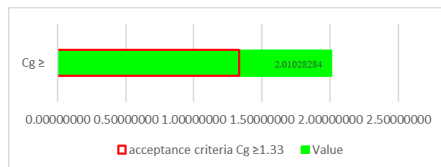
2.01028284

1.64173099

1.67

9.95

12.18



Repeatability and Bias

$$C_{gk} = \frac{0.1 \cdot T - |\bar{x} - x_m|}{3 \cdot s} = \frac{k / 200 \cdot T - |\bar{x} - x_0|}{3 \cdot s}$$

$$C_{gk} = \frac{0.1 * 0.06 - |6.0009 - 6.002|}{3 * 0.00099488}$$

$$C_{gk} = 1.64173099$$

Instrument Name:	ไมโคร	Calibration Uncertainty	0.0002
Serial Number:	-	Room Temperature	20.2 °C
Resolution:	0.001	Room Humidity	50%

Drawing Values		Collected Values		Statistics	
$Xm + 0.1 * T$	=	6.00800	$Xmax g$	=	6.0020
Xm	=	6.00200	$ Bias $	=	0.001100
$Xm - 0.1 * T$	=	5.99600	$Xmin g$	=	5.9990
$0.2 * T$	=	0.01200	Rg	=	0.0030
T	=	0.06000	$nges$	=	50
$K default$	=	20			
				$Xbar g + 3 * sg$	= 6.00388
				$Xbar g$	= 6.00090
				$Xbar g - 3 * sg$	= 5.99792
				$6 sg$	= 0.00597
				sg	= 0.00099488

Value

2.01028284

1.64173099

1.67

9.95

12.18

$Cg = \frac{0.2 * T}{6 * sg}$

$Cgk = \frac{0.1 * T - |\bar{x}_g - x_m|}{3 * sg}$

$\%RE(Resolution) = \frac{RE}{RF} * 100$

$\%Var(Repeatability) = \frac{K}{Cg}$

$\%Var(Repeatability and Bias) = \frac{K}{Cgk}$

$\%Var(Repeatability) = \frac{K}{Cg} = \frac{20}{2.0103} = 9.95$

$\%Var(Repeatability and Bias) = \frac{K}{Cgk} = \frac{20}{1.6417} = 12.18$

เกณฑ์การยอมรับ $\%Var \leq 15\%$

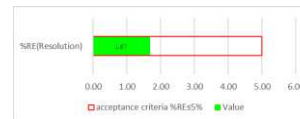
%Resolution เปรียบเทียบความละเอียดของเครื่องมือวัดเทียบกับค่า Tolerance ของผลิตภัณฑ์

RE = ความละเอียดของเครื่องมือวัด

RF = ค่า Tolerance ของผลิตภัณฑ์

$$\%RE(Resolution) = \frac{RE}{RF} * 100$$

$$= \frac{0.001}{0.06} * 100 = 1.67$$



เกณฑ์การยอมรับ $\%RE \leq 5$

การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition



Gage Repeatability & Reproducibility

ทำทดลองผลิต
และเริ่มทำเป็นอย่างแรก

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



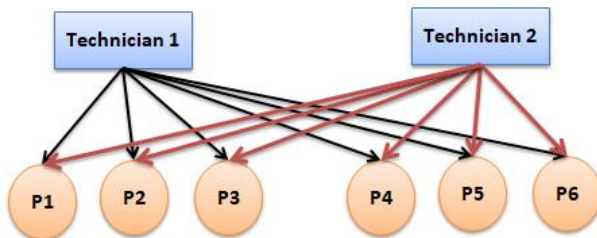
วิธีการประเมินค่า GR&R มี 3 วิธี

1. **วิธีค่าพิสัย (Range method)** เหมาะสำหรับการทดลองในช่วงสั้นๆ และไม่มีการวัดซ้ำทำให้เห็นภาพรวมความแปรผัน **ข้อเสียจะไม่สามารถแยก Reproducibility (AV)** ออกจาก **Repeatability (EV)** ได้

2. **วิธีค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Rang method)** เหมาะสำหรับการทดลองที่สามารถทำซ้ำในแต่ละตัวอย่างได้ **ซึ่งสามารถแยก Reproducibility (AV)** ออกจาก **Repeatability (EV)** ได้

**** แต่ไม่สามารถแยกความแปรผันจากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานวัดออกจากค่า Repeatability ได้**

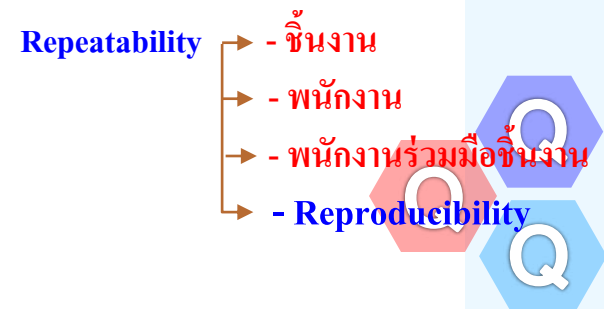
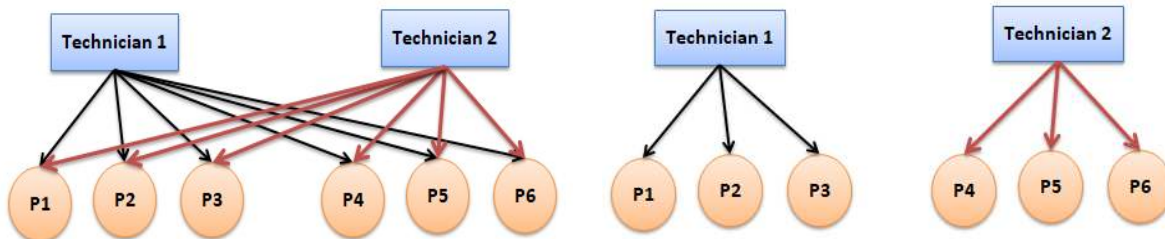
**** ใช้ได้เฉพาะ การทดสอบแบบ Crossed Gage R&R**



3. **วิธีค่าวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)** เหมาะสำหรับการทดลองที่สามารถทำซ้ำในแต่ละตัวอย่างได้

**** สามารถแยกตามความแปรผัน จากสาเหตุร่วมระหว่างชิ้นงานและพนักงานออกจากค่า Repeatability ได้**

**** ใช้ได้ทั้ง การทดสอบแบบ Crossed Gage R&R และ Nested Gage R&R**



การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

Gage Repeatability & Reproducibility

วิเคราะห์โดย ค่าเฉลี่ยและพิสัย (Average and Rang method)



ทำทดลองผลิต
และเริ่มทำเป็นอย่างแรก

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



การวิเคราะห์ผลประกอบด้วย 2 แนวทางคือ

Numerical Analysis การวิเคราะห์เชิงตัวเลข

Graphical Analysis การวิเคราะห์เชิงกราฟ

Gage Repeatability & Reproducibility																
PART NAME :		ROBBIN WITH PIN			Instrument Name :		VERNER		Appr A :		ม.ร.ร.		CHECKED BY.			
PART NO. :					Serial Number :		-		Appr B :		ป.ด.					
Characteristic/Specification					Resolution :		0.001		Appr C :		ม.ร.ร.		APPROVED BY.			
Trials:		3			Sample:		10		Appr D :							
Characteristic Class:					Date Performed:				Appraisers:		3		Persons.			
Appraiser/Trial																
Instrument No.:		Sample										Average				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
ม.ร.ร.		1	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36				
		2	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75	-0.2	1.99	-1.25				
		3	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31				
Average (A)			0.447	-0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667	-0.227	2.087	-1.307	$\bar{X}_a$	0.1903		
Range			0.350	0.120	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160	0.140	0.270	0.110	R_a	0.1840		
Instrument No.:												Average				
		1	0.08	-0.47	1.19	0.01	-0.56	-0.2	0.47	-0.63	1.8	-1.68				
ป.ด.		2	0.25	-1.22	0.94	1.03	-1.2	0.22	0.55	0.08	2.12	-1.62				
		3	0.07	-0.68	1.34	0.2	-1.28	0.06	0.83	-0.34	2.19	-1.5				
Average (B)			0.133	-0.790	1.157	0.413	-1.013	0.027	0.617	-0.297	2.037	-1.600	$\bar{X}_b$	0.0683		
Range			0.180	0.750	0.400	1.020	0.720	0.420	0.360	0.710	0.390	0.180	R_b	0.5130		
Instrument No.:												Average				
		1	0.04	-1.38	0.88	0.14	-1.46	-0.29	0.02	-0.46	1.77	-1.49				
ม.ร.ร.		2	-0.11	-1.13	1.09	0.2	-1.07	-0.67	0.01	-0.56	1.45	-1.77				
		3	-0.15	-0.96	0.67	0.11	-1.45	-0.49	0.21	-0.49	1.87	-2.16				
Average (C)			-0.073	-1.157	0.880	0.150	-1.327	-0.483	0.080	-0.503	1.697	-1.807	$\bar{X}_c$	-0.2543		
Range			0.190	0.420	0.420	0.090	0.390	0.380	0.200	0.100	0.420	0.670	R_c	0.3280		
Instrument No.:												Average				
		1														
		2														
		3														
Average (D)													$\bar{X}_d$			
Range													R_d			
Average Sample			0.169	-0.851	1.099	0.367	-1.064	-0.186	0.454	-0.342	1.940	-1.571	$\bar{\bar{X}}$	0.0014		
$\bar{\bar{X}}$													$R_{\bar{X}}$	3.5111		
A2 and D3 and D4 are constant Value received from statistical table																
Trials:		A2	D3	D4						RESULTS						
2		1.880	0.000	3.267	*K1=5.15/d2 ; g=15					$\bar{R} = (\bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \bar{R}_3)/Appraser =$		0.3417				
3		1.023	0.000	2.575	*K1=5.15/d2 ; g=1					$\frac{\bar{X}_{max} - \bar{X}_{min}}{\bar{X}_{max}}$		0.4447				
					*K1=5.15/d2 ; g=1					$UCL_x = \bar{\bar{X}} + D_4 \bar{R}$		0.0000				
					1.023 0.000 2.575					$UCL_x = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$		0.0000				
										$LCL_x = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$						
Measurement Factors Analysis									%Tolerance(To)							
Repeatability		= Instrument Variation (EV)				Trials		K_1								
		EV = $\frac{\bar{R}}{R + K_1}$				2		0.8862	%EV = 100(EV/TV)							
		= 0.20186				3		0.5908	= 17.617 %							
Reproducibility		= Appraiser Variation (AV)				Appr		K_2	%AV = 100(AV/TV)							
		AV = $\frac{(X_{max} - K_1) - (EV/nr)}{R}$				2		0.7071	= 19.91 %							
		= 0.22818				3		0.5231	n = Number of sample							
		0.5231				4		0.4467	r = Number of trials.							
Repeatability & Reproducibility(R&R)									Samples							
		R&R = $\frac{(EV^2 + AV^2)}{R + K_1}$				2		0.7071	%R&R = 100(R&R/TV)							
		= 0.30465				3		0.5231	= 26.588 %							
						4		0.4467								
Part Variation(PV)									5							
		PV = $R_p \times K_3$				6		0.3742	%PV = 100(PV/TV)							
		= 1.10460				7		0.3534	= 66.401 %							
Total Variation(TV)									8							
		TV = $\sqrt{(R&R^2 + PV^2)}$				9		0.3375	number of distinct categories(ndc)							
		= 1.14854				10		0.3146	ndc = $L_1(PV/R&R)$							
									= 5.112							
The %R&R and ndc value is:									JUDGEMENT							
%R&R ≤ 10 %									ดี ภาวะแบบที่เครื่องมือสามารถยอมรับได้ (Accept.)						Pass	
10% < %R&R < 30 %									ดี ภาวะแบบที่เครื่องมือสามารถยอมรับกันได้ถ้าไม่ยอมรับก็อาจทำการแก้ไขปรับปรุง (Accept or improve)						Improve	
%R&R ≥ 30 %									ดี ภาวะแบบที่เครื่องมือไม่สามารถยอมรับกันได้ถ้าหากแก้ไขปรับปรุง (Reject.)						Reject	
ถ้า ค่า เป็นที่ต่ำกว่าขอบบนเป็นค่าบวกแสดงถึงค่าความไม่แน่นอนในการวัดค่าจนกว่า 5																

คำนวณค่าพิสัย(Rang) และค่าเฉลี่ย (Average) ของข้อมูลแต่ละกลุ่ม

Appraiser/Trial		Sample										Average	
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
มาตรฐาน	1	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36	—	
	2	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75	-0.2	1.99	-1.25		
	3	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31		
Average(A)		0.447	-0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667	-0.227	2.087	-1.307	$\overline{X}_A=$	0.1903
Range		0.350	0.120	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160	0.140	0.270	0.110	$\overline{R}_A=$	0.1840

ตัวอย่าง กลุ่มที่1

$$Average = \frac{\sum x1 + x2 + x3}{n}$$

$$= \frac{0.29+0.41+0.64}{3}$$

$$\text{ค่าเฉลี่ย}(k_1) = 0.447$$

$$R = X_{\text{maximum}} - X_{\text{minimum}}$$

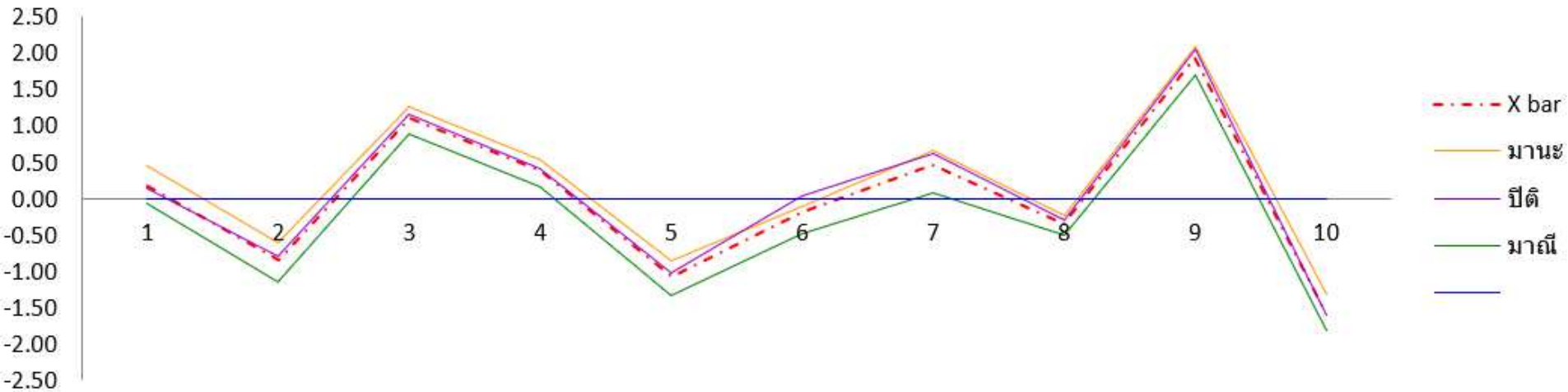
$$= \text{ค่าสูงสุดในแต่ละกลุ่ม} - \text{ค่าต่ำสุดในแต่ละกลุ่ม}$$

$$= 0.64 - 0.29$$

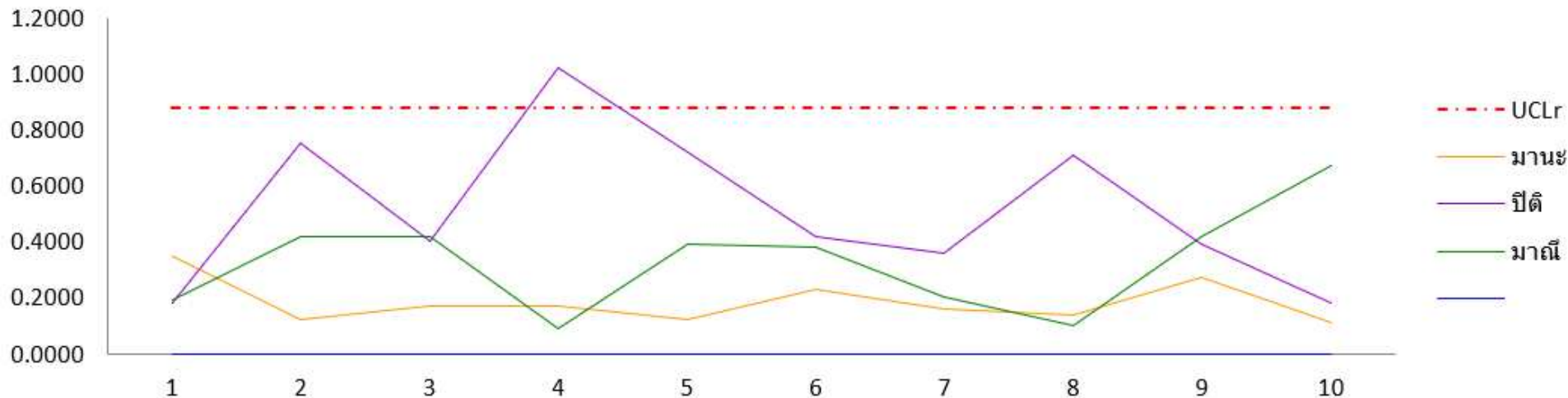
$$\text{ค่าพิสัย}(k_1) = 0.35$$



ค่าเฉลี่ย



ค่าพิสัย



คำนวณค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}_{diff}$) นั้นแล้วหาค่าเฉลี่ยของพิสัย ($\bar{R}$)

8	9	10	Average	
-0.31	2.26	-1.36	$\bar{X}_A =$	0.1903
-0.2	1.99	-1.25		
-0.17	2.01	-1.31		
-0.227	2.087	-1.307		
0.140	0.270	0.110	$\bar{R}_A =$	0.1840
8	9	10	Average	
-0.63	1.8	-1.68	$\bar{X}_B =$	0.0683
0.08	2.12	-1.62		
-0.34	2.19	-1.5		
-0.297	2.037	-1.600		
0.710	0.390	0.180	$\bar{R}_B =$	0.5130
8	9	10	Average	
-0.46	1.77	-1.49	$\bar{X}_C =$	-0.2543
-0.56	1.45	-1.77		
-0.49	1.87	-2.16		
-0.503	1.697	-1.807		
0.100	0.420	0.670	$\bar{R}_C =$	0.3280
8	9	10	Average	

-0.342	1.940	-1.571	$\bar{X}_D =$	
			$\bar{R}_D =$	
			$\bar{X} =$	0.0014
			$\bar{R} =$	0.3417
$\bar{R} =$	$(\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C + \bar{R}_D) / \text{Appraiser} =$		0.3417	
$\bar{X}_{diff} =$	$\bar{X}_{max} - \bar{X}_{min} =$		0.4447	
$UCL_R =$	$\bar{R} \times D_4 =$		0.8798	
$LCL_R =$	$\bar{R} \times D_3 =$		0.0000	
$UCL_x =$	$\bar{X} + A_2 \times \bar{R}$			
$LCL_x =$	$\bar{X} - A_2 \times \bar{R}$			

และค่า UCL_R

$$\bar{X}_{diff} = \text{Max}(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c, \bar{X}_d) - \text{Min}(\bar{X}_a, \bar{X}_b, \bar{X}_c, \bar{X}_d)$$

$$= 0.1903 - (-0.2543) = 0.4447$$

$$\bar{R} = \frac{(\bar{R}_a + \bar{R}_b + \bar{R}_c + \bar{R}_n)}{\text{Appraiser}}$$

$$= \frac{0.1840 + 0.5130 + 0.3280}{3} = 0.3417$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$= 2.575 \times 0.3417$$

$$= 0.8798$$

Trials.	A2	D3	D4
2	1.880	0.000	3.267
3	1.023	0.000	2.575

สมมุติฐาน ถ้าการวัดเป็นไปอย่างธรรมชาติค่า R ทุกค่า จะไม่เกินค่า UCL_R

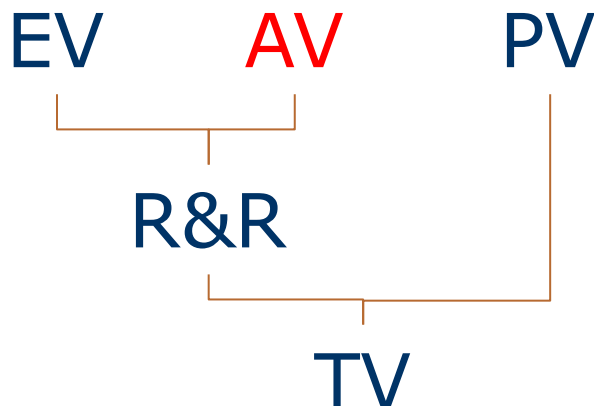
คำนวณ **Reproducibility** คือ ความแปรผันระหว่างกลุ่ม **between subgroup variation**
โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

Reproducibility	=	Appraiser Variation(AV)	Appr	K_2
AV	=	$\sqrt{(X_{diff} * k_2)^2 - (EV^2 / nr)}$	2	0.7071
	=	0.22818	3	0.5231
			4	0.4467

$$AV = \sqrt{(0.4447 * 0.5231)^2 - ((0.20186)^2 / (10 * 3))}$$

$n = \text{parts}$ $r = \text{trials}$

$$AV = 0.22818$$



สาเหตุอาจมาจาก

- วิธีการวัดที่ไม่เป็นมาตรฐานและแตกต่างกันในแต่ละคน
- น้ำหนักมือที่แตกต่างกันในแต่ละคน
- ตำแหน่งการวัดที่แตกต่างกัน
- เครื่องมือที่มีความคลาดเคลื่อนแตกต่างกัน
-



การศึกษาคุณสมบัติของระบบการวัดถึงความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน

Appraiser/Trial		
Instrument No.: 1		
มาตรฐาน	1	0.29
	2	0.41
	3	0.64
Average(A)		0.447
Range		0.350
Instrument No.: 1		
ปีติ	1	0.08
	2	0.25
	3	0.07
Average(B)		0.133
Range		0.180
Instrument No.: 1		
มาณี	1	0.04
	2	-0.11
	3	-0.15
Average(C)		-0.073
Range		0.190
Instrument No.: 1		
	1	
	2	
	3	
Average(D)		
Range		
Average Sample		
$\bar{X}_s =$	0.169	-0.851 1.099 0.367 -1.064 -0.186 0.454 -0.342 1.940 -1.571

ก่อนหาค่า **ndc** ต้องทราบค่าความต่างระหว่างชิ้นงาน (R_p)

ดังนั้นต้องทราบค่า

$$\bar{X}_s = \frac{A_{n1} + A_{n2} + A_{n3} + A_{nn}}{\text{Appraiser}}$$

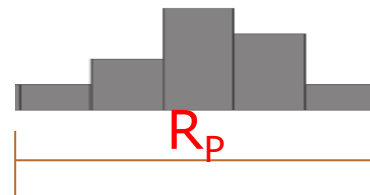
$$\bar{X}_s = \frac{0.447 + 0.133 + (-0.073)}{3}$$

$$\bar{X}_s = 0.169$$

$$R_p = \text{Max}(\bar{X}_{s1}, \bar{X}_{s2}, \bar{X}_{s3}, \bar{X}_{sn}) - \text{Min}(\bar{X}_{s1}, \bar{X}_{s2}, \bar{X}_{s3}, \bar{X}_{sn})$$

$$= 1.940 - (-1.571)$$

$$R_p = 3.5111$$



$\bar{X} =$	0.0014
$R_p =$	3.5111

การหาค่าความแปรผันรวมทั้งหมดของการวัด (TV)

Total Variation(TV)

$$TV = (R\&R^2 + PV^2)$$

$$= 1.14584$$

$$0.3146$$

$$TV = \sqrt{0.30456^2 + 0.1046^2}$$

เพิ่มเติม

การวิเคราะห์ระบบการวัด ที่กระบวนการผลิตมีค่าเป้าหมายคือค่า PP

เป็นการเก็บข้อมูลระยะยาว เช่น ครั้งละ 1 ครบ 25-30 ข้อมูล หรือ
ทีเดียว 25-30 ข้อมูล

$$\text{since } P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s} = \frac{USL - LSL}{6TV}$$

$$\text{then } TV = \frac{USL - LSL}{6P_p}$$

and

$$PV = \sqrt{(TV)^2 - (GRR)^2}$$

ใช้ค่า PP
เพื่อคำนวณค่า TV

การใช้ข้อมูลค่า Tolerance

ถ้าค่าเกณฑ์การยอมรับของลูกค้าหรือองค์กรมีค่า PP เท่ากับ 1 นั้น
หมายความว่าค่าระยะของชิ้นงานที่เกิดขึ้นจริงใช้พื้นที่เท่ากับค่า
Tolerance องค์กรสามารถคำนวณค่า TV และ PV ได้ดังนี้

$$TV = \frac{USL - LSL}{6}$$

and

$$PV = \sqrt{(TV)^2 - (GRR)^2}$$

คำนวณเปอร์เซ็นต์ความแปรผัน

% Tolerance(Tol)		
%EV	=	100(EV/TV)
	=	17.617 %
%AV	=	100(AV/TV)
	=	19.91 %
<i>n = Number of sample</i>		
<i>r = Number of trials.</i>		
%R&R	=	100(R&R/TV)
	=	26.588 %
%PV	=	100(PV/TV)
	=	96.401 %
number of distinct categories(ndc)		
ndc	=	1.41(PV/R&R)
	=	5.112

$$\%EV = 100\left(\frac{0.20186}{1.14584}\right)$$

$$\%AV = 100\left(\frac{0.22818}{1.14584}\right)$$

$$\%R\&R = 100\left(\frac{0.30465}{1.14584}\right)$$

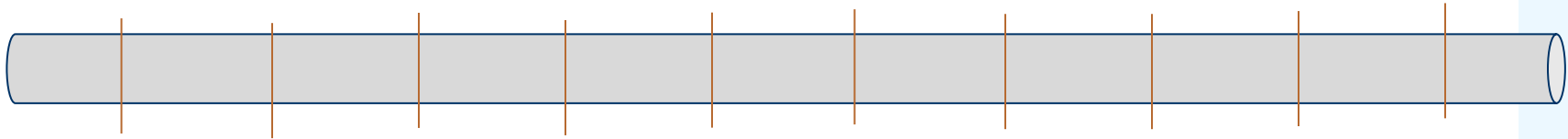
$$\%PV = 100\left(\frac{1.10460}{1.14584}\right)$$



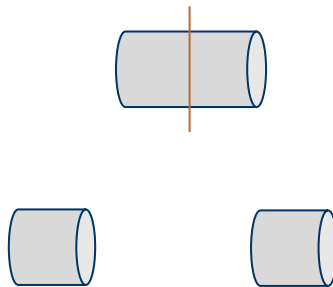
กรณีที่ 1 ชิ้นงานที่นำมาทดสอบสามารถแบ่งเป็นชิ้นย่อยได้ (Split Specimen) เพื่อให้สามารถทำซ้ำได้ โดยต้องมั่นใจว่า Properties หรือ Condition ของชิ้นงานจะต้องไม่เปลี่ยนไป ยังคงเป็นเนื้อเดียวกัน คุณสมบัติต่างๆ ต้องคงเดิมสามารถใช้วิธีการของ GR&R ปกติ

การจัดเตรียมชิ้นงานทดสอบ เช่น ทดสอบแรงดึงของเหล็กเส้น

1 ตัดเหล็กเส้น 1 เส้น ออกเป็น 10 ส่วน



2 นำแต่ละส่วนมาตัดย่อย 2 หรือ 3 ชิ้น เพื่อประเมินซ้ำ



การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

Gage Repeatability & Reproducibility

วิเคราะห์โดยค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA)



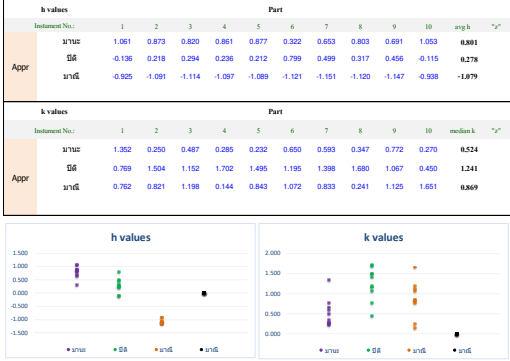
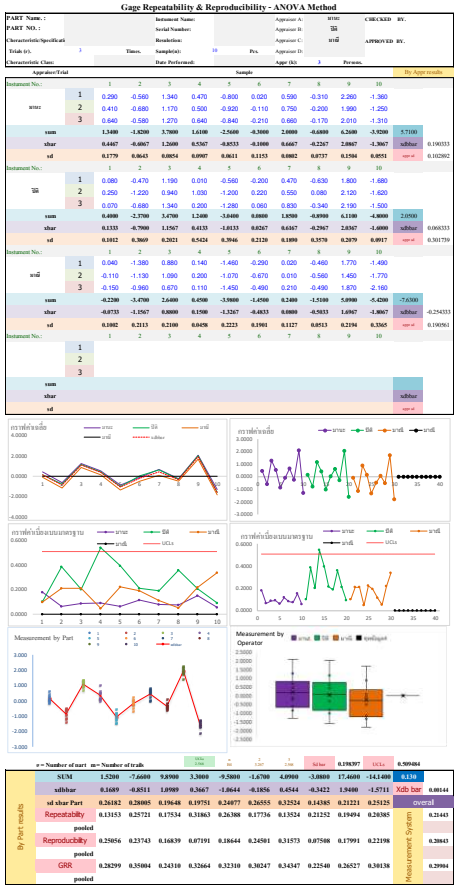
ทำทดลองผลิต
และเริ่มทำเป็นอย่างแรก

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



การวิเคราะห์ผลประกอบด้วย 2 แนวทางคือ

Numerical Analysis การวิเคราะห์เชิงตัวเลข และ Graphical Analysis การวิเคราะห์เชิงกราฟ



GR&R Anova Where n = number of parts, k = number of appraisers and r = number of trials.

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	P	Probable	F Critical
Factor A : Appraiser	2	3,1673	1,58363	79.41	0.00	3.15	
Factor B : Part	9	88,3619	9,81799	492.29	0.00	2.04	
Interaction : Appraiser by Part	18	6,3590	0,01994	0.434	0.97	1.78	
Residual Error : Equipment	60	2,7580	0,04598				
Total	89	94,6471					

Interactio Factor A Factor B

X	X	X

$P \geq \alpha, F < F_{critical} H_0$ ไม่ปฏิเสธสมมติฐานว่างในแบบการวัดซ้ำ
 $P < \alpha, F \geq F_{critical} H_1$ ปฏิเสธสมมติฐานว่างในแบบการวัดซ้ำ

หมายเหตุ: สิ่งที่เราสนใจในสมมติฐานว่างคือสิ่งที่เราไม่ได้สนใจใน Appraiser, Part (เพราะมันคือตัวที่เราต้องการวัดซ้ำ)
ถ้า Interaction ไม่ปฏิเสธ ใช้แค่ค่าเฉลี่ยของ Appraiser, Part (ตัวที่เราไม่ได้สนใจ) แต่ถ้าปฏิเสธค่าเฉลี่ยของ Appraiser, Part (ตัวที่เราสนใจ)

GR&R Variance (ถ้าไม่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง พลังงานที่แท้จริง)

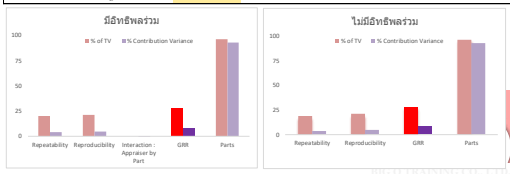
Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution Variance
Repeatability	0.03997	0.19993	1.200	18.4	3.4
Reproducibility	0.05146	0.22684	1.361	20.9	4.4
GRR	0.09143	0.30237	1.814	27.9	7.8
Parts	1.08645	1.04233	6.254	96.0	92.2
Total	1.17788	1.08530	6.512	100.0	100.0

Number of Distinct Categories : 4.8605

GR&R Variance (ถ้าไม่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง พลังงานที่แท้จริง)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution Variance
Repeatability	0.04598	0.21443	1.287	19.8	3.9
Reproducibility	0.05212	0.22830	1.370	21.1	4.4
Interaction : Appraiser by Part	-0.00868	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-0.7
GRR	0.08943	0.29904	1.794	27.6	7.6
Parts	1.08578	1.04201	6.252	96.1	92.4
Total	1.17520	1.08407	6.504	100.0	100.0

Number of Distinct Categories : 4.9131



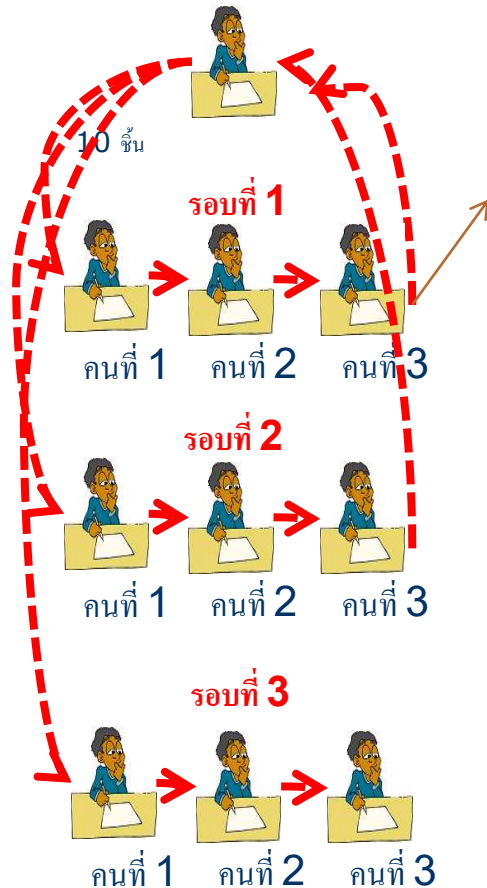
- F-Testจะกระทำได้ดีต่อเมื่อมีข้อมูลเป็นไปตามข้อกำหนดสำคัญ 2 อย่างคือ
1. ข้อมูลแต่ละกลุ่มตัวอย่างต้องมีการกระจายแบบ Normal distribution
 2. ทุกกลุ่มจะต้องมีค่าการกระจายหรือมี Variation ไม่แตกต่างกันเท่ากัน (Homogeneity of variance)



ให้ส่งชิ้นงานให้พนักงานตรวจสอบและให้วัดและบันทึกค่าให้เสร็จเมื่อเสร็จแล้วส่งบันทึกให้ **master** และส่งชิ้นงานให้คนถัดไป (ที่ชิ้นงานอาจติดหมายเลขเพื่อความสะดวกในการกรอกข้อมูล)

master

คนที่ 1 วัด 10 ชิ้น 1 ครั้ง และส่งให้คนที่ 2 ทำแบบนี้ 3 รอบ



รอบที่ 1	
1	0.29
2	-0.56
3	1.34
4	0.47
5	-0.8
6	0.02
7	0.59
8	-0.31
9	2.26
10	-1.36

Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
มานะ	1	0.290	-0.560	1.340	0.470	-0.800	0.020	0.590	-0.310	2.260	-1.360		
	2	0.410	-0.680	1.170	0.500	-0.920	-0.110	0.750	-0.200	1.990	-1.250		
	3	0.640	-0.580	1.270	0.640	-0.840	-0.210	0.660	-0.170	2.010	-1.310		
sum		1.3400	-1.8200	3.7800	1.6100	-2.5600	-0.3000	2.0000	-0.6800	6.2600	-3.9200	5.7100	
xbar		0.4467	-0.6067	1.2600	0.5367	-0.8533	-0.1000	0.6667	-0.2267	2.0867	-1.3067	xdbbbar	0.190333
sd		0.1779	0.0643	0.0854	0.0907	0.0611	0.1153	0.0802	0.0737	0.1504	0.0551	appe sd	0.102892
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ปิ๊ด	1	0.080	-0.470	1.190	0.010	-0.560	-0.200	0.470	-0.630	1.800	-1.680		
	2	0.250	-1.220	0.940	1.030	-1.200	0.220	0.550	0.080	2.120	-1.620		
	3	0.070	-0.680	1.340	0.200	-1.280	0.060	0.830	-0.340	2.190	-1.500		
sum		0.4000	-2.3700	3.4700	1.2400	-3.0400	0.0800	1.8500	-0.8900	6.1100	-4.8000	2.0500	
xbar		0.1333	-0.7900	1.1567	0.4133	-1.0133	0.0267	0.6167	-0.2967	2.0367	-1.6000	xdbbbar	0.068333
sd		0.1012	0.3869	0.2021	0.5424	0.3946	0.2120	0.1890	0.3570	0.2079	0.0917	appe sd	0.301739
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
มาณี	1	0.040	-1.380	0.880	0.140	-1.460	-0.290	0.020	-0.460	1.770	-1.490		
	2	-0.110	-1.130	1.090	0.200	-1.070	-0.670	0.010	-0.560	1.450	-1.770		
	3	-0.150	-0.960	0.670	0.110	-1.450	-0.490	0.210	-0.490	1.870	-2.160		
sum		-0.2200	-3.4700	2.6400	0.4500	-3.9800	-1.4500	0.2400	-1.5100	5.0900	-5.4200	-7.6300	
xbar		-0.0733	-1.1567	0.8800	0.1500	-1.3267	-0.4833	0.0800	-0.5033	1.6967	-1.8067	xdbbbar	-0.254333
sd		0.1002	0.2113	0.2100	0.0458	0.2223	0.1901	0.1127	0.0513	0.2194	0.3365	appe sd	0.190561
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1												
	2												
	3												
sum													
xbar												xdbbbar	
sd												appe sd	

การวิเคราะห์ควรจัดสถานที่ให้เหมือนสภาพแวดล้อมในการทำงานจริงและควรกำหนดเวลาในการทดสอบ

Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ภาชนะ	1	0.290	-0.560	1.340	0.470	-0.800	0.020	0.590	-0.310	2.260	-1.360		
	2	0.410	-0.680	1.170	0.500	-0.920	-0.110	0.750	-0.200	1.990	-1.250		
	3	0.640	-0.580	1.270	0.640	-0.840	-0.210	0.660	-0.170	2.010	-1.310		
sum		1.3400	-1.8200	3.7800	1.6100	-2.5600	-0.3000	2.0000	-0.6800	6.2600	-3.9200	5.7100	
xbar		0.4467	-0.6067	1.2600	0.5367	-0.8533	-0.1000	0.6667	-0.2267	2.0867	-1.3067	xdbbar	5 0.190333
sd		0.1779	0.0643	0.0854	0.0907	0.0611	0.1153	0.0802	0.0737	0.1504	0.0551	appr sd	0.102892

5

$$appr\ sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^g s_{s_i}^2}{g}}$$

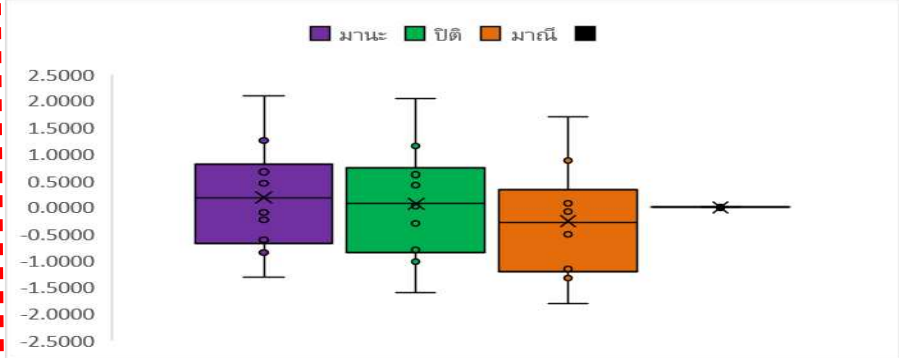
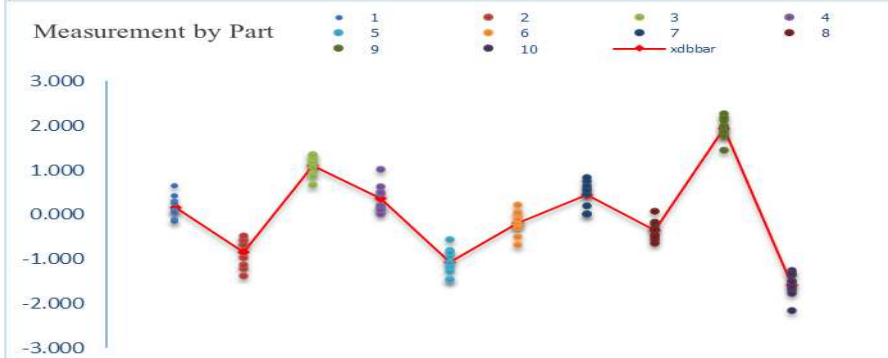
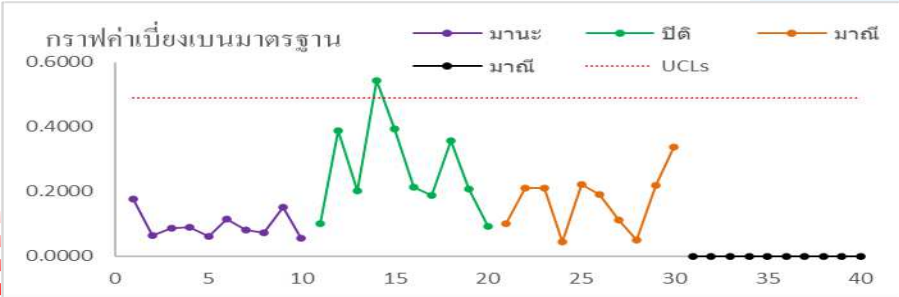
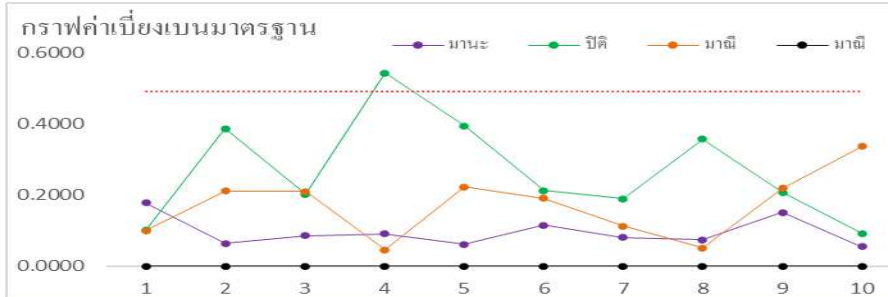
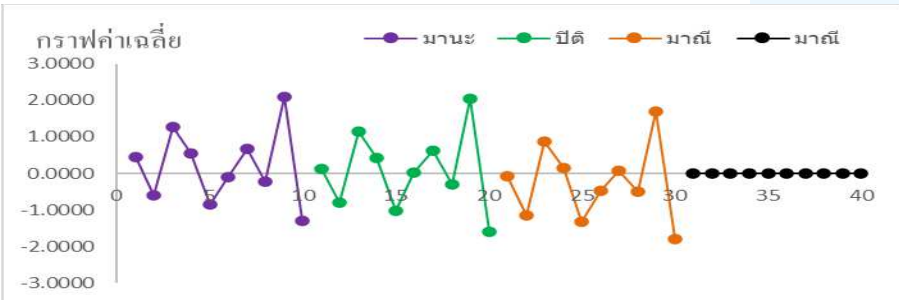
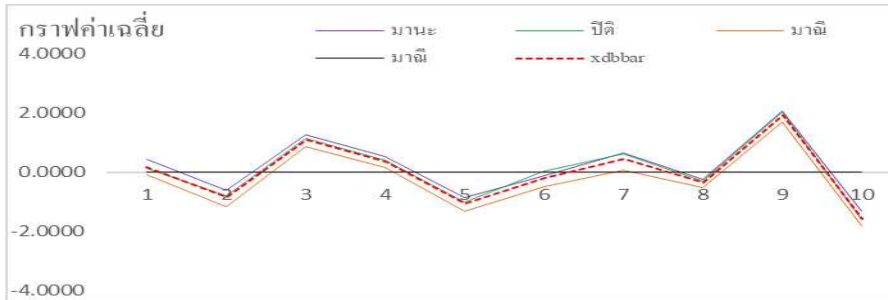
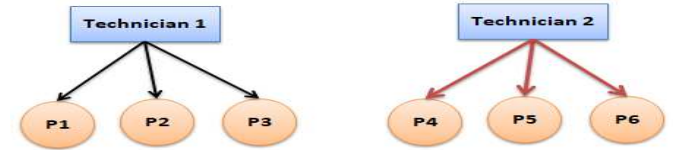
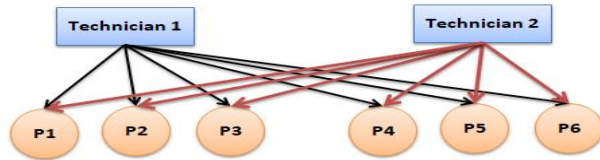
g = Number of part

$$= \sqrt{\frac{0.1779^2 + 0.0643^2 + 0.0854^2 + 0.0907^2 + 0.0611^2 + 0.1153^2 + 0.0802^2 + 0.0737^2 + 0.1504^2 + 0.0551^2}{10}}$$

$$= 0.10289$$



ดูข้อมูลคนละฝั่ง
โดยเลือกจากวิธี
ทดลอง



Instrument No.:		1	2	3
มะเข้	1	0.290	-0.560	1.340
	2	0.410	-0.680	1.170
	3	0.640	-0.580	1.270
sum		1.3400	-1.8200	3.7800
xbar		0.4467	-0.6067	1.2600
sd		0.1779	0.0643	0.0854

Instrument No.:		1	2	3
ปีติ	1	0.080	-0.470	1.190
	2	0.250	-1.220	0.940
	3	0.070	-0.680	1.340
sum		0.4000	-2.3700	3.4700
xbar		0.1333	-0.7900	1.1567
sd		0.1012	0.3869	0.2021

Instrument No.:		1	2	3
ภานี	1	0.040	-1.380	0.880
	2	-0.110	-1.130	1.090
	3	-0.150	-0.960	0.670
sum		-0.2200	-3.4700	2.6400
xbar		-0.0733	-1.1567	0.8800
sd		0.1002	0.2113	0.2100

Instrument No.:	1	2	3
	1		
	2		
	3		
sum			
xbar			
sd			

9

คำนวณความแปรผันระหว่างกลุ่มของแต่ละ Part

m = Number of trails

$$Reproducibility_g = s_{A_g} = \sqrt{s_{\bar{x}_g}^2 - \frac{s_{E_g}^2}{m}}$$

$$= \sqrt{0.26182^2 - \left[\frac{0.13153^2}{3} \right]}$$

$$= 0.25056$$

10

คำนวณ GR&R แต่ละ Part

$$GRR_g = s_{GRR_g} = \sqrt{s_{E_g}^2 + s_{A_g}^2}$$

$$= \sqrt{0.13153^2 + 0.25056^2}$$

$$= 0.28299$$

results	SUM	1.5200	-7.6600	9.8900
	xdbbbar	0.1689	-0.8511	1.0989
	sd xbar Part	0.26182	0.28005	0.19648
	Repeatability _g	0.13153	0.25721	0.17534
	pooled			
	Reproducibility _g	0.25056	0.23743	0.16839
	pooled			
	GRR _g	0.28299	0.35004	0.24310
	pooled			



Instrument No.:	1	2	3
1	0.290	-0.560	1.340
2	0.410	-0.680	1.170
3	0.640	-0.580	1.270
sum	1.3400	-1.8200	3.7800
xbar	0.4467	-0.6067	1.2600
sd	0.1779	0.0643	0.0854
Instrument No.:	1	2	3
1	0.080	-0.470	1.190
2	0.250	-1.220	0.940
3	0.070	-0.680	1.340
sum	0.4000	-2.3700	3.4700
xbar	0.1333	-0.7900	1.1567
sd	0.1012	0.3869	0.2021
Instrument No.:	1	2	3
1	0.040	-1.380	0.880
2	-0.110	-1.130	1.090
3	-0.150	-0.960	0.670
sum	-0.2200	-3.4700	2.6400
xbar	-0.0733	-1.1567	0.8800
sd	0.1002	0.2113	0.2100
Instrument No.:	1	2	3
1			
2			
3			
sum			
xbar			
sd			

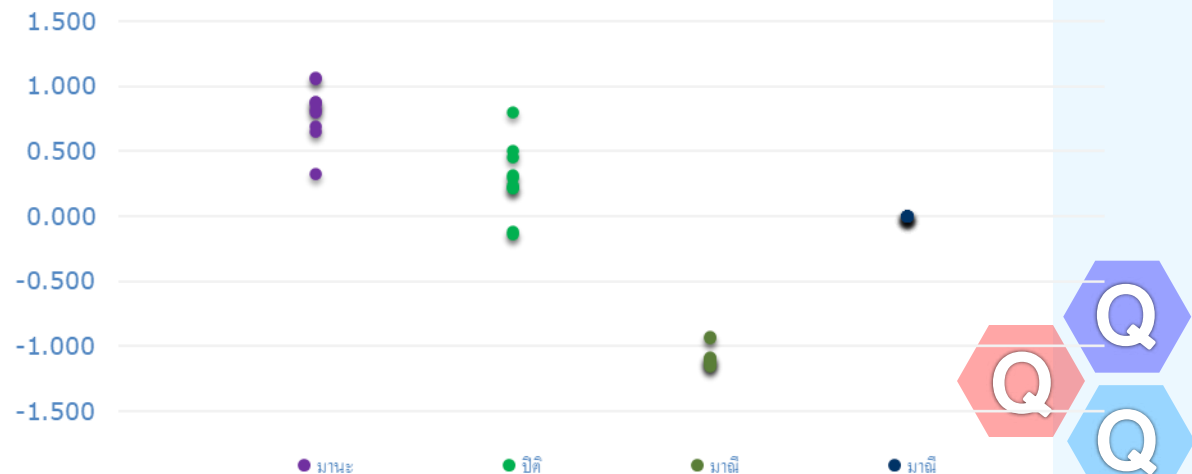
h คือค่าอัตราส่วนของ ความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ย xbar ของการวัดแต่ละชิ้นงานของแต่ละคน
ลบ ค่าเฉลี่ย xdbbbar ของการวัดแต่ละ n ชิ้นงาน เทียบกับ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย

Part

$$h = \frac{\bar{x}_{appr} - \bar{x}_{part}}{S_{\bar{x}}} \quad h = \frac{0.447 - 0.169}{0.262} = \frac{0.278}{0.262} = 1.06$$

h values		Part										avg h	"z"
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Appr	มานะ	1.061	0.873	0.820	0.861	0.877	0.322	0.653	0.803	0.691	1.053	0.801	
	ปิติ	-0.136	0.218	0.294	0.236	0.212	0.799	0.499	0.317	0.456	-0.115	0.278	
	มาดี	-0.925	-1.091	-1.114	-1.097	-1.089	-1.121	-1.151	-1.120	-1.147	-0.938	-1.079	

h values



By Part results	SUM	1.5200	-7.6600	9.8900
	xdbbbar	0.1689	-0.8511	1.0989
	sd xbar Part	0.26182	0.28005	0.19648
	Repeatability _g	0.13153	0.25721	0.17534
	pooled			
	Reproducibility _g	0.25056	0.23743	0.16839
	pooled			
GRR _g		0.28299	0.35004	0.24310
	pooled			

Appraiser/Trial		Sample										
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีเลข	1	0.290	-0.560	1.340	0.470	-0.800	0.020	0.590	-0.310	2.260	-1.360	1.940
	2	0.410	-0.680	1.170	0.500	-0.920	-0.110	0.750	-0.200	1.990	-1.250	1.660
	3	0.640	-0.580	1.270	0.640	-0.840	-0.210	0.660	-0.170	2.010	-1.310	2.110
	รวม	1.340	-1.820	3.780	1.610	-2.560	-0.300	2.000	-0.680	6.260	-3.920	5.710
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีค	1	0.080	-0.470	1.190	0.010	-0.560	-0.200	0.470	-0.630	1.800	-1.680	0.010
	2	0.250	-1.220	0.940	1.030	-1.200	0.220	0.550	0.080	2.120	-1.620	1.150
	3	0.070	-0.680	1.340	0.200	-1.280	0.060	0.830	-0.340	2.190	-1.500	0.890
	รวม	0.400	-2.370	3.470	1.240	-3.040	0.080	1.850	-0.890	6.110	-4.800	2.050
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีนา	1	0.040	-1.380	0.880	0.140	-1.460	-0.290	0.020	-0.460	1.770	-1.490	-2.230
	2	-0.110	-1.130	1.090	0.200	-1.070	-0.670	0.010	-0.560	1.450	-1.770	-2.560
	3	-0.150	-0.960	0.670	0.110	-1.450	-0.490	0.210	-0.490	1.870	-2.160	-2.840
	รวม	-0.220	-3.470	2.640	0.450	-3.980	-1.450	0.240	-1.510	5.090	-5.420	-7.630
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
0	1											0.000
	2											0.000
	3											0.000
	รวม	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวม		1.520	-7.660	9.890	3.300	-9.580	-1.670	4.090	-3.080	17.460	-14.140	0.130

Source

SS

Appraiser

$$SS_A = \sum_{j=1}^k \left(\frac{x_{.j}^2}{nr} \right) - \frac{x_{..}^2}{nkr}$$

SUMSQ(number1, [number2], [number3], [number4], [number5], ...)

$$SS_A = \left(\frac{5.710^2 + 2.050^2 + (-7.360)^2 + 0.000^2}{10 \times 3} \right) - \frac{0.130^2}{10 \times 3 \times 3}$$

$$SS_A = \left(\frac{95.0235}{30} \right) - \frac{0.0169}{90}$$

$$SS_A = 3.1675 - 0.000187778$$

$$SS_A = 3.1673$$

GRR Anova Where n = number of parts, k = number of appraisers and r = number of trials.

Two-Way ANOVA Table - Fixed-Effects Model

Source	DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS	F-Ratio : F	P-value	F critical
Factor A : Appraiser	2	3.1673				
Factor B : Part	9	88.3619				
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590				
Residual Error : Equipment	60	2.7589				
Total	89	94.6471				

Appraiser/Trial		Sample										
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีเลข	1	0.290	-0.560	1.340	0.470	-0.800	0.020	0.590	-0.310	2.260	-1.360	1.940
	2	0.410	-0.680	1.170	0.500	-0.920	-0.110	0.750	-0.200	1.990	-1.250	1.660
	3	0.640	-0.580	1.270	0.640	-0.840	-0.210	0.660	-0.170	2.010	-1.310	2.110
	รวม	1.340	-1.820	3.780	1.610	-2.560	-0.300	2.000	-0.680	6.260	-3.920	5.710
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีค	1	0.080	-0.470	1.190	0.010	-0.560	-0.200	0.470	-0.630	1.800	-1.680	0.010
	2	0.250	-1.220	0.940	1.030	-1.200	0.220	0.550	0.080	2.120	-1.620	1.150
	3	0.070	-0.680	1.340	0.200	-1.280	0.060	0.830	-0.340	2.190	-1.500	0.890
	รวม	0.400	-2.370	3.470	1.240	-3.040	0.080	1.850	-0.890	6.110	-4.800	2.050
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
วิธีน	1	0.040	-1.380	0.880	0.140	-1.460	-0.290	0.020	-0.460	1.770	-1.490	-2.230
	2	-0.110	-1.130	1.090	0.200	-1.070	-0.670	0.010	-0.560	1.450	-1.770	-2.560
	3	-0.150	-0.960	0.670	0.110	-1.450	-0.490	0.210	-0.490	1.870	-2.160	-2.840
	รวม	-0.220	-3.470	2.640	0.450	-3.980	-1.450	0.240	-1.510	5.090	-5.420	-7.630
Instrument No.:		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
0	1											0.000
	2											0.000
	3											0.000
	รวม	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
รวม		1.520	-7.660	9.890	3.300	-9.580	-1.670	4.090	-3.080	17.460	-14.140	0.130

Source SS

Appraiser-by-Part $SS_{AP} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \left(\frac{x_{ij}^2}{r} \right) - \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_{i..}^2}{kr} \right) - \sum_{j=1}^k \left(\frac{x_{.j.}^2}{nr} \right) + \frac{x_{...}^2}{nkr}$

$$SS_{AP} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \left(\frac{x_{ij}^2}{r} \right) - SS_P - SS_A - \frac{x_{...}^2}{nkr}$$

$$SS_{AP} = \left(\frac{1.34^2 + (-1.82)^2 + 3.78^2 + X_{ij}}{3} \right) - 88.3619 - 3.1673 - 0.000187778$$

$$SS_{AP} = \left(\frac{275.6651}{3} \right) - 88.3619 - 3.1673 - 0.000187778$$

$$SS_{AP} = 91.88836667 - 88.3619 - 3.1673 - 0.000187778$$

$$SS_{AP} = 0.3590$$

GRR Anova Where n = number of parts, k = number of appraisers and r = number of trials.

Two-Way ANOVA Table - Fixed-Effects Model

Source	DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS	F-Ratio : F	P-value	F critical
Factor A : Appraiser	2	3.1673				
Factor B : Part	9	88.3619				
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590				
Residual Error : Equipment	60	2.7589				
Total	89	94.6471				

Source	MS	
Appraiser	$MS_A = \frac{SS_A}{(k-1)}$	$MS_A = \frac{3.1673}{2} = 1.58363$
Parts	$MS_P = \frac{SS_P}{(n-1)}$	$MS_P = \frac{88.3619}{9} = 9.81799$
Appraiser-by-Part	$MS_{AP} = \frac{SS_{AP}}{(n-1)(k-1)}$	$MS_{AP} = \frac{0.3590}{9 \times 2} = 0.01994$
Equipment	$MS_e = \frac{SS_e}{nk(r-1)}$	$MS_e = \frac{2.7589}{10 \times 3 \times (3-1)} = 0.04598$

GRR Anova Where n = number of parts, k = number of appraisers and r = number of trials.

Two-Way ANOVA Table - Fixed-Effects Model

Source	DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS	F-Ratio : F	P-value	F critical
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363			
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799			
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994			
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598			
Total	89	94.6471				

ค่า P-value จาก **F-Ratio** ถูกกำหนดโดยสูตรต่อไปนี้ โดยเราให้แสดงฟังก์ชันการกระจายสะสมของการแจกแจง F ด้วย - ภาษาอังกฤษ: $\text{cdf}_{F,d1,d2}(d_1, d_2)$

1.การทดสอบ F ทางซ้าย: $p\text{-value} = \text{cdf}_{F,d1,d2}(F_{\text{score}})$

2.การทดสอบ F ทางขวา: $p\text{-value} = 1 - \text{cdf}_{F,d1,d2}(F_{\text{score}})$

3.การทดสอบ F แบบสองหาง: $p\text{-value} = 2 * \min\{\text{cdf}_{F,d1,d2}(F_{\text{score}}), 1 - \text{cdf}_{F,d1,d2}(F_{\text{score}})\}$

Excel=FDIST(x, deg_freedom1,deg_freedom2)
=FDIST(0.434, 18, 60) = 0.97

X = F-Ratio = F_{score}

deg_freedom1 : DF 1 จำนวนของตัวแปรที่เป็นอิสระตัวเศษ

deg_freedom2 : DF 2จำนวนของตัวแปรที่เป็นอิสระตัวส่วน

GRR Anova Where n = number of parts, k = number of appraisers and r = number of trials.

Two-Way ANOVA Table - Fixed-Effects Model

Source	DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS	F-Ratio : F	P-value	F critical
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363	79.41	0.00	
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799	492.29	0.00	
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994	0.434	0.97	
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598			
Total	89	94.6471				

Source	Degrees of Freedom : DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS	F-Ratio : F	P-value	F critical
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363	79.41	0.00	3.15
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799	492.29	0.00	2.04
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994	0.434	0.97	1.78
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598			
Total	89	94.6471			* Significant at α	0.05

Interaction :
Appraiser by Part
Factor A : Appraiser
Factor B : Part

Judgement

X		
	X	X

$P \geq \alpha$, $F < F\text{-critical}$ H0 ไม่มีอิทธิพล ต่อความแปรผันในระบบการวัด
 $P < \alpha$, $F \geq F\text{-critical}$ H1 มีอิทธิพล ต่อความแปรผันในระบบการวัด

หมายเหตุ : ต้องประเมิน Interaction ก่อนเสมอ ถ้ามีอิทธิพลร่วมไม่ต้องประเมิน Appraiser , Part เพราะยืนยันแล้วว่ามีผลเกี่ยวข้องกัน
 ถ้า Interaction ไม่มีอิทธิพล ให้เริ่มพิจารณาผล Appraiser , Part รายตัวว่ามีหรือไม่มีผลต่อความแปรผันในระบบการวัด



ประเมินเพื่อตอบข้อสงสัย 3 ประการ

การวิเคราะห์ Anova มีข้อสงสัย 3 ประการดังนี้

- | | | |
|-------------------|--|--|
| ตัวแปรอิสระ 2 ตัว | <div style="font-size: 4em; color: red; margin: 0 10px;">{</div> <div style="display: inline-block; vertical-align: middle;"> <div style="color: red; margin-bottom: 10px;">Main effect</div> <div style="color: red;">Interaction effect</div> </div> | 1. Factor A : Appraiser มีผลทำให้เกิดความแปรผันในการวัดหรือไม่ |
| | | 2. Factor B : Part มีผลทำให้เกิดความแปรผันในการวัดหรือไม่ |
| ตัวแปรตาม 1 ตัว | Residual Error | 3. Factor A+B : AppraiserและPart ร่วมกันทำให้เกิดความแปรผันในการวัดหรือไม่ |
- ความแปรผันในการวัด



Variance Estimate

พนักงานและชิ้นงานมี
อิทธิพลร่วมกัน

Equipment Variation = Repeatability

$$\tau^2 = MS_e^{83}$$

$$= 0.04598$$

พนักงานและชิ้นงาน
ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

$$\tau^2 = MS_{pool} = \frac{SS_e + SS_{pool}}{nkr - n - k + 1}$$

$$SS_{pool} = SS_{AP} \text{ ผลรวมระหว่างพนักงานและชิ้นงาน}$$

Source	Degrees of Freedom : DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598
Total	89	94.6471	

$$= \frac{2.7589 + 0.3590}{(10 \times 3 \times 3) - 10 - 3 + 1}$$

$$= 0.03997$$

Trials (r). 3 , Sample(n):10 , Appr (k):3

GRR Variance (ถ้าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.03997	0.19993	1.200	18.4	3.4
Reproducibility	0.05146	0.22684	1.361	20.9	4.4
GRR	0.09143	0.30237	1.814	27.9	7.8
Parts	1.08645	1.04233	6.254	96.0	92.2
Total	1.17788	1.08530	6.512	100.0	100.0

Number of Distinct Categories : Ndc

4.8605

GRR Variance (ถ้ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.04598	0.21443	1.287	19.8	3.9
Reproducibility	0.05212	0.22830	1.370	21.1	4.4
Interaction : Appraiser by Part	-0.00868	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-0.7
GRR	0.08943	0.29904	1.794	27.6	7.6
Parts	1.08578	1.04201	6.252	96.1	92.4
Total	1.17520	1.08407	6.504	100.0	100.0

Number of Distinct Categories : Ndc

4.9131



Variance Estimate

พนักงานและชิ้นงานมี
อิทธิพลร่วมกัน

Appraiser Variation = Reproducibility $\omega^2 = \frac{MS_A - MS_{AP}}{nr}$

พนักงานและชิ้นงาน
ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

$\omega^2 = \frac{MS_A - MS_{pool}}{nr}$

Source	Degrees of Freedom : DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS		
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363	$= \frac{1.58363 - 0.01994}{10 \times 3}$	$= \frac{1.58363 - 0.03997}{10 \times 3}$
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799	$= 0.05212$	$= 0.05146$
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994		
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598		
Total	89	94.6471			

Trials (r). 3 , Sample(n):10 , Appr (k):3

GRR Variance (ถ้าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.03997	0.19993	1.200	18.4	3.4
Reproducibility	0.05146	0.22684	1.361	20.9	4.4
GRR	0.09143	0.30237	1.814	27.9	7.8
Parts	1.08645	1.04233	6.254	96.0	92.2
Total	1.17788	1.08530	6.512	100.0	100.0
Number of Distinct Categories : Ndc		4.8605			

GRR Variance (ถ้ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.04598	0.21443	1.287	19.8	3.9
Reproducibility	0.05212	0.22830	1.370	21.1	4.4
Interaction : Appraiser by Part	-0.00868	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-0.7
GRR	0.08943	0.29904	1.794	27.6	7.6
Parts	1.08578	1.04201	6.252	96.1	92.4
Total	1.17520	1.08407	6.504	100.0	100.0
Number of Distinct Categories : Ndc		4.9131			



Variance Estimate

Total Variation

พนักงานและชิ้นงานมี
อิทธิพลร่วมกัน

$$TV = GRR^2 + PV^2$$

$$= 0.08943 + 1.08578$$

$$= 1.17520$$

พนักงานและชิ้นงาน
ไม่มีอิทธิพลร่วมกัน

$$TV = GRR^2 + PV^2$$

$$= 0.09143 + 1.08645$$

$$= 1.17788$$

Source	Degrees of Freedom : DF	Sum of Squares : SS	Mean Square : MS
Factor A : Appraiser	2	3.1673	1.58363
Factor B : Part	9	88.3619	9.81799
Interaction : Appraiser by Part	18	0.3590	0.01994
Residual Error : Equipment	60	2.7589	0.04598
Total	89	94.6471	

Trials (r). 3 , Sample(n):10 , Appr (k):3

GRR Variance (ถ้าไม่มีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.03997	0.19993	1.200	18.4	3.4
Reproducibility	0.05146	0.22684	1.361	20.9	4.4
GRR	0.09143	0.30237	1.814	27.9	7.8
Parts	1.08645	1.04233	6.254	96.0	92.2
Total	1.17788	1.08530	6.512	100.0	100.0

Number of Distinct Categories : Ndc

4.8605

GRR Variance (ถ้ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution
Repeatability	0.04598	0.21443	1.287	19.8	3.9
Reproducibility	0.05212	0.22830	1.370	21.1	4.4
Interaction : Appraiser by Part	-0.00868	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-0.7
GRR	0.08943	0.29904	1.794	27.6	7.6
Parts	1.08578	1.04201	6.252	96.1	92.4
Total	1.17520	1.08407	6.504	100.0	100.0

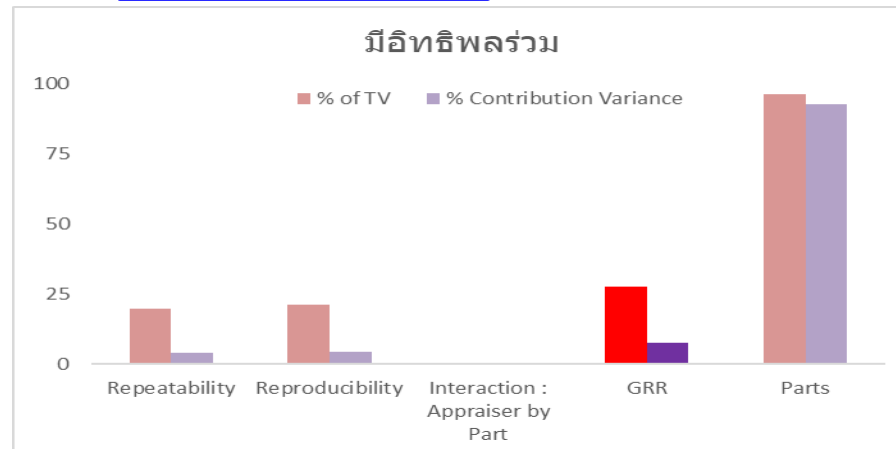
Number of Distinct Categories : Ndc

4.9131



GRR Variance (ถ้ามีอิทธิพลร่วมระหว่าง พนักงานกับชิ้นงาน)

Total	Variance	STD Dev	6*STD Dev	% of TV	% Contribution Variance
Repeatability	0.04598	0.21443	1.287	19.8	3.9
Reproducibility	0.05212	0.22830	1.370	21.1	4.4
Interaction : Appraiser by Part	-0.00868	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-0.7
GRR	0.08943	0.29904	1.794	27.6	7.6
Parts	1.08578	1.04201	6.252	96.1	92.4
Total	1.17520	1.08407	6.504	100.0	100.0
Number of Distinct Categories : Ndc		4.9131			



% 6SV of TV	% Contribution	เกณฑ์	Judgement
น้อยกว่า 10%	น้อยกว่า 1%	ระบบการวัดเป็นที่ยอมรับ	Pass
ระหว่าง 10% ถึง 30%	ระหว่าง 1% ถึง 9%	ระบบการวัดที่ยอมรับได้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ต้นทุนของอุปกรณ์วัด ค่าซ่อม หรือปัจจัยอื่นๆ	X Improve
มากกว่า 30%	มากกว่า 9%	ระบบการวัดไม่เป็นที่ยอมรับและควรปรับปรุง	Reject
ความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างของชิ้นงาน (ndc) ต้องมากกว่า 5			

การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

Bias



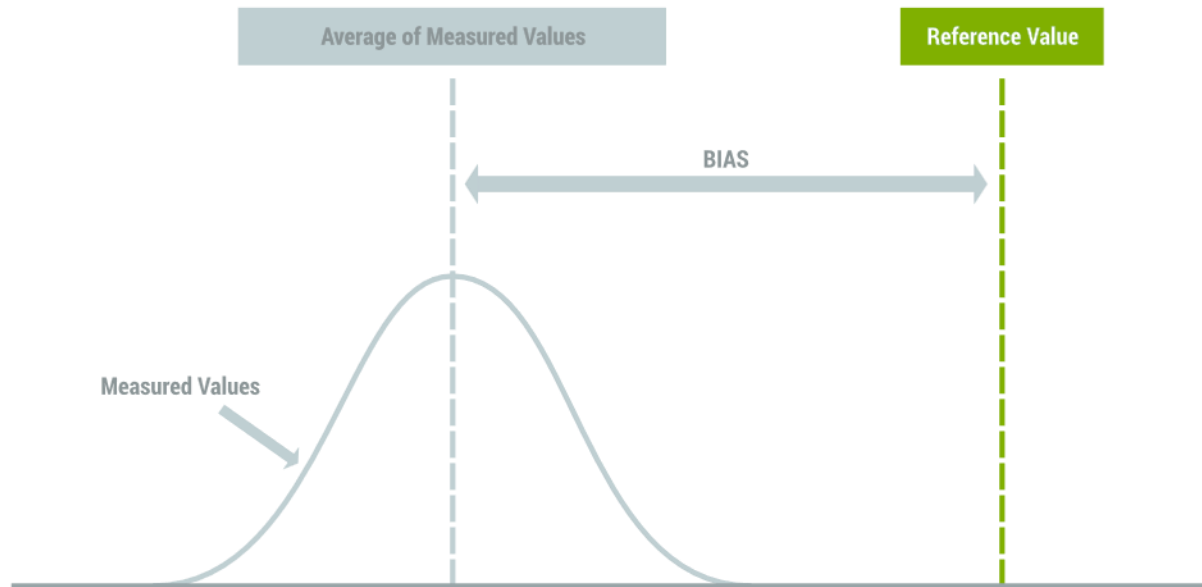
ทำตอนทดลองผลิต

ต้องทำ GR&R ก่อน ทำ Bias

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



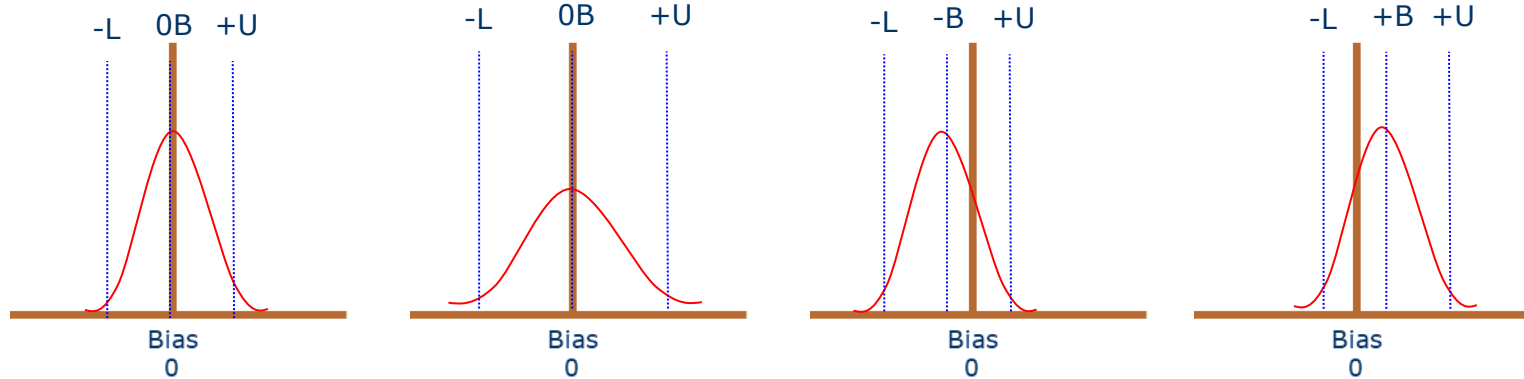
ค่าไบอัส (Bias) หมายถึง ความแตกต่างระหว่างค่าจริง(หรือค่าอ้างอิง)กับค่าเฉลี่ยของค่าวัดที่วัดได้จากคุณลักษณะของชิ้นงานเดียวกัน



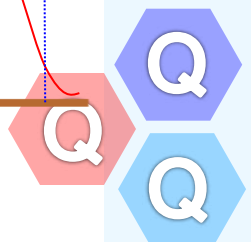
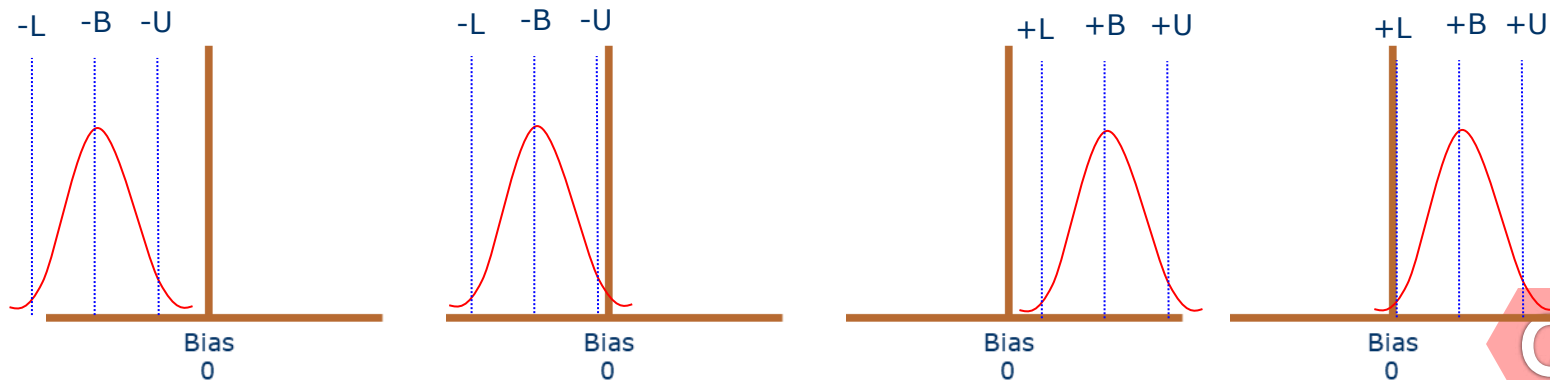
ค่าไบอัส Bias ดีสุดมีค่า = 0



Bias = 0 จริงภายใต้ความเชื่อมั่นที่ 95%



Bias^{ไม่} = 0 จริงภายใต้ความเชื่อมั่นที่ 95%



Form Bias

112

Bias 4th edition

PART Name:	BOBBIN WITH PIN	Instrument Name:	VERNIER	Appr :	DATE	Date :
PART NO. :		Serial Number:	-	CHECKED BY:		APPROVED :
Characteristic/Specification		Resolution:	0.001			

Reference value **1.1100**

Item	Measured value	Bias
1	1.1400	0.0300
2	1.1100	0.0000
3	1.1100	0.0000
4	1.1300	0.0200
5	1.1200	0.0100
6	1.1300	0.0200
7	1.1200	0.0100
8	1.0900	-0.0200
9	1.1100	0.0000
10	1.0800	-0.0300
11	1.1300	0.0200
12	1.1300	0.0200
13	1.1200	0.0100
14	1.0900	-0.0200
15	1.0900	-0.0200
16	1.1400	0.0300
17	1.0800	-0.0300
18	1.0800	-0.0300
19		
20		

Alpha **0.05**

Measured Value	n	Mean	Standard deviation Sigma(RMS)	Standard error of mean	Specification		% EV
	18	1.11111	0.021	0.0050	LSL	USL	
					0.91	1.31	31.6692

BIG Q TRAINING CO., LTD.

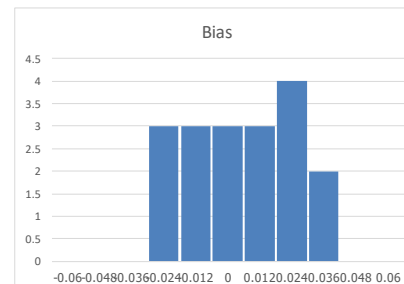
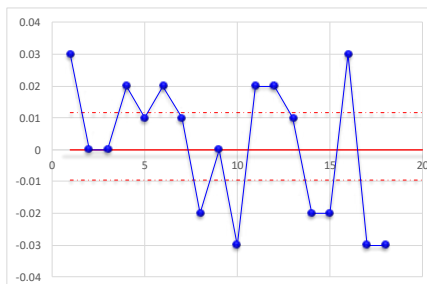
Measured Value	t statistic	df	Significant value (2 tailed)	Bias	Confident Interval of bias		P-value For t-
	0.2233	17	2.11	0.0011	Lower	Upper	
					-0.0094	0.012	0.826

$H_0 : \text{Bias} = 0$

$H_1 : \text{Bias}$ มีอยู่จริงและมีผลกระทบต่อระบบการวัดอย่างมีนัยสำคัญ

Result	
☒ α	P-Value > Alpha
☐ α	P-Value < Alpha

OR	Result
H_0	☒ α lower $\leq 0 \leq$ upper
H_1	☐ α lower > 0 < upper



คำนวณค่า σ_r ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานภายในกลุ่ม (สถิติเชิงพรรณนา)

$$\sigma_{repeatability} = \sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = 0.020$$

Excel= STDEV

คำนวณค่า % EV (Repeatability) ความสามารถในการทำซ้ำ

$$\begin{aligned} \%EV &= 100 [EV/TV] = 100 [\sigma_{repeatability}/TV] \\ &= 100(0.020/0.066) \\ &= 30.23 \% \end{aligned}$$

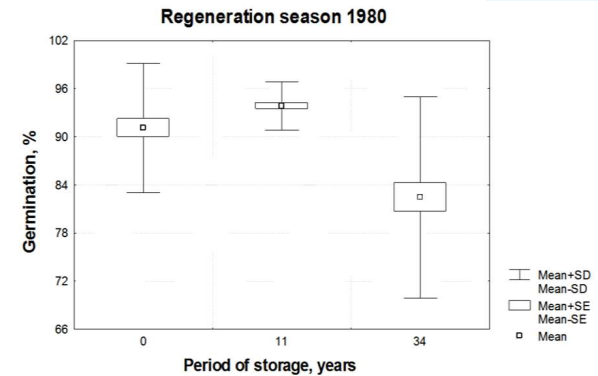


สำคัญ : ถ้า %EV มีค่าสูงขึ้นกว่าเดิมจากที่เคยศึกษา
มาอาจจะยอมรับไม่ได้เนื่องจากทำให้การศึกษา Bias
มีความคลาดเคลื่อน

หมายเหตุ : คำนวณค่า TV (สามารถดึงค่ามาจากการทดสอบ GRR หรือ
คำนวณดังนี้)

จุดวันทีนำมาทดสอบ SPEC 1.11±0.2

$$TV = \frac{USL - LSL}{6} = \frac{1.31 - 0.91}{6} = 0.066$$



Reference value 1.11

Item	Measured value	Bias
1	1.140	0.03
2	1.110	0
3	1.110	0
4	1.130	0.02
5	1.120	0.01
6	1.130	0.02
7	1.120	0.01
8	1.090	-0.02
9	1.110	0
10	1.080	-0.03
11	1.130	0.02
12	1.130	0.02
13	1.120	0.01
14	1.090	-0.02
15	1.090	-0.02
16	1.140	0.03
17	1.080	-0.03
18	1.080	-0.03
19	1.120	0.01
20	1.120	0.01

Measured Value	n	Mean	Standard deviation Sigma(RMS)	Standard error of mean	Specification		% EV
		1.112	0.020		LSL 0.91	USL 1.31	30.2359

$$\sigma_{repeatability} = \sigma_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\%EV = 100 [EV/TV] = 100 [\sigma_{repeatability}/TV]$$

Measured Value	t statistic	df	Significant value (2 tailed)	Avg Bias	Confident Interval of bias		P-value
				0.0020	Lower -0.011	Upper 0.011	0.002

$H_0 : Bias = 0$

$H_1 : Bias \text{ ไม่อยู่จริงและมีผลกระทบต่อระบบการวัดอย่างมีนัยสำคัญ}$

Result	
[X] P-Value>Alpha	
[] P-Value<Alpha	

OR	
H0	[X] lower ≤ 0 ≤ upper
H1	[] lower > 0 < upper

ทดสอบสมมุติฐานโดยคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals) ของ Bias

$$Bias - \left[\sigma_b \left(t_{\nu, 1-\alpha/2} \right) \right] \leq zero \leq Bias + \left[\sigma_b \left(t_{\nu, 1-\alpha/2} \right) \right]$$

where $\nu = n - 1$ and

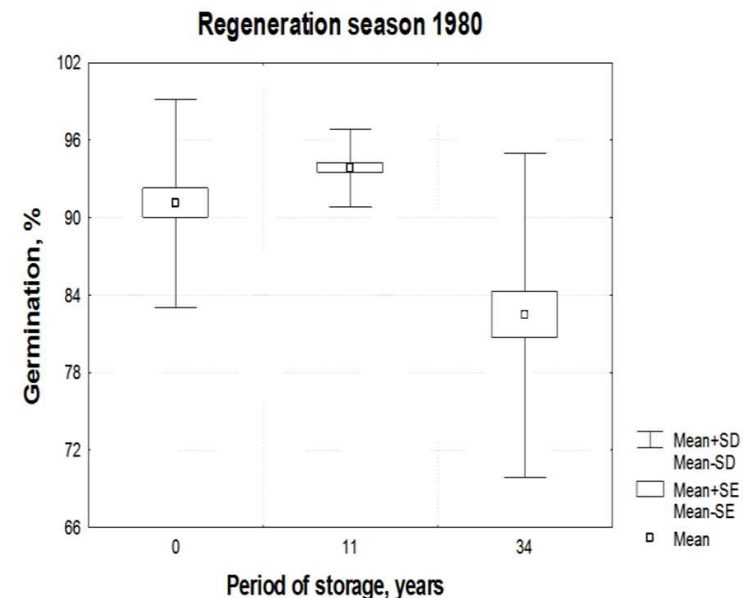
$t_{\nu, 1-\alpha/2}$ is found using the standard t tables.

หาค่า ความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย (Standard error of the mean : SEM)

คือความไม่แน่นอนของค่าเฉลี่ย ซึ่งเป็น สถิติอนุมาน

$$\sigma_b = \frac{\sigma_r}{\sqrt{n}} = \frac{0.020}{\sqrt{19}} = 0.0045$$

Measured Value	n	Mean	Standard deviation Sigma(RMS)	Standard error of mean	Specification		% EV
					LSL	USL	
		1.112	0.020	0.0045	0.91	1.31	30.2359

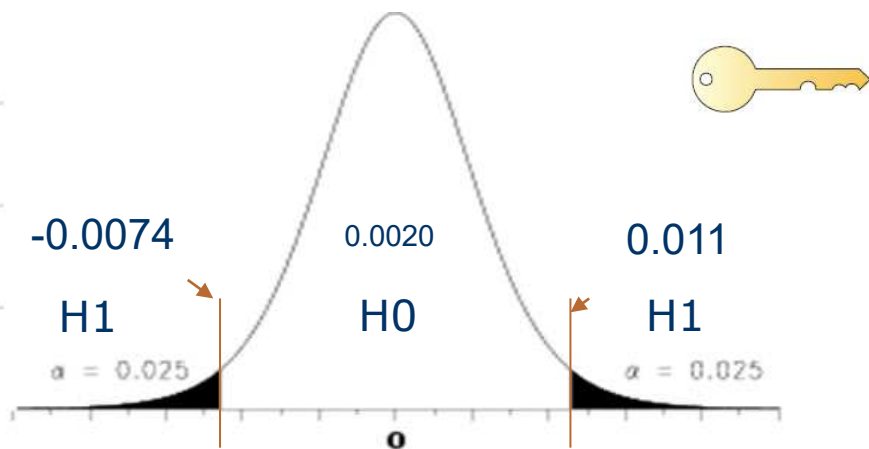


คำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Intervals) ด้าน Lower , Upper ของ Bias

$$Bias - \left[\sigma_b \left(t_{v, 1-\alpha/2} \right) \right] \leq zero \leq Bias + \left[\sigma_b \left(t_{v, 1-\alpha/2} \right) \right]$$

Lower = 0.0020-(0.0045X2.093) **Upper** = 0.0020+(0.0045X2.093)

Measured Value	t statistic	df	Significant value (2 tailed)	Avg Bias	Confident Interval of bias		P-value
					Lower	Upper	
		19	2.09	0.0020	-0.0074	0.011	



ผลการประเมิน พบว่าค่า Bias อยู่ระหว่าง Upper (ติด+) และ Lower (ติด-) แสดงว่า Bias เป็น 0 จริง ภายใต้วความเชื่อมั่นที่ 95%

OR

H0

H1

Result

[X]	lower ≤ 0 ≤ upper
[]	lower > 0 < upper



การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

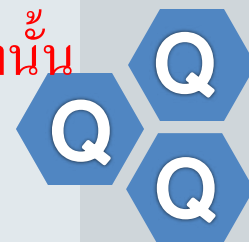


Linearity

ทำตอนทดลองผลิต

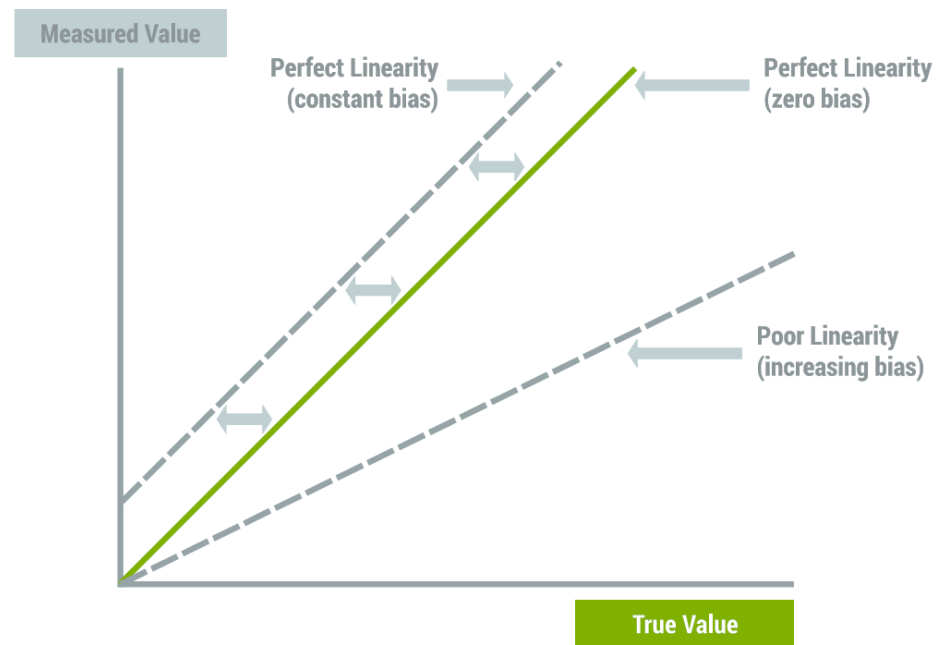
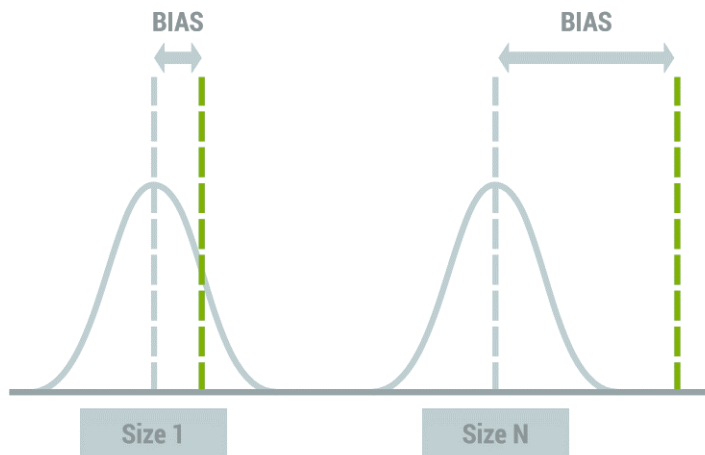
ให้ทำ Bias ก่อนทำ Linearity เท่านั้น

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



ในการวัดจริงจะมีการเปลี่ยนย่านการวัด ซึ่งทุกระยะ ก็ต้องวิเคราะห์ปัญหา

- การทำซ้ำ (เหมือน Repeatability) และ
- ความโน้มเอียง Bias



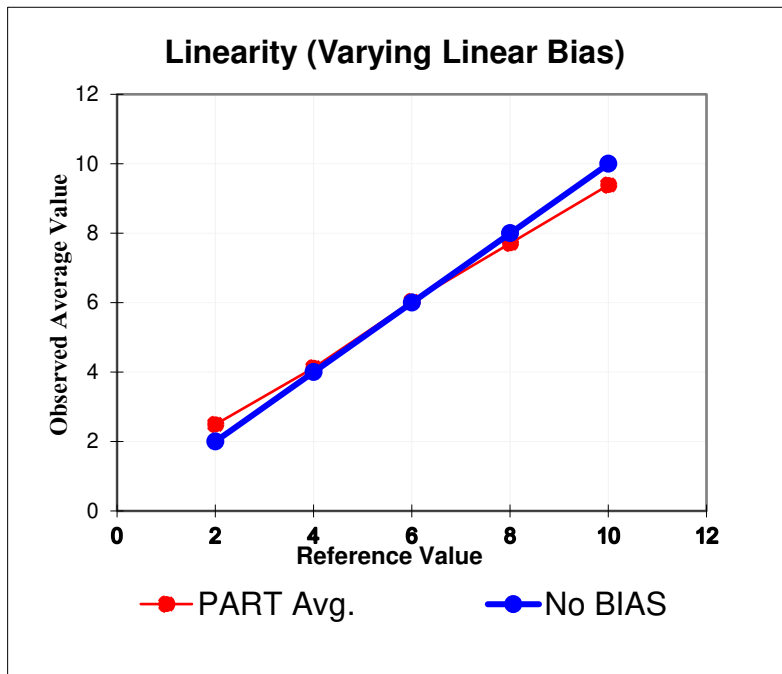
Form Linearity

125

GAGE LINEARITY STUDY																											
PART Name: BOBBIN WITH PIN		Instrument Name: VERNIER		Appr: MME		Date:																					
PART NO.:		Serial Number:		CHECKED By:		APPROVED By:																					
Factor/Spec/Requirement		Resolution: 0.001																									
T R I A L S	PART	1	2	3	4	5	PART	1	2	3	4	5															
	REFERENCE VALUE	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	REFERENCE VALUE	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00															
	1	2.70	5.10	5.80	7.60	9.10																					
	2	2.50	3.90	5.70	7.70	9.30																					
	3	2.40	4.20	5.90	7.80	9.50																					
	4	2.50	5.00	5.90	7.70	9.30																					
	5	2.70	3.80	6.00	7.80	9.40																					
	6	2.30	3.90	6.10	7.80	9.50																					
	7	2.50	3.90	6.00	7.80	9.50																					
	8	2.50	3.90	6.10	7.70	9.50																					
	9	2.40	3.90	6.40	7.80	9.60																					
	10	2.40	4.00	6.30	7.50	9.20																					
	11	2.60	4.10	6.00	7.60	9.30																					
12	2.40	3.80	6.10	7.70	9.40																						
PART Avg.		2.4917	4.1250	6.0250	7.7083	9.3833																					
		Number of part, g = 5		alpha, α = 0.05																							
		Number of trials, m = 12		t _{g,m,α/2} = 2.001717484																							
		gm = 60																									
		Slope, a = -0.1317		S = 0.23954																							
		Intercept, b = 0.7367																									
		Upper bound 0.5806		0.2858		0.0086		-0.2409		-0.4728																	
		Best fit 0.4733		0.2100		-0.0533		-0.3167		-0.5900																	
		Lower bound 0.3661		0.1342		-0.1152		-0.3925		-0.6872																	
Graph		Linearity (Varying Linear Bias)					Linearity Plot																				
Statistic Testing Result		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>H0: a = 0</td> <td>H0: b = 0</td> </tr> <tr> <td>H1: a ≠ 0</td> <td>H1: b ≠ 0</td> </tr> <tr> <td>t_a = -12.04256</td> <td>t_b = 10.15752</td> </tr> <tr> <td>[X] t_a ≤ t_{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1</td> <td>[] t_b ≤ t_{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1</td> </tr> <tr> <td>[] t_a > t_{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1</td> <td>[X] t_b > t_{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1</td> </tr> </table>					H0: a = 0	H0: b = 0	H1: a ≠ 0	H1: b ≠ 0	t _a = -12.04256	t _b = 10.15752	[X] t _a ≤ t _{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1	[] t _b ≤ t _{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1	[] t _a > t _{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1	[X] t _b > t _{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Final conclusion</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Acceptable</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Not acceptable</td> </tr> </table>					Final conclusion		Acceptable		Not acceptable	
		H0: a = 0	H0: b = 0																								
H1: a ≠ 0	H1: b ≠ 0																										
t _a = -12.04256	t _b = 10.15752																										
[X] t _a ≤ t _{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1	[] t _b ≤ t _{g,m,α/2} Accept H0, Reject H1																										
[] t _a > t _{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1	[X] t _b > t _{g,m,α/2} Reject H0, Accept H1																										
Final conclusion																											
Acceptable																											
Not acceptable																											
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Approve</td> <td style="width: 50%;">Report</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td style="height: 40px;"></td> </tr> <tr> <td>Date: _____</td> <td>Date: _____</td> </tr> </table>					Approve	Report			Date: _____	Date: _____															
Approve	Report																										
Date: _____	Date: _____																										



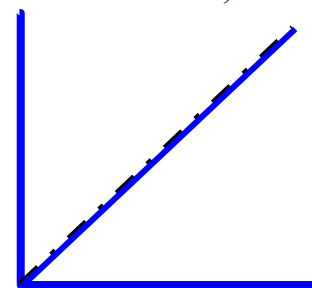
นำค่าเฉลี่ยที่ได้ Plot ลงบนกราฟเพื่อดูความเป็นเชิงเส้นเบื้องต้น



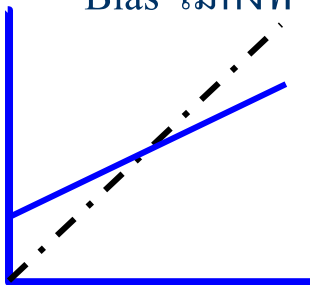
สรุปผลการวิเคราะห์

จากความเป็นเส้นตรงที่เกิดขึ้นพบว่าเกิดการตัดกันระหว่างเส้น Reference กับ Observed จึงสรุปได้ว่าไม่สามารถยอมรับได้

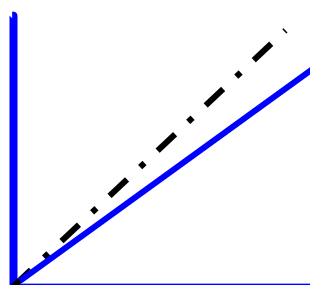
Bias = 0 , คงที่



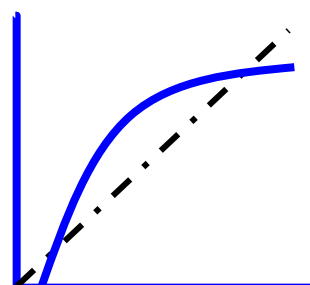
Bias ไม่คงที่



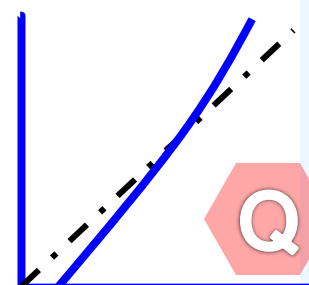
Bias ไม่คงที่



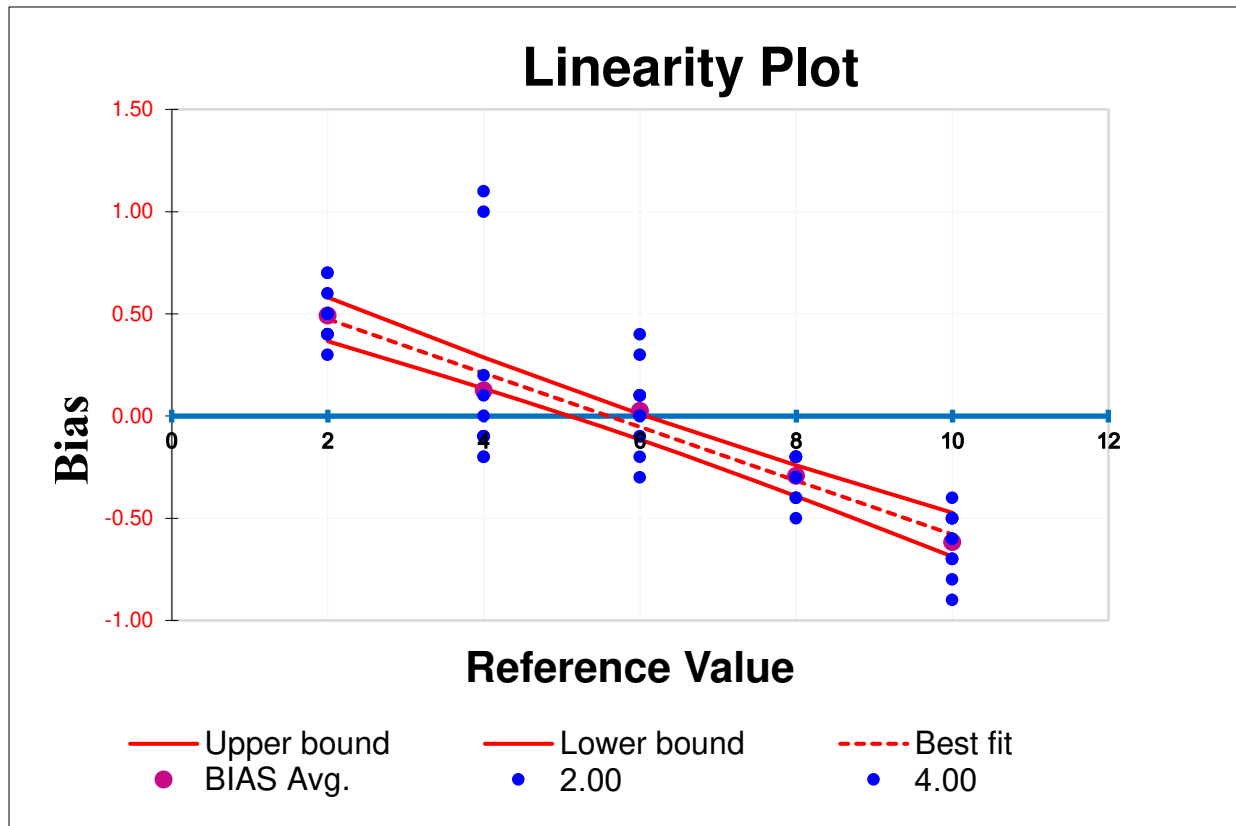
Bias ไม่คงที่



Bias ไม่คงที่



2) Plot ค่า Bias แต่ละค่าวัด และค่า Bias เฉลี่ยกับค่าอ้างอิงบนกราฟเส้นตรง โดยที่แกน X เป็นค่าอ้างอิง และแกน Y เป็นค่า Bias



การคำนวณค่าความชัน

$$a = \frac{\sum xy - \left(\frac{1}{gm} \sum x \sum y \right)}{\sum x^2 - \frac{1}{gm} (\sum x)^2} = slope$$

$$a = \frac{-82.40 - \left(\frac{1}{60} (360)(-3.2) \right)}{2640 - \frac{1}{60} (360)^2} = slope$$

$$= -0.1317$$

ตัวอย่าง

$$\bar{y}_i = a x_i + b \quad \bar{y}_1 = (-0.1317)(2) + 0.7367$$

$$= 0.4733$$

การคำนวณหาจุดตัดของเส้นถดถอยหรือค่าคงที่

$$b = \bar{\bar{y}} - a\bar{x} = intercept$$

$$b = (-0.0533) - (-0.1317)(6.0)$$

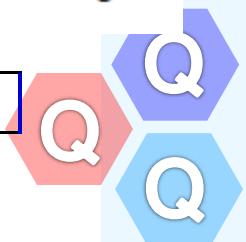
$$= 0.7367$$

SUM x	360.00	Xbar	6
SUM y	-3.20	ybar	-0.05333
SUM x2	2640.00		
SUM y2	11.82		
sun xy	-82.40		
un(xi-xbar	480.00		

$x_i = reference\ value$

$\bar{y}_i = bias\ average$

Best fit	0.4733	0.2100	-0.0533	-0.3167	-0.5800
----------	--------	--------	---------	---------	---------



5) การคำนวณหาค่า s เพื่อนำไปหาค่าช่วงความเชื่อมั่นด้านบน Upper และด้านล่าง Lower

$$s = \sqrt{\frac{\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i}{gm - 2}}$$

$$s = \sqrt{\frac{11.82 - 0.7367(-3.2) - (-0.1317)(-82.40)}{60 - 2}}$$

$$s = \sqrt{\frac{11.82 - (-2.357) - 10.852}{60 - 2}}$$

$$s = \sqrt{\frac{3.325}{58}}$$

$$s = \sqrt{0.05733}$$

$$s = 0.239$$

SUM x	360.00	Xbar	6
SUM y	-3.20	ybar	-0.05333
SUM x2	2640.00		
SUM y2	11.82		
sun xy	-82.40		
un(xi-xbar	480.00		



กำหนดค่า α และ คำนวณค่า $1 - \alpha / 2$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%(95% confidence)

การหาค่า $[t_{gm-2, 1-\alpha/2}]$

ดูค่าในแถว $\alpha = 0.025$

สิ่งที่ต้องทราบคือ

Number of part, g = 5 alpha, $\alpha = 0.05$
Number of trails, m = 12 $t_{gm-2, 1-\alpha/2} = 2.00171$
gm = 60

$T[(5)(12)-2], (1-0.95)/2$

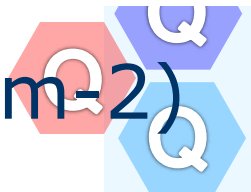
T 58, 0.025

ดูลำดับแถวนี้ในช่อง 58

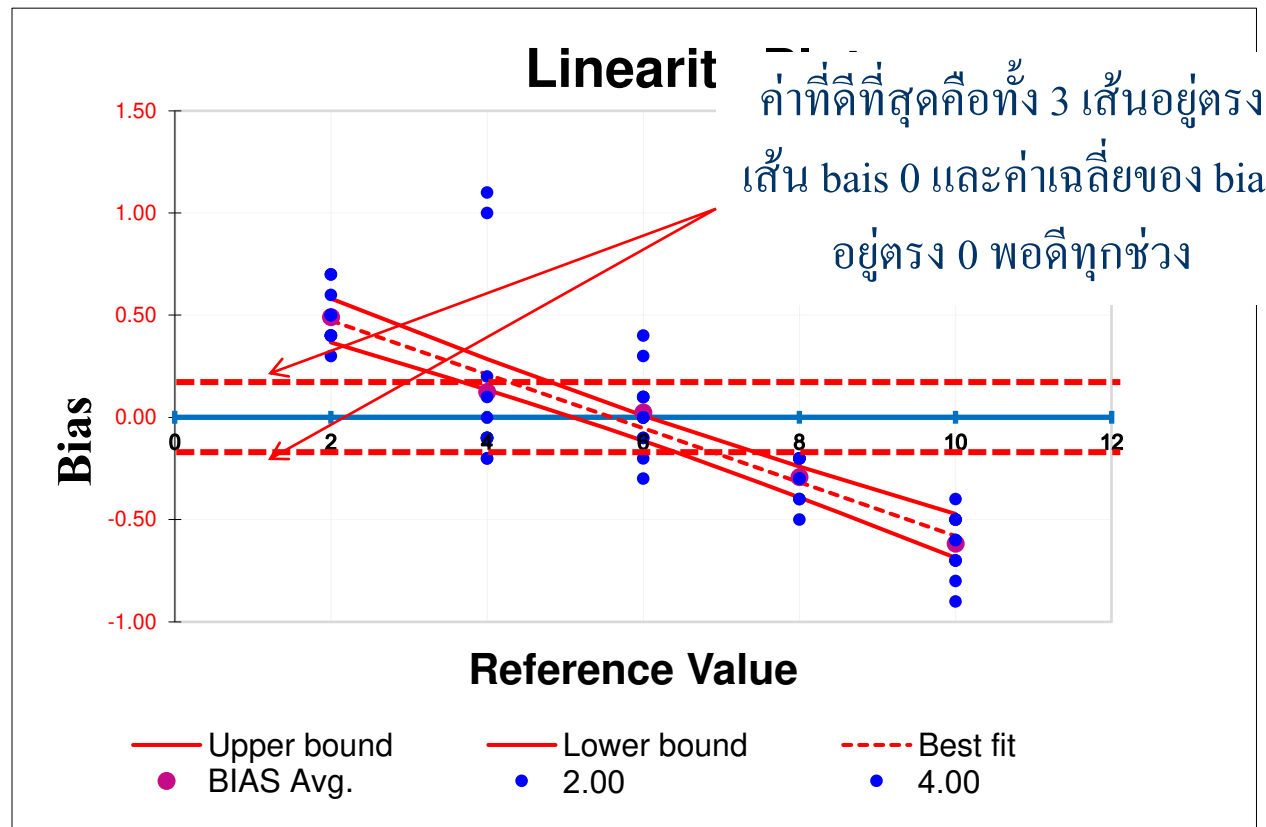
df	0.1	0.05	0.025	0.02	0.015	0.01	0.005	0.0025	0.0005	One-tail
	0.2	0.1	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.005	0.001	Two-tail
47	1.2998	1.6779	2.0117	2.1123	2.2380	2.4083	2.6846	2.9456	3.5099	
48	1.2994	1.6772	2.0106	2.1111	2.2365	2.4066	2.6822	2.9426	3.5050	
49	1.2991	1.6766	2.0096	2.1099	2.2351	2.4049	2.6800	2.9397	3.5005	
50	1.2987	1.6759	2.0086	2.1087	2.2338	2.4033	2.6778	2.9370	3.4960	
51	1.2984	1.6753	2.0076	2.1076	2.2325	2.4017	2.6757	2.9343	3.4917	
52	1.2980	1.6747	2.0066	2.1066	2.2313	2.4002	2.6737	2.9318	3.4877	
53	1.2977	1.6741	2.0057	2.1055	2.2301	2.3988	2.6718	2.9293	3.4837	
54	1.2974	1.6736	2.0049	2.1046	2.2289	2.3974	2.6700	2.9270	3.4799	
55	1.2971	1.6730	2.0040	2.1036	2.2279	2.3961	2.6682	2.9247	3.4765	
56	1.2969	1.6725	2.0032	2.1027	2.2268	2.3948	2.6665	2.9225	3.4730	
57	1.2966	1.6720	2.0025	2.1018	2.2258	2.3936	2.6649	2.9204	3.4695	
58	1.2963	1.6716	2.0017	2.1010	2.2248	2.3924	2.6633	2.9184	3.4663	
59	1.2961	1.6711	2.0010	2.1002	2.2238	2.3912	2.6618	2.9164	3.4632	

ตารางยังหาไม่ได้เนื่องจากคู่มือ
MSA 4th ไม่ได้แจกมาด้วย

สูตรหาค่าใน excal =TINV(α ,gm-2)



6) นำค่าที่ได้จากการคำนวณลง Plot ลงบนกราฟ



Upper bound	0.5806	0.2858	0.0086	-0.2409	-0.4728
Best fit	0.4733	0.2100	-0.0533	-0.3167	-0.5800
Lower bound	0.3661	0.1342	-0.1152	-0.3925	-0.6872



7) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis) ของจุดตัดของเส้นถดถอยหรือค่าคงที่ (intercept)
ว่ามีความเชื่อถืออยู่ในช่วง 95% หรือไม่

$$H_0: b = 0 \quad \text{intercept (bias)} = 0$$

จะไม่ปฏิเสธถ้า

$$|t| = \frac{|b|}{\left[\sqrt{\frac{1}{gm} + \frac{\bar{x}^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}} \right] s} \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$$

$$|t| = \frac{0.7367}{\left[\sqrt{\frac{1}{60} + \frac{6^2}{480}} \right] 0.23954} \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$$

$$|t| = \frac{0.7367}{0.072} \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$$

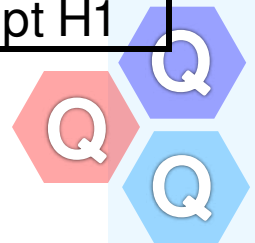
$$|t| = 10.157 \leq 2.001717$$



7) จากการคำนวณค่าทางสถิติ (t -statistic) ของความชันและจุดตัดพบว่า

$$t_{gm-2, 1-\alpha/2} = 2.001717484$$

Statistic Testing Result	
TEST for slope $H_0: a = 0$ $H_1: a \neq 0$	TEST for intercept $H_0: b = 0$ $H_1: b \neq 0$
$t_a = -12.04$	$t_b = 10.157$
[X] $t_a \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$ Accept H_0 , Reject H_1	[] $t_b \leq t_{gm-2, 1-\alpha/2}$ Accept H_0 , Reject H_1
[] $t_a > t_{gm-2, 1-\alpha/2}$ Reject H_0 , Aaccept H_1	[X] $t_b > t_{gm-2, 1-\alpha/2}$ Reject H_0 , Aaccept H_1



การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

Stability

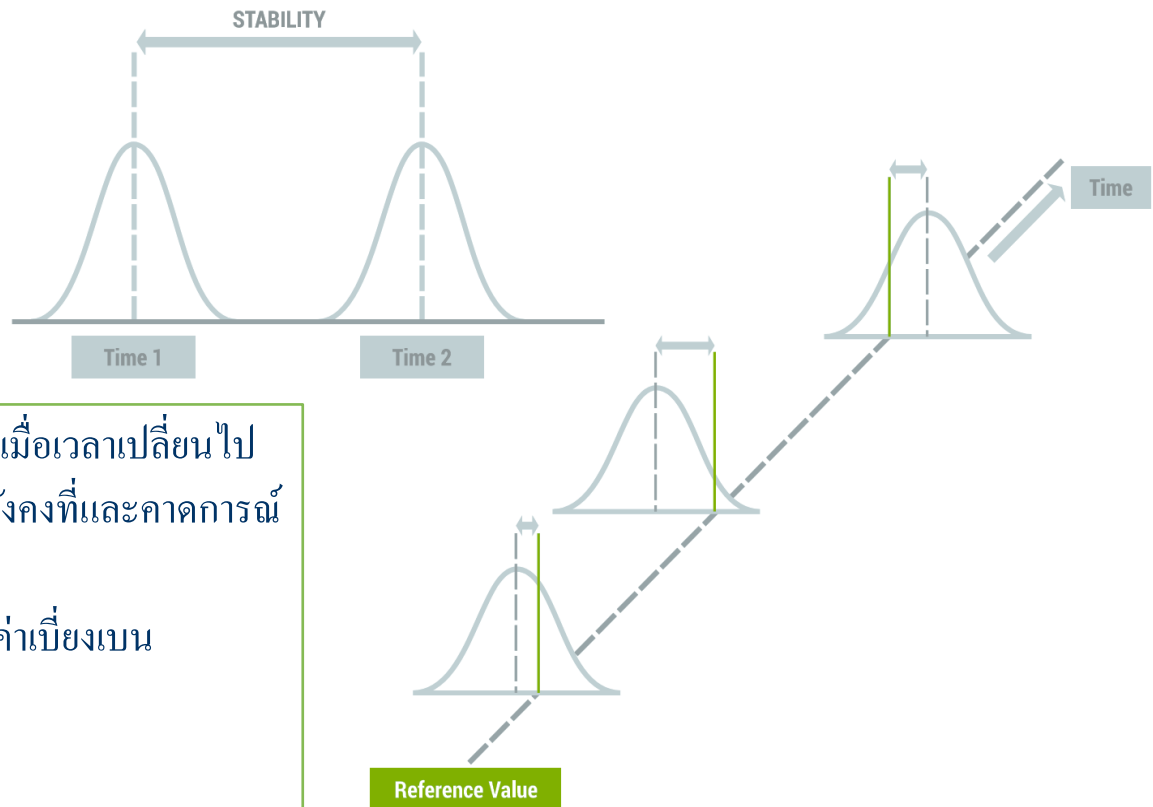


เริ่มทำหลังจากเริ่มมีการผลิตจริง
เพื่อทดสอบความปกติของระบบการวัด

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



เป็นการทดสอบเพื่อ วิเคราะห์ว่าเมื่อช่วงเวลาเปลี่ยนไป ระบบการวัดยังคงสภาพที่มีความแม่นยำ และถูกต้องเหมือนเดิมไหม



- ✚ วัดความแตกต่างที่เกิดกับความถูกต้อง เมื่อเวลาเปลี่ยนไป
- ✚ เป็นการดูว่าการกระจายของค่าการวัดยังคงที่และคาดการณ์ได้
- ✚ เมื่อเวลาผ่านไปหรือไม่ทั้งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบน
- ✚ ต้องไม่มีการเลื่อน, เปลี่ยน, วัฏจักร
- ✚ ใช้ประเมินจากแนวโน้มในชาร์ต
- ✚ ต้องมั่นใจก่อนว่าระบบการวัดถูกสอบเทียบและมีสภาพ R&R ปกติ

Form Xber-R For Stability

145

Stability 4th

PART Name. :	BOBBIN WITH PIN			Instrument Name:	VERNIER			Appr Name. :			
PART NO. :				Serial Number:	-			Trials.	3		
Characteristic/Specification				Resolution:	0.001						

UCL _X	0.5	CL _X	0.09	LCL _X	-0.4	UCL _R	0.3	CL _R	0.05			
------------------	-----	-----------------	------	------------------	------	------------------	-----	-----------------	------	--	--	--

Measured Values	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	25-Jan	18-Feb	19-Mar	25-Apr	27-May	16-Jun	20-Jul	17-Aug	6-Sep	11-Oct	23-Nov	24-Dec
	Reference value	0.32	0.32	0.32	-0.6	1.2	0.32	-0.85	0.32	0.32		
	1	0.29	0.29	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59		
	2	0.41	0.41	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75		
	3	0.34	0.64	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66		
Ave	0.347	0.447	0.447	-0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667			0.2381
R	0.120	0.350	0.350	0.120	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160			0.1989

Bias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	-0.03	-0.03	-0.03	0.04	0.14	0.15	0.05	-0.3	0.27		
	2	0.09	0.09	0.09	-0.08	-0.03	0.18	-0.07	-0.43	0.43		
	3	0.02	0.32	0.32	0.02	0.07	0.32	0.01	-0.53	0.34		
	Ave	0.027	0.127	0.127	-0.007	0.060	0.217	-0.003	-0.420	0.347		0.0526
	R	0.120	0.350	0.350	0.120	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160		0.1989

Result	Bias	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Reject	Pass		
	Repeat	Pass	Reject	Reject	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass		

Ave Bias

R Bias

A2 and D3 and D4 are constant Value received from statistical table				New	R=	0.1989	
Trials.	A2	D3	D4		X=	0.0526	
2	1.880	0.000	3.267		UCLR=	R x D4=	0.5121
3	1.023	0.000	2.575		LCLR=	R x D3=	0.0000
					UCLX=	X + A2*R	0.256
					LCLX=	X - A2*R	-0.151



ค่าจาก Bias

- Bias
- Upper
- Lower

ค่าจาก GR&R

- UCL R
- R (ของแต่ละคน)

Stability 4th

PART Name. :	BOBBIN WITH PIN		Instrument Name:	VERNIER		Appr Name. :		
PART NO. :			Serial Number:	-		Trials.	0	
Characteristic/Specification			Resolution:	0.001				

UCL _X	0.5	CL _X	0.09	LCL _X	-0.4	UCL _R	0.3	CL _R	0.05
------------------	-----	-----------------	------	------------------	------	------------------	-----	-----------------	------

รอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วัดที่												
Reference value												
Measured Values												
1												
2												
3												
Ave												
R												

รอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bias												
1												
2												
3												
Ave												
R												

Result	Bias											
	Repeat											

Ave Bias

R Bias

กราฟขึ้นให้อัตโนมัต

A2 and D3 and D4 are constant Value received from statistical table			
Trials.	A2	D3	D4
2	1.880	0.000	3.267
3	1.023	0.000	2.575

A2	D3	D4
#N/A	#N/A	#N/A

New	R=	
	X=	
	UCL _R =	R x D ₄ =
	LCL _R =	R x D ₃ =
	UCL _X =	X + A2*R
	LCL _X =	X - A2*R

กรณีทำรอบที่ต้องให้ใช้
ค่าจากตารางด้านล่างนี้

คำนวณหาค่า Aver bias

Stability 4th

PART Name. :		BOBBIN WITH PIN		Instrument Name:		VERNIER		Appr Name. :															
PART NO. :				Serial Number:		-		Trials.															
Characteristic/Specification				Resolution:		0.001																	
UCL _X		0.5		CL _X		0.09		LCL _X		-0.4		UCL _R		0.3		CL _R							
รอบ		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
วันที่		25-Jan		18-Feb		19-Mar		25-Apr		27-May		16-Jun		20-Jul		17-Aug		6-Sep		11-Oct		23-Nov	
Reference value		0.32		0.32		0.32		-0.6		1.2		0.32		-0.85		0.32		0.32					
Measured Values	1	0.29		0.29		0.29		-0.56		1.34		0.47		-0.8		0.02		0.59					
	2	0.41		0.41		0.41		-0.68		1.17		0.5		-0.92		-0.11		0.75					
	3	0.34		0.64		0.64		-0.58		1.27		0.64		-0.84		-0.21		0.66					
	Ave	0.347		0.447		0.447		-0.607		1.260		0.537		-0.853		-0.100		0.667					
	R	0.120		0.350		0.350		0.120		0.170		0.170		0.120		0.230		0.160					
รอบ		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
Bias	1	-0.03		-0.03		-0.03		0.04		0.14		0.15		0.05		-0.3		0.27					
	2	0.09		0.09		0.09		-0.08		-0.03		0.18		-0.07		-0.43		0.43					
	3	0.02		0.32		0.32		0.02		0.07		0.32		0.01		-0.53		0.34					
	Ave	0.027		0.127		0.127		-0.007		0.060		0.217		-0.003		-0.420		0.347					
	R	0.120		0.350		0.350		0.120		0.170		0.170		0.120		0.230		0.160					
Result	Bias	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Reject	Pass											
	Repeat	Pass	Reject	Reject	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass											

- หาค่า bias ของแต่ละ xi

สูตร = xi-Reference value

$$= 0.29-0.32$$

$$= -0.03$$

- หาค่า Aver bias ของแต่ละ k

$$\text{Aver bias} = \frac{\sum bias_{k1} + bias_{k2} + bias_{kn} + \dots}{n}$$

$$= \frac{(-0.03)+(0.09)+(0.02)}{3}$$

$$= 0.027$$



ทำการหาค่า

$$\bar{x}_{bias} = \frac{\sum \bar{x}_{bias_{k1}} + \bar{x}_{bias_{k2}} + \bar{x}_{bias_{k3}} + \bar{x}_{bias_{k4}} + \bar{x}_{bias_{kn}} + \dots}{k}$$

$$\frac{(0.027) + 0.127 + 0.127 + (-0.007) + \dots}{9} = 0.0526$$

รอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.03	-0.03	-0.03	0.04	0.14	0.15	0.05	-0.3	0.27			
2	0.09	0.09	0.09	-0.08	-0.03	0.18	-0.07	-0.43	0.43			
3	0.02	0.32	0.32	0.02	0.07	0.32	0.01	-0.53	0.34			
Ave	0.027	0.127	0.127	-0.007	0.060	0.217	-0.003	-0.420	0.347			0.0526
R	0.120	0.350	0.350	0.120	0.170	0.170	0.120	0.230	0.160			0.1989

Result	Bias	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Reject	Pass			
	Repeat	Pass	Reject	Reject	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass			

A2 and D3 and D4 are constant Value received from staitstical table				New	R=	0.1989
Trial.	A2	D3	D4		X =	0.0526
2	1.880	0.000	3.267		UCL _R =	R x D ₄ = 0.5121
3	1.023	0.000	2.575		LCL _R =	R x D ₃ = 0.0000
					UCL _X =	X + A2*R 0.256
					LCL _X =	X - A2*R -0.151

คำนวณค่า UCL_R , LCL_R

เส้นกลางของค่าเฉลี่ย

$$CL_R = \bar{R} = 0.1989$$

พิกัดควบคุมบนของค่าเฉลี่ย

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$= 2.575(0.1989)$$

$$= 0.5121$$

พิกัดควบคุมล่างของค่าเฉลี่ย

$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

$$= 0(0.1989)$$

$$= 0$$

โดยค่า D_4, D_3 เป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับขนาดของกลุ่มย่อย (n) ซึ่งแสดงไว้ในตาราง

A2 and D3 and D4 are constant Value received from staitstical table				New	$\bar{R} =$	0.1989
Trial.	A2	D3	D4		$\bar{X} =$	0.0526
2	1.880	0.000	3.267		$UCL_R =$	$\bar{R} \times D_4 =$ 0.5121
3	1.023	0.000	2.575		$LCL_R =$	$\bar{R} \times D_3 =$ 0.0000
					$UCL_x =$	$\bar{X} + A_2 \times R$ 0.256
					$LCL_x =$	$\bar{X} - A_2 \times R$ -0.151

การวิเคราะห์ระบบการวัด

Measurement System Analysis (MSA) 4th Edition

Kappa



หน้า 131-142

ทำทดลองผลิต
และเริ่มทำเป็นอย่างแรก

ให้คำปรึกษาและฝึกอบรมโดยมืออาชีพ เพื่อความประทับใจแบบเบ็ดเสร็จแก่คุณ



1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
0	
0	
1	1
1	1
1	1
1	1
0	
1	1
0	
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
0	
0	
1	1
1	1
1	1
0	
1	1
1	1
1	1
0	
1	1
1	1
1	1
0	
1	1
1	1
1	1
0	
1	1

0	
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
0	
1	1
1	1
1	
1	1
1	1
1	1
1	1

39	38
----	----

% Score vs. Attribute ²		
Appraiser agreed on all trials with standard		
สมาชิก	สมหมาย	สมศรี
50	50	50
41	44	39
0	0	0
1	1	1
8	5	10
91.4	95.5	88.5
82	88	78
68.6	75.7	64.1

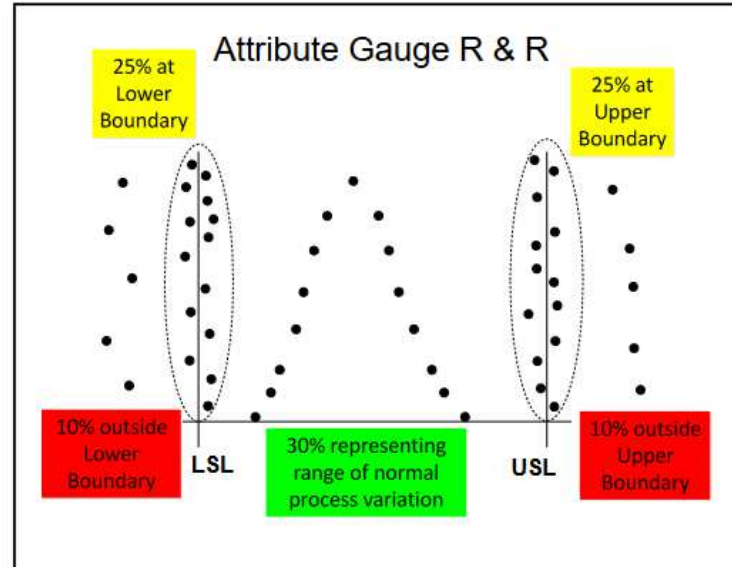
86.9
76
61.9



Parts for Attribute Gauge R&R Study

- 25% of the parts should be near the lower specification limit (on both sides of the specification).
- 25% of the parts should be near the upper specification limit (on both sides of the specification).
- 30% of the parts should represent the expected process variation.
- 10% of the parts should be outside the upper gauge specification limit and beyond the 25% of the parts near the specification as described above.
- 10% of the parts should be outside the lower gauge specification limit and beyond the 25% of the parts near the specification as described above.

Graphic
representing
the data
distribution for
Attribute
Gauge R&R



$$kappa = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

Appraiser

VS		สบายใจ		SUM
		NG	G	
ผู้ประเมิน	NG	44	6	50
		15.7	34.3	
	G	3	97	100
		31.3	68.7	
SUM		47	103	150

$$\begin{aligned} \text{Kappa} &= (P_o - P_e) / (1 - P_e) \\ &= 0.863 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kappa} &= \frac{0.94 - 0.562}{1 - 0.562} \\ &= 0.863 \end{aligned}$$

Po=Proportion of observed agreement

Po คือ สัดส่วนการตัดสินใจสอดคล้องกัน (คือ ผิด บอกรู้ ผิด และ ถูก บอกรู้ถูก)

$$P_o = (44 + 97) / 150 = 0.94$$

Pe=Proportion of expected agreement

Pe = สัดส่วนคาดว่าตัดสินใจสอดคล้องกัน (คือ คาดว่าผิด บอกรู้ ผิด และ คาดว่าถูก บอกรู้ถูก)

$$P_e = (15.7 + 68.7) / 150 = 0.562$$



$$\text{Effectiveness} = \frac{\text{number of correct decisions}}{\text{total opportunities for a decision}}$$

ประสิทธิภาพจะถูกประเมินแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ประสิทธิภาพของการตัดสินใจเหมือนกัน**ทุกครั้ง**

เช่น G เหมือนกันทุกรอบ หรือ
NG เหมือนกันทุก รอบ

1 % Appraiser¹
Appraiser agreed with him/herself on all trials

อุดมศักดิ์	สไบใจ	พอใจ
50	50	50
42	45	40

92.8	96.7	90.0
84	90	80
70.9	78.2	66.3

Effectiveness

2 % Score vs. Attribute²
Appraiser agreed on all trials with standard

อุดมศักดิ์	สไบใจ	พอใจ
50	50	50
42	45	40
0	0	0
0	0	0
8	5	10

92.8	96.7	90.0
84	90	80
70.9	78.2	66.3

ประสิทธิภาพ ของการตัดสินใจเหมือนกัน**ทุกครั้งสอดคล้องกับมาตรฐาน**

เช่น - มาตรฐานG และตัดสินใจเป็น G
เหมือนกันทุกรอบ หรือ

- มาตรฐานNG และตัดสินใจเป็น NG
เหมือนกันทุกรอบ

ประสิทธิภาพ ของการตัดสินใจเหมือนกัน**ทุกคนและทุกครั้ง**

เช่น G เหมือนกันทุกคนและทุกรอบ หรือ
NG เหมือนกันทุกและทุกรอบ

3 System % Effective Score³
Appraisers agreed within and between themselves

50
39

88.5
78
64.1

Effectiveness

4 System % Effective Score vs. Reference⁴
Appraisers agreed within and between themselves AND agreed with standard

50
39

88.5
78
64.1

ประสิทธิภาพ ของการตัดสินใจเหมือนกัน**ทุกคนและทุกครั้งสอดคล้องกับมาตรฐาน**

เช่น - มาตรฐาน G และตัดสินใจเป็น G เหมือนกันทุกคนและทุกรอบ หรือ

- มาตรฐาน NG และตัดสินใจเป็น NG เหมือนกันทุกคนและทุกรอบ



[illegible]

[illegible]

◎ Effective វិជ្ជាប័ណ្ណ = $(39/50)*100 = 78\%$

m = จำนวนครั้งที่แต่ขึ้นได้รับการตัดสินใจเหมือนกัน

N = จำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด

สมการ: 95% LCI Lower confidence =
$$\frac{V_1 F_{(0.025, v_1, v_2)}}{V_2 + V_1 F_{(0.025, v_1, v_2)}}$$

โดย ตัวอย่างค่า LCI ของอุดมศักดิ์

$$\begin{aligned} v_1 &= 2m & v_1 &= 2 \cdot 42 & &= 84 \\ v_2 &= 2(N-m+1) & v_2 &= 2(50-42+1) & &= 18 \\ F &= 2.5 & F &= 0.025 & &= 0.521 \end{aligned}$$

Excel=F.INV(probability,deg_freedom1,deg_freedom2)

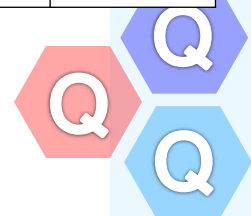
Excel=F.INV(0.0255,84,18) = 0.52177183

$$\text{Lower confidence} = \frac{84 \cdot 0.521}{18 + (84 \cdot 0.521)} = \underline{0.7088}$$

% Score vs. Attribute²
Appraiser agreed on all trials with standard

อุดมศักดิ์	สบายใจ	พอใจ
50	50	50
42	45	40
84	90	80
70.9	78.2	66.3

คำนวณด้วยวิธีการเดียวกันจนครบทุก Effectiveness



- Miss Rate = อัตราความผิดพลาด (ใช้งานเสียแต่ตัดสินใจเป็นของดี)

$$\text{False Alarm Rate} = \frac{\text{number of False Alarm}}{\text{Number of opportunities for a False Alarm}}$$

จำนวนครั้งที่มึตัดสินใจ
ผิดพลาด

ผิดพลาด

3

$\frac{3}{16 \times 3} \times 100 = 6.25\%$

ชั้นงานเสียทั้งหมด
ที่นำมาทดลอง

จำนวนการ
วัดซ้ำ

		Standard		
VS		STD.		SUM
		NG	G	
จุดมั่วส์	NG	45	5	50
		16	34	
	G	3	97	100
		32	68	
SUM		48	102	150

$$\text{Kappa} = (\text{Po}-\text{Pe})/(\text{1}-\text{Pe})$$

—

RESULTS SUMMARY			
Appraiser	Effectiveness	Miss Rate	False Alarm Rate
อุดมศักดิ์	84	6.3	4.9
สไบใจ	90	6.3	2.0
พอใจ	80	12.5	8.8

[illegible]

1. ประเมินค่า Kappa

$Kappa \geq 0.75$ หมายถึง สอดคล้องดี

$0.40 < Kappa < 0.75$ หมายถึง สอดคล้องบางส่วน

$kappa \leq 0.40$ หมายถึง สอดคล้องน้อย

2. ประเมินค่า Effectiveness ตามเกณฑ์

Decision	Effectiveness
Measurement system	
Acceptable for the appraiser	$\geq 90\%$
Marginally acceptable for the appraiser – may need improvement	$\geq 80\%$
Unacceptable for the appraiser – needs improvement	$< 80\%$

3. ประเมินผลการทดสอบสมมติฐาน 95% ยอมรับ H_0 ใหม่

โดย ค่า Lower confidence < Effectiveness > Lower confidence

4 ประเมินค่า Miss Rate, False Alarm Rate ตามเกณฑ์

Decision	Miss Rate	False Alarm Rate
Measurement system		
Acceptable for the appraiser	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$
Marginally acceptable for the appraiser – may need improvement	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$
Unacceptable for the appraiser – needs improvement	$> 5\%$	$> 10\%$

37	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
38	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
39	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
40	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
41	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
42	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
43	g	g	ng	g	g	g	g	g	g	ng
44	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
45	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
46	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
47	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
48	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng
49	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
50	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng	ng

RESULTS SUMMARY			
Appraiser	Effectiveness	Miss Rate	False Alarm Rate
อุดมศักดิ์	84	6.3	4.9
สไบใจ	90	6.3	2.0
พอใจ	80	12.5	8.8

Conclusion						
Appraiser	A Vs B	A Vs C	B Vs C	Appraiser	อุดมศักดิ์	สไบใจ
KAPPA	0.863	0.776	0.788	KAPPA	0.879	0.923

$$\text{Lower confidence} = \frac{V_1 F_{(V_1, V_2, 0.025)}}{V_2 + V_1 F_{(V_1, V_2, 0.025)}}$$

Big Q Training Co., Ltd.

$$\text{Upper confidence} = \frac{V_1 F_{(V_1, V_2, 0.975)}}{V_2 + V_1 F_{(V_1, V_2, 0.975)}}$$

Source	% Appraiser ¹			% Score vs. Attribute ²		
	Appraiser agreed with him/herself on all trials	Appraiser agreed on all trials with standard		Appraiser agreed on all trials with standard		
อุดมศักดิ์	50	50	50	50	50	50
สไบใจ	50	50	50	50	50	50
พอใจ	50	50	50	50	50	50
จำนวนชิ้นงานทั้งหมด	42	45	40	42	45	40
จำนวนชิ้นงานที่ตัดสินใจถูกต้องทั้งหมดทุกกรอบ	0	0	0	0	0	0
จำนวนชิ้นงานที่มีการแจ้งเตือนผิดพลาดทุกกรอบ α	0	0	0	0	0	0
จำนวนชิ้นงานที่ตัดสินใจผิดหมดทุกกรอบ β	8	5	10	8	5	10
จำนวนชิ้นงานที่ตัดสินใจไม่เหมือนกันทุกกรอบ	92.8	96.7	90.0	92.8	96.7	90.0
95% UCI	84	90	80	84	90	80
Calc. Score	70.9	78.2	66.3	70.9	78.2	66.3
95% LCI						
System % Effective Score ³	All appraisers agreed within and between themselves			System % Effective Score vs. Reference ⁴		
จำนวนชิ้นงานทั้งหมด	50			All appraisers agreed within and between themselves AND agreed with standard		
จำนวนชิ้นงานที่ตัดสินใจถูกต้องทั้งหมดทุกกรอบ	39					
95% UCI	88.5					
Calculated Score	78					
95% LCI	64.1					

Q & A

BIG Q TRAINING CO., LTD.

ขอขอบพระคุณทุกท่าน

