1301 706: Data Analysis and Statistics for Research

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติเพื่อการวิจัย

บทที่ 1

การวัด และระบบการวัด

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ธนรัฐ ศรีวีระกุล

บทนำ

- การวัด (measurement) มีประวัติความเป็นมามากกว่า 3,000 ปีก่อนคริสตศักราช และถือว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่ใช้สื่อสารเพื่อบอกขนาด ปริมาณ ตำแหน่ง สภาวะ และเวลา
- เดิมมีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ตัดสินปริมาณวัดต่างๆ ในเชิงพาณิชย์ เพื่อความเป็นธรรม ในอดีตจึงมีการกำหนดหน่วยวัด มาตราการชั่ง ตวง วัด สำหรับท้องถิ่น หรือใช้ภายในประเทศ ต่อมาการค้าขายระหว่างประเทศมีมากขึ้นจึงมีการพัฒนาหน่วยวัดที่เป็นสากลขึ้น
- สาขาวิชาที่ว่าด้วยศาสตร์แห่งการวัด คือ “มาตรวิทยา (Metrology)
- สำหรับไทย เริ่มมีการตรา พรบ.ชั่ง ตวง วัด ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2466 โดยกำหนดให้ใช้ระบบเมตริกเป็นระบบวัดของประเทศ ต่อมาจึงพัฒนามาใช้ระบบหน่วย SI และหน่วยงานที่ดูแลมาตรฐานการวัดของชาติ คือ “ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”

เนื้อหา

1. ความหมายและความสำคัญของการวัดและเครื่องมือวัด
2. ระบบการวัด ปริมาณและหน่วย
3. ศาสตร์พื้นฐานที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดและเครื่องมือวัด

1. ความหมายและความสำคัญของการวัดและเครื่องมือวัด

ความหมายของการวัด

การวัดคือการกระทำเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ ในที่นี้รวมถึงการใช้เครื่องมือ**(Instrument)** ข้อมูลที่ต้องการก็คือ ปริมาณวัด (**measurand**) และ ผลการวัด (**measured result**) ก็คือ ผลจากการสังเกต (**observation**) ของผู้ทำการวัด

คุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการวัด

1. ผลการวัด**ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม** ดังนั้นต้องกำหนดสภาพแวดล้อมของการวัดหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นอยู่ในขณะทำการวัด รวมทั้งระบุข้อมูลของเครื่องมือวัด เพราะข้อมูลประกอบเหล่านี้เป็นตัวบอกความน่าเชื่อถือของผลการวัด

2. การวัดที่ดีต้อง**ไม่ขึ้นอยู่กับผู้ทำการวัด** ให้ผู้ใดวัดก็ควรให้ผลเหมือนกันหรือใกล้เคียงกัน และควรใช้มาตรฐานเดียวกันที่ทุกคนเข้าใจได้ตรงกัน ผู้ทำการวัดจะต้องมีความรู้ในเรื่องวิชาการวัดที่ถูกต้อง จึงจะทำการวัดตามคุณสมบัติ 2 ข้อนี้ได้ดี

ความหมายและความสำคัญของเครื่องมือวัด

In abstract terms, an instrument is a device that transforms a physical variable of interest (the measurand) into a form that is suitable for recording (the measurement).

- เป็นเครื่องมือที่สามารถบอกลักษณะทางกายภาพออกมาเป็นจำนวนที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ (หน่วย, สเกล)
- ตัวอย่างที่ ๑ _____

  _____
- ตัวอย่างที่ ๒ ความร้อน
- เครื่องมือวัดทางวิศวกรรมเครื่องกล
  - การวัดทางกล: อุณหภูมิ, ความดัน, ความเร่ง, แรง, การเคลื่อนไหว

ความสำคัญของเครื่องมือวัด

1) ช่วยในการตรวจสอบการทำงานให้มีความถูกต้อง
   - เกจวัดความดันในระบบทำความเย็น

2) ใช้ในงานควบคุมอัตโนมัติ
   - ปั๊มน้ำ ปั๊มลม
   - ระบบหัวฉีดในเครื่องยนต์
   - โรงไฟฟ้า
   - ระบบ PLC ในไลน์การประกอบรถยนต์

2.ระบบการวัด

การวัดคือปฏิบัติการทั้งปวงที่มีวัตถุประสงค์เพื่อการตัดสินค่าของปริมาณ (Set of operations having the object of determining a value of a quantity: VIM 2.1) ผลลัพธ์ของการวัดจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ค่าที่วัดได้พร้อมความไม่แน่นอนของค่าที่วัดได้ส่วนหนึ่ง และอีกส่วนหนึ่งคือหน่วยวัด ตัวอย่างเช่น ผลการวัดตุ้มน้ำหนักที่มีค่าที่ระบุ 1 kg คือ ค่าที่ได้จากการวัดของตุ้มน้ำหนัก คือ 1000,001 kg พร้อมความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักคือ 0,001 kg ซึ่งการรายงานผลการวัดอยู่ในรูป (1000,001 ± 0,001) kg

$$magnitude = \{value\} \times [unit]$$

$$x = \{x\}[x]$$

$$\mathbf{x} = \{x\}[x]\mathbf{e}$$

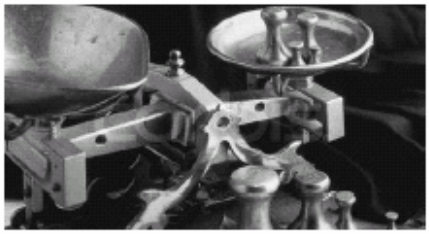
2.1 ระบบการวัดแห่งชาติ

ประเทศไทยมีระบบการวัดแห่งชาติที่สอดคล้องกับระบบการวัดแห่งชาติของนานาประเทศ โดยการแบ่งระบบการวัดแห่งชาติออกเป็น 2 ระบบดังนี้

1) **ระบบการวัดแห่งชาติเชิงพาณิชย์หรือเชิงกฎหมาย**
(Legal Metrology)

2) **ระบบการวัดแห่งชาติทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม**
(Scientific Metrology or Industrial Metrology)

1) ระบบการวัดแห่งชาติเชิงพาณิชย์หรือเชิงกฎหมาย (Legal Metrology)



เป็นระบบการวัดแห่งชาติที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อรักษาความถูกต้องและเป็นธรรมในการ ชั่ง ตวง วัด ในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงกฎหมาย ตามที่ได้กำหนดไว้ในพระราชบัญญัติ ชั่ง ตวง วัด พ.ศ.2542 (เดิม พ.ศ. 2466) โดยมีสำนักชั่ง ตวง วัด กระทรวงพาณิชย์ เป็นหน่วยงานหลักรับผิดชอบในการดำเนินการให้เป็นไปตามกฎหมายฉบับดังกล่าว อำนาจหน้าที่หลักของสำนักชั่ง ตวง วัด คือการกำหนดระดับความถูกต้องของการ ชั่ง ตวง วัด ในเชิงพาณิชย์ เพื่อความเป็นธรรมในการซื้อขาย แลกเปลี่ยนรวมไปถึงการควบคุมให้มีการปฏิบัติตามพระราชบัญญัติ ชั่ง ตวง วัด อย่างเคร่งครัดอีกด้วย ขอบเขตความรับผิดชอบของสำนักชั่ง ตวง วัด มิได้จำกัดอยู่เพียงในส่วนกลางเท่านั้น ยังครอบคลุมไปทั่วประเทศ โดยผ่านสำนักงานพาณิชย์จังหวัดของแต่ละจังหวัด ปริมาณ ชั่ง ตวง วัด ที่ได้รับการควบคุม เช่น

- การชั่ง ได้แก่ เครื่องชั่ง และตุ้มน้ำหนัก
- การตวง ได้แก่ ลิตรมาตรฐาน
- การวัด ได้แก่ ไม้เมตร ตลับเมตร

2) ระบบการวัดแห่งชาติทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม (Scientific Metrology or Industrial Metrology)

เป็นระบบการวัดแห่งชาติที่มุ่งเน้นในการสถาปนาและรักษามาตรฐานการวัดแห่งชาติ ที่มีความถูกต้องสูงสุดตามระบบการวัดสากลหรือระบบหน่วยวัด SI (International System of Units) ซึ่งเป็นพื้นฐานการวิจัย และพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับการผลิต และการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในเชิงอุตสาหกรรม การดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของระบบการวัดแห่งชาติเชิงวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมนี้อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามพระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ พ.ศ. 2540 ซึ่งนอกจากจะกำหนดให้สถาบัน

2.2 ระบบการวัดระหว่างประเทศ

การค้าขายแลกเปลี่ยนสินค้าระหว่างประเทศจะเป็นไปอย่างราบรื่น เมื่อทุกประเทศได้ใช้ระบบหน่วยวัดเดียวกันที่เป็นสากล ซึ่งเป็นที่มาของความตกลงระหว่างประเทศว่าด้วย มาตรการวัดปริมาณทางกายภาพ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญยิ่งต่อการค้าขายแลกเปลี่ยนระหว่างประเทศ นับตั้งแต่มีการลงนามในสนธิสัญญาเมตริก (Metric Treaty) ในปี ค.ศ. 1875 ได้ทำให้มีการพัฒนากลไกซึ่งทำให้เกิดความเชื่อมั่นในความเท่าเทียมกันของมาตรฐานการวัดทางกายภาพระหว่างประเทศ และนำไปสู่การก่อตั้งห้องปฏิบัติการระหว่างชาติขึ้นหนึ่งแห่ง กับคณะกรรมการระหว่างชาติอีกหลายคณะ

ตามสนธิสัญญาเมตริก กำหนดให้องค์กรต่อไปนี้ควบคุมดูแลระบบการวัดระหว่างประเทศให้มีความเท่าเทียมกัน

2.3 ปริมาณและหน่วย

การวัดเป็นการบอกขนาดของปริมาณวัดที่เป็นปริมาณทางกายภาพ ให้อยู่ในรูปของอัตราส่วนของหน่วยมาตรฐาน

$$magnitude = \{value\} \times [unit]$$

$$x = \{x\}[x]$$

$$\mathbf{x} = \{x\}[x]\mathbf{e}$$

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จึงต้องมีการกำหนดมิติ (dimension) หน่วย (unit) และสัญลักษณ์ของหน่วย (symbol)

ระบบหน่วย SI (International system of units)

เป็นระบบหน่วยที่มีพื้นฐานมาจากระบบเมทริก (**metric system**) ประกอบไปด้วย

1. หน่วยรากฐาน (**base unit**) มีอยู่ 7 ชนิดคือ
   - ความยาว (**length**)
   - มวล (**mass**)
   - เวลา (**time**)
   - กระแสไฟฟ้า (**electrical current**)
   - อุณหภูมิ (**thermodynamic temperature**)
   - ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (**luminous intensity**)
   - จำนวนของสาร (**amount of substance**

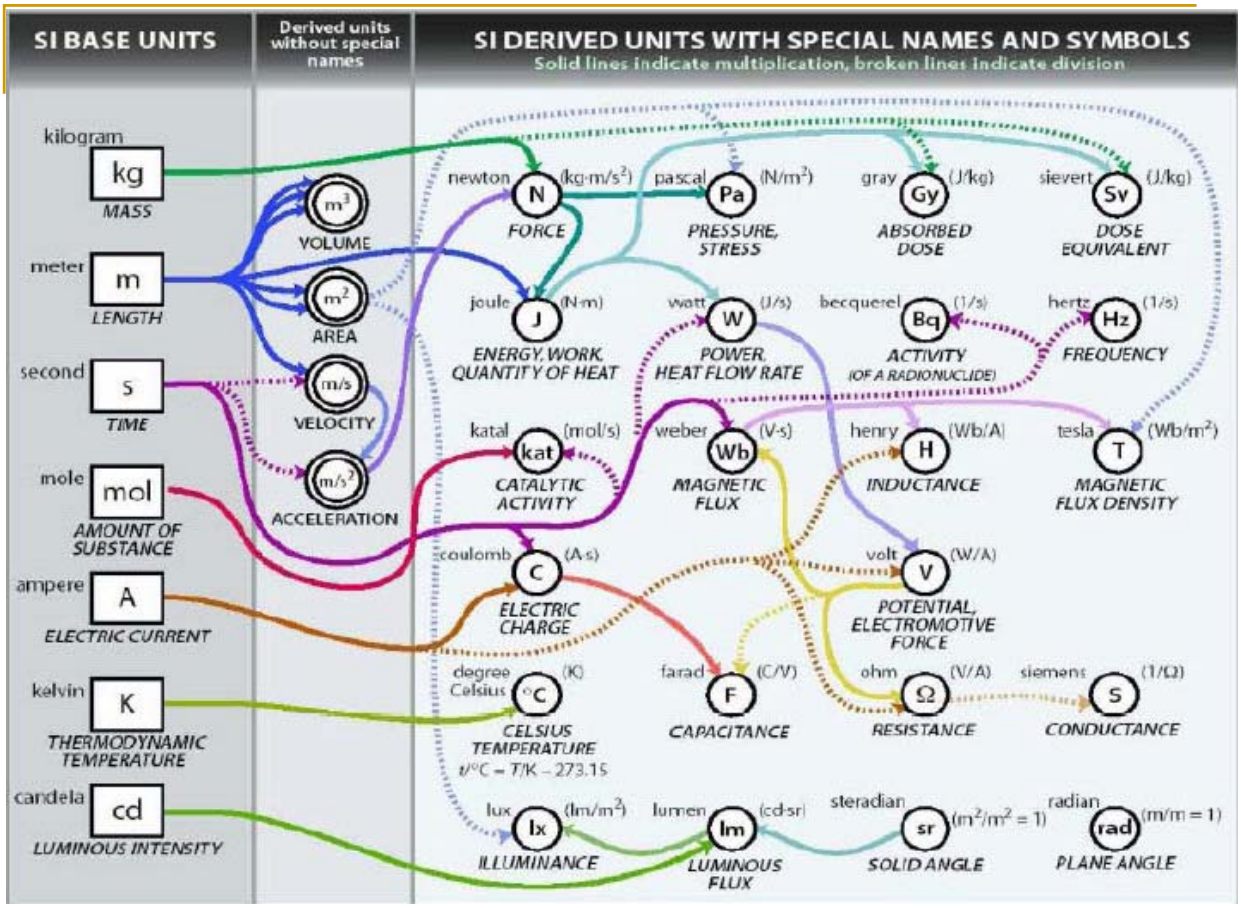
2. หน่วยเพิ่มเติม (**additional unit**) มีอยู่ 2 ชนิดคือ
   - เรเดียน (**radian**)
   - สเตอเรเดียน (**steradian**)
3. หน่วยอนุพันธ์ (**derivative unit**)
4. ใช้สัญลักษณ์พหุคูณหรือพหุคูณย่อย (**decimal prefix**) เพื่อบอกขนาดที่ใหญ่กว่าหรือเล็กกว่าหน่วยมาตรฐานมาก ๆ

ปริมาณและหน่วยรากฐานของระบบ SI

Base quantity	Name of unit	Unit symbol
Length	meter	m
Mass	kilogram	kg
Time	second	s
Electrical current	ampere	A
Thermodynamic temperature	Kelvin	K
Luminous intensity	candela	cd
Amount of substance	mole	mol

ปริมาณและหน่วยที่กำหนดเพิ่มเติม

Quantity	Name of unit	Unit symbol
Plane angle	radian	rad
Solid angle	steradian	sr



ตัวอย่างปริมาณและหน่วยอนุพันธ์

Derived quantity	Derived unit	Symbol
area	square metre	m^2
volume	cubic metre	m^3
speed, velocity	metre per second	$m \cdot s^{-1}$
acceleration	metre per second square	$m \cdot s^{-2}$
angular velocity	radian per second	$rad \cdot s^{-1}$
angular acceleration	radian per second square	$rad \cdot s^{-2}$
density	kilogram per cubic metre	$kg \cdot m^{-3}$
magnetic field intensity (linear current density)	ampere per metre	$A \cdot m^{-1}$
current density	ampere per Square metre	$A \cdot m^{-2}$
moment of force	newton metre	$N \cdot m$
electric field strength	volt per metre	$V \cdot m^{-1}$
permeability	henry per metre	$H \cdot m^{-1}$
permittivity	farad per metre	$F \cdot m^{-1}$
specific heat capacity	joule per kilogram kelvin	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
amount-of-substance concentration	mol per cubic metre	$mol \cdot m^{-3}$
luminance	candela per square metre	$cd \cdot m^{-2}$

ผลการวัดปริมาณเชิงตัวเลข

1) รูปแบบการเขียน

$$magnitude = \{value\} \times [unit]$$
$$x = \{x\}[x]$$
$$\mathbf{x} = \{x\}[x]\mathbf{e}$$

- เช่น ความยาว 45 เมตร เขียนเป็น L = 45 ft. หรือ L = 13.716 m.

2) ตัวเลขนัยสำคัญ (Significant Digits)

2.1) ตัวเลขนัยสำคัญของปริมาณมูลฐาน

2.1) ตัวเลขนัยสำคัญของปริมาณจากการวัดโดยตรง

ปกติแล้ว ค่าปริมาณเชิงตัวเลขที่ได้จากการวัดมักจะมีค่าความไม่แน่นอนอยู่เสมอ เช่น ผลการวัดความยาวได้ค่า 15.6 m. และมีค่าความไม่แน่นอน 2% ซึ่งค่าความไม่แน่นอน 2% คิดเป็นขนาดความยาวประมาณ 0.3 m. ดังนั้น

L = 15.6 $\pm$ 0.3 m. นั่นแสดงว่า ค่าความยาวจริงอาจเป็นได้ตั้งแต่ 15.3 ถึง 15.9 m.

ความถูกต้องในการวัดยังสามารถสังเกตได้จากจำนวนของเลขนัยสำคัญของค่าจากการวัดนั้น สำหรับค่าความยาว 15.6 m. นั้นมีเลขนัยสำคัญ 3 หลัก ซึ่งหมายถึงหลักสุดท้ายของเลขนัยสำคัญอาจมีความคลาดเคลื่อนของตัวเลขได้ หากมีการเขียนเติมจำนวนหลักนัยสำคัญเพิ่มเข้าไปภายหลัง หลักนัยสำคัญที่เพิ่มขึ้นจะไม่มีความหมายใดๆเลย เช่น 15.620478

Ex. 1.2 km, 1.20 km, 1.200 km

หมายเหตุ ในค่าที่มีเลขศูนย์ หากเลขศูนย์อยู่ก่อนจุดทศนิยมจะไม่นับเป็นเลขนัยสำคัญ แต่ถ้าอยู่หลังจุดทศนิยมไม่ว่าตำแหน่งใดให้นับเป็นเลขนัยสำคัญทั้งหมด km

2.2) ตัวเลขนัยสำคัญของปริมาณที่ผ่านการคำนวณ

2.2.1) การคูณและหารปริมาณเชิงตัวเลข

จำนวนเลขนัยสำคัญทั้งหมดของผลลัพธ์ที่ได้จากการคูณและการหาร จะมีค่าเท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญของตัวตั้งต้นที่มีจำนวนเลขนัยสำคัญน้อยที่สุด

Ex. (36.479 x 2.6)/ 14.85 = ?

2.2.2) การบวกและการลบปริมาณเชิงตัวเลข

จำนวนเลขนัยสำคัญหลังจุดทศนิยมของผลลัพธ์ที่ได้จากการบวกและการลบ จะมีค่าเท่ากับจำนวนเลขนัยสำคัญหลังจุดทศนิยมของตัวตั้งต้นที่น้อยที่สุด

Ex. 17.524 + 2.4 – 3.56 = ?

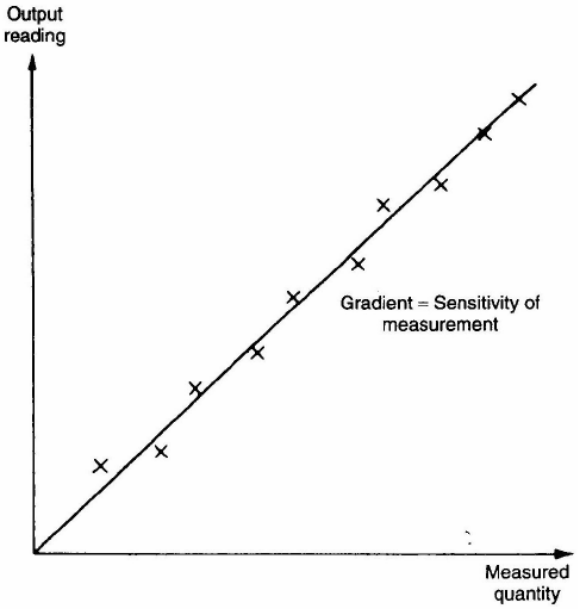
Exercise

1. Find the volume V of a circular cylinder with radius r =1.26 cm and height, h= 7.3 cm. (If Pi = 3.14159)
2. Find the sum of $(0.056 \times 10^{2}) + (11.8 \times 10^{-1})$

3. ศาสตร์พื้นฐานที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดและเครื่องมือวัด

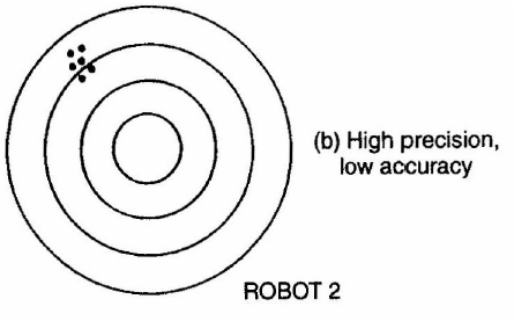
- การสอบเทียบอุปกรณ์วัด
  - เทียบค่ามาตรฐานกับระบบที่ทำการวัดและสร้างความสัมพันธ์ระบบหว่างค่ามาตรฐานและค่าที่ระบบตอบสนอง
  - Static Calibration
    - สอบเทียบโดยที่ค่ามาตรฐานกับการแสดงผลคงที่
  - Dynamics Calibration
    - ค่าทั้งสองเปลี่ยนแปลงตามเวลา จะใช้กับระบบพลศาสตร์

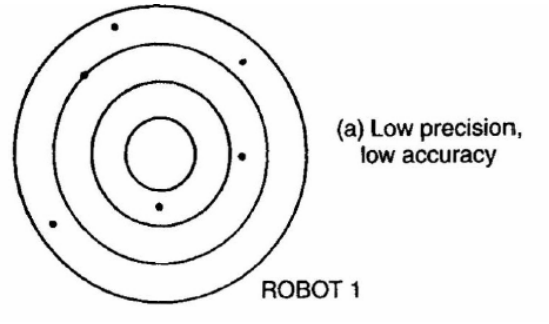
ย่านการวัด (RANGE)

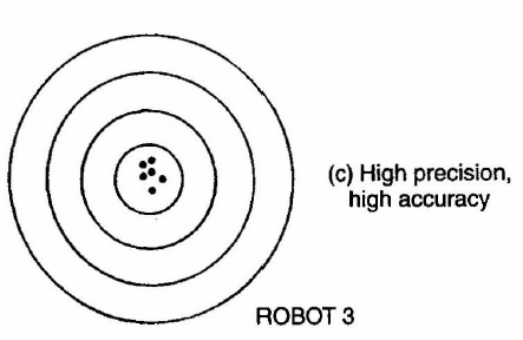


ความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์วัด (Accuracy/ Error/ Precision)

- **Accuracy** (ความแม่นยำ) & **Error** (ความผิดพลาด)
- **Repeatability & Precision** (ความเที่ยงตรง)

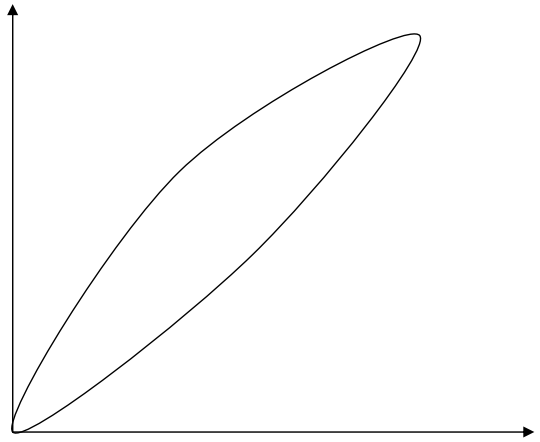




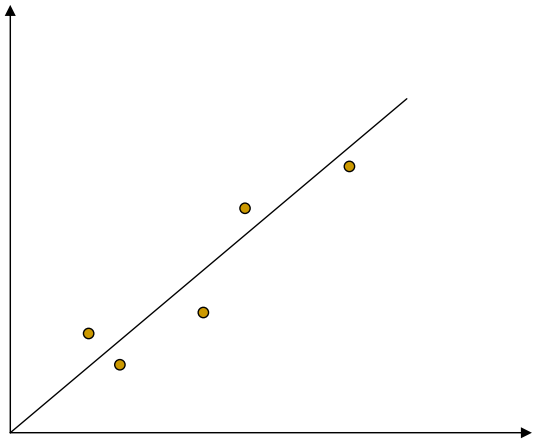


% ความแมนยำ =100% -%ความผิดพลาด่

- **Hysteresis Error**

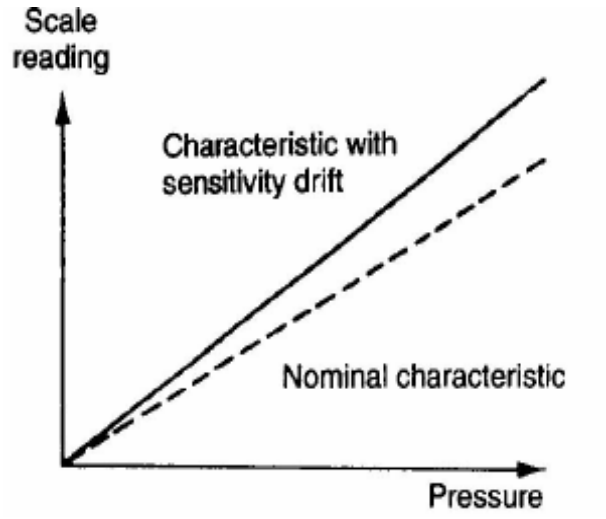


- **Linearity Error**



ความเป็นเชิงเส้น (linearity) เป็นคุณสมบัติบอกความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกกับปริมาณเข้า

- **Sensitivity Error**



- **Offset Error**