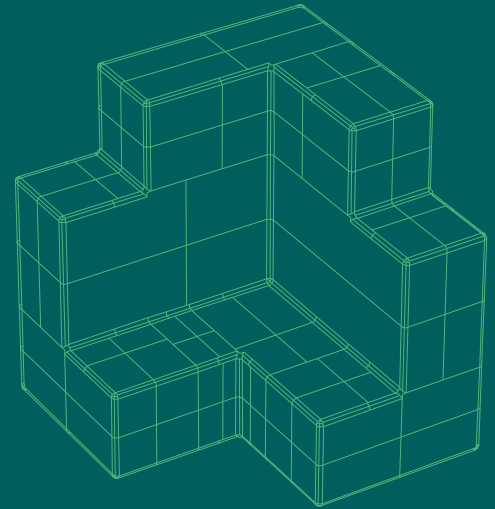


255444 : Computer Applications for Industrial Engineering



Minitab



Dr. Warisa Wisittipanich



Minitab คืออะไร?



Minitab คือ โปรแกรมสำเร็จรูป หรือ เครื่องมือ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติ

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์จะถูกเก็บในรูปแบบของ worksheet

Minitab สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายประเภท เช่น งานเกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพ



Minitab ทำอะไรได้บ้าง ?



- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพื้นฐาน
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขั้นสูง
- การออกแบบการทดลอง
- การประเมินผลกระบวนการ
- การสร้างเครื่องมือควบคุมคุณภาพ
 - Histogram
 - Fish Bone Diagram
 - Pareto Chart
 - Control Chart
- ETC



Chapter 1: Data Management



- ❖ โครงสร้างและความหมายของข้อมูล
- ❖ การแสดงผลข้อมูลในรูปของ Matrix
- ❖ การบันทึกข้อมูลในโปรแกรม Minitab
- ❖ การกำหนดคุณลักษณะชนิดของข้อมูล
- ❖ การจัดการ Worksheet



โครงสร้างและความหมายของข้อมูล



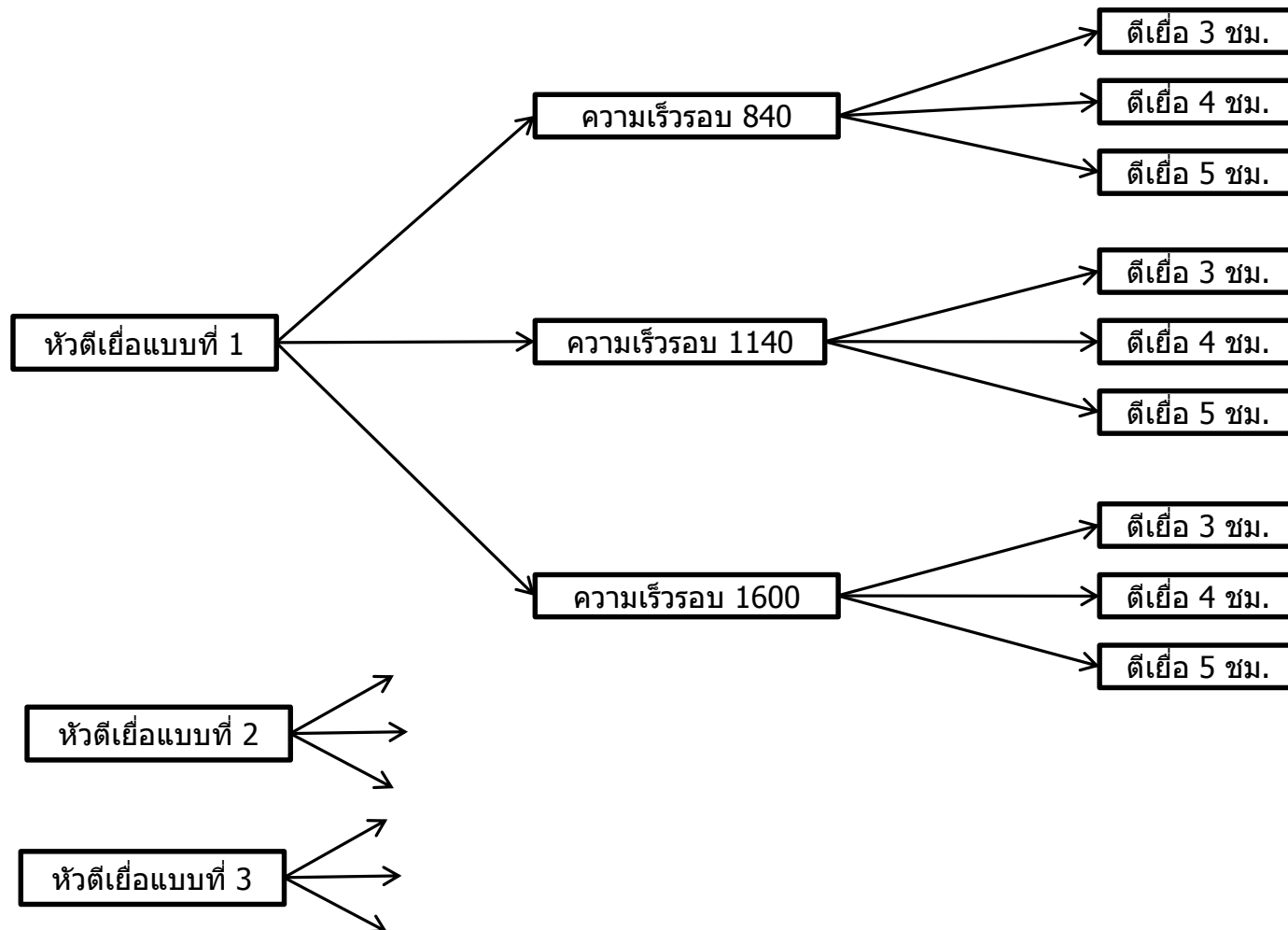
ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่ ต้องเข้าใจ

- ❖ วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ หรือการทดลอง
- ❖ จำนวนข้อมูล (n)
- ❖ ตัวแปร (Factor)
- ❖ ผลลัพธ์ที่ต้องการ (Response)

การแสดงผลข้อมูลในรูปของ Matrix



Ex. วิเคราะห์วิธีการดีเยื่อกระดาษสา 3 วิธี เพื่อให้มีคุณภาพดี หนา น้ำ หนา ไฟ



การแสดงผลข้อมูลในรูปของ Matrix



แสดงข้อมูลแต่ละชุดให้อยู่ในรูปของ Vector โดยมีขนาดเท่ากับจำนวนตัวแปรและผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลชุดที่ 1 จะถูกแสดงเป็น

$$x_1 = \begin{matrix} \text{ชนิดหัวดีเยื่อ} & \text{ความเร็วรอบ} & \text{เวลาที่ใช้} & \text{อัตราแลกเปลี่ยน} & \text{อัตราดอกเบี้ย} \\ [1 & 840 & 3 & 56 & 11.1] \end{matrix}$$

ข้อมูลทุกชุด รวมกันก่อให้เกิดเป็น Matrix ดังนี้

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 840 & 3 & 56 & 11.1 \\ 1 & 840 & 4 & 51.1 & 13.5 \\ 1 & 840 & 5 & 60.9 & 10.3 \\ 1 & 1140 & 3 & 55 & 9.8 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 3 & 1600 & 5 & 58.7 & 7.9 \end{bmatrix} \begin{matrix} \longrightarrow x_1 \\ \longrightarrow x_2 \\ \\ \\ \\ \longrightarrow x_n \end{matrix}$$



การบันทึกข้อมูลลงใน Minitab



หลังจากเข้าใจในโครงสร้างของความหมายของข้อมูล และสามารถแสดงผลข้อมูลในรูปของ Matrix ได้แล้ว ต่อไปทำการบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม Minitab

ทำได้ 2 แบบ คือ

- สร้าง worksheet ใหม่
- เปิด worksheet ที่มีอยู่แล้ว

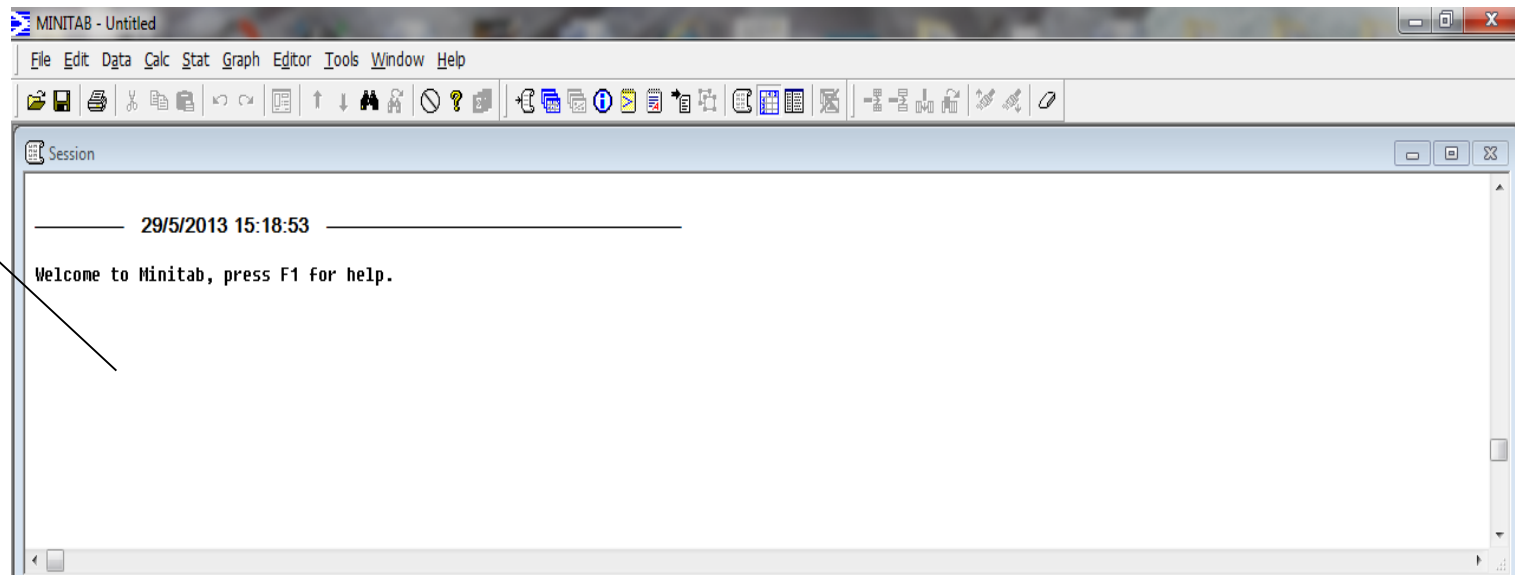


การเข้าสู่โปรแกรม Minitab

- เปิดโปรแกรม Minitab
- จะพบ 2 ส่วนหลักบนหน้าจอ
 - 1) หน้าต่าง Session : แสดงผลของการวิเคราะห์ในรูปแบบของตัวอักษร (text) ในหน้าต่างนี้
สามารถป้อนคำสั่ง (command) เข้าไปแทนการใช้ menu ของ Minitab ได้
 - 2) หน้าต่างข้อมูล : บันทึกข้อมูลในรูปแบบของ worksheet หรือ spreadsheet เพื่อใช้ในการคำนวณ
สามารถเปิดหลาย worksheet พร้อมกันได้ แต่จะใช้ worksheet เดียวในการคำนวณเท่านั้น คือ Worksheet ที่มีเครื่องหมาย ***

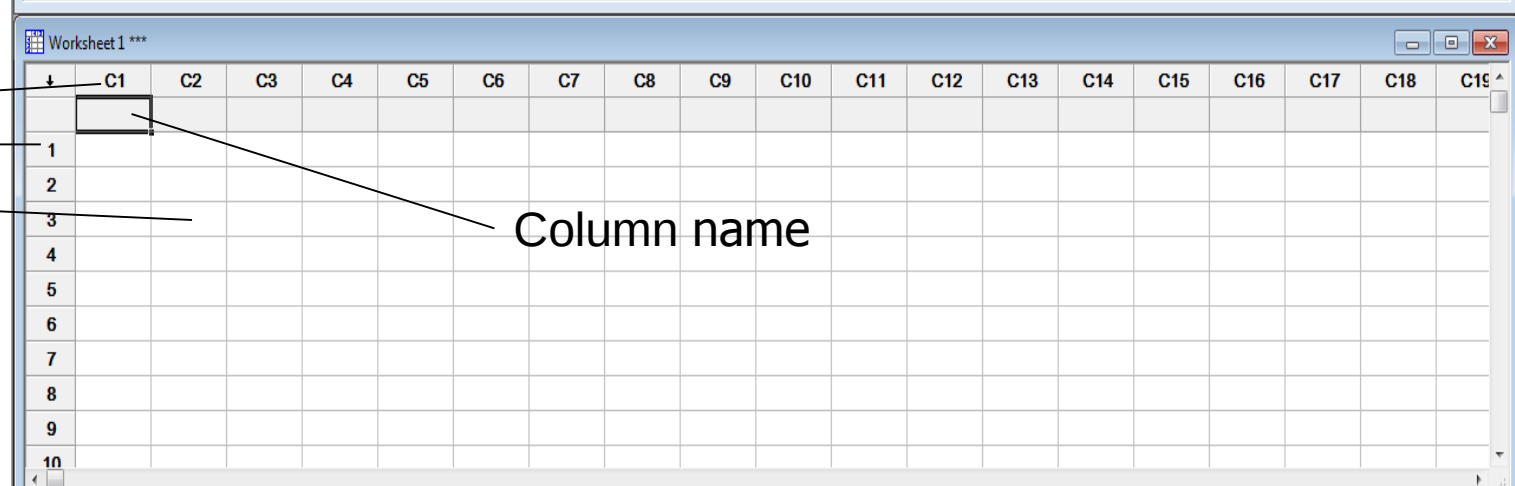


หน้าต่าง Session



หน้าต่าง ข้อมูล

- Column
- Row
- Cell



Column name

การบันทึกข้อมูลลงใน Minitab



การสร้าง worksheet ใหม่

File → Save Current Worksheets as

The screenshot shows the Minitab software interface. The top menu bar includes File, Edit, Data, Calc, Stat, Graph, Editor, Tools, Window, and Help. Below the menu is a toolbar with various icons. The main window is titled "Session" and displays the date and time "30/5/2013 9:50:00" along with the message "Welcome to Minitab, press F1 for help." Below the session window is a worksheet titled "Worksheet1 ***". The worksheet contains a table with columns labeled C1-T, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, and C11. The first three columns are populated with data: C1-T (Gender), C2 (Height), and C3 (Weight). The data is as follows:

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
	Gender	Height	Weight								
1	F	110	17.0								
2	M	108	17.5								
3	M	114	20.0								
4	F	102	18.0								
5	M	120	30.0								
6	F	100	28.0								
7	F	101	12.0								
8	M	108	13.0								
9											
10											

Annotations in the image include:

- A purple oval highlights the column headers (C1-T, C2, C3, C4, etc.), with a line pointing to the text "สามารถกำหนดชื่อ หรือเปลี่ยนแปลงชื่อของแต่ละ Column ได้" (Can name or change the name of each column).
- A green rectangle highlights the data rows (rows 1-8), with a line pointing to the text "กรอก หรือ บันทึกข้อมูลในรูปแบบของ matrix" (Enter or save data in matrix format).



การบันทึกข้อมูลลงใน Minitab



สามารถเปิดสร้าง และบันทึกข้อมูลลงในหลายๆ worksheet พร้อมกัน
สร้าง Worksheet ใหม่ โดยใช้คำสั่ง

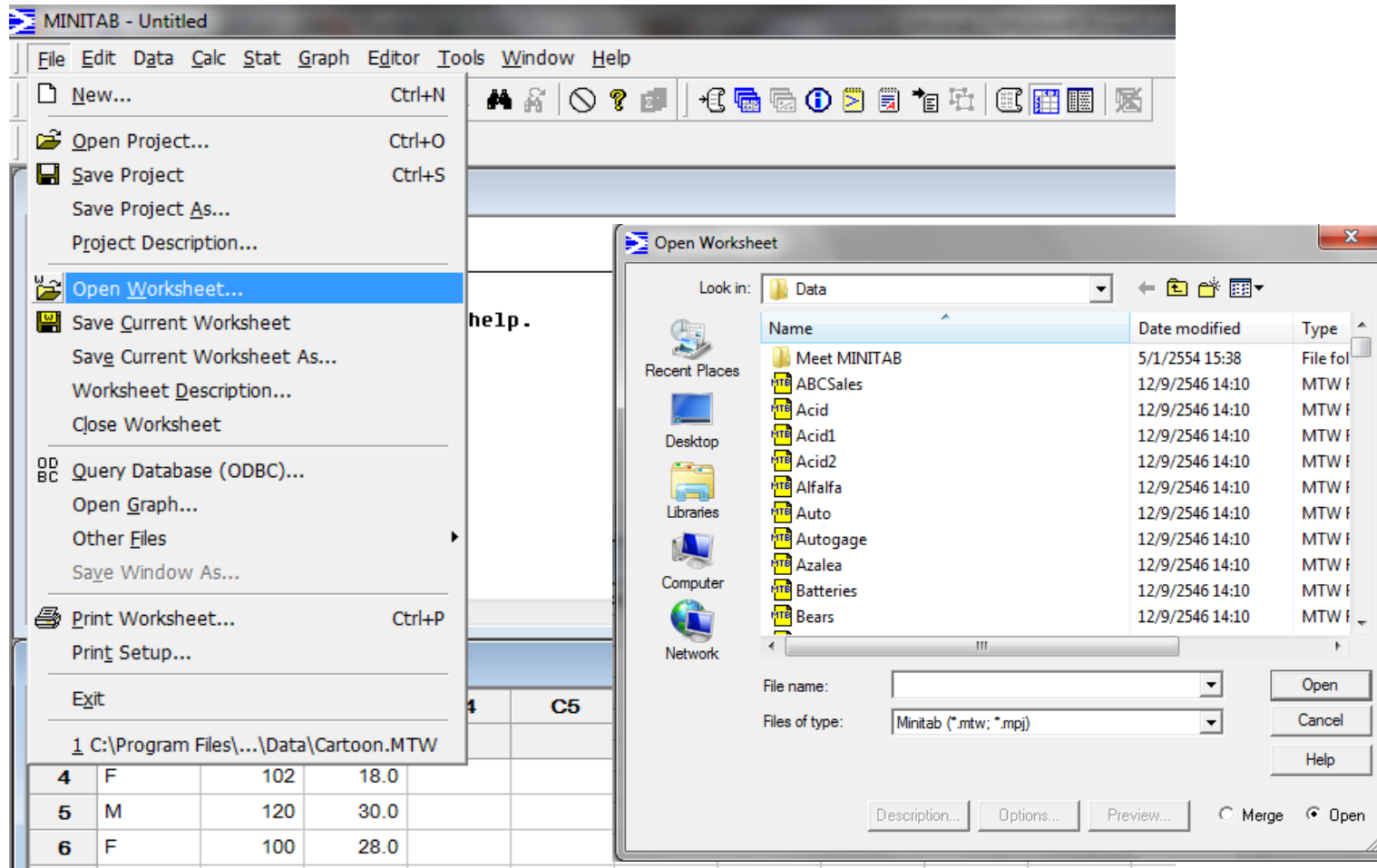
File → New → Minitab Worksheet

การบันทึกข้อมูลลงใน Minitab



การเปิด worksheet ที่มีข้อมูลอยู่แล้ว

File → Open Worksheet



ลักษณะและชนิดของข้อมูล



Minitab รับข้อมูลใน 3 รูปแบบคือ ตัวเลข (numeric) ข้อความ (text) และ วัน/เวลา (Date/time)

ควรกำหนดชนิดของข้อมูลตั้งแต่เริ่มต้นโดย
เลือก Column ที่ต้องการ click ขวา แล้วเลือก Format Column

หรือสามารถทำการเปลี่ยนแปลงชนิดของข้อมูลได้ โดย

Data → Change Data Type



การจัดการ Worksheet

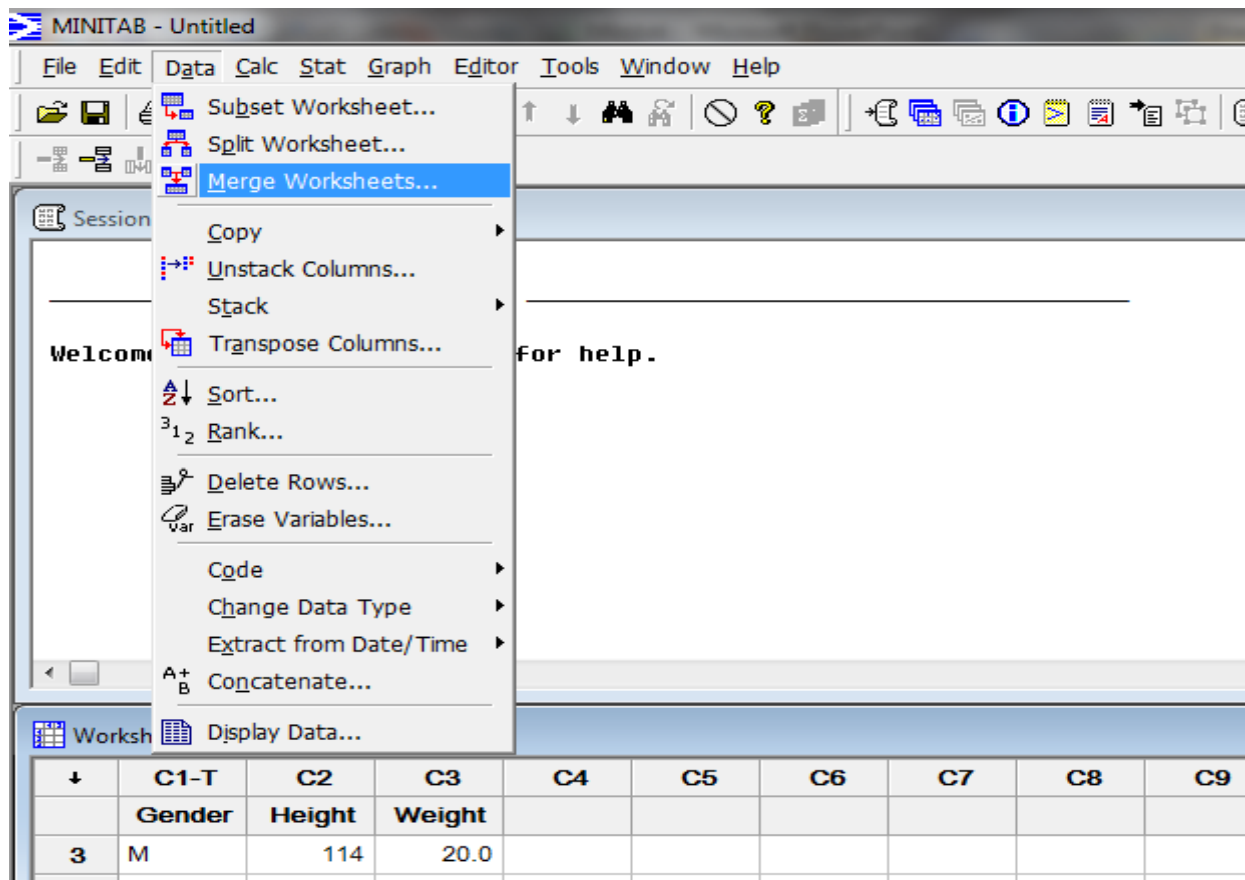


- การรวม Worksheet (Merge Worksheet)
รวมข้อมูลที่มีอยู่ในหลาย worksheet ให้มาเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน
- การแยก Worksheet (Split Worksheet)
การแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่ม ตามหลักเกณฑ์ที่ต้องการ

การจัดการ Worksheet



- การรวม worksheet (Merge Worksheet)
ใช้คำสั่ง *Data → Merge Worksheets*





การจัดการ Worksheet



- การแยก Worksheet (Split Worksheet)

ใช้คำสั่ง Data → Split Worksheet

แยกข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ ตามเกณฑ์ที่สนใจ และวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละกลุ่ม



การจัดการ Worksheet



Gender	Height	Weight
F	110	17.0
M	108	17.5
M	114	20.0
F	102	18.0
M	120	30.0
F	100	28.0
F	101	12.0
M	108	13.0

การจัดการ Worksheet



MINITAB - SAMPLE1.MPJ

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Subset Worksheet...
Split Worksheet...
Merge Worksheets...
Copy
Unstack Columns...
Stack
Transpose Columns...
Sort...
Rank...
Delete Rows...
Erase Variables...
Code
Change Data Type
Extract from Date/Time
Concatenate...
Display Data...

for help.
'D:\CMU\255444\Lecture_Minitab\sample1.MPJ'

for help.
'D:\CMU\255444\LECTURE_MINITAB\SAMPLE1.MPJ'

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	Gender	Height	Weight						
1	F	110	17.0						
2	M	108	17.5						
3	M	114	20.0						
4	F	102	18.0						
5	M	120	30.0						
6	F	100	28.0						
7	F	101	12.0						
8	M	108	13.0						

Split Worksheet

By variables:

Gender

☐ Include missing as a BY level

Select

Help

OK

Cancel

การจัดการ Worksheet



Worksheet 1											
↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
1	F										
2	M										
3	M										
4	F										
5	M										
6	F										
7	F										
8	M										
9											
10											
11											

Worksheet 1(Gender = M)										
↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
1	M									
2	M									
3	M									
4	M									
5										
6										
7										
8										

Worksheet 1(Gender = F) ***								
↓	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Gender	Height	Weight					
1	F	110	17.0					
2	F	102	18.0					
3	F	100	28.0					
4	F	101	12.0					
5								
6								



เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 1



Chapter 2: Analyzing Data with Statistics

Type of Statistics ประเภทของสถิติ



❖ Descriptive Statistics : สถิติเชิงพรรณนา

คือ เทคนิคที่ใช้ในการหาข้อสรุปของข้อมูล เพื่อการอธิบายคุณลักษณะของข้อมูลที่กำลังศึกษาวิเคราะห์หรือตามข้อมูลที่ได้มีการรวบรวมมาเท่านั้น ผลที่ได้ไม่สามารถนำไปอ้างอิง หรือเป็นตัวแทนให้กับข้อมูลโดยทั่วไปได้ มักนำเสนอในรูปของ ตาราง แผนภาพ แผนภูมิ ร้อยละ สัดส่วน เปอร์เซนต์ไทล์ การแจกแจงความถี่ การหาค่าเฉลี่ย การวัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เป็นต้น

❖ Inferential Statistics: สถิติเชิงอ้างอิง

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) แล้วนำข้อสรุปที่ได้ไปคาดคะเนหรือสรุปอ้างอิงถึงลักษณะของประชากร (Population) เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสหสัมพันธ์ เป็นต้น

ค่าที่คำนวณได้ค่าจากกลุ่มตัวอย่าง (Sample) → ค่าสถิติ (Statistics)

ค่าที่คำนวณได้ค่าจากกลุ่มประชากร (Population) → ค่าพารามิเตอร์ (Parameters)

Basic Statistics



Example: ต้องการศึกษายอายุของคนจำนวน 10 คน ดังนี้

20 25 45 45 45 55 25 30 30 60

การคำนวณค่าข้อมูลอายุ 10 คนนี้ ถ้าเป็นข้อมูลประชากร (บุคคลทั้งหมดมี 10 คน) เราเรียกค่าที่คำนวณได้นี้ว่า พารามิเตอร์ แต่ถ้าข้อมูลนี้เป็นกลุ่มตัวอย่าง (สุ่มมาจากประชากร) เราเรียกค่าที่คำนวณได้นี้ว่า ค่าสถิติ

Note: ในที่นี้ สมมุติว่าข้อมูลดังกล่าวเป็นกลุ่มตัวอย่าง



Basic Statistics



มาตรวัดค่ากลาง (Measure of Central Tendency)

1. ค่าเฉลี่ย (Average หรือ Mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{20 + 25 + 25 + \dots + 60}{10} = 38$$

2. ค่ามัธยฐาน (Median) คือค่าที่อยู่ตรงกลางระหว่างข้อมูลที่เรียงลำดับทั้งหมด

20 25 25 30 30 45 45 45 55 60

└──────────┘

มัธยฐาน อยู่ระหว่าง 2 ค่านี้

$$\text{ค่ามัธยฐาน} = (30+45)/2 = 37.5$$

3. ค่าฐานนิยม (Mode) คือค่ากลาง ซึ่งเลือกมาจากข้อมูลที่มีการซ้ำกันมากที่สุด ในที่นี้ ฐานนิยม คือ 45



4. ควอนไทล์ (Quantile) คือ ค่าซึ่งแสดงตำแหน่งของข้อมูล ของข้อมูลที่มีการเรียงลำดับทั้งหมด

- Quartile (Q_i) แบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน ตำแหน่งที่แบ่งมี 3 ค่า คือ Q_1 Q_2 Q_3

$$\text{ตำแหน่งของ } Q_i = \frac{i(n+1)}{4}$$

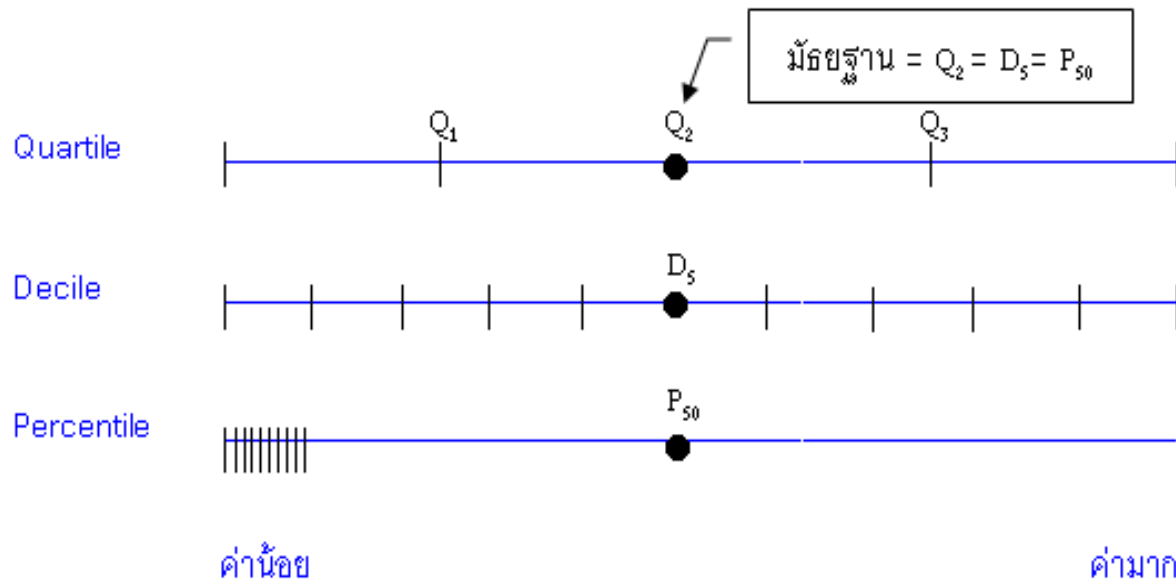
- Decile (D_i) แบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน เท่าๆ กัน ตำแหน่งที่แบ่งมี 9 ค่า คือ D_1 D_2 D_3 ... D_9

$$\text{ตำแหน่งของ } D_i = \frac{i(n+1)}{10}$$

- Percentile (P_i) แบ่งข้อมูลออกเป็น 100 ส่วน เท่าๆ กัน ตำแหน่งที่แบ่งมี 99 ค่าคือ P_1 P_2 P_3 ... P_9

$$\text{ตำแหน่งของ } P_i = \frac{i(n+1)}{100}$$

Basic Statistics



P75 หมายถึง มีข้อมูลอยู่ 75 ส่วน จาก 100 ส่วน ที่มีค่าต่ำกว่า P75 นี้



มาตรวัดค่าการกระจาย (Measure of Dispersion)

1. ความแปรปรวน (Variance) คือ ค่าเฉลี่ยของผลต่างกำลังสองระหว่างข้อมูลแต่ละค่ากับค่าเฉลี่ย

$$\text{Variance}_{\text{sample}} : S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{(20-38)^2 + (25-38)^2 + \dots + (60-38)^2}{10-1} \\ &= 190 \end{aligned}$$

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation หรือ SD หรือ S) คือ ค่าการกระจาย ซึ่งเป็นค่าที่เกิดจากรากบวกที่สองของความแปรปรวน

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S = \sqrt{190} = 13.784$$



3. ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error, SE) เป็น ค่าคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดใหญ่ ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่าน้อย แต่ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก ค่าความคลาดเคลื่อนจะมีค่ามาก

$$SE = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$SE = \frac{13.784}{\sqrt{10}} = 4.359$$

SE เป็นส่วนเบี่ยงเบนซึ่งค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยของประชากร

ถ้ากลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงปกติ เราสามารถกล่าวได้ว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ยของประชากรจะมีค่าระหว่าง

$$\bar{X} \pm 1.96(SE) = 38 \pm 1.96(4.359) \text{ หรือ } 38 \pm 8.54$$



4. คะแนนมาตรฐาน (Standard Score, Z) คือ คะแนนที่บอกให้ทราบว่าข้อมูลนั้นมีค่ามากกว่า(มีเครื่องหมาย +) หรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ย(มีเครื่องหมาย -) เป็นกี่เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{s}$$

คะแนนมาตรฐานของคนที่มีอายุ 30 ปีคือ

$$Z = \frac{30 - 38}{13.784} = -0.58$$

Basic Statistics



5. พิสัย (Range) คือ ค่าการกระจาย ซึ่งคำนวณจากผลต่างของค่าสูงสุด (Maximum) กับค่าต่ำสุด (Minimum)

20 25 25 30 30 45 45 45 55 60

$$\text{Range} = 60 - 20 = 40$$

6. พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (Interquartile Range, IQR)

$$\text{IQR} = Q_3 - Q_1$$

$$\begin{aligned}\text{IQR} &= Q_3 - Q_1 \\ &= 47.5 - 25 \\ &= 22.5\end{aligned}$$

Basic Statistics

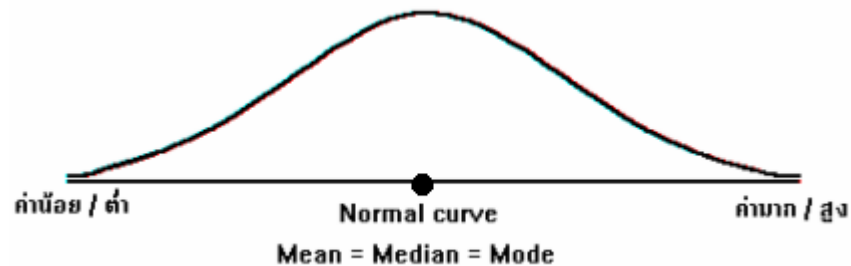


มาตรวัดค่าการแจกแจง (Distribution) ของข้อมูล

1. ค่าความเบ้ (Skewness)

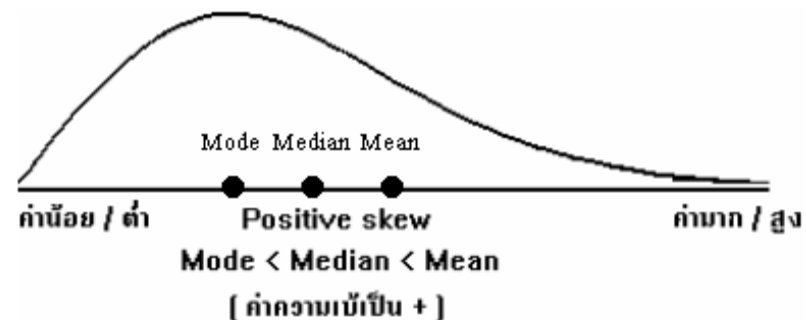
เส้นโค้งปกติ

Mean = Median = Mode



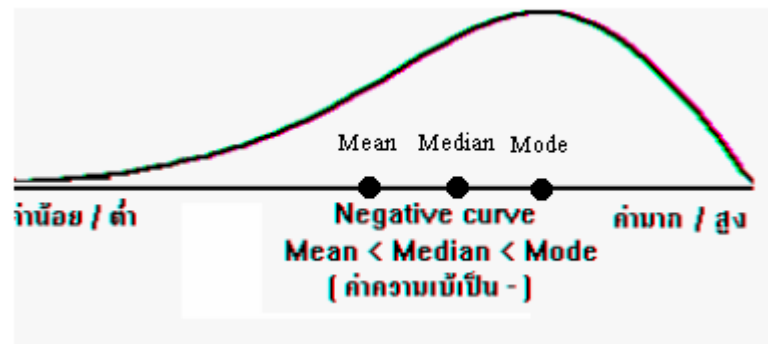
เส้นโค้งเบ้ขวา หรือ เบ้บวก

Mode < Median < Mean



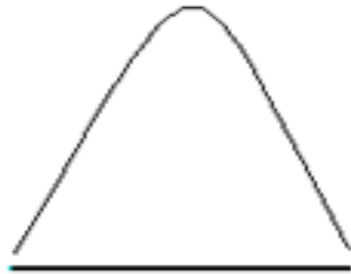
เส้นโค้งเบ้ซ้าย หรือ เบ้ลบ

Mean < Median < Mode





2. ความโด่ง (Kurtosis)



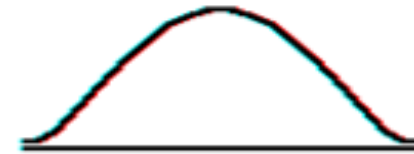
Lepto kurtic

โด่งมากกว่าปกติ
Kurtosis = -



Platy kurtic

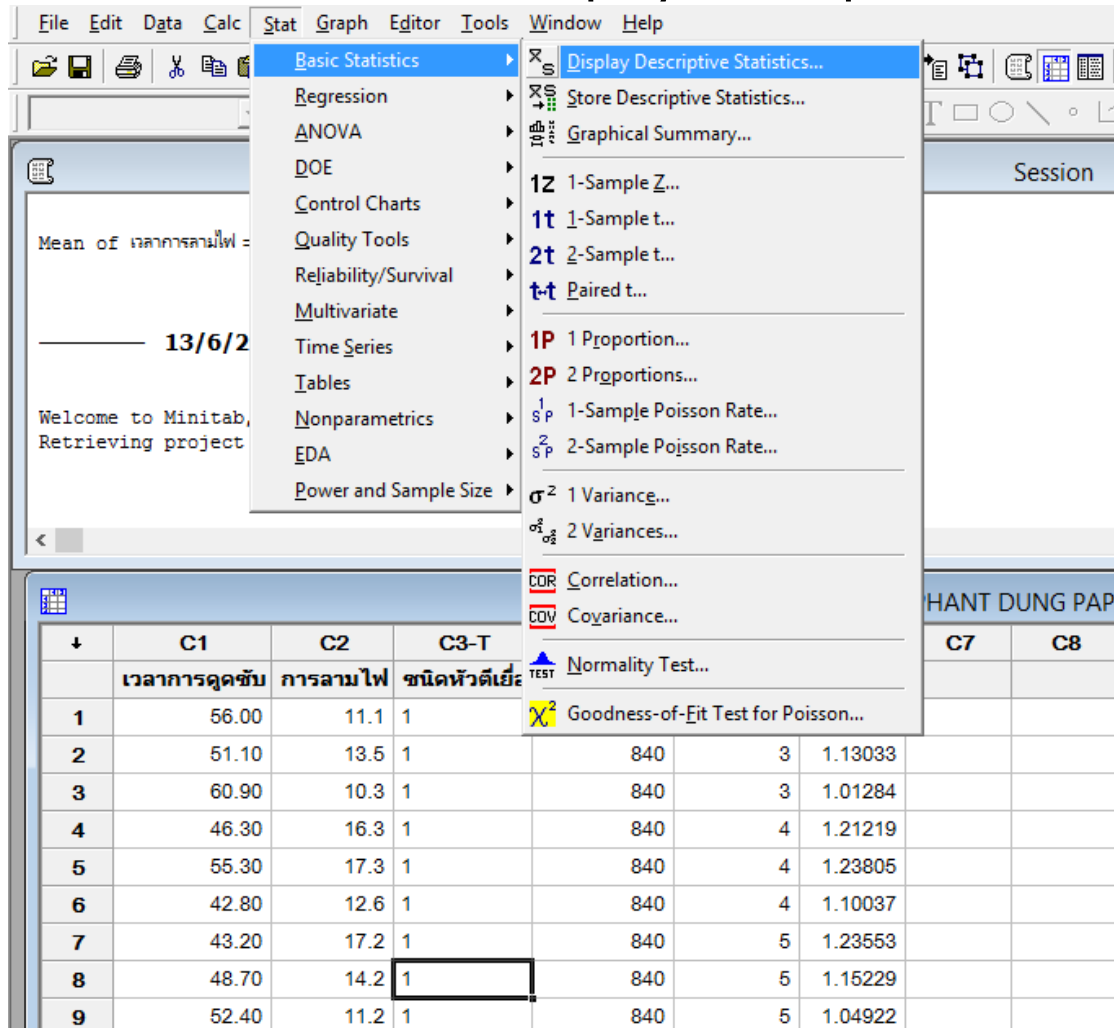
โด่งน้อยกว่าปกติ
Kurtosis = +



Meso kurtic

โด่งปกติ
Kurtosis = 0

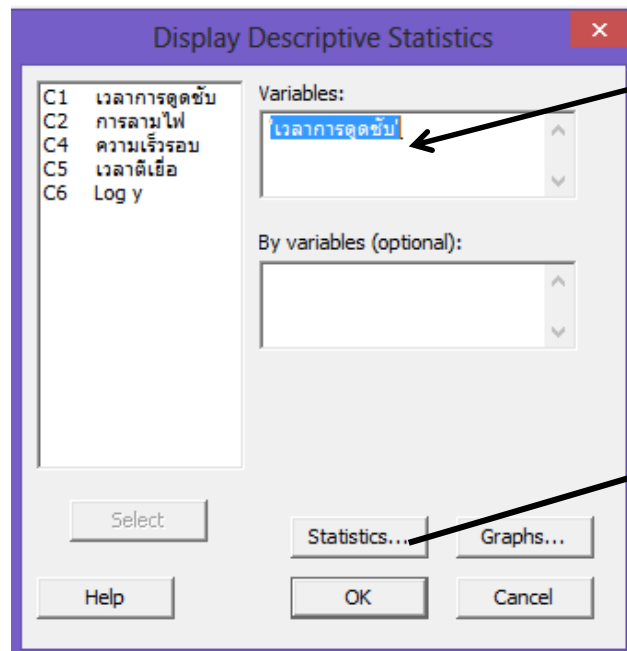
Stat → Basic Statistics → Display Descriptive Statistics



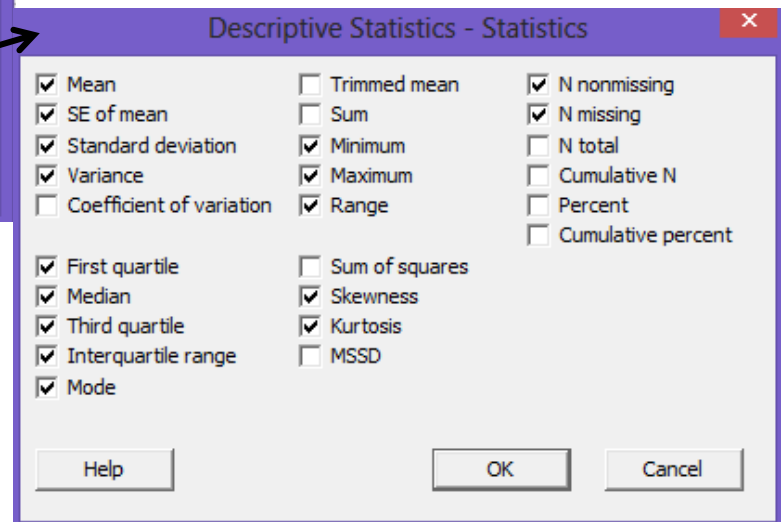
Basic Statistics



จากข้อมูล กรณีศึกษาของการทดลองตีเยื่อกระดาษ ให้วิเคราะห์เวลาในการดูดซับน้ำ
ใช้คำสั่ง Stat → Basic Statistics → Display Descriptive Statistic



ตัวแปรที่ต้องการวิเคราะห์



Basic Statistics



ชื่อ Worksheet ที่ใช้ในการคำนวณ

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Retrieving project from file: 'D:\CMU\255444\LAB\ELEPHANT PAPER.MPJ'

Results for: ELEPHANT DUNG PAPER.MTW(ชนิดหัวดีเยื่อ = 1)

Descriptive Statistics: เวลาการดูดซับ

ค่าสถิติพรรณนาจากการคำนวณ

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Variance	Minimum	Q1	Median
เวลาการดูดซับ	27	0	43.89	2.39	12.41	154.08	8.79	35.40	46.30

Variable	Q3	Maximum	Range	IQR	Mode	N for Mode	Skewness	Kurtosis
เวลาการดูดซับ	55.30	60.90	52.11	19.90	56.1	2	-0.88	0.74



เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 2



Chapter 3: Graphical Data Display



- ❖ การแสดงผลด้วยฮิสโตแกรม (Histogram)
- ❖ การแสดงผลด้วย แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf)
- ❖ การแสดงผลด้วย Box and Whisker Plot
- ❖ การแสดงผลด้วย Interval Plot
- ❖ การแสดงผลการทดสอบ Normality ด้วย Normal Probability Plot

การแสดงผลด้วยฮิสโตแกรม (Histogram)



- ❖ การแจกแจงความถี่ด้วยแผนภูมิ โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ ความสูงของกราฟแสดงความถี่ของข้อมูลในช่วงนั้นๆ

การแสดงผลด้วยฮิสโตแกรม (Histogram)



The Minitab software interface is shown with the 'Stat' menu open, highlighting the 'Histogram...' option. The 'Results for: ELEPHANT' window is visible on the left, showing a 'Histogram of เวลาการดู'.

	C1-T	C2	C3	C4	C5	C6
	ชนิดหัวดีเยื่อ	ความ			เวลาการดูชั้น	
1	1				11.1	
2	1				13.5	
3	1				10.3	
4	1				16.3	
5	1				55.30	
6	1				42.80	
7	1				43.20	
8	1				48.70	
9	1				52.40	

The 'Histogram - Simple' dialog box is shown. The 'Graph variables:' field contains 'เวลาการดูชั้น' and 'เวลาการดูชั้น'. The 'Scale...' button is highlighted.

Graph variables:

เวลาการดูชั้น เวลาการดูชั้น

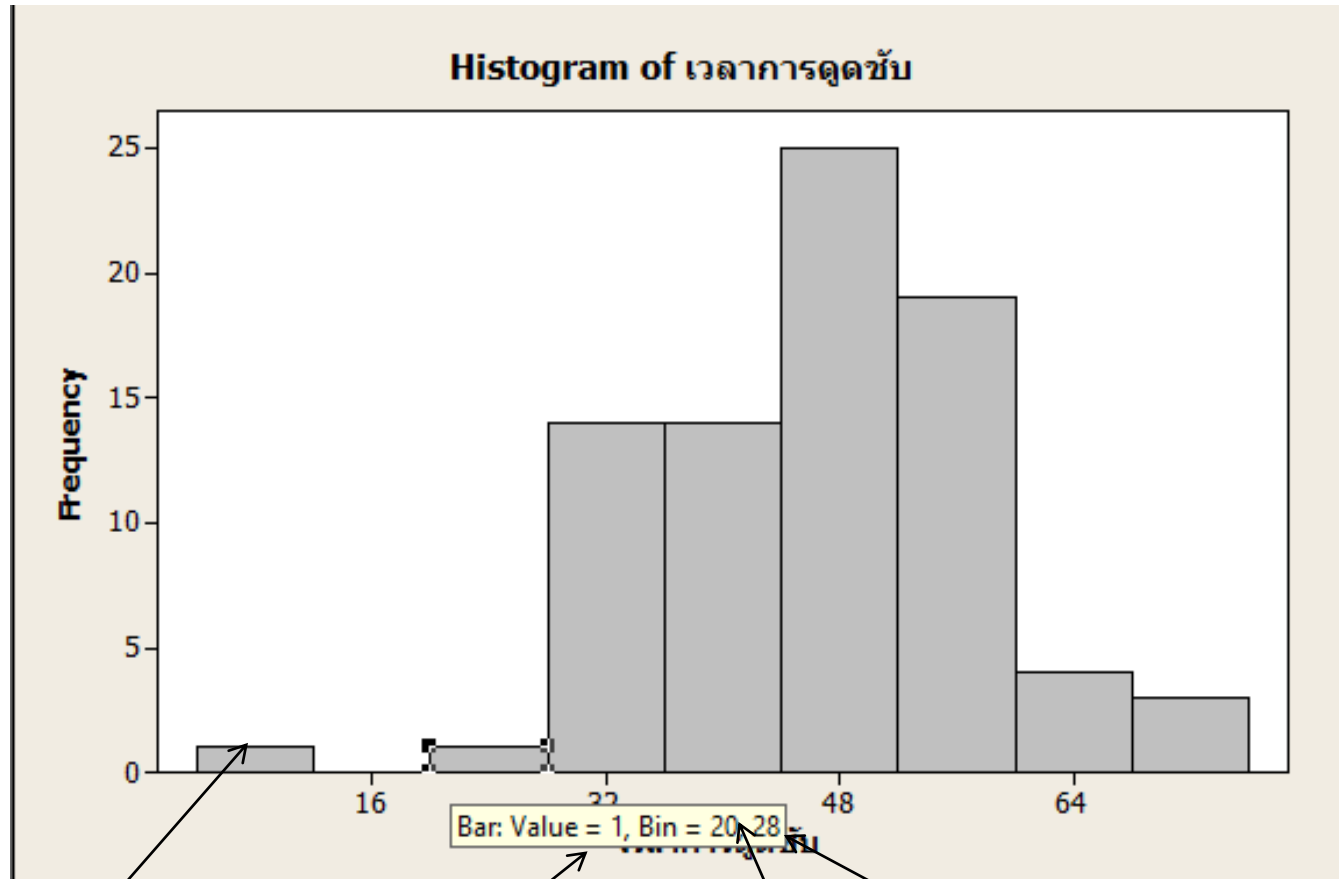
Scale... Labels... Data View...

Multiple Graphs... Data Options...

Select

Help OK Cancel

การแสดงผลด้วยฮิสโตแกรม (Histogram)



Bar

ความถี่

ขอบล่าง

ขอบบน



การแสดงผลด้วย แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf)



- ❖ เป็นการนำเสนอข้อมูลโดยใช้ค่าของข้อมูลจริงทุกค่า
- ❖ สามารถเห็นลักษณะที่แท้จริงและการกระจายของข้อมูลได้
- ❖ ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ลำต้น และใบ

การแสดงผลด้วย แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf)



เช่น ข้อมูลคะแนนสอบวิชาสถิติของนักเรียน 10 คน เป็นดังนี้

75 52 80 96 65 79 71 87 57 61

- เรียงลำดับข้อมูลจากน้อยไปมาก ได้ดังนี้

52 57 61 65 71 75 79 80 87 96

- แบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน คือ หลักสิบ (ต้น) และ หลักหน่วย (ใบ) และแสดงข้อมูล ดังนี้

Stem	Leaf
5	2 7
6	1 5
7	1 5 9
8	0 7
9	6

การแสดงผลด้วย แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf)



Stem-and-Leaf

Graph variables:
'เวลาการดูดซับ'

By variable:

☐ Trim outliers

Increment:

ตัวเลขใบ

Select

Help

OK

Cancel

การแสดงผลด้วย แผนภาพลำต้นและใบ (Stem and Leaf)



Results for: ELEPHANT DUNG PAPER.MTW

Stem-and-Leaf Display: เวลาการลามไฟ

* INCREMENT specified was too small

Stem-and-leaf of เวลาการลามไฟ N = 81

Leaf Unit = 0.10

ตัวเลขลำต้น

ตัวเลขใบ

ความถี่สะสม

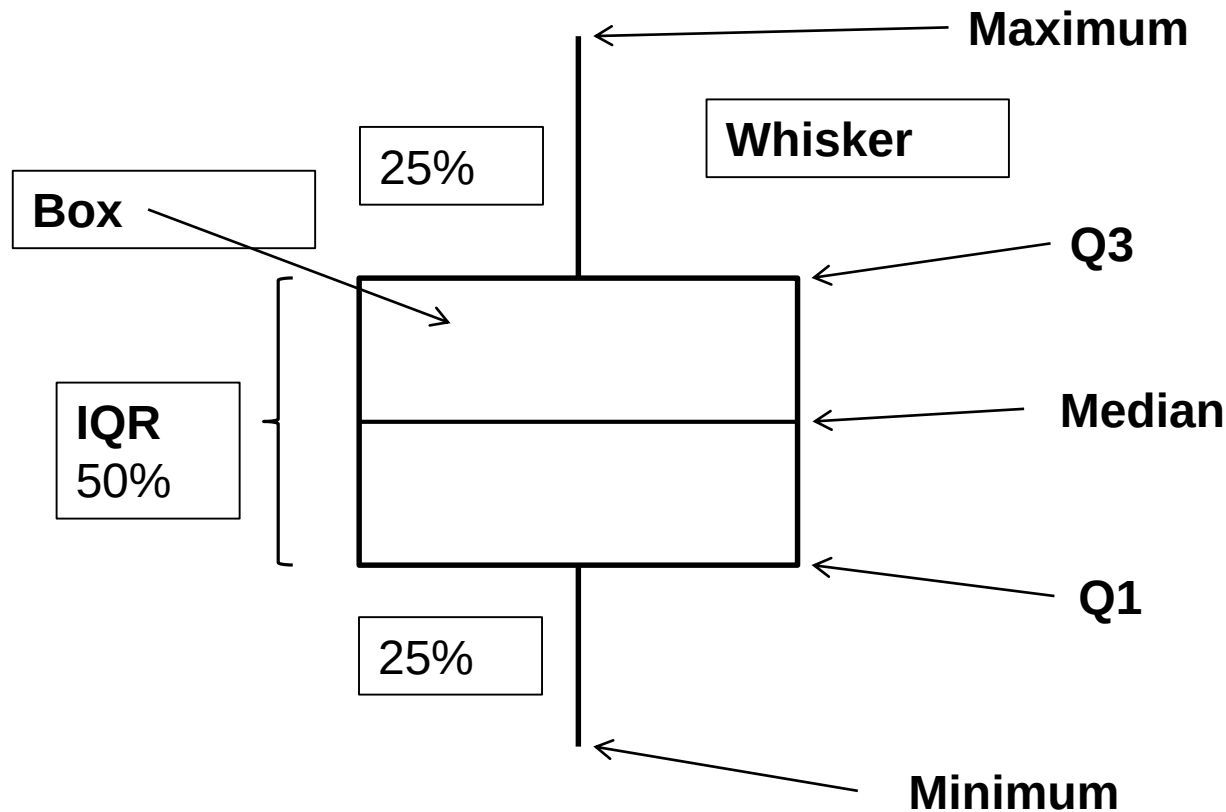
3	10	039
8	11	01225
12	12	5567
18	13	345579
25	14	0244678
30	15	02455
37	16	0113348
(7)	17	0122239
37	18	044569
31	19	023
28	20	2
27	21	0368
23	22	4
22	23	07
20	24	06
18	25	0088
14	26	
14	27	449

การอ่านค่า 3 10 039
ประกอบด้วยข้อมูล 3 ค่า
ได้แก่ 10.0 10.3 10.9

การแสดงผลด้วย Box and Whisker Plot



- ❖ Box and Whisker Plot เป็นเครื่องมือที่ช่วยแสดงลักษณะของข้อมูลต่างๆ คือ ตำแหน่งกลางของข้อมูล (Median) การกระจาย และลักษณะความเบ้ของข้อมูล



การแสดงผลด้วย Box and Whisker Plot



Stem-and-leaf of เวลาการ
Leaf Unit = 0.10

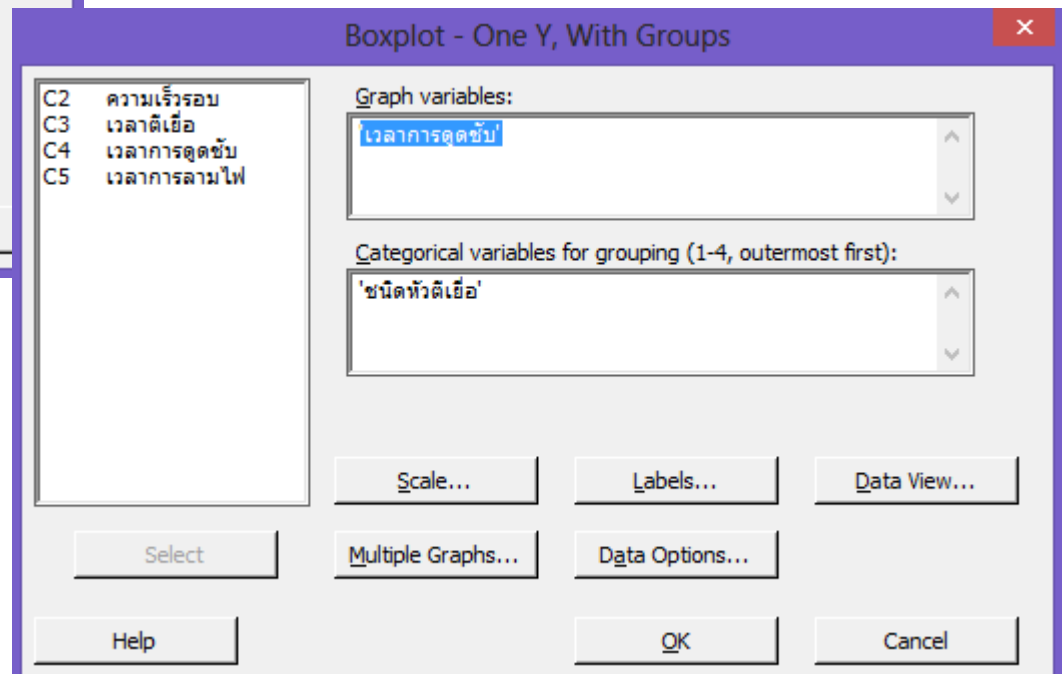
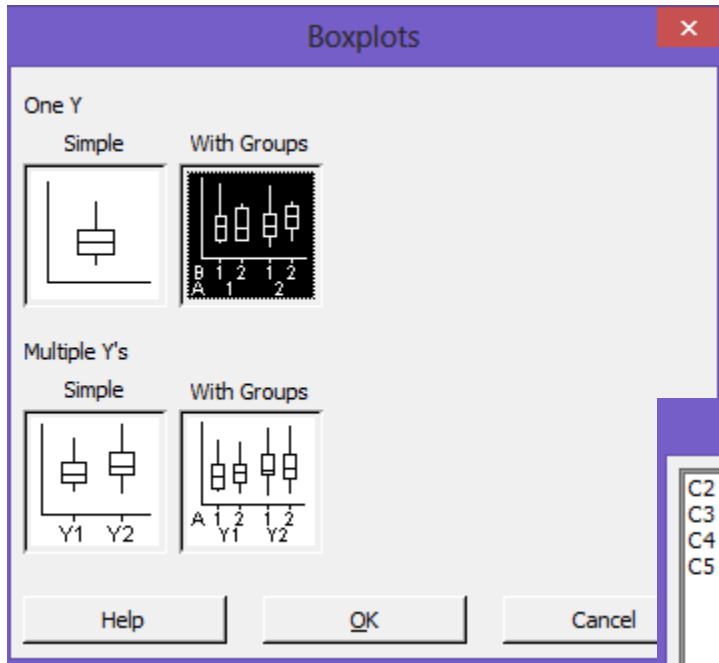
3	10	039
8	11	01225
12	12	5567
18	13	345579
25	14	0244678
30	15	02455
37	16	0113348
(7)	17	0122239

Graph Editor Tools Window Help

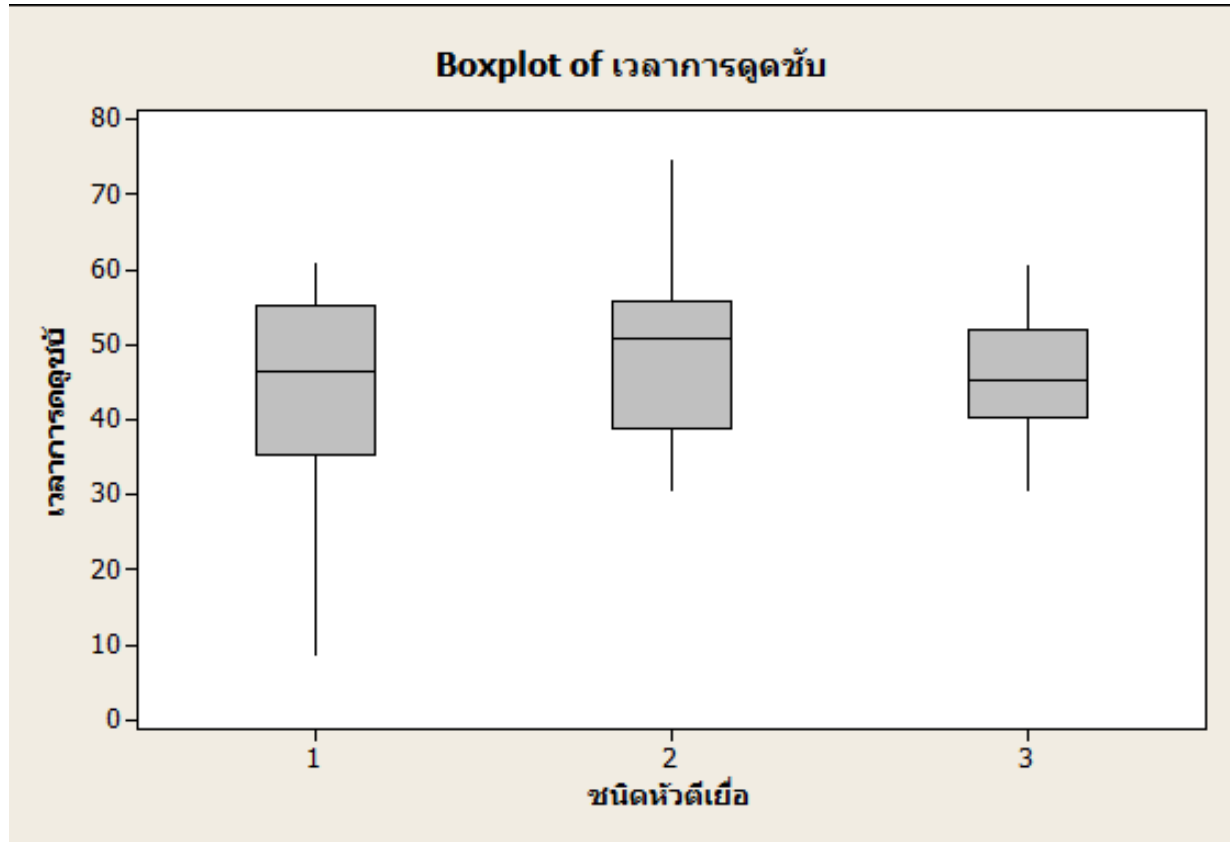
- Scatterplot...
- Matrix Plot...
- Marginal Plot...
- Histogram...
- Dotplot...
- Stem-and-Leaf...
- Probability Plot...
- Empirical CDF...
- Probability Distribution Plot...
- Boxplot...**
- Interval Plot...
- Individual Value Plot...
- Line Plot...
- Bar Chart...
- Pie Chart...
- Time Series Plot...
- Area Graph...
- Contour Plot...
- 3D Scatterplot...
- 3D Surface Plot...

ELEPHANT DUN			
	C5	C6	C7
เวลาการลามไฟ			
	11.1		
	13.5		
	10.3		
	16.3		
	17.3		
	12.6		

การแสดงผลด้วย Box and Whisker Plot



การแสดงผลด้วย Box and Whisker Plot



การแสดงผลด้วย Interval Plot



- ❖ Interval Plot คือ แผนภาพของช่วงความเชื่อมั่น ของค่าเฉลี่ย
- ❖ มีประโยชน์ในการทดสอบสมมติฐาน

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Graph' menu is open, and 'Interval Plot...' is selected. The 'Interval Plots' dialog box is displayed, showing 'One Y' and 'With Groups' options. The 'Interval Plot - One Y, With Groups' sub-dialog box is also open, showing the 'Graph variables' list with 'เวลาการลามไฟ' selected, and the 'Categorical variables for grouping' list with 'ชนิดหัวดีเชื้อ' selected.

Interval Plots

One Y
Simple With Groups

Multiple Y's
Simple With Groups

Interval Plot - One Y, With Groups

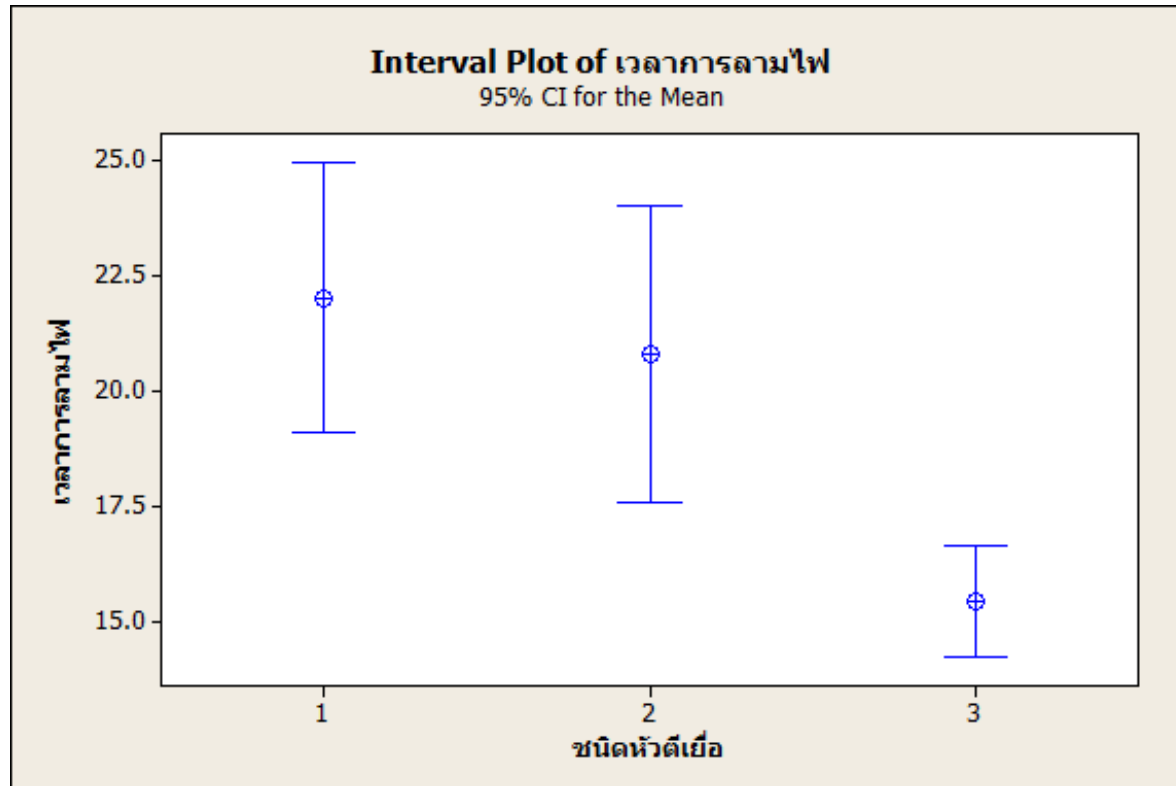
Graph variables:
เวลาการลามไฟ

Categorical variables for grouping (1-4, outermost first):
'ชนิดหัวดีเชื้อ'

Scale... Labels... Data View...
Select Multiple Graphs... Data Options...
Help OK Cancel

	C1-T	C2	C3	C4	C5
	ชนิดหัวดีเชื้อ	ความ			เวลาการลามไฟ
1	1				11
2	1				13.5
3	1				10.3
4	1	840	4	46.30	16.3
5	1	840	4	55.30	17.3
6	1	840	4	42.80	12.6
7	1	840	5	43.20	17.2
8	1	840	5	48.70	14.2
9	1	840	5	52.40	11.2

การแสดงผลด้วย Interval Plot



Default : Confidence Interval = 95%

การทดสอบ Normality



- ❖ เป็นการทดสอบการกระจายของข้อมูลที่ได้มาว่ามีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) หรือไม่
- ❖ ทดสอบด้วย Normal Probability Plot

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'Basic Statistics' submenu is selected. Within 'Basic Statistics', the 'Normality Test...' option is highlighted. The background worksheet contains the following data:

	C1-T	C2	C3		C7	C8
	ชนิดหัวดีเยื่อ	ความเร็วรอบ	เวลาดีเยื่อ	เวลา		
1	1	840	3			
2	1	840	3	51.10	13.5	
3	1	840	3	60.90	10.3	

การทดสอบ Normality



Normality Test

Variable: เวลาการลามไฟ

Percentile Lines

☒ None

☐ At Y values:

☐ At data values:

Tests for Normality

☒ Anderson-Darling

☐ Ryan-Joiner (Similar to Shapiro-Wilk)

☐ Kolmogorov-Smirnov

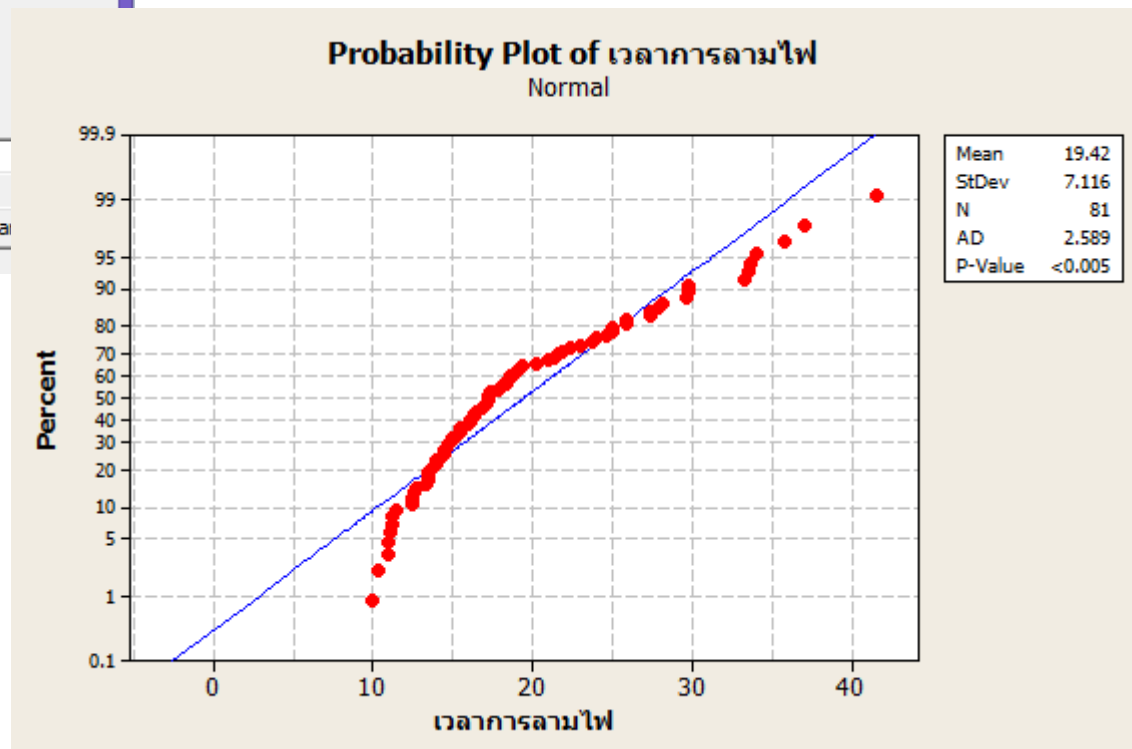
Title:

Select

Help

OK

Cancel





เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 3



Chapter 4: Quality Tools with Minitab



7 QC Tools

- Pareto Diagram
- Fishbone Graph/ Cause and Effect Diagram
- Scatter Graph
- Graph
- Histogram
- Control Chart
- Check Sheet



Pareto Diagram



Pareto Diagram เป็น เครื่องมือที่ช่วยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญ หรือขนาดของปัญหาของข้อมูลหรือสิ่งที่เราต้องการวิเคราะห์

ขั้นตอนของการสร้างแผนภูมิพาเรโต

1. จัดทำรายการสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์
2. ทำการวัดค่า
3. จัดอันดับตามค่าจากมากไปน้อย
4. คำนวณค่าสะสม
5. วาดกราฟ
6. วิเคราะห์กราฟ

Pareto Diagram

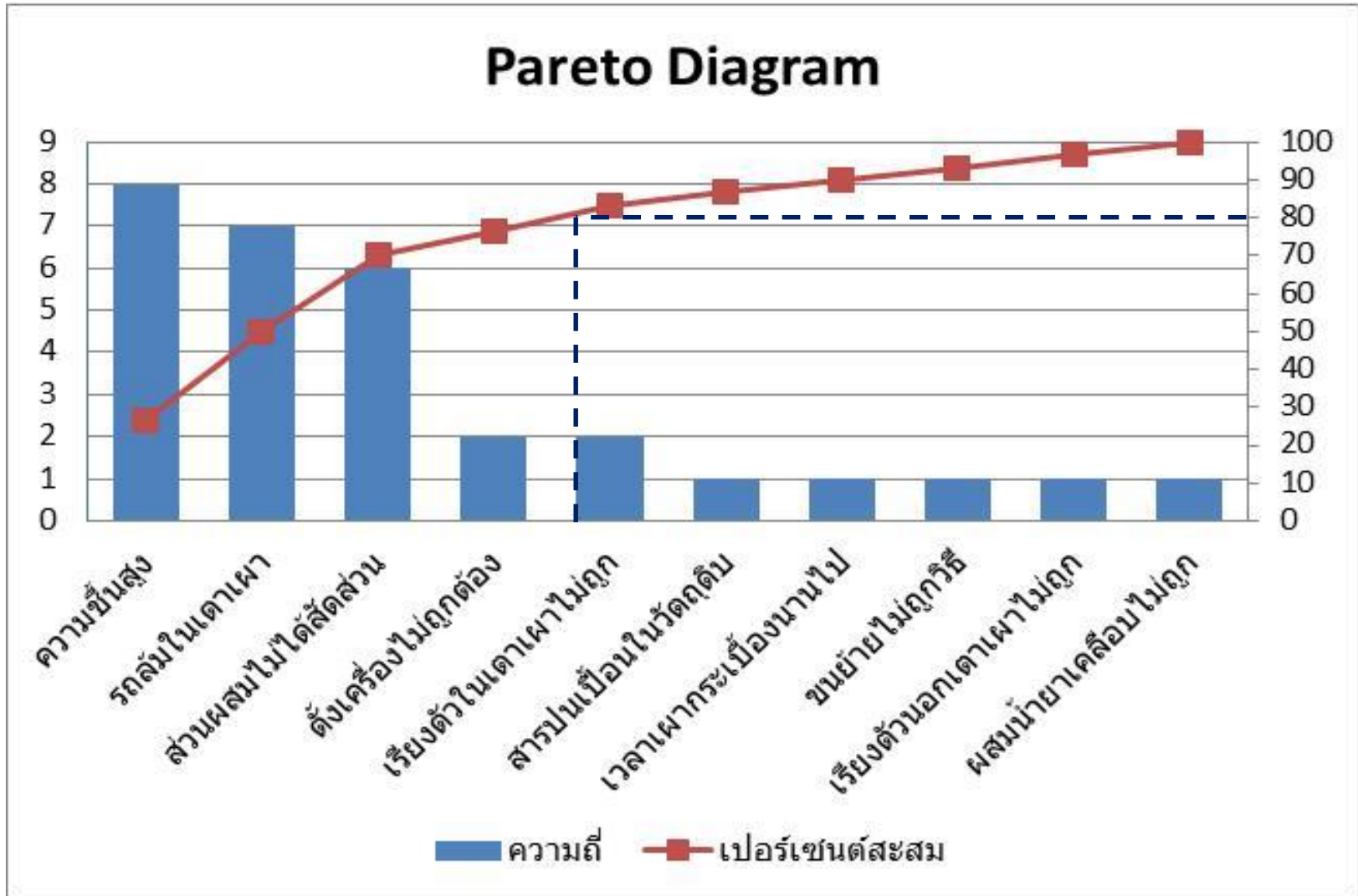


ตัวอย่างการสร้าง Pareto Diagram (ข้อมูลจาก กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม)

โรงงานกระเบื้องดินเผา บันทึกผลความเสียหายที่เกิดขึ้นในจำนวน 30 ครั้งในรอบ 3 เดือน พบว่ามีสาเหตุอยู่ 10 ประการที่มีผลต่อคุณภาพของสินค้า ดังนี้

สาเหตุของความเสียหาย	ความถี่	ความถี่สะสม	เปอร์เซ็นต์สะสม
1. ความชื้นมากเกินไป	8	8	26.6
2. รถบรรทุกกระเบื้องล้มในเตาเผา	7	15	50.0
3. ส่วนผสมของดินไม่ได้สัดส่วน	6	21	70.0
4. การตั้งเครื่องไม่ถูกต้อง	2	23	76.6
5. การเรียงตัวในเตาเผาไม่ถูกต้อง	2	25	83.3
6. มีสารปนเปื้อนในวัตถุดิบ	1	26	86.6
7. เวลาเผากระเบื้องนานไป	1	27	90.0
8. การขนย้ายไม่ถูกวิธี	1	28	93.3
9. การเรียงตัวนอกเตาเผาไม่ถูกต้อง	1	29	96.6
10. ผสมน้ำยาเคลือบไม่ถูกต้อง	1	30	100.0

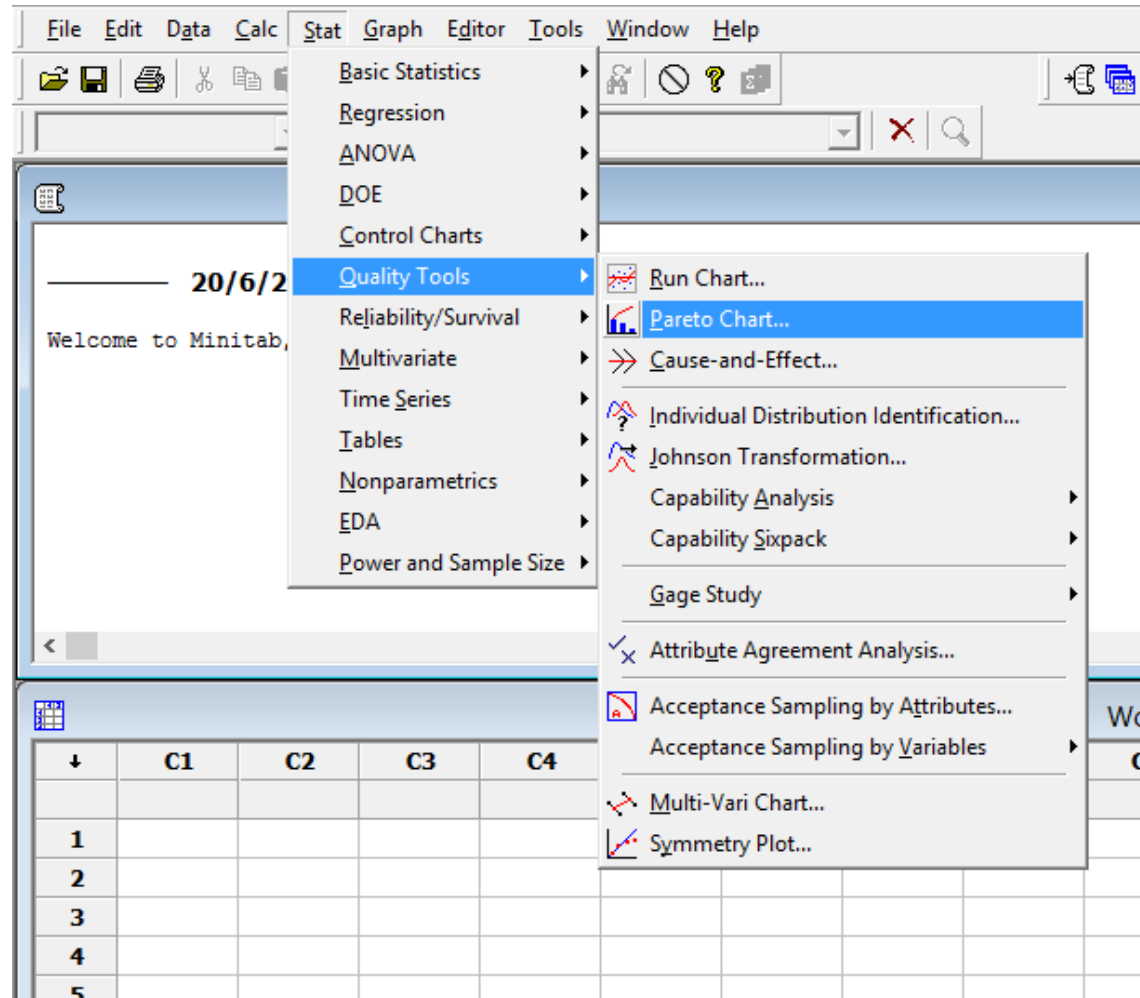
Pareto Diagram



Pareto Diagram on Minitab



Stat → Quality Tools → Pareto Chart



Pareto Diagram on Minitab



❖ ข้อมูลของเสียของ Part A ในเดือน มีนาคม

ลักษณะของเสีย	จำนวนของเสีย	%ของเสีย	%สะสม
รอยขีดข่วน	48	27.3	27.3
ความยาวไม่ได้ขนาด	34	19.3	46.6
สีลอก	27	15.3	61.9
ความหนาไม่ได้ขนาด	22	12.5	74.4
เป็นครีป	19	10.8	85.2
ปนเปื้อน	15	8.5	93.8
น้ำหนักไม่ได้มาตรฐาน	11	6.3	100
Total	176	100	

[illegible]

Pareto Diagram on Minitab



Pareto Chart

☐ Chart defects data in: Options...

BY variable in: (optional)

☒ Default (all on one graph, same ordering of bars)

☐ One group per graph, same ordering of bars

☐ One group per graph, independent ordering of bars

☒ Chart defects table

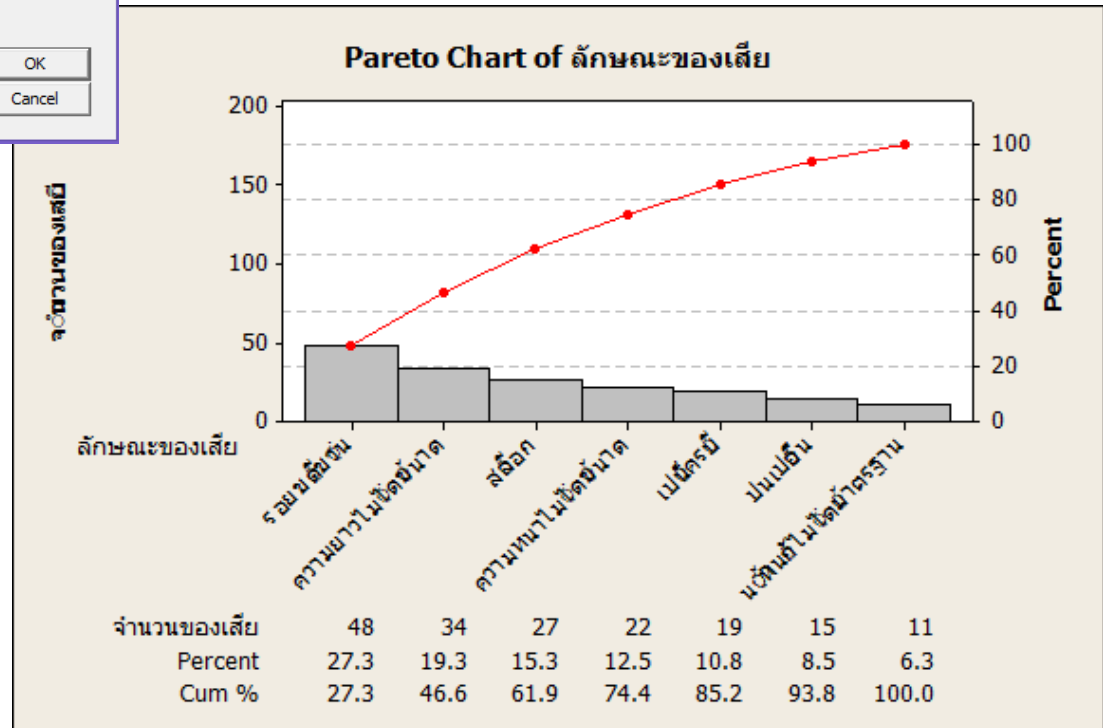
Labels in:

Frequencies in:

☐ Combine remaining defects into one category after this percent:

☒ Do not combine

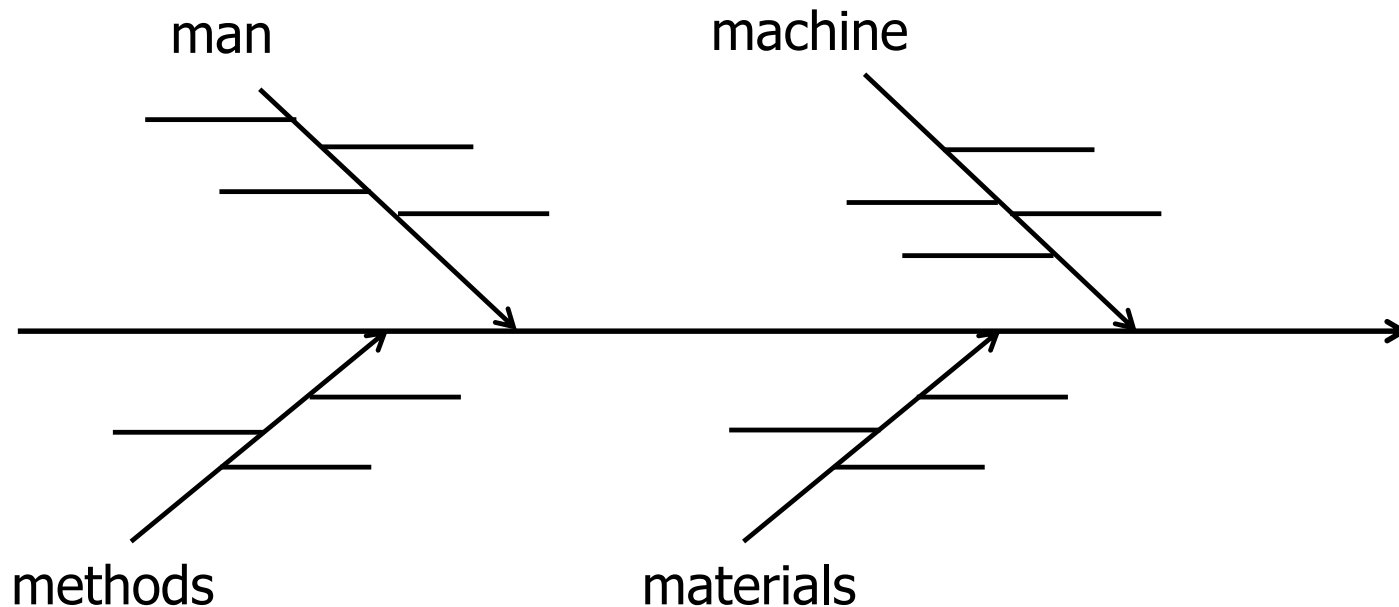
Select OK Cancel Help



Fish Bone Diagram



Fish Bone Diagram เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการระดมความคิดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา โดยทั่วไปจะระบุสาเหตุหลักๆ ที่เกิดจาก 4M ; man, machine, materials and methods

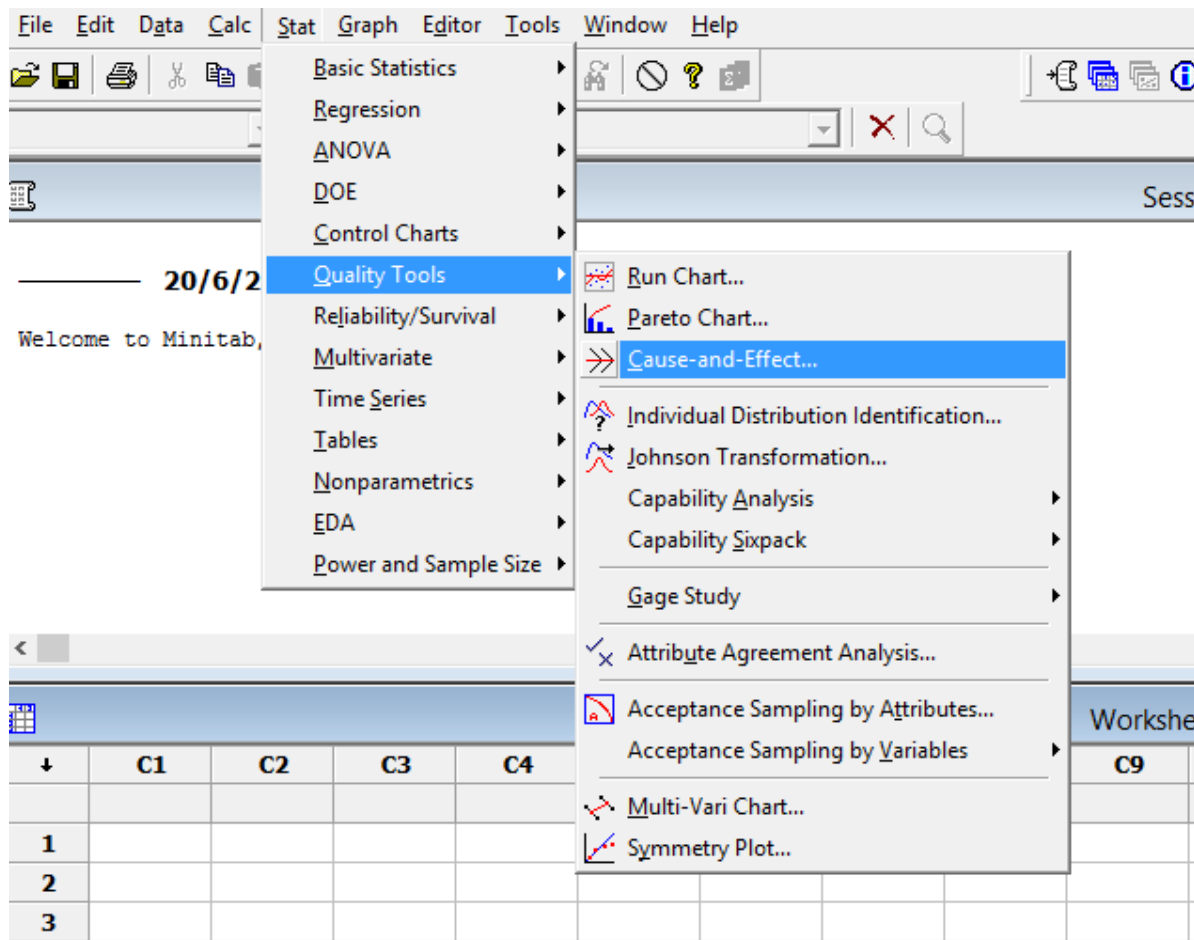


Fish Bone Diagram with Minitab



Cause and Effect Diagram

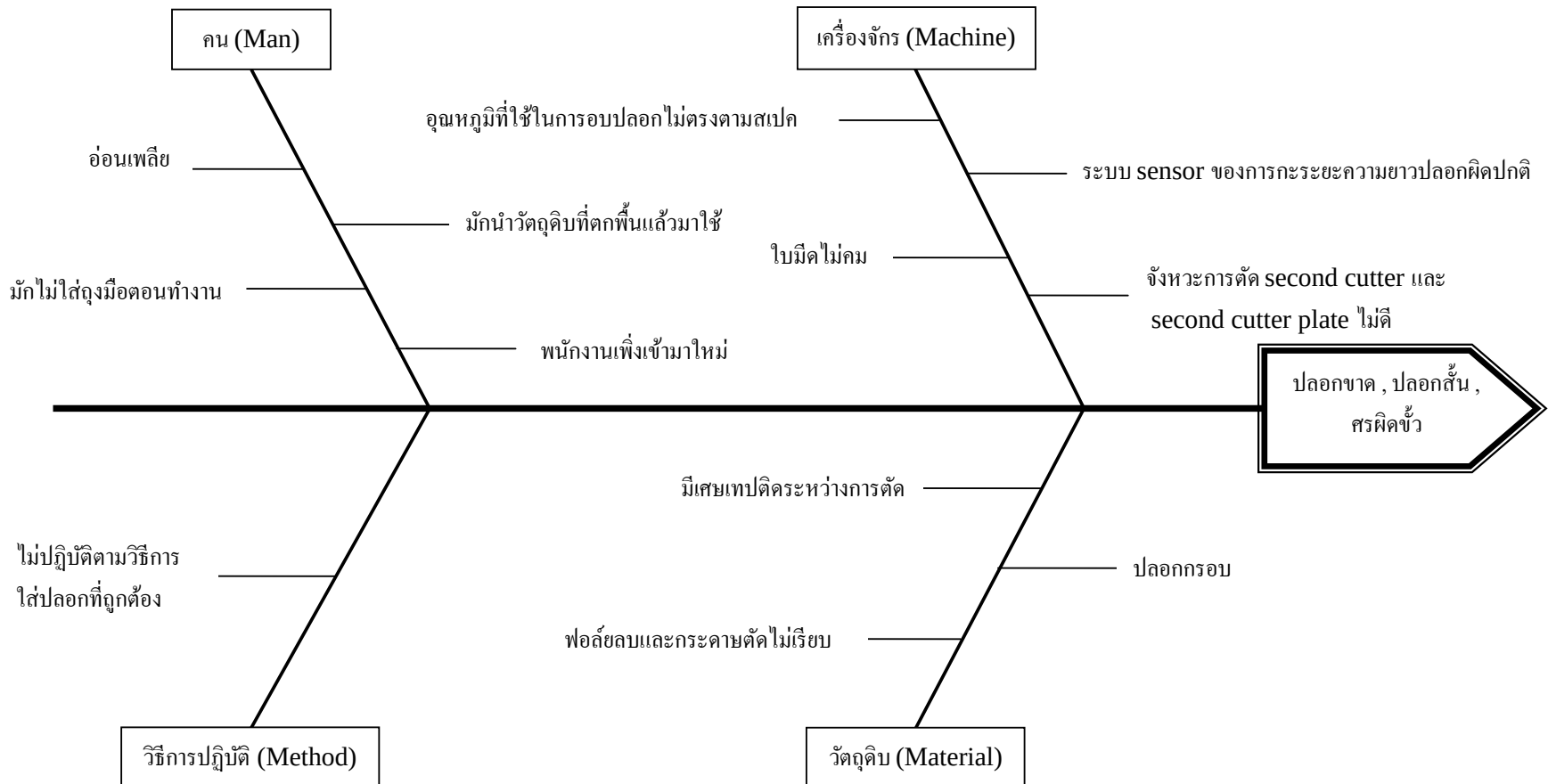
Stat → Quality Tools → Cause-and-Effect



Fish Bone Diagram with Minitab



สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตตัวเก็บประจุ → ปลอกขาด ปลอกสั้น ครรพิคั่ว



Fish Bone Diagram with Minitab



Worksheet 1 ***					
↓	C1-T	C2-T	C3-T	C4-T	C5-T
	Man	Machine	Material	Method	
1	อ่อนเพลีย	อุปกรณ์ที่ใช้ในการอบปลอกไม่ตรงสเปค	มีเศษเทปติดระหว่างการตัด	ไม่ปฏิบัติตามวิธีการใส่ปลอกที่ถูกต้อง	
2	มักนำวัตถุติดที่ตกพื้นแล้วมาใช้	ใบมีดไม่คม	ฟอสซิลบและกระดาษตัดไม่เรียบ		
3	มักไม่ใส่ถุงมือตอนทำงาน	ระบบ sensor ของการกระยะความยาวผิดปลอกปกติ	ปลอกกรอบ		
4	พนักงานเพิ่งเข้าใหม่	จังหวะการตัดsecond cutter และ second cutter plate ไม่ดี			
5					
6					

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Quality Tools' is selected. The 'Cause-and-Effect...' option is highlighted in the submenu. The background shows a worksheet with columns C1, C2, C3, and C4, and rows 1, 2, and 3.

Fish Bone Diagram with Minitab



Cause-and-Effect Diagram

Branch	Causes	Label	
1	In column ▼ Man	Personnel	Sub...
2	In column ▼ Machine	Machines	Sub...
3	In column ▼ Material	Material	Sub...
4	In column ▼ Method	Methods	Sub...
5	In column ▼	Measurements	Sub...
6	In column ▼	Environment	Sub...
7	In column ▼		Sub...
8	In column ▼		Sub...
9	In column ▼		Sub...
10	In column ▼		Sub...

Effect: ปลอกขาด

Title:

☐ Do not label the branches

☒ Do not display empty branches

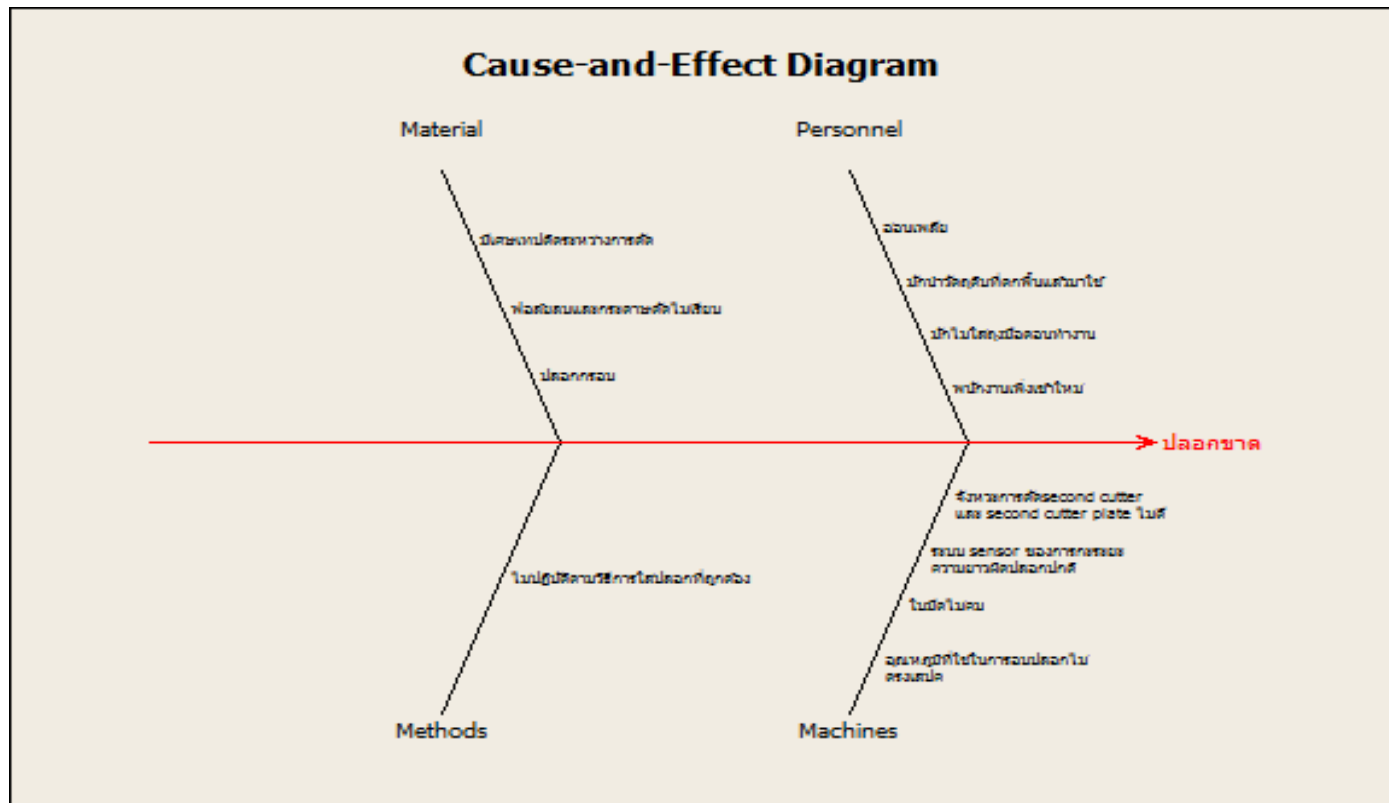
Select

Help

OK

Cancel

Fish Bone Diagram with Minitab





Control Chart



Control Chart หรือ แผนภูมิควบคุม เป็นเทคนิคหรือเครื่องมือช่วยในการประเมินความสามารถของกระบวนการ ใช้เพื่อแสดงและติดตามสถานะของกระบวนการว่ามีการเปลี่ยนแปลง หรือความแปรปรวนอยู่ในระดับปกติ หรือไม่

Control Chart สามารถใช้เพื่อจุดประสงค์พื้นฐาน 3 ประการ ดังนี้

- กำหนดเป้าหมายหรือมาตรฐานในการดำเนินงานได้ชัดเจน
- ช่วยในการดำเนินงานให้บรรลุถึงเป้าหมาย
- ใช้ในการปรับปรุงเป้าหมาย

Control Chart ประกอบไปด้วย เส้นกึ่งกลางซึ่งแสดงถึงค่ากลางของกระบวนการ เส้นพิกัดควบคุมบน และเส้นพิกัดควบคุมล่าง ซึ่งแสดงถึงขอบเขตของความแปรปรวนของค่าที่วัด ใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อดูว่า กระบวนการในขณะนั้นมีความผิดปกติหรือไม่ อย่างไร

Control Chart



Control Chart แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก ตามลักษณะการวัดคุณภาพของผลิตภัณฑ์

- แผนภูมิควบคุมประเภทตัวแปร (Control Chart for Variable)
ใช้สำหรับการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่เป็นค่าต่อเนื่อง เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาว น้ำหนัก แผนภูมิประเภทนี้ที่นิยมมากที่สุด ได้แก่
 - แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ Chart)
 - แผนภูมิควบคุมค่าพิสัย (R Chart)
- แผนภูมิควบคุมประเภทลักษณะประจำ (Control Chart for Attribute)
ใช้สำหรับกระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยการนับ เช่น จำนวนของเสีย จำนวนรอยตำหนิ แผนภูมิประเภทนี้มี 2 ชนิด
 - แผนภูมิควบคุมสัดส่วนของเสีย หรือจำนวน (P Chart, NP Chart) ใช้สำหรับควบคุมการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวิธีนับจำนวนของเสีย หรือชิ้นงานชำรุด
 - แผนภูมิควบคุมรอยตำหนิ ทั้งจำนวนและสัดส่วน (C Chart, U Chart) ใช้สำหรับควบคุมการวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยวิธีนับจำนวนรอยตำหนิที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นแต่ละกลุ่ม

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ($\bar{X} - R$ Chart)



เป็นแผนภูมิที่แสดงถึงค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ และ พิสัย R เพื่อบอกให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย และการเปลี่ยนแปลงของการกระจายของข้อมูล

การสร้าง $\bar{X}$ Chart

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\bar{R}}{d_2} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ($\bar{X} - R$ Chart)



การสร้าง R Chart

$$CL_R = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$$

$$UCL_R = \bar{R} + 3\sigma_R = \bar{R} + 3d_3\sigma_X = \bar{R} + 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = D_4\bar{R}$$

$$LCL_R = \bar{R} - 3\sigma_R = \bar{R} - 3d_3\sigma_X = \bar{R} - 3d_3\frac{\bar{R}}{d_2} = D_3\bar{R}$$

ค่า d_2, A_2, D_4 และ D_3 เป็นค่าที่เปิดเผยได้จากตาราง มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของ n

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ($\bar{X} - R$ Chart)



ตัวอย่าง เก็บข้อมูล Voltage time ของการผลิตเครื่องให้กำลังไฟฟ้าแรงดันสูง เป็นเวลา 20 วัน แต่ละวันจะทำการสุ่มตัวอย่างมา 4 ตัวอย่าง

Sample number	X_1	X_2	X_3	X_4
1	6	9	10	15
2	10	4	6	11
3	7	8	10	5
4	8	9	6	13
5	9	10	7	13
6	12	11	10	10
7	16	10	8	9
8	7	5	10	4
9	9	7	8	12
10	15	16	10	13
11	8	12	14	16
12	6	13	9	11
13	16	9	13	15
14	7	13	10	12
15	11	7	10	16
16	15	10	11	14
17	9	8	12	10
18	15	7	10	11
19	8	6	9	12
20	13	14	11	15

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ($\bar{X} - R$ Chart)



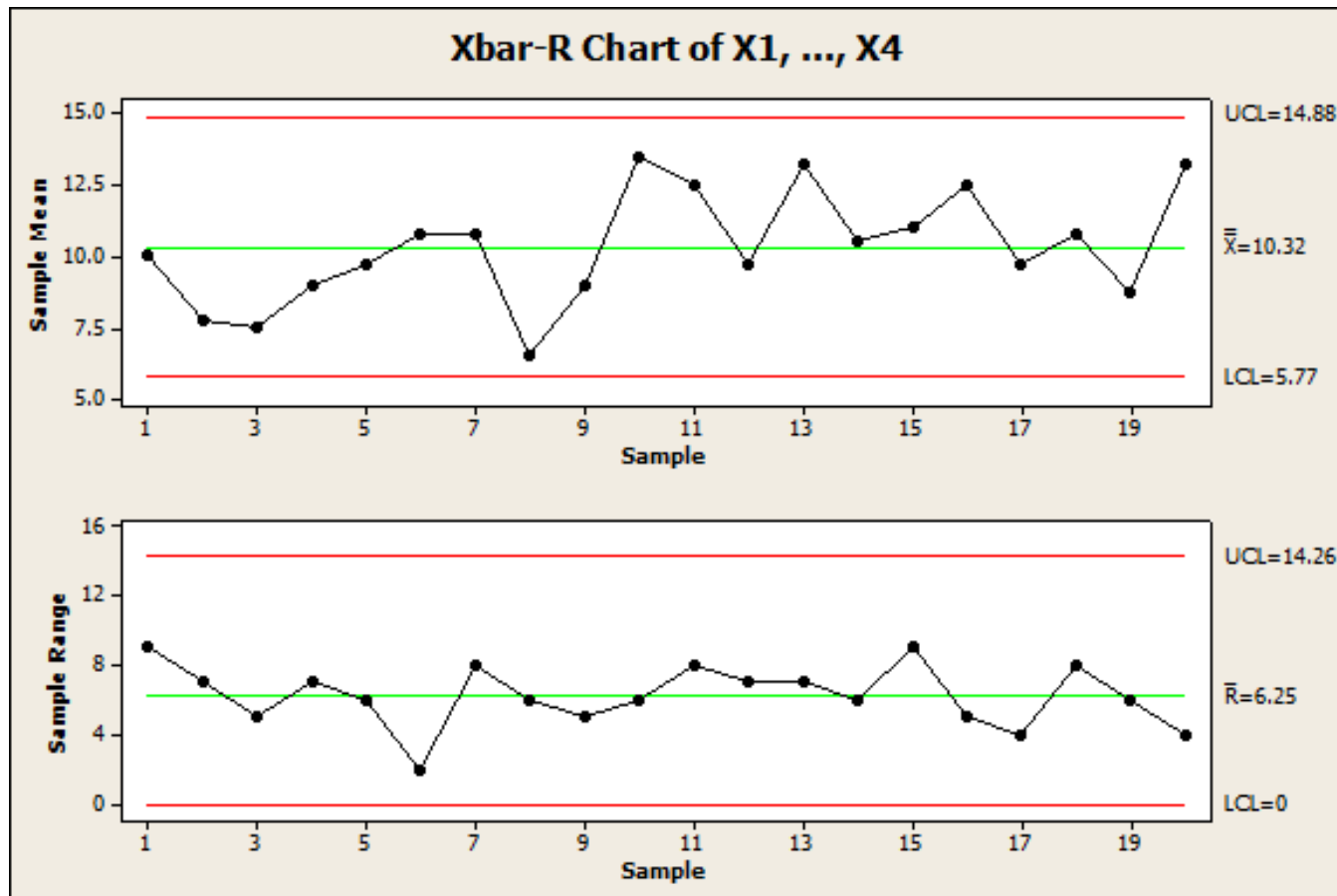
ค่า $\bar{X}$ และ R ที่คำนวณได้ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

Sample number	X_1	X_2	X_3	X_4	$\bar{X}$	R	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{R}$
1	6	9	10	15	10	9	10.325	6.25
2	10	4	6	11	7.75	7	10.325	6.25
3	7	8	10	5	7.5	5	10.325	6.25
4	8	9	6	13	9	7	10.325	6.25
5	9	10	7	13	9.75	6	10.325	6.25
6	12	11	10	10	10.75	2	10.325	6.25
7	16	10	8	9	10.75	8	10.325	6.25
8	7	5	10	4	6.5	6	10.325	6.25
9	9	7	8	12	9	5	10.325	6.25
10	15	16	10	13	13.5	6	10.325	6.25
11	8	12	14	16	12.5	8	10.325	6.25
12	6	13	9	11	9.75	7	10.325	6.25
13	16	9	13	15	13.25	7	10.325	6.25
14	7	13	10	12	10.5	6	10.325	6.25
15	11	7	10	16	11	9	10.325	6.25
16	15	10	11	14	12.5	5	10.325	6.25
17	9	8	12	10	9.75	4	10.325	6.25
18	15	7	10	11	10.75	8	10.325	6.25
19	8	6	9	12	8.75	6	10.325	6.25
20	13	14	11	15	13.25	4	10.325	6.25

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m}$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - R$ ($\bar{X} - R$ Chart)



$\bar{X} - R$ Chart with Minitab



Vol								
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	วันที่	X1	X2	X3	X4			
1	1	6	9	10	15			
2	2	10	4	6	11			
3	3	7	8	10	5			
4	4	8	9	6	13			
5	5	9	10	7	13			
6	6	12	11	10	10			
7	7	16	10	8	9			
8	8	7	5	10	4			
9	9	9	7	8	12			
10	10	15	16	10	13			
11	11	8	12	14	16			
12	12	6	13	9	11			
13	13	16	9	13	15			
14	14	7	13	10	12			
15	15	11	7	10	16			
16	16	15	10	11	14			
17	17	9	8	12	10			
18	18	15	7	10	11			
19	19	8	6	9	12			
20	20	13	14	11	15			

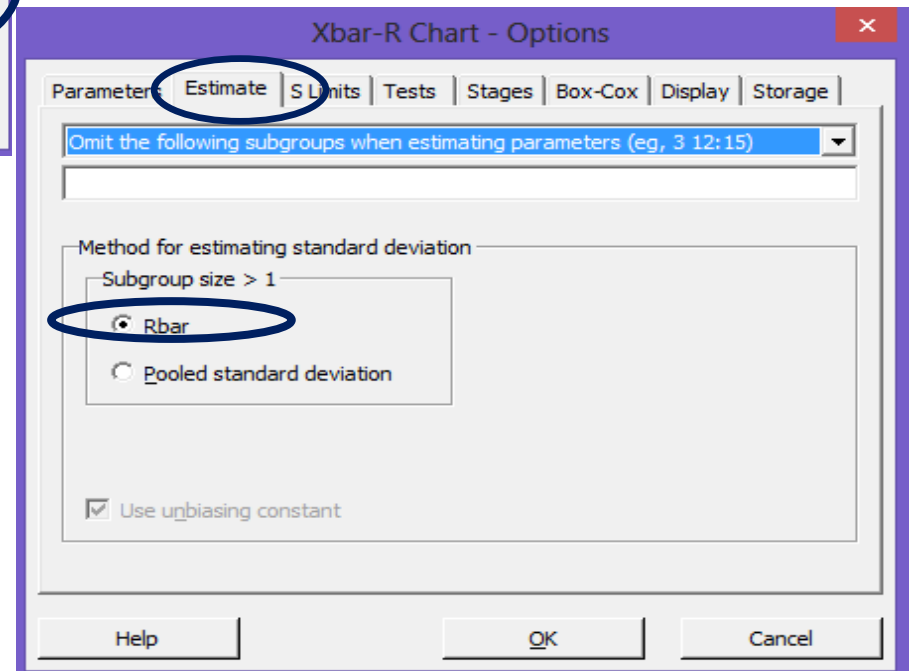
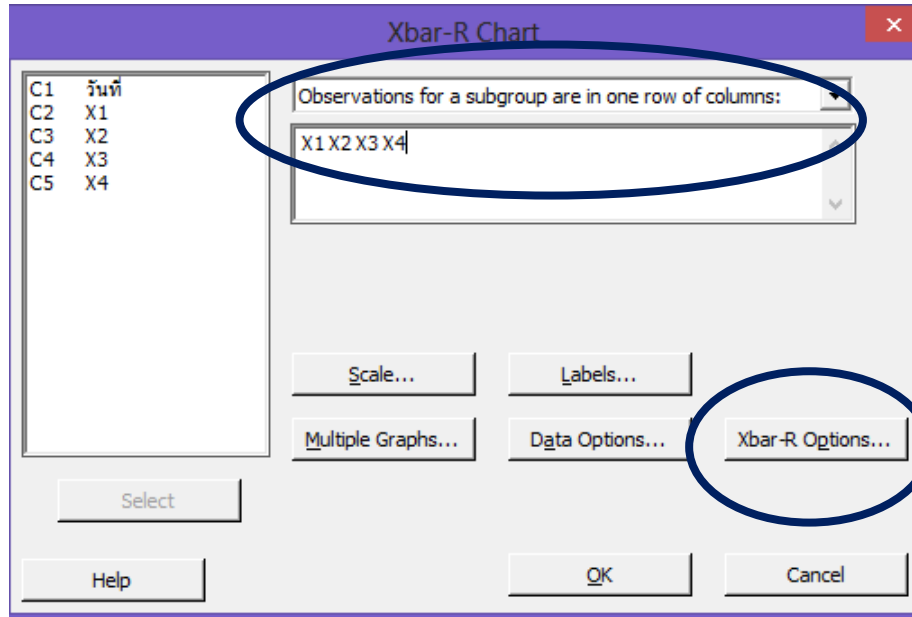
$\bar{X}$ - R Chart with Minitab



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'Control Charts' option is selected. A submenu is displayed, showing 'Variables Charts for Subgroups' as the next step. The 'Xbar-R...' option is highlighted in the submenu. The background shows a worksheet titled 'Voltage Time.MTW ***' with columns C1 through C11 and rows 1 through 10. The data in the worksheet is as follows:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
1	1										
2	2										
3	3										
4	4										
5	5										
6	6										
7	7										
8	8										
9	9	9		7		8	12				
10	10	15		16		10	13				

$\bar{X}$ - R Chart with Minitab



แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - S$ ($\bar{X} - S$ Chart)



ใช้เมื่อ ขนาดของกลุ่มย่อยไม่คงที่ หรือ มีข้อมูลมากกว่า 10 ข้อมูล
แผนภูมิ $\bar{X} - S$ Chart ใช้ความเบี่ยงเบนมาตรฐานแทนค่าพิสัยในการคำนวณหา
Control Limits

การสร้าง $\bar{X}$ Chart

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\hat{\sigma}_X}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + 3\frac{\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\hat{\sigma}_X}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - 3\frac{\bar{S}}{C_4\sqrt{n}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - S$ ($\bar{X} - S$ Chart)



การสร้าง S Chart

$$CL_S = \bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m}$$

$$UCL_S = \bar{S} + 3\hat{\sigma}_S = \bar{S} + 3\hat{\sigma}_X \sqrt{(1 + C^2_4)} = \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{(1 + C^2_4)} = B_4 \bar{S}$$

$$LCL_S = \bar{S} - 3\hat{\sigma}_S = \bar{S} - 3\hat{\sigma}_X \sqrt{(1 + C^2_4)} = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{C_4} \sqrt{(1 + C^2_4)} = B_3 \bar{S}$$

ค่า A_3, B_3 และ B_4 เป็นค่าที่เปิดเผยได้จากตาราง มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามขนาดของ n

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - S$ ($\bar{X} - S$ Chart)



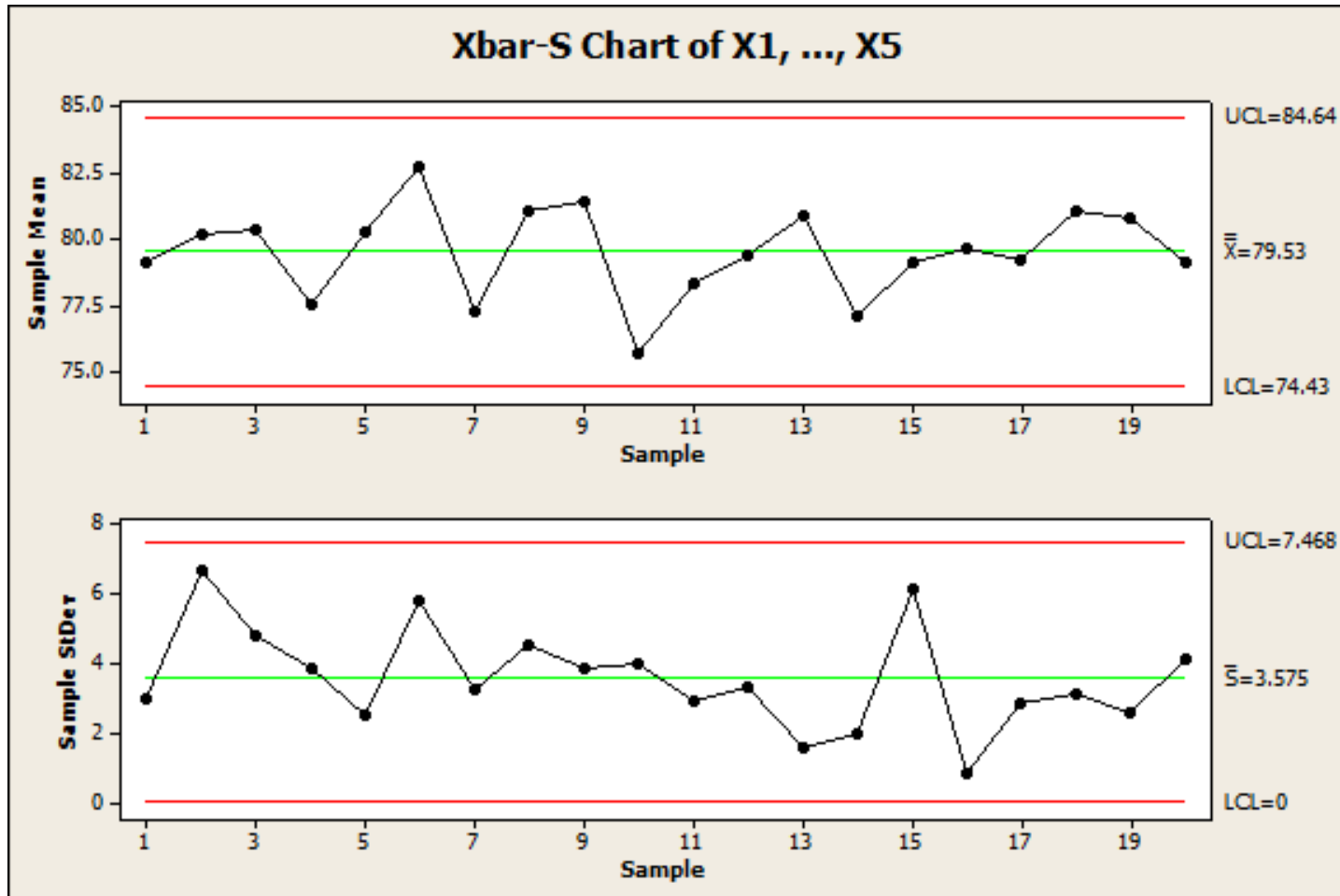
ตัวอย่าง การทดสอบแรงกด compressive strength ในกระบวนการ injection molding โดยการทดสอบแรงกดจากการสุ่มตัวอย่าง 20 กลุ่มๆ ละ 5 ตัวอย่าง

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	$\bar{X}$	R	S
83.0	81.2	78.7	75.7	77.0	79.12	7.3	2.99
88.6	78.3	78.8	71.0	84.2	80.18	17.6	6.65
85.7	75.8	84.3	75.2	81.0	80.40	10.5	4.79
80.8	74.4	82.5	74.1	75.7	77.50	8.4	3.88
83.4	78.4	82.6	78.2	78.9	80.30	5.2	2.49
75.3	79.9	87.3	89.7	81.8	82.80	14.4	5.78
74.5	78.0	80.8	73.4	79.7	77.28	7.4	3.22
79.2	84.4	81.5	86.0	74.5	81.12	11.5	4.53
80.5	86.2	76.2	84.1	80.2	81.44	10.0	3.86
75.7	75.2	71.1	82.1	74.3	75.68	11.0	4.01
80.0	81.5	78.4	73.8	78.1	78.36	7.7	2.89
80.6	81.8	79.3	73.8	81.7	79.44	8.0	3.31
82.7	81.3	79.1	82.0	79.5	80.92	3.6	1.57
79.2	74.9	78.6	77.7	75.3	77.14	4.3	1.94
85.5	82.1	82.8	73.4	71.7	79.10	13.8	6.14
78.8	79.6	80.2	79.1	80.8	79.70	2.0	0.81
82.1	78.2	75.5	78.2	82.1	79.22	6.6	2.85
84.5	76.9	83.5	81.2	79.2	81.06	7.6	3.11
79.0	77.8	81.2	84.4	81.6	80.80	6.6	2.55
84.5	73.1	78.6	78.7	80.6	79.10	11.4	4.12

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^m S_i}{m}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m}$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - S$ ($\bar{X} - S$ Chart)



$\bar{X} - S$ Chart with Minitab



File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help								
[Icons: Open, Save, Print, Copy, Paste, Undo, Redo, Find, etc.]								
[Icons: Select, Zoom, Pan, etc.]								
								Com
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	X1	X2	X3	X4	X5			
1	83.0	81.2	78.7	75.7	77.0			
2	88.6	78.3	78.8	71.0	84.2			
3	85.7	75.8	84.3	75.2	81.0			
4	80.8	74.4	82.5	74.1	75.7			
5	83.4	78.4	82.6	78.2	78.9			
6	75.3	79.9	87.3	89.7	81.8			
7	74.5	78.0	80.8	73.4	79.7			
8	79.2	84.4	81.5	86.0	74.5			
9	80.5	86.2	76.2	84.1	80.2			
10	75.7	75.2	71.1	82.1	74.3			
11	80.0	81.5	78.4	73.8	78.1			
12	80.6	81.8	79.3	73.8	81.7			
13	82.7	81.3	79.1	82.0	79.5			
14	79.2	74.9	78.6	77.7	75.3			
15	85.5	82.1	82.8	73.4	71.7			
16	78.8	79.6	80.2	79.1	80.8			
17	82.1	78.2	75.5	78.2	82.1			
18	84.5	76.9	83.5	81.2	79.2			
19	79.0	77.8	81.2	84.4	81.6			
20	84.5	73.1	78.6	78.7	80.6			

$\bar{X}$ - S Chart with Minitab

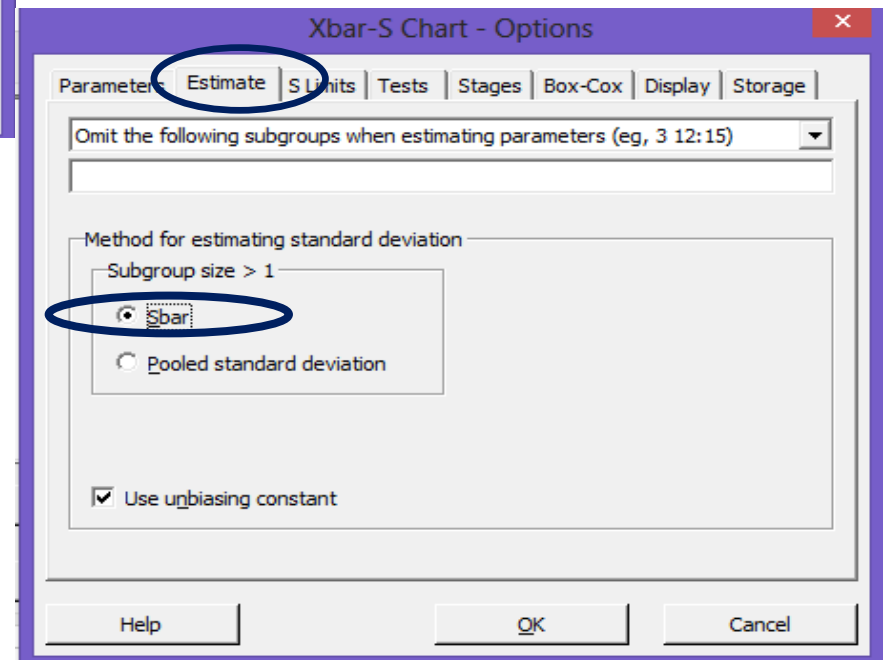
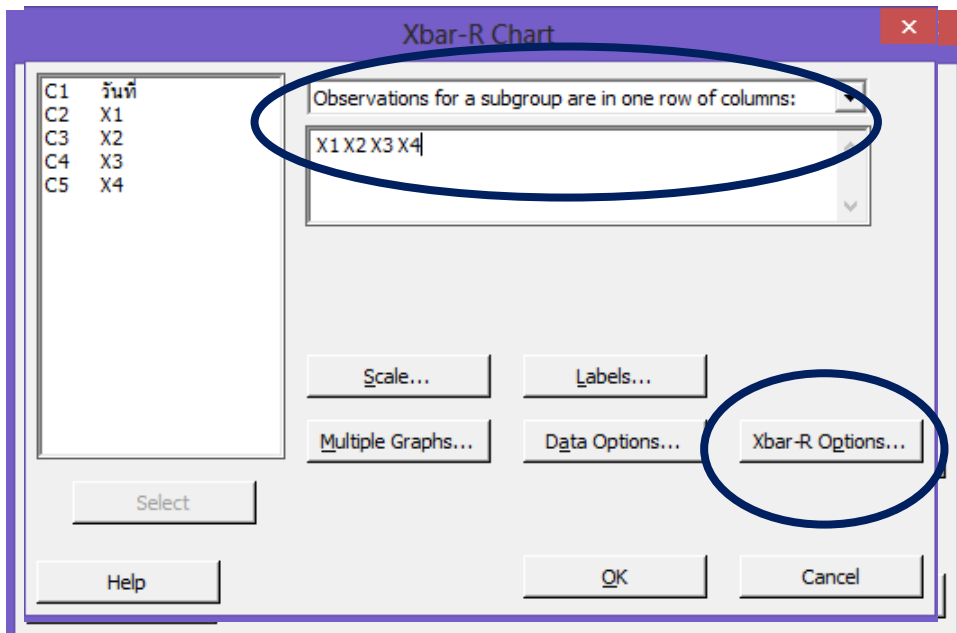


Compressive Strength.MTW ***

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
	X1											
1	83.0											
2	88.6											
3	85.7											
4	80.8											
5	83.4											
6	75.3											
7	74.5											
8	79.2	84.4	81.5	86.0								
9	80.5	86.2	76.2	84.1								
10	75.7	75.2	71.1	82.1								

Stat > Control Charts > Variables Charts for Subgroups > Xbar-S...

$\bar{X}$ - S Chart with Minitab



แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - MR$ (Individual-Control Chart หรือ $I-MR$)



แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - MR$ ใช้เมื่อแต่ละกลุ่มข้อมูลมีข้อมูลอยู่ข้อมูลเดียว ตัวอย่างของข้อมูลลักษณะนี้ ได้แก่ กระบวนการผลิตที่มีการตรวจวัดแบบอัตโนมัติ กระบวนการผลิตที่มีอัตราการผลิตช้า หรือกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องที่มีความแปรปรวนในกระบวนการน้อยมาก

การสร้าง $\bar{X}$ Chart

$$CL = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{m}$$

$$UCL = \bar{X} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_{2(n)}}$$

$$LCL = \bar{X} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_{2(n)}}$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X} - MR$ (Individual-Control Chart หรือ $I-MR$)



การสร้าง $\overline{MR}$ Chart

$$CL = \overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^n MR_i}{n-1}$$

$$UCL = \overline{MR} + 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = D_4 \overline{MR}$$

$$LCL = \overline{MR} - 3d_3 \frac{\overline{MR}}{d_2} = D_3 \overline{MR}$$

Note: $MR_n = X_n - X_{n-1}$

$$MR_1 = 0$$

$$MR_2 = X_2 - X_1, MR_3 = X_3 - X_2, \dots$$

แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - MR (Individual-Control Chart หรือ I - MR)

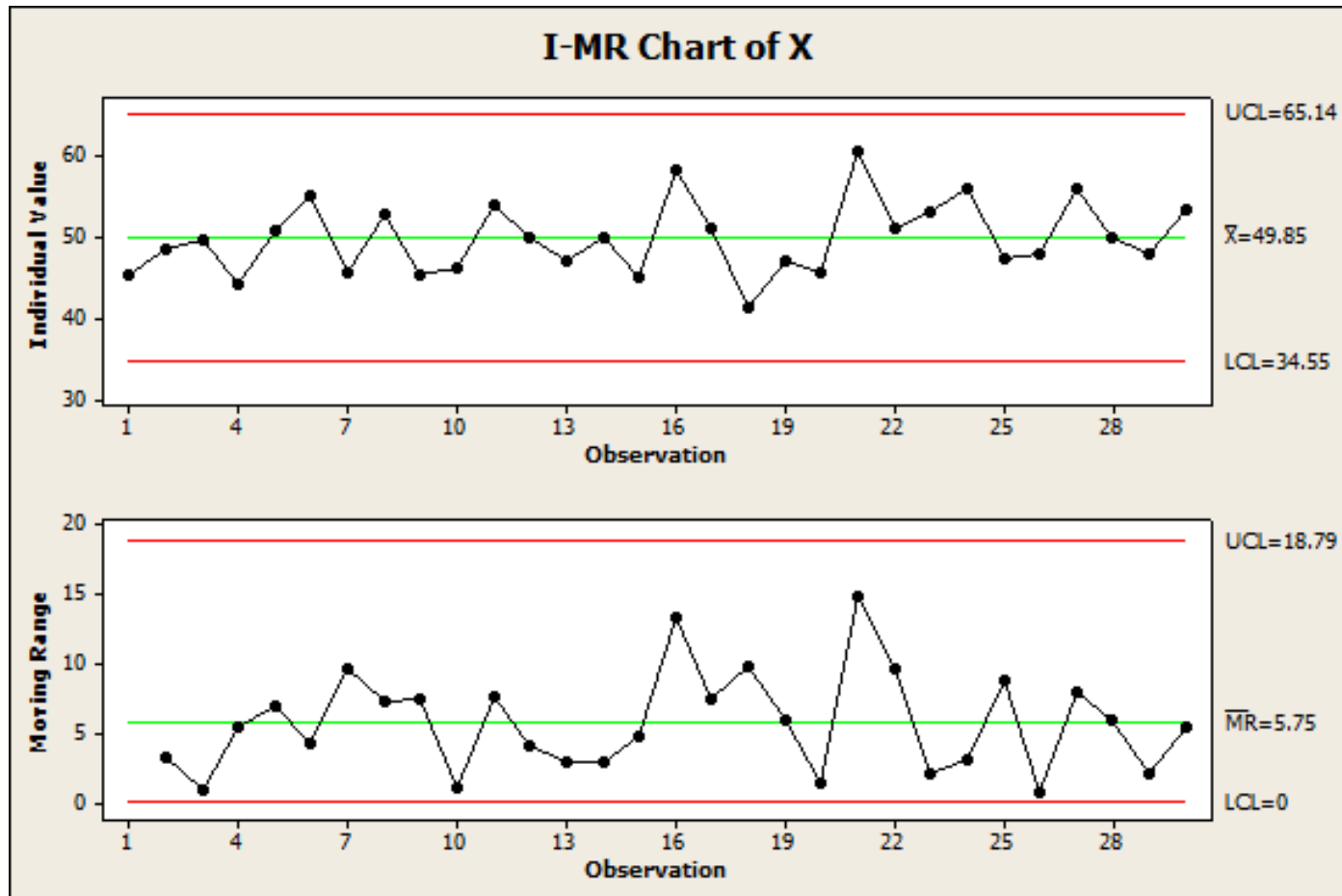


ตัวอย่าง ข้อมูลความหนาของออกไซด์ของชิ้นงาน Silicon Wafers ที่สุ่มมาทั้งหมด 30 ชิ้น

Wafer	Oxide Thickness	MR	Wafer	Oxide Thickness	MR
1	45.4	-	16	58.4	13.3
2	48.6	3.2	17	51.0	7.4
3	49.5	0.9	18	41.2	9.8
4	44.0	5.5	19	47.1	5.9
5	50.9	6.9	20	45.7	1.4
6	55.2	4.3	21	60.6	14.9
7	45.5	9.7	22	51.0	9.6
8	52.8	7.3	23	53.0	2.0
9	45.3	7.5	24	56.0	3.0
10	46.3	1	25	47.2	8.8
11	53.9	7.6	26	48.0	0.8
12	49.8	4.1	27	55.9	7.9
13	46.9	2.9	28	50.0	5.9
14	49.8	2.9	29	47.9	2.1
15	45.1	4.7	30	53.4	5.5

$$MR_2 = 48.6 - 45.4 = 3.2$$

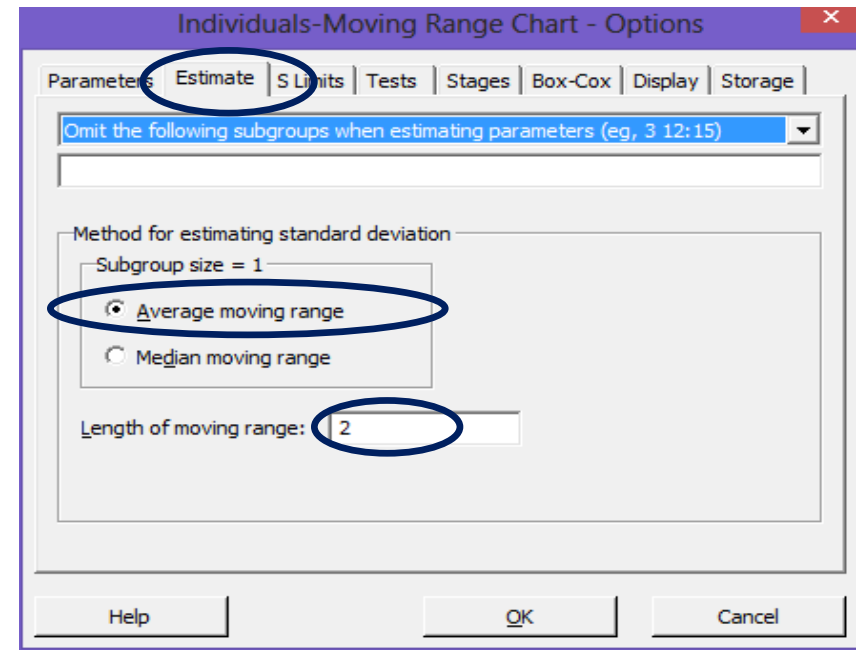
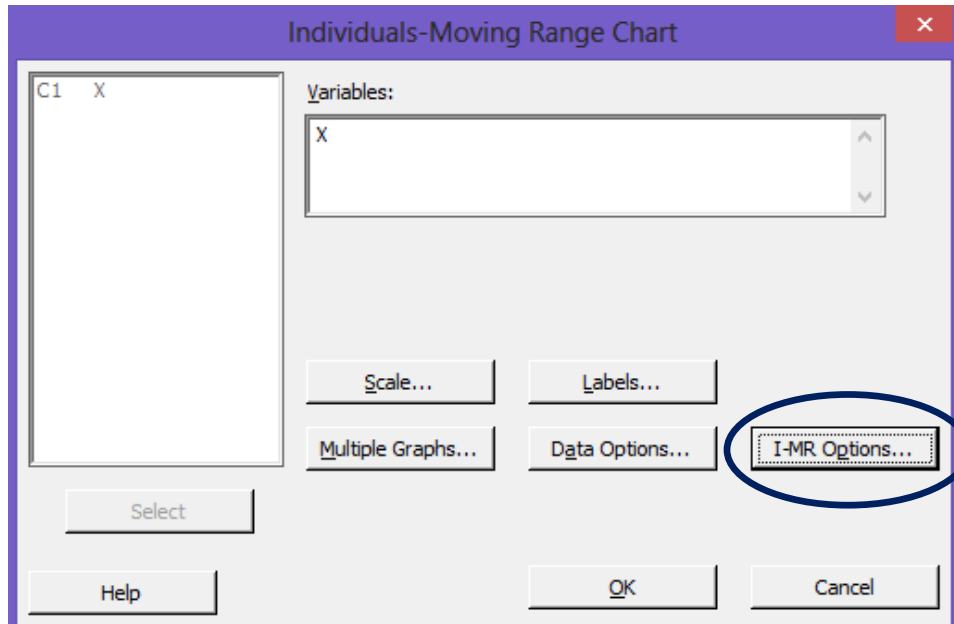
แผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ - MR (Individual-Control Chart หรือ I - MR)



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Control Charts' is selected. The 'Variables Charts for Individuals' submenu is also open, showing options like 'I-MR...', 'Z-MR...', 'Individuals...', and 'Moving Range...'. The background shows a worksheet with a table of data.

	C1	C8	C9	C10
	X			
1	45.4			
2	48.6			
3	49.5			
4	44.0			
5	50.9			
6	55.2			
7	45.5			
8	52.8			
9	45.3			
10	46.3			
11	53.9			
12	49.8			

แผนภูมิควบคุม *I-MR* with Minitab



แผนภูมิควบคุม p



เป็นแผนภูมิควบคุมอัตราส่วนของเสีย

$$p = \frac{np}{n} = \frac{d}{n}$$

p : อัตราส่วนของเสียในกลุ่มตัวอย่าง

n : จำนวนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

np หรือ d : จำนวนชิ้นของเสียในกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง (n) ที่นำมาเป็นข้อมูลใน p chart หรือ np chart สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ในแต่ละวันอาจมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้น ต้องคำนวณค่าพิกัดควบคุม (UCL, LCL) สำหรับค่า n แต่ละตัว

แผนภูมิควบคุม p



การสร้าง P Chart

$$CL = \bar{p} = \frac{\sum d}{\sum n}$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Note: ถ้า n มีค่าไม่คงที่ UCL , LCL จะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่มตัวอย่าง

แผนภูมิควบคุม p



ตัวอย่าง ข้อมูลของเสียที่เกิดขึ้นในการผลิตล้อจักรยาน โดยมีข้อมูลทั้งหมด 25 กลุ่ม

กลุ่มที่	วันที่	จำนวนตรวจสอบ n	จำนวนของเสีย d	p	UCL	LCL
1	29	2385	47	0.0197	0.0265	0.0100
2	30	1451	18	0.0124	0.0288	0.0077
3	31	1935	40	0.0207	0.0274	0.0091
4	1	2450	42	0.0171	0.0264	0.0102
5	2	1997	39	0.0195	0.0273	0.0093
6	5	2168	52	0.0240	0.0269	0.0096
7	6	1941	47	0.0242	0.0274	0.0092
8	7	1962	34	0.0173	0.0273	0.0092
9	8	2244	29	0.0129	0.0268	0.0098
10	9	1238	22	0.0178	0.0297	0.0069
11	12	2289	45	0.0197	0.0267	0.0099
12	13	1464	26	0.0178	0.0288	0.0078
13	14	2061	49	0.0238	0.0271	0.0094
14	15	1667	34	0.0204	0.0281	0.0084
15	16	2350	31	0.0132	0.0266	0.0100
16	19	2354	38	0.0161	0.0266	0.0100
17	20	1509	28	0.0186	0.0286	0.0079
18	21	2190	30	0.0137	0.0269	0.0097
19	22	2678	63	0.0235	0.0260	0.0105
20	23	2252	58	0.0258	0.0267	0.0098
21	26	1641	24	0.0146	0.0282	0.0084
22	27	1782	19	0.0107	0.0278	0.0088
23	28	1993	30	0.0151	0.0273	0.0093
24	29	2382	32	0.0134	0.0265	0.0100
25	30	2132	46	0.0216	0.0270	0.0096

n ไม่คงที่

แผนภูมิควบคุม p with Minitab



File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help								
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	n	x						
1	3577	36						
2	3579	77						
3	3581	89						
4	3583	110						
5	3580	42						
6	3582	69						
7	3582	63						
8	3582	62						
9	3583	82						
10	3584	67						
11	3583	54						
12	3581	35						
13	3583	44						
14	3580	42						
15	3581	32						
16	3583	52						
17	3584	73						
18	3584	60						
19	3583	61						
20	3582	55						

แผนภูมิควบคุม p with Minitab



BIKE WHEEL DEFECTIVE.MT

	C1	C8	C9	C10
	n			
1	2385			
2	1451			
3	1935			
4	2450			
5	1997			
6	2168			
7	1941			
8	1962			
9	2244			
10	1238			
11	2289			

Stat > Control Charts > Attributes Charts > P...

แผนภูมิแสดง อัตราส่วนของเสีย

แผนภูมิแสดง จำนวนของเสีย

แผนภูมิควบคุม p with Minitab



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the path 'Control Charts' > 'Attributes Charts' > 'P Chart' is highlighted. The background data table is as follows:

	C1	C2
	n	d
1	2385	
2	1451	
3	1935	
4	2450	
5	1997	
6	2168	
7	1941	
8	1962	
9	2244	
10	1720	

P Chart

Variables:

C1 n
C2 d

Subgroup sizes:

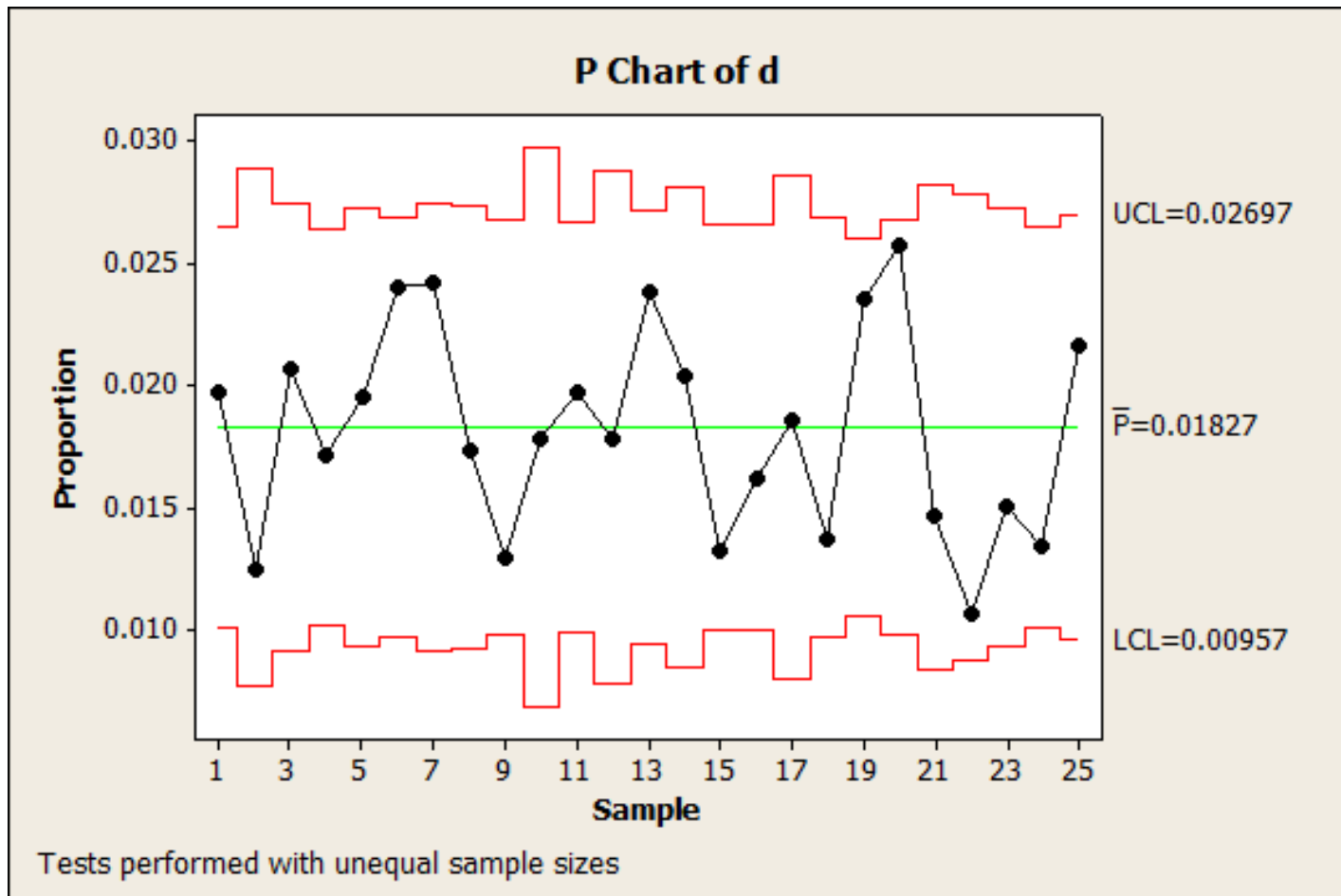
(enter a number or column containing the sizes)

Scale... Labels... Multiple Graphs... Data Options... P Chart Options...

Select

Help OK Cancel

แผนภูมิควบคุม p with Minitab



แผนภูมิควบคุม np with Minitab



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Control Charts' is selected. The 'Attributes Charts' sub-menu is also open, showing options like 'P...', 'NP...', 'C...', and 'U...'. The 'NP...' option is highlighted. In the background, a worksheet titled 'BIKE WHEEL DEFECTIVE' is visible with columns C1, C8, C9, and C10. C1 contains sample numbers 1 through 8, and C8 contains counts 'n'.

	C1	C8	C9	C10
	n			
1	2385			
2	1451			
3	1935			
4	2450			
5	1997			
6	2168			
7	1941			
8	1962			

The 'NP Chart' dialog box is shown. It has a 'Variables:' field containing 'd'. Below it, 'Subgroup sizes:' is set to 'n'. There are buttons for 'Scale...', 'Labels...', 'Multiple Graphs...', 'Data Options...', and 'NP Chart Options...'. At the bottom are 'Select', 'Help', 'OK', and 'Cancel' buttons.

NP Chart

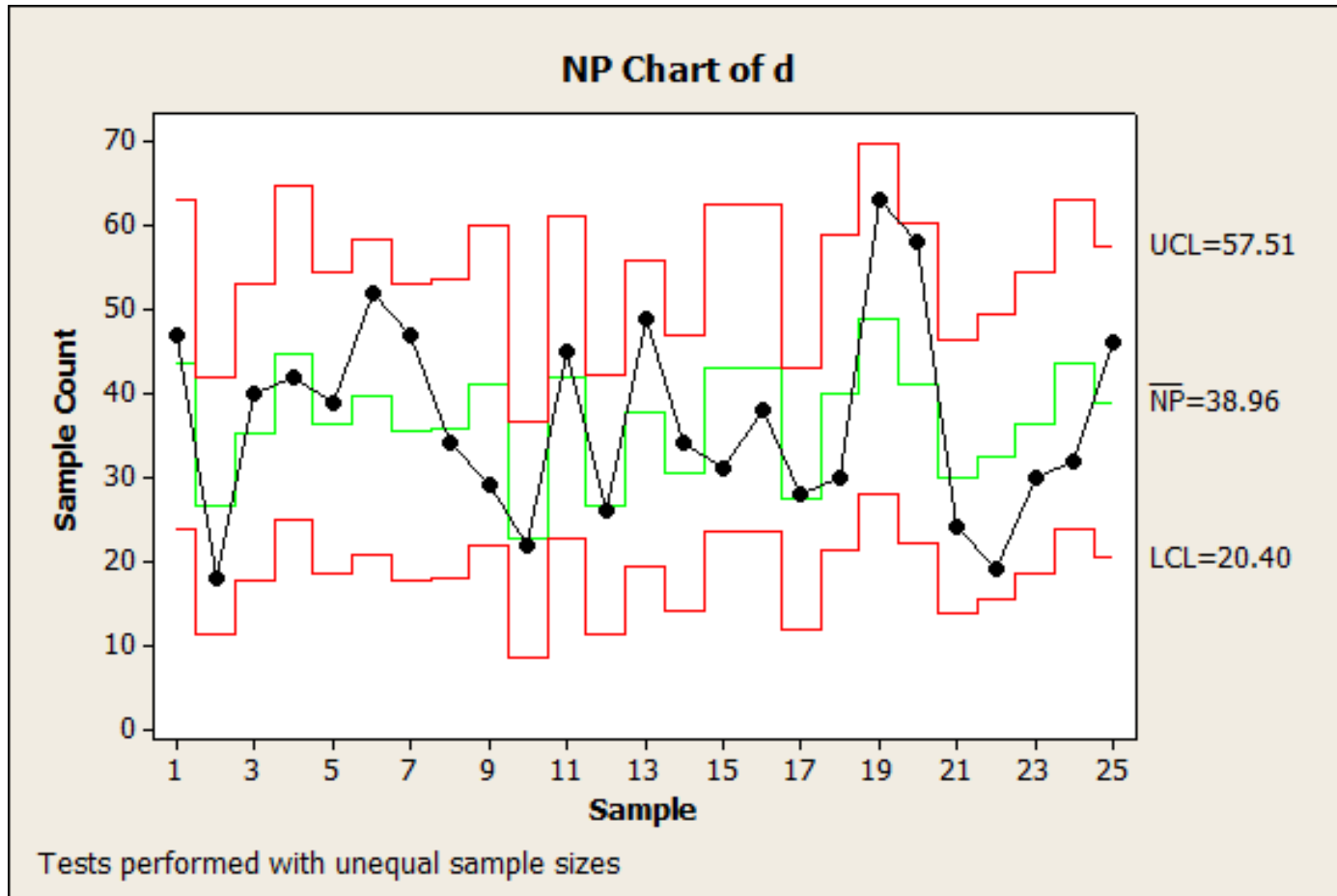
Variables:
d

Subgroup sizes: n
(enter a number or column containing the sizes)

Scale... Labels...
Multiple Graphs... Data Options... NP Chart Options...

Select
Help OK Cancel

แผนภูมิควบคุม np with Minitab



แผนภูมิควบคุม C



ใช้ในการควบคุมจุดบกพร่องหรือรอยตำหนิรวมในผลิตภัณฑ์ (ต่อ 1 หน่วยตรวจสอบ)
การสร้างแผนภูมิควบคุม C ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า จำนวนจุดบกพร่องในขนาดของ 1 หน่วยตรวจสอบนั้น มีการกระจายตัวแบบ Poisson ด้วยค่าพารามิเตอร์ C

การสร้างแผนภูมิควบคุม C

$$CL = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m} ; m : \text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} ; \text{ ถ้า } LCL \leq 0 \rightarrow LCL = 0$$

Control Chart



ตัวอย่าง ข้อมูลจำนวนจุดบกพร่องที่พบในส่วนประกอบย่อยในการตรวจสอบเครื่องวิทยุ

Sample Number	Number of Nonconformities (c)		CL	UCL	LCL
1	1		8.59091	17.384	0
2	1		8.59091	17.384	0
3	3		8.59091	17.384	0
4	7		8.59091	17.384	0
5	8		8.59091	17.384	0
6	10		8.59091	17.384	0
7	5		8.59091	17.384	0
8	13		8.59091	17.384	0
9	0		8.59091	17.384	0
10	19		8.59091	17.384	0
11	24		8.59091	17.384	0
12	6		8.59091	17.384	0
13	9		8.59091	17.384	0
14	11		8.59091	17.384	0
15	15		8.59091	17.384	0
16	8		8.59091	17.384	0
17	3		8.59091	17.384	0
18	6		8.59091	17.384	0
19	7		8.59091	17.384	0
20	4		8.59091	17.384	0
21	9		8.59091	17.384	0
22	20		8.59091	17.384	0

c Chart with Minitab



File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help									
↓ C1 C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8									
c									
1	1								
2	1								
3	3								
4	7								
5	8								
6	10								
7	5								
8	13								
9	0								
10	19								
11	24								
12	6								
13	9								
14	11								
15	15								
16	8								
17	3								
18	6								
19	7								
20	4								
21	9								
22	20								

c Chart with Minitab



File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Basic Statistics
Regression
ANOVA
DOE
Control Charts
Quality Tools
Reliability/Survival
Multivariate
Time Series
Tables
Nonparametrics
EDA
Power and Sample Size

Box-Cox Transformation...
Variables Charts for Subgroups
Variables Charts for Individuals
Attributes Charts
Time-Weighted Charts
Multivariate Charts

P...
NP...
C...
U...

NC OF RADIO.MT

	C1	C8	C9	C10
	c			
1	1			
2	1			
3	3			
4	7			
5	8			
6	10			
7	5			
8	13			
9	0			
10	19			
11	24			

C Chart

Variables:

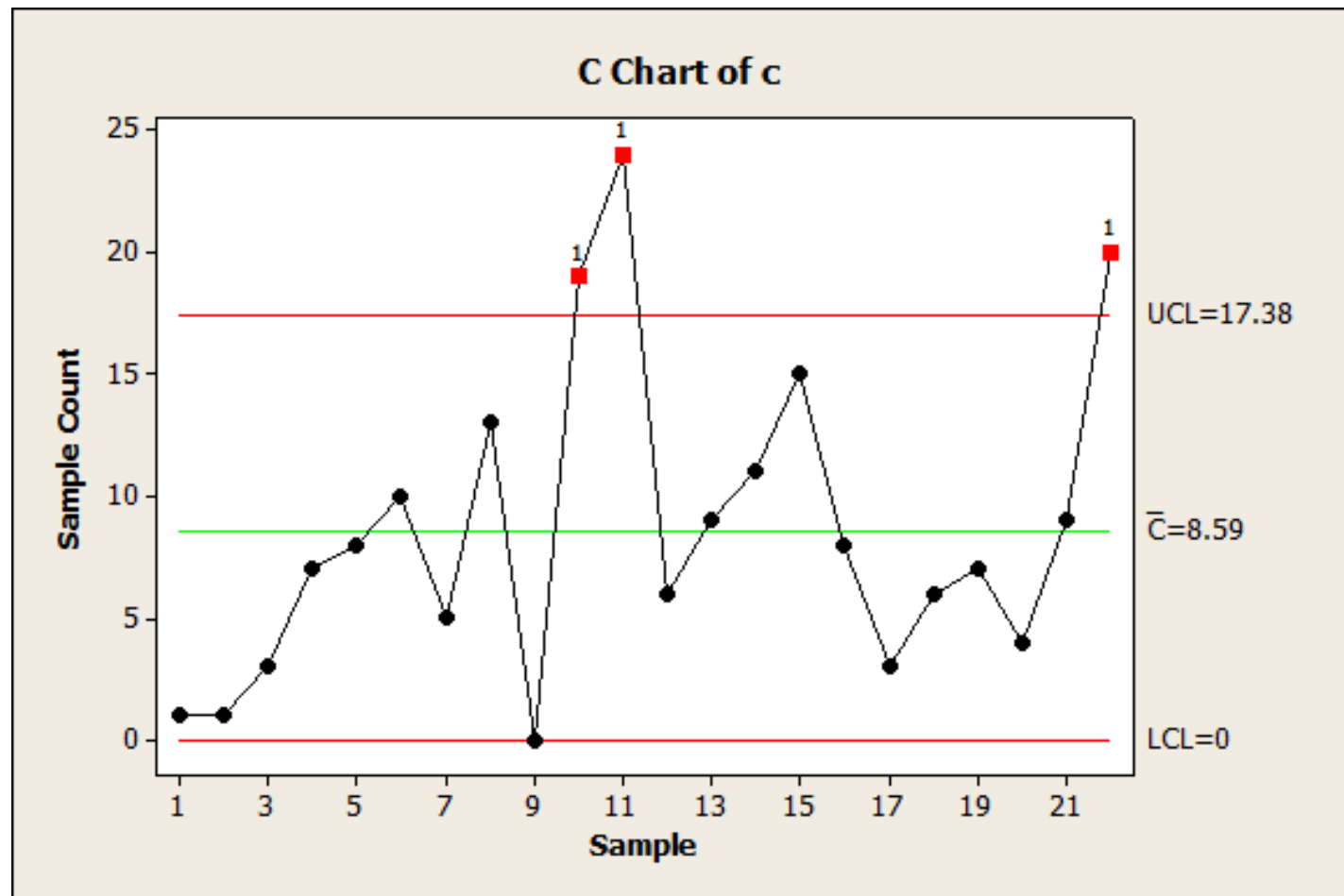
C1 c

Scale... Labels...
Multiple Graphs... Data Options... C Chart Options...

Select

Help OK Cancel

c Chart with Minitab



แผนภูมิควบคุม u



ใช้ในการควบคุมจุดบกพร่องหรือรอยตำหนิรวมในผลิตภัณฑ์ เมื่อขนาดของตัวอย่าง
หน่วยตรวจสอบ (ขนาดของกลุ่ม $n \geq 1$)

การสร้างแผนภูมิควบคุม u ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า จำนวนจุดบกพร่องในขนาดของ
1 หน่วยตรวจสอบนั้น มีการกระจายตัวแบบ Poisson ด้วยค่าพารามิเตอร์ u

การสร้างแผนภูมิควบคุม u

$$CL = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} ; m : \text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}$$

$$UCL = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$LCL = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} ; \text{ ถ้า } LCL \leq 0 \rightarrow LCL = 0$$

Note: ถ้า n มีค่าไม่คงที่ UCL, LCL จะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงในทุกกลุ่มตัวอย่าง

แผนภูมิควบคุม $\bar{u}$



ตัวอย่าง ข้อมูลจำนวนของเสียจากการตรวจสอบขั้นสุดท้ายของส่วนประกอบ
Disk-Drive

วันที่	Number of Assemblies Inspected (n)	Total Number of Imperfection unit (c)
1	2	10
2	4	30
3	2	18
4	1	10
5	3	20
6	4	24
7	2	15
8	4	26
9	3	21
10	1	8

แผนภูมิควบคุม $\bar{u}$



$$\bar{u} = \frac{5 + 7.5 + \dots + 8}{10}$$

Day	Number of Assemblies Inspected (n)	Total Number of Imperfection unit (c)	Number of Imperfection per inspection unit (u)	$\bar{u}$	UCL	LCL
1	2	10	5	7	12.6125	1.38751
2	4	30	7.5	7	10.9686	3.03137
3	2	18	9	7	12.6125	1.38751
4	1	10	10	7	14.9373	0
5	3	20	6.6667	7	11.5826	2.41742
6	4	24	6	7	10.9686	3.03137
7	2	15	7.5	7	12.6125	1.38751
8	4	26	6.5	7	10.9686	3.03137
9	3	21	7	7	11.5826	2.41742
10	1	8	8	7	14.9373	0

$\bar{u}$ Chart with Minitab



File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help								
[Icons: Save, Print, Copy, Paste, Undo, Redo, Find, etc.]								
[Icons: Select, Zoom, Pan, etc.]								
↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	n	c						
1	2	10						
2	4	30						
3	2	18						
4	1	10						
5	3	20						
6	4	24						
7	2	15						
8	4	26						
9	3	21						
10	1	8						
11								
12								

u Chart with Minitab



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Control Charts' is selected. The 'Attributes Charts' submenu is also open, showing options like 'P...', 'NP...', 'C...', and 'U...'. The 'U...' option is highlighted. In the background, a worksheet is visible with columns C1, C2, C5, C6, C7, C8, C9, and C10. C1 contains 'n' and C2 contains 'c'. Rows 1 through 11 are visible with data values.

	C1	C2
	n	c
1	2	1
2	4	3
3	2	1
4	1	1
5	3	2
6	4	2
7	2	1
8	4	2
9	3	2
10	1	8
11		

U Chart

Variables:

C

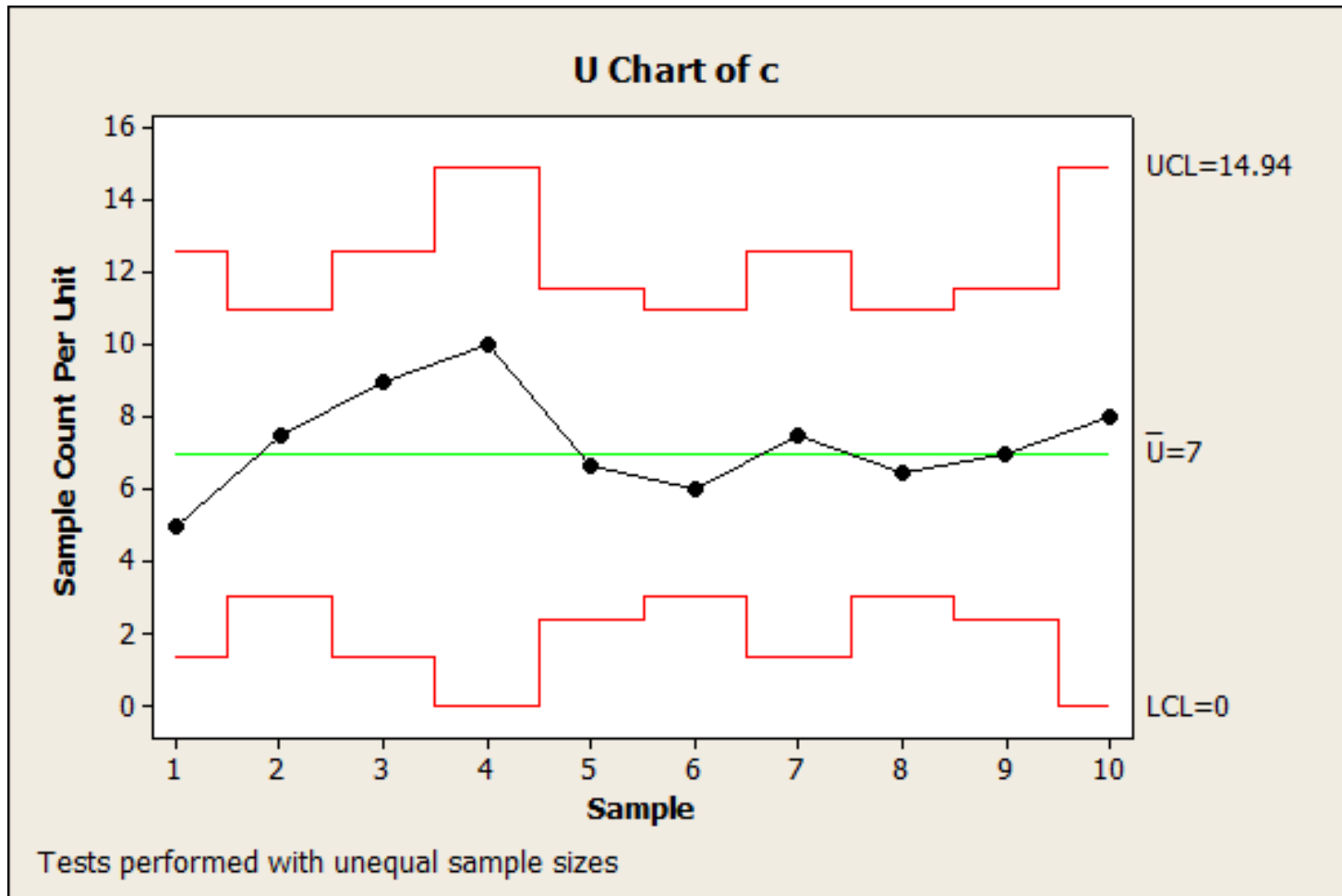
Subgroup sizes: n
(enter a number or column containing the sizes)

Scale... Labels... Multiple Graphs... Data Options... U Chart Options...

Select

Help OK Cancel

$\bar{u}$ Chart with Minitab





เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 4 และ 5



Chapter 5: Process Capability



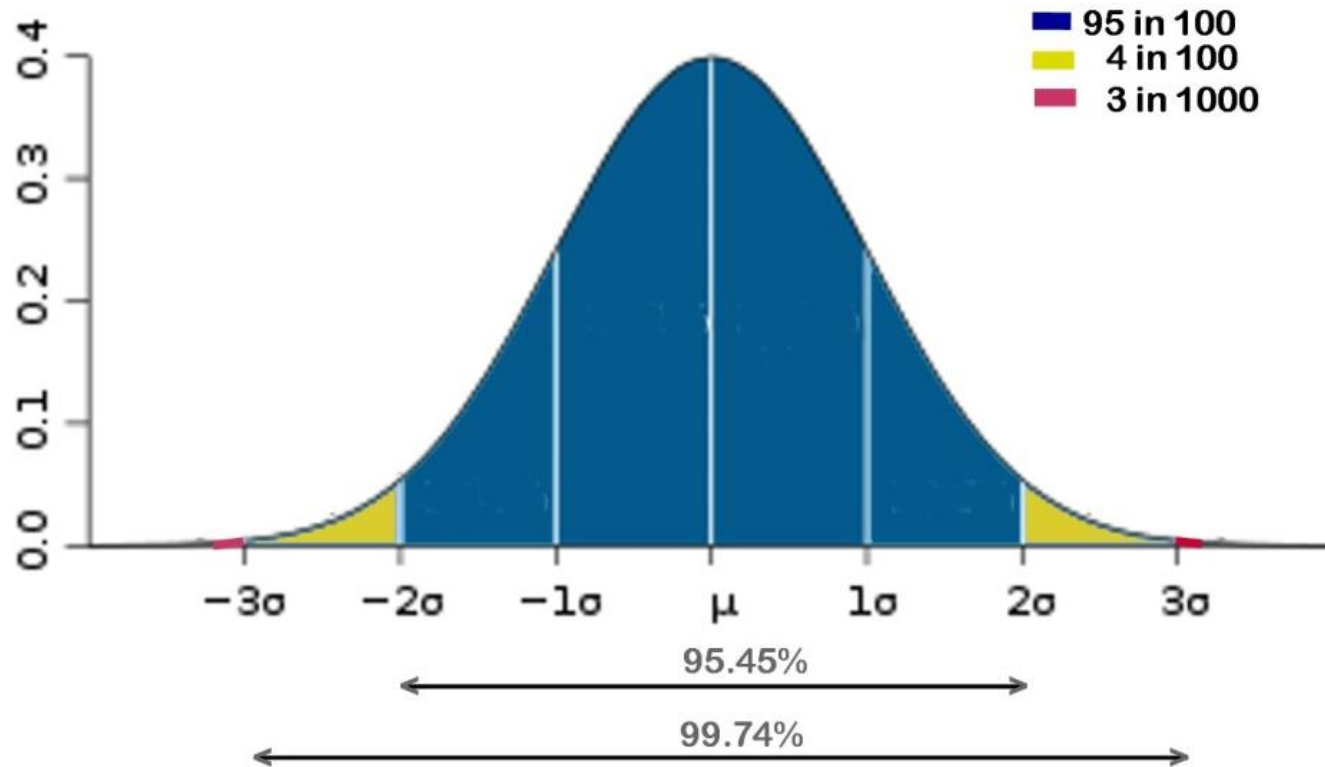
ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Study) คือ การศึกษาถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับความแปรผันของกระบวนการผลิต ซึ่งรวมไปถึง คน เครื่องจักร วัตถุดิบ การวัด และสิ่งแวดล้อม เพื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับคุณภาพและความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process Potential Capability) ว่า กระบวนการมีคุณสมบัติ สรรถนะ และความแม่นยำมากน้อยเพียงใด

โดยทั่วไป ความแปรผันที่เกิดขึ้นในกระบวนการอันเนื่องมาจากสาเหตุโดยธรรมชาติทำให้เกิดคุณลักษณะของคุณภาพที่ได้จากการผลิต (Quality Characteristics) ที่มีค่าที่ไม่แน่นอน และมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

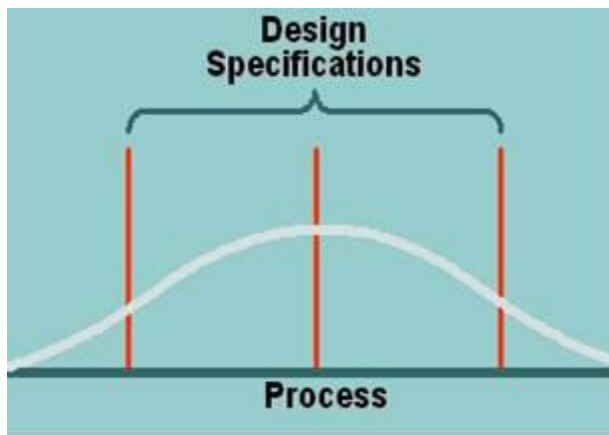
Normal Distribution



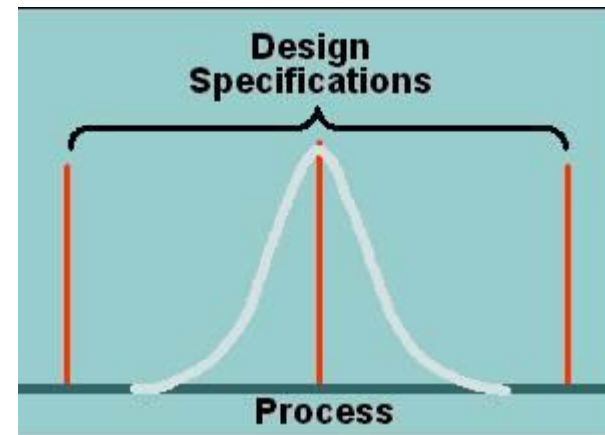
คุณลักษณะของคุณภาพควรอยู่ในช่วง $\pm 3\sigma$ (99.47%)

ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)

ขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) คือ ช่วงหรือขอบเขตที่ยอมรับได้ของสินค้า หรือบริการนั้นๆ โดยอาจมีตัวกำหนดเป็นทั้งขอบเขตข้อกำหนดล่าง (Lower Specification Limit) และ ขอบเขตข้อกำหนดบน (Upper Specification Limit) หรืออาจมีเพียงขอบเขตเดียวก็ได้ โดยที่คุณลักษณะของคุณภาพที่ไม่อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ถือว่าเป็นของเสีย



$\pm 3\sigma$ มีค่ามาก $\rightarrow$ กระบวนการมีความแปรผันมาก $\rightarrow$ โอกาสเกิดของเสียมาก



$\pm 3\sigma$ มีค่าน้อย $\rightarrow$ กระบวนการมีความแปรผันน้อย $\rightarrow$ โอกาสเกิดของเสียน้อย



ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability)



การวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Ratio, PCR)

- C_p
- C_{pk}

 C_p 

อัตราส่วนของขอบเขตข้อกำหนด (Specification Limit) ต่อช่วงขอบเขตของความแปรผันของกระบวนการ ($\pm 3\sigma$)

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

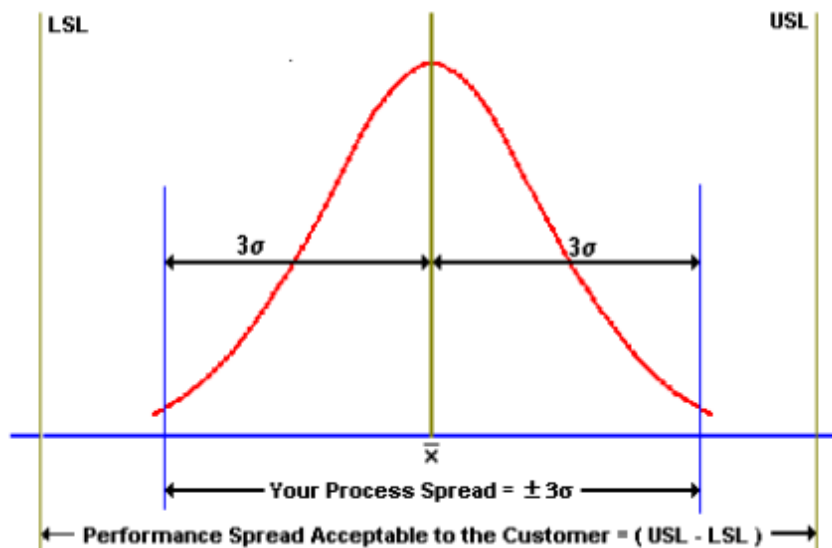
$$C_p = 1 \rightarrow (USL - LSL) = 6\sigma$$

ถ้า $C_p \geq 1$ กระบวนการมีความสามารถ

ยิ่ง C_p มีค่ามาก $\rightarrow$ กระบวนการมีความสามารถมาก

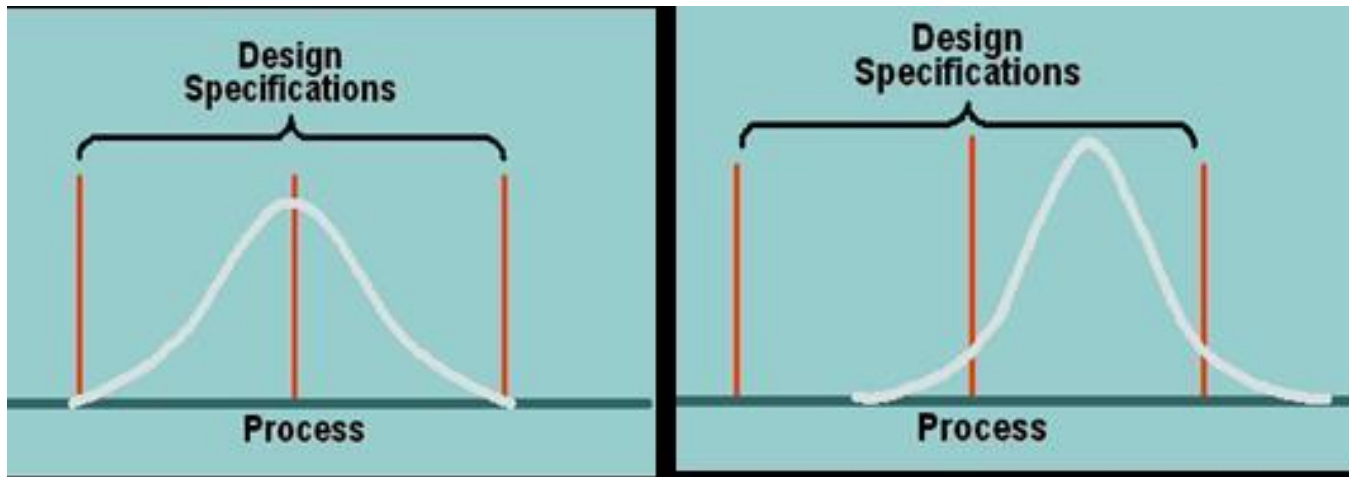
$$C_p \geq 1.33 \rightarrow \text{benchmark}$$

$C_p = 1.33 \rightarrow$ ค่าความสามารถของกระบวนการมีค่าสูง เนื่องจากมีอัตราการปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ต่ำมากเพียง 0.007%





วัดค่าอัตราส่วนของขอบเขตข้อกำหนดต่อช่วงขอบเขตของความแปรผันของกระบวนการ พิจารณาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกระบวนการด้วย



C_p มีค่าเท่ากัน
แต่ความสามารถ
ต่างกัน

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \min(C_{pl}, C_{pu})$$

ถ้า $C_{pk} = 1 \rightarrow C_p = 1 \rightarrow$ กระบวนการมีความสามารถ

ถ้า $C_{pk} \geq 1 \rightarrow$ กระบวนการมีความสามารถ

ยิ่ง C_{pk} มีค่ามาก $\rightarrow$ ความสามารถมาก

C_p , C_{pk} with Minitab



ตัวอย่าง: ผลจากการวัดคุณสมบัติของลวดสแตนเลสโดยวัดจากค่า Diameter ซึ่งถูกกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.457 ± 0.010 mm

Item	Dia.	Item	Dia.	Item	Dia.
1	0.454	21	0.451	41	0.455
2	0.452	22	0.452	42	0.455
3	0.454	23	0.453	43	0.454
4	0.454	24	0.454	44	0.452
5	0.451	25	0.452	45	0.453
6	0.454	26	0.46	46	0.452
7	0.455	27	0.451	47	0.454
8	0.454	28	0.451	48	0.454
9	0.451	29	0.451	49	0.454
10	0.454	30	0.451	50	0.451
11	0.455	31	0.453	51	0.452
12	0.454	32	0.453	52	0.454
13	0.455	33	0.453	53	0.454
14	0.452	34	0.455	54	0.455
15	0.454	35	0.455	55	0.452
16	0.452	36	0.454	56	0.456
17	0.455	37	0.456	57	0.452
18	0.454	38	0.454	58	0.454
19	0.454	39	0.455	59	0.451
20	0.454	40	0.453	60	0.452

[illegible]

C_p , C_{pk} with Minitab



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'Quality Tools' submenu is selected. Within 'Quality Tools', 'Capability Analysis' is chosen, and the 'Normal...' option is highlighted in the subsequent submenu. The background worksheet displays a data table with two columns, C1 and C2, and 17 rows of data.

	C1	C2
1	0.454	
2	0.452	
3	0.454	
4	0.454	
5	0.451	
6	0.454	
7	0.455	
8	0.454	
9	0.451	
10	0.454	
11	0.455	
12	0.454	
13	0.455	
14	0.452	
15	0.454	
16	0.452	
17	0.455	

- Stat
 - Basic Statistics
 - Regression
 - ANOVA
 - DOE
 - Control Charts
 - Quality Tools**
 - Run Chart...
 - Pareto Chart...
 - Cause-and-Effect...
 - Individual Distribution Identification...
 - Johnson Transformation...
 - Capability Analysis**
 - Normal...**
 - Between/Within...
 - Nonnormal...
 - Multiple Variables (Normal)...
 - Multiple Variables (Nonnormal)...
 - Binomial...
 - Poisson...
 - Capability Sixpack
 - Gage Study
 - Attribute Agreement Analysis...
 - Acceptance Sampling by Attributes...
 - Acceptance Sampling by Variables
 - Multi-Vari Chart...
 - Symmetry Plot...
- Reliability/Survival
- Multivariate
- Time Series
- Tables
- Nonparametrics
- EDA
- Power and Sample Size

C_p , C_{pk} with Minitab



Capability Analysis (Normal Distribution) ✕

Data are arranged as

☒ Single column:

Subgroup size:
(use a constant or an ID column)

☐ Subgroups across rows of:

Lower spec: ☐ Boundary

Upper spec: ☐ Boundary

Historical mean: (optional)

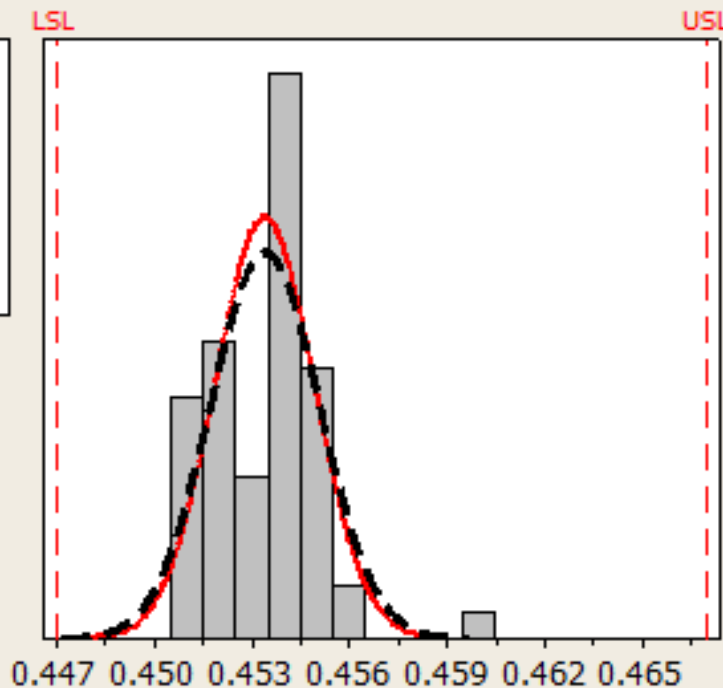
Historical standard deviation: (optional)

C_p , C_{pk} with Minitab



Process Capability of C1

Process Data	
LSL	0.447
Target	*
USL	0.467
Sample Mean	0.453417
Sample N	60
StDev(Within)	0.00153264
StDev(Overall)	0.00167019



Potential (Within) Capability	
Cp	2.17
CPL	1.40
CPU	2.95
Cpk	1.40

Overall Capability	
Pp	2.00
PPL	1.28
PPU	2.71
Ppk	1.28
Cpm	*

Observed Performance	
PPM < LSL	0.00
PPM > USL	0.00
PPM Total	0.00

Exp. Within Performance	
PPM < LSL	14.15
PPM > USL	0.00
PPM Total	14.15

Exp. Overall Performance	
PPM < LSL	61.05
PPM > USL	0.00
PPM Total	61.05



Chapter 6: Data Analysis with Hypothesis Testing

Hypothesis Test



โดยทั่วไป รูปแบบของสมมติฐานที่กำหนดในการทดสอบมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ

❖ สมมติฐานแบบทางเดียว

$$H_0: \mu \leq 0 \quad H_1: \mu > 0$$

❖ สมมติฐานแบบสองทาง

$$H_0: \mu = 0 \quad H_1: \mu \neq 0$$

Hypothesis Test



ขั้นตอนในการสร้างเกณฑ์ในการทดสอบ

1. กำหนด H_0 และ H_1
2. กำหนดระดับนัยสำคัญ α
3. กำหนดตัวทดสอบสถิติและคำนวณตัวทดสอบสถิติ
4. กำหนดเขตวิกฤต
5. สรุปผลการทดสอบ

$$P \text{ value} < \alpha \rightarrow \text{reject } H_0$$

Hypothesis Test with Minitab



Hypothesis Test of Mean

- T-test
small sample size (≤ 30)
used when σ is unknown
- Z-test
large sample size (≥ 30)
used when σ is known

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Basic Statistics' is selected. The '1-Sample t...' option is highlighted with a blue circle. The background shows a worksheet with data in Thai and a 'One-Sample Z' test window.

↓	C1-T	C2	C3	
	ชนิดหัวดีเยื่อ	ความเร็วรอบ	เวลาดีเยื่อ	เวลา
1	1	840	3	

One-Sample Z: เวลาการลําไพล 81 19.425

Test of $\mu = 20$ vs
The assumed standard deviation = 1

Variable N
เวลาการลําไพล 81 19.425

Stat > Basic Statistics > 1-Sample t...

Display Descriptive Statistics...
Store Descriptive Statistics...
Graphical Summary...
12 1-Sample Z...
1t 1-Sample t...
2t 2-Sample t...
t-t Paired t...
1P 1 Proportion...
2P 2 Proportions...
1s 1-Sample Poisson Rate...
2s 2-Sample Poisson Rate...
σ² 1 Variance...
σ² σ² 2 Variances...
COR Correlation...
COV Covariance...
Normality Test...
χ² Goodness-of-Fit Test for Poisson...

Hypothesis Test with Minitab



ตัวอย่าง จากข้อมูลผลการทดลองตีเยื่อกระดาษมูลช้าง ต้องการทดสอบว่าค่าเฉลี่ย
ของเวลาในการดูดซับน้ำของกระดาษมีค่าเท่ากับ 20

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and 'Basic Statistics' is selected. Under 'Basic Statistics', '1-Sample Z...' is highlighted. The background shows a data table with the following columns: C1-T, C2, and C3. The data rows are numbered 1 to 5.

	C1-T	C2	C3
1	1	840	3
2	1	840	3
3	1	840	3
4	1	840	4
5	1	840	4

Hypothesis Test with Minitab



1-Sample Z (Test and Confidence Interval)

☒ Samples in columns:

'เวลาการดูดซับ'

☐ Summarized data

Sample size:

Mean:

Standard deviation:

7

☒ Perform hypothesis test

Hypothesized mean:

20

Select

Graphs...

Options...

Help

OK

Cancel

1-Sample Z - Options

Confidence level:

95.0

α

Alternative:

not equal

แบบสองทาง

Help

OK

Cancel



One-Sample Z: เวลาการดูดซับ

Test of $\mu = 20$ vs not = 20

The assumed standard deviation = 7

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
เวลาการดูดซับ	81	46.457	10.928	0.778	(44.932, 47.981)	34.02	0.000

ผลในการทดสอบสมมติฐานโดยโปรแกรม รายงานว่า ค่า Z มีค่าเท่ากับ 34.02 และค่า P-Value เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่าค่า 0.5 ที่เรากำหนด

ทำให้สรุปว่าเราปฏิเสธสมมติฐาน H_0 เพราะฉะนั้น ไม่สามารถสรุปได้ ว่าค่าเฉลี่ยของเวลาในการดูดซับน้ำเท่ากับ 20



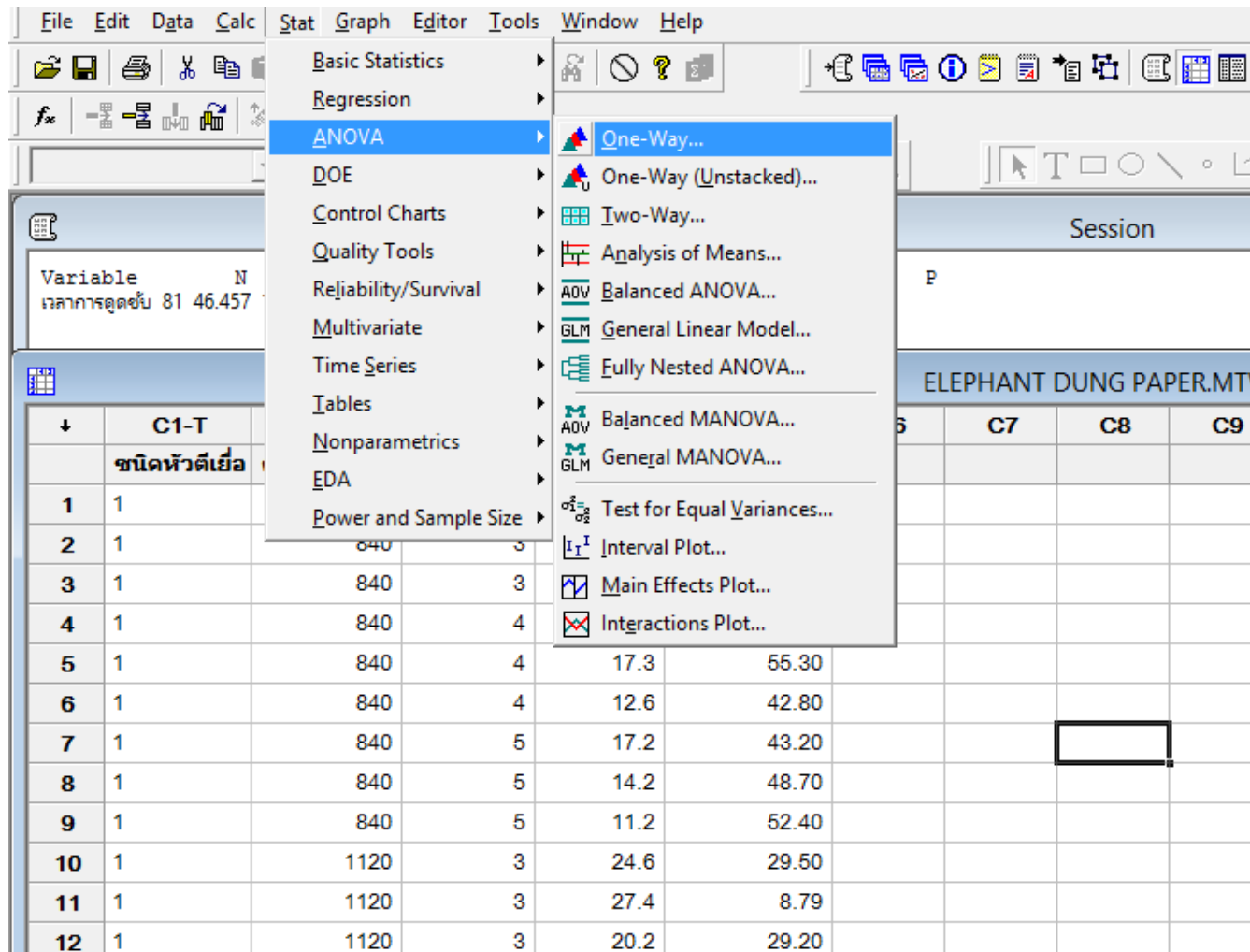
การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

เป็นอีกหนึ่งวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมุติฐาน

- ❖ One-way ANOVA เป็นการทดสอบความค่าเฉลี่ยสำหรับข้อมูลสองกลุ่มขึ้นไป ที่มีการแบ่งกลุ่มโดยมีปัจจัยเดียว ว่าเท่ากันหรือไม่
- ❖ Two-way ANOVA เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยสำหรับข้อมูลสองกลุ่มขึ้นไป โดยมีปัจจัยมากกว่า 1 ปัจจัย

ANOVA

ตัวอย่าง จากข้อมูลผลการทดลองตีเยื่อกระดาษมูลช้าง ต้องการทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของเวลาในการดูดซับน้ำของกระดาษที่ได้จากชนิดหัวตัวเยื่อ 3 ชนิดมีค่าเท่ากันหรือไม่



The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'ANOVA' option is selected. The 'One-Way...' option is highlighted. The data table below shows the results of the experiment.

Variable	N
เวลาการดูดซับ	81 46.457

	C1-T								
	ชนิดหัวตัวเยื่อ								
1	1								
2	1		840	3					
3	1		840	3					
4	1		840	4					
5	1		840	4	17.3	55.30			
6	1		840	4	12.6	42.80			
7	1		840	5	17.2	43.20			
8	1		840	5	14.2	48.70			
9	1		840	5	11.2	52.40			
10	1		1120	3	24.6	29.50			
11	1		1120	3	27.4	8.79			
12	1		1120	3	20.2	29.20			

ANOVA



One-Way Analysis of Variance

Response: 'เวลาการดูดซับ'

Factor: 'ชนิดหัวดีเยื่อ'

☐ Store residuals
☐ Store fits

Confidence level: 95.0

Select Comparisons... Graphs...

Help OK Cancel

One-Way Multiple Comparisons

☒ Tukey's, family error rate: 5

☐ Fisher's, individual error rate: 5

☐ Dunnett's, family error rate: 5

Control group level:

☐ Hsu's MCB, family error rate: 5

☒ Largest is best
☐ Smallest is best

Help OK Cancel

ANOVA



One-Way Analysis of Variance - Graphs

☒ Individual value plot
☒ Boxplots of data

Residual Plots

☐ Individual plots

- ☐ Histogram of residuals
- ☐ Normal plot of residuals
- ☐ Residuals versus fits
- ☐ Residuals versus order

☒ Four in one

Residuals versus the variables:

Select

Help

OK

Cancel

Individual confidence level = 98.07%

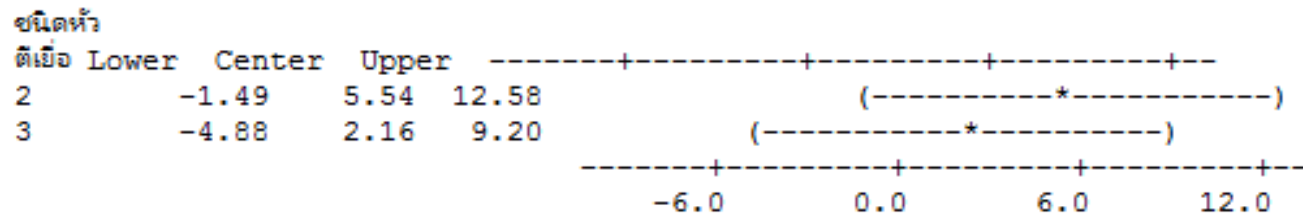
ANOVA



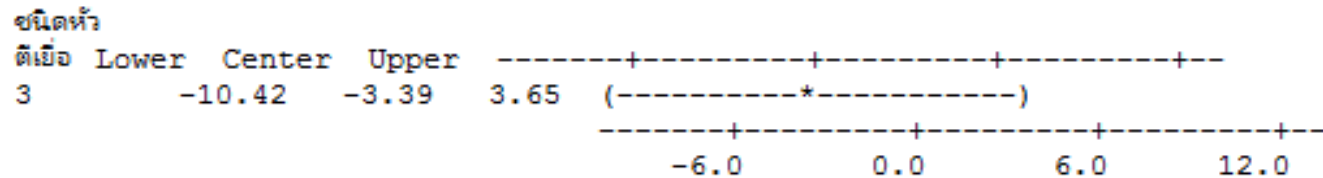
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of ชนิดหัวดีเยื่อ

Individual confidence level = 98.07%

ชนิดหัวดีเยื่อ = 1 subtracted from:



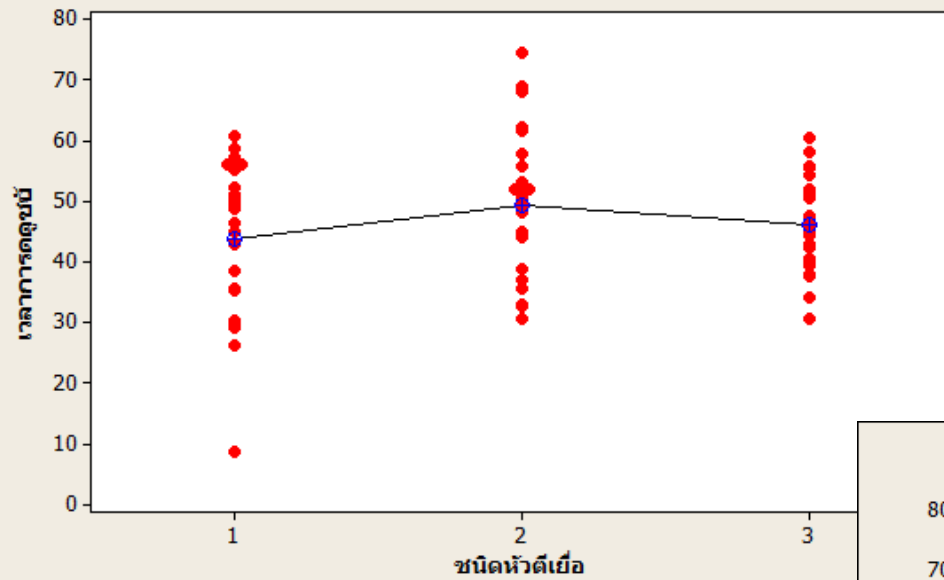
ชนิดหัวดีเยื่อ = 2 subtracted from:



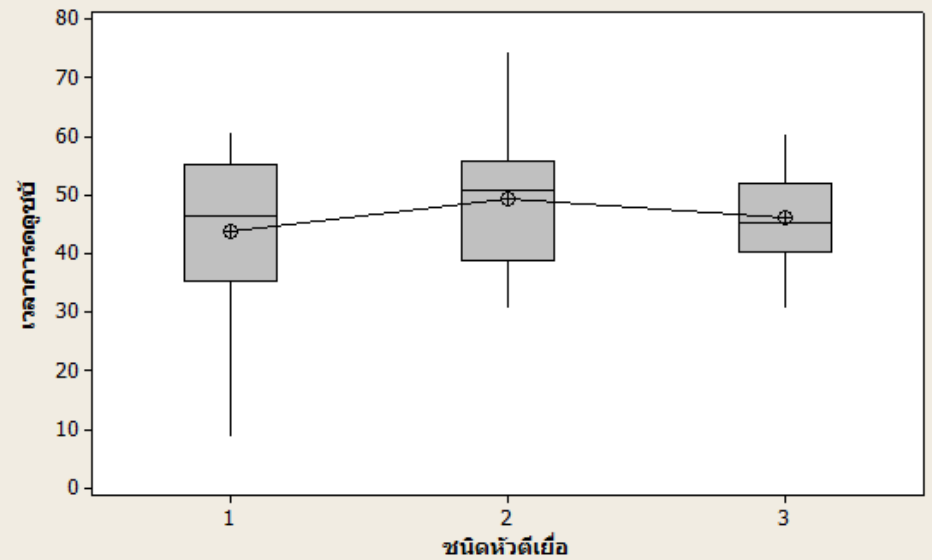
ANOVA



Individual Value Plot of เวลาการดูดซับ vs ชนิดหัวดีเยื่อ



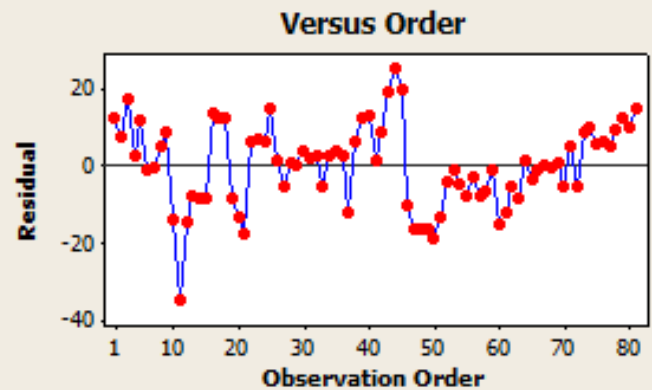
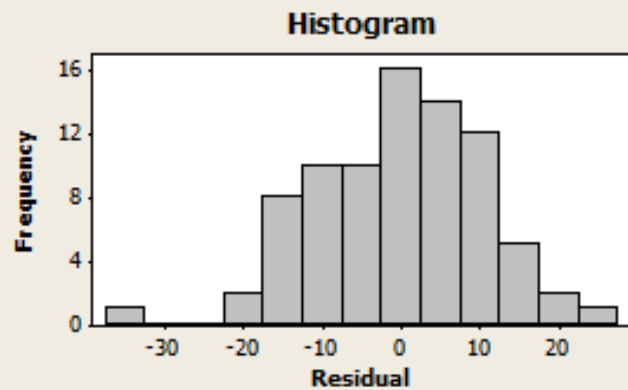
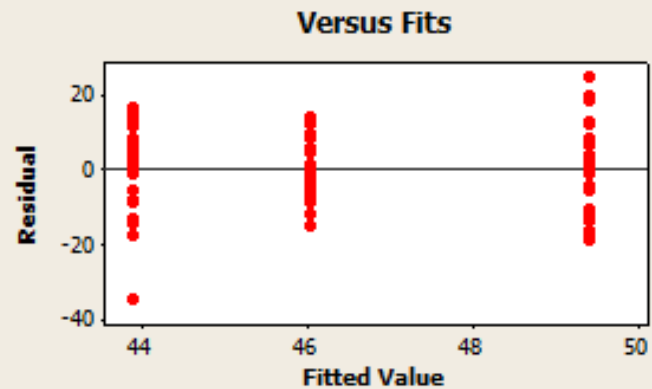
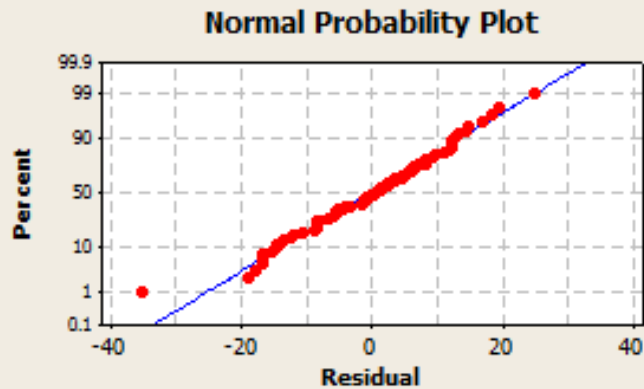
Boxplot of เวลาการดูดซับ



ANOVA



Residual Plots for เวลาการดูดซับ





เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 6

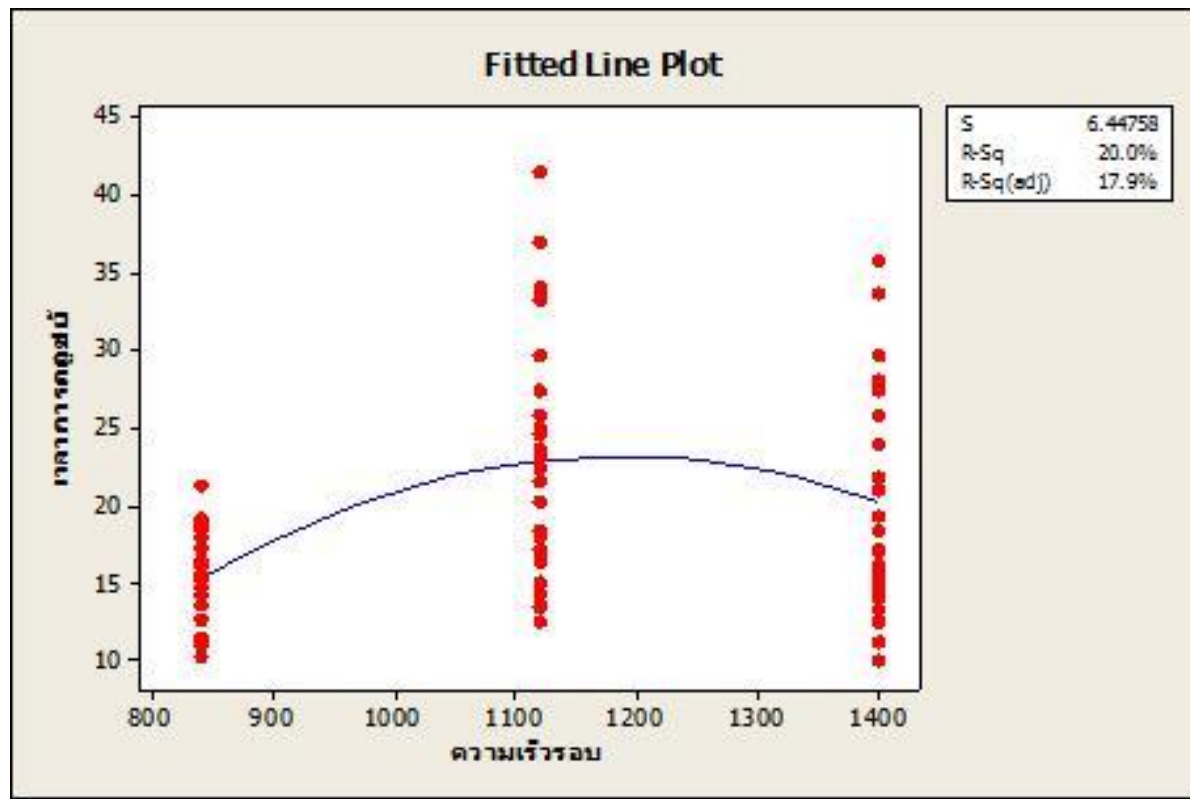


Chapter 7: Data Analysis with Regression

Regression Analysis



ในทางสถิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เรียกว่า สมการถดถอย (Regression)





ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว

- ตัวแปรอิสระ (Independent variable) คือ ตัวแปรที่เป็นต้นเหตุ
 - ตัวแปรตาม (Dependent variable) คือ ตัวแปรที่เป็นผลได้ตามมา
-
- การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Simple regression analysis) มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร
 - การวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อน (Multiple regression analysis) มีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวแปร
 - การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation analysis) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปร ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด และเป็นไปในทิศทางใด

Simple Linear Regression Analysis



ใช้หาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรตาม และ ตัวแปรอิสระ เช่น

- ความสัมพันธ์ระหว่างยอดขายกับรายได้ของประชากร
ตัวแปรตาม: ยอดขาย , ตัวแปรอิสระ: รายได้ประชากร
- ความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าการส่งออกกับอัตราแลกเปลี่ยน
ตัวแปรตาม: มูลค่าการส่งออก , ตัวแปรอิสระ: อัตราแลกเปลี่ยน

Simple Linear Regression Analysis



การสร้างสมการถดถอย

- ❖ กำหนดตัวแปรอิสระ X และตัวแปรตาม Y
- ❖ นำค่า X, Y แต่ละคู่มาสร้างแผนภาพการกระจาย (Scatter Diagram)
- ❖ ถ้ามีแนวโน้มเป็นเส้นตรง $\rightarrow$ ความสัมพันธ์ของตัวแปร X และ Y เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง สมการถดถอยที่หาควรจะเป็นสมการเส้นตรง
- ❖ ถ้ามีแนวโน้มเป็นเส้นโค้ง $\rightarrow$ ความสัมพันธ์ของตัวแปร X และ Y ไม่เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง สมการถดถอยที่หาควรจะเป็นสมการเส้นโค้ง

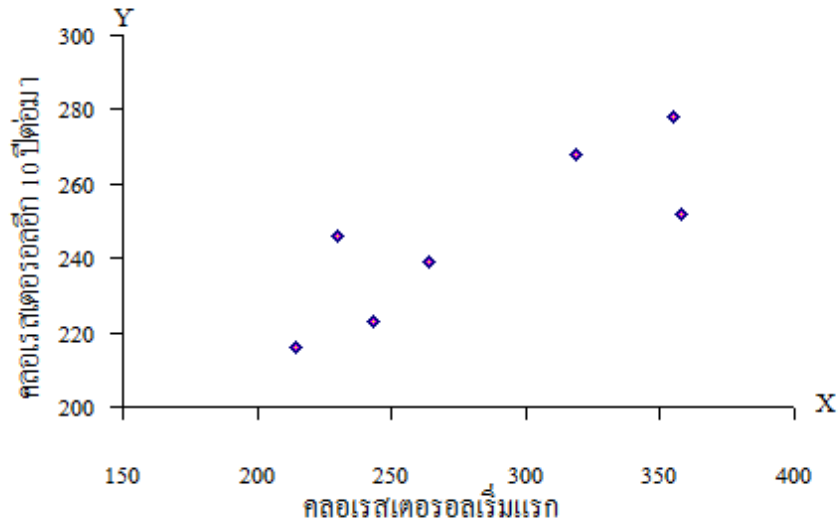
Simple Linear Regression Analysis



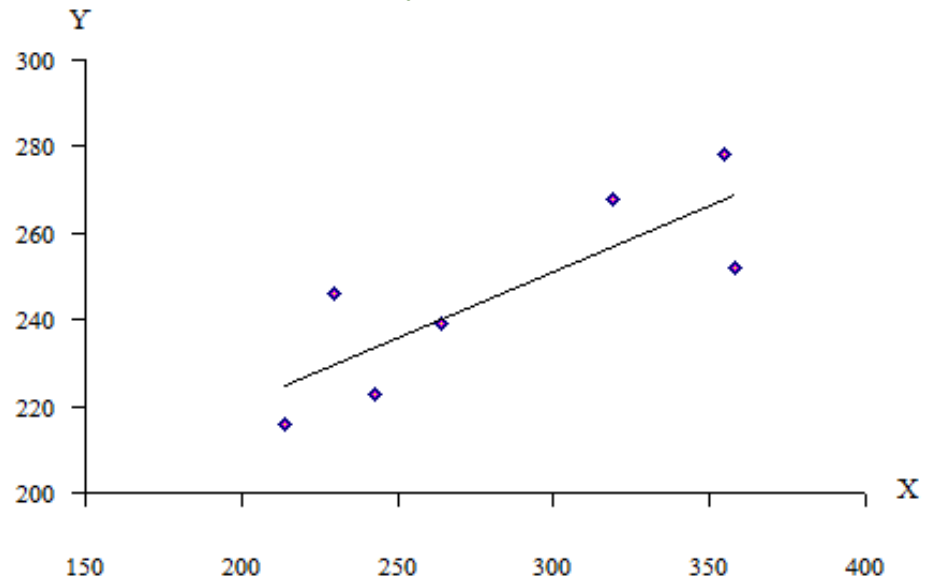
ตัวอย่าง การวัดระดับคลอเรสเตอรอล (ร้อยละมิลลิกรัม) ในเลือดของชาย 7 คนที่มีอายุ 30-39 ปี อีก 10 ปีต่อมาวัดอีกครั้งหนึ่ง ได้ผลดังตาราง จงสร้างแผนภาพกระจาย เพื่อดูว่าความสัมพันธ์มีแนวโน้มแบบเส้นตรงหรือไม่

ชายคนที่	คลอเรสเตอรอลในเลือด	
	เริ่มแรก (X)	10 ปีต่อมา (Y)
1	243	223
2	358	252
3	264	239
4	319	268
5	355	278
6	230	246
7	214	216

Simple Linear Regression Analysis



ลากเส้นตรงเส้นหนึ่งให้ใกล้เคียงกับจุดต่างๆ ให้มากที่สุด จะได้เส้นตรงที่ถือว่าเป็นตัวแทนแสดงลักษณะความสัมพันธ์ เรียกว่า เส้นถดถอย (Regression line)



Simple Linear Regression Analysis



รูปแบบการถดถอยแบบง่ายเชิงเส้นตรง

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

Y_i เป็นค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรตาม

X_i เป็นค่าสังเกตที่ i ของตัวแปรอิสระ

β_0 เป็นจุดที่เส้นถดถอยตัดแกน Y

β_1 เป็นค่าความลาดชันของเส้นตรง

ε_i เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นโดยสุ่ม

ข้อสมมติของรูปแบบในการวิเคราะห์การถดถอย มีดังนี้

- 1) ความคลาดเคลื่อน (ε_i) มีการแจกแจงที่เป็นอิสระกันแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2
- 2) X_i เป็นตัวแปรอิสระที่กำหนดค่าได้ และวัดโดยไม่มีความคลาดเคลื่อน
- 3) จากข้อสมมติ พบว่าที่แต่ละค่าของ X จะมีประชากรของ Y ที่มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ย $\beta_0 + \beta_1 X_i$ และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

Simple Linear Regression Analysis



จากข้อสมมติที่ 1 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ Y เมื่อกำหนดทุกค่าของ X ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} Y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \\ E(Y_i) &= E(\beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i) \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_i + E(\varepsilon_i) \\ &= \beta_0 + \beta_1 X_i \end{aligned}$$

$E(Y_i) = \mu_{y,x}$, $\mu_{y,x} = \beta_0 + \beta_1 X_i$ เป็นสมการถดถอยของประชากร ที่มี β_0 และ β_1 เป็นพารามิเตอร์

สมการถดถอยของตัวอย่าง

$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$$

ซึ่ง $\hat{Y}_i$ เป็นค่าประมาณของ $\mu_{y,x}$ เมื่อ $X = X_i$

b_0 เป็นค่าประมาณของ β_0

b_1 เป็นค่าประมาณของ β_1

Simple Linear Regression Analysis



การหาค่า b_0 และ b_1 จะใช้วิธีวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) ซึ่งเป็นวิธีการหา b_0 และ b_1 ที่ทำให้ผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (sum of square error, SSE) ซึ่ง $SSE = \sum e_i^2$ มีค่าต่ำที่สุด โดยการหาอนุพันธ์เชิงส่วนของ SSE เทียบกับ b_0 และ b_1 แล้วกำหนดให้เท่ากับศูนย์

จาก $e_i = Y_i - \hat{Y}_i =$ ความคลาดเคลื่อนจากการประมาณที่ i
จะได้ $SSE = \sum e_i^2 = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum (Y_i - b_0 + b_1 X_i)^2$

Simple Linear Regression Analysis



จากการหาอนุพันธ์เชิงส่วนเทียบกับ b_0 และ b_1 และกำหนดให้เท่ากับ 0 ดังนั้น

$$\frac{\partial}{\partial b_0} \left[\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right] = \frac{\partial}{\partial b_0} \left[\sum_i^n (Y_i - b_0 + b_1 X_i)^2 \right] = 0$$

จะได้ $nb_0 + b_1 \sum X_i = \sum Y_i$ 1

และ $\frac{\partial}{\partial b_1} \left[\sum_i^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right] = \frac{\partial}{\partial b_1} \left[\sum_i^n (Y_i - b_0 + b_1 X_i)^2 \right] = 0$

จะได้ $b_0 \sum_i^n X_i + b_1 \sum_i^n X_i^2 = \sum_i^n X_i Y_i$ 2

และเรียกสมการที่ 1 และ 2 รวมว่าสมการปกติ (Normal equation) จากการแก้สมการที่ 1 และ 2 เพื่อหาค่า b_0 และ b_1 จะได้

$$b_1 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} = \frac{\sum X_i Y_i - \frac{\sum X_i \sum Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

Simple Linear Regression Analysis



สมการถดถอย $\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i$ มีคุณสมบัติดังนี้

- เส้นถดถอยที่ได้ผ่านจุด $\bar{X}, \bar{Y}$ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของ X และ Y
 - $\sum (Y_i - \hat{Y}_i) = \sum e_i = 0$
 - $\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum e_i^2$ มีค่าต่ำที่สุด
-
- b_0 เป็นค่าจุดตัดแกน X สามารถมีค่าเป็นได้ทั้งบวกและลบ
 - b_1 เป็นความชันของเส้นตรง ที่บอกถึง อัตราการเพิ่มหรือลดของ Y เมื่อ X มีค่าเพิ่ม 1 หน่วย เมื่อ b_1 มีค่าเป็นลบจะบอกให้ทราบว่าตัวแปร X กับ Y มีความสัมพันธ์กันในทางตรงข้าม นั่นคือเมื่อ X มีค่าเพิ่ม Y จะมีค่าลดลง แต่ถ้า b_1 มีค่าเป็นบวก X และ Y จะมีความสัมพันธ์ไปในทางตามกันคือ เมื่อ X มีค่าเพิ่ม Y ก็จะมีค่าเพิ่มด้วย

Simple Linear Regression Analysis



ตัวอย่าง ข้อมูลคะแนนสอบกลางภาคและปลายภาคในวิชาสถิติของนิสิตที่เลือกเป็นตัวอย่างจำนวน 9 คน

คะแนนสอบกลางภาค	77	50	71	72	81	94	96	99	67
คะแนนสอบปลายภาค	82	66	78	34	47	85	99	99	68

สมมติให้ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนสอบกลางภาคกับคะแนนสอบปลายภาคเป็นแบบเส้นตรง จงหาสมการถดถอยของคะแนนสอบปลายภาคจากคะแนนสอบกลางภาค

Simple Linear Regression Analysis



วิธีทำ ให้ X = คะแนนสอบกลางภาค Y = คะแนนสอบปลายภาค
จากข้อมูลค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$\sum X = 707 \qquad \sum Y = 658$$

$$\bar{X} = 78.556 \qquad \bar{Y} = 73.111$$

$$\sum XY = 53,258 \qquad \sum X^2 = 57,557 \qquad \sum Y^2 = 51,980$$

$$b_1 = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} = \frac{53258 - \frac{707(658)}{9}}{57557 - \frac{(707)^2}{9}} = \frac{1568.444}{2018.222} = 0.777$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} = \frac{658}{9} - (0.777) \frac{(707)}{9} = 73.111 - 61.038 = 12.073$$

สมการถดถอยที่ได้คือ $\hat{Y}_i = 12.073 + 0.777X_i$

Simple Linear Regression Analysis



ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานรอบเส้นถดถอย

$$\begin{aligned} S_{y,x} &= \sqrt{S^2_{y,x}} \\ &= \sqrt{\frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-2}} \end{aligned}$$

Simple Linear Regression Analysis



จากข้อมูลคะแนนสอบกลางภาคและปลายภาค

ที่	X	Y	$\hat{Y} = 12.073 + 0.777X$	$(\hat{Y}_i - Y_i)^2$
1	77	82	71.902	101.970
2	50	66	50.923	227.316
3	71	78	67.240	115.778
4	72	34	68.017	1157.156
5	81	47	75.010	784.560
6	94	85	85.111	0.012
7	96	99	86.665	152.152
8	99	99	88.996	100.080
9	67	68	64.132	14.961
รวม	707	658		2653.985

จะได้ $S^2_{y,x} = \frac{2653.985}{9-2} = 379.241$ ดังนั้น $S_{y,x} = 19.47$ คะแนน

Simple Linear Regression Analysis



การทดสอบสมมติฐาน (β_0 และ β_1)

การทดสอบค่า β_0

เป็นการทดสอบแบบสองทาง มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด $H_0: \beta_0 = c$ vs $H_1: \beta_0 \neq c$
2. กำหนดค่า α
3. ตัวทดสอบสถิติ

$$t = \frac{b_0 - \beta_0}{S_{b_0}} \quad S_{b_0} = S_{y,x} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum (X - \bar{X})^2}}$$

4. Critical Region

สำหรับ $H_1: \beta_0 \neq c$ คือ $t > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ หรือ $t < -t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$

$H_1: \beta_0 > c$ คือ $t > t_{\alpha, n-2}$

$H_1: \beta_0 < c$ คือ $t < -t_{\alpha, n-2}$

Simple Linear Regression Analysis



ตัวอย่าง ข้อมูลคะแนนสอบกลางภาคและปลายภาค จงทดสอบว่า β_0 มีค่ามากกว่า 10 ที่ $\alpha = 0.05$

วิธีทำ

1. $H_0: \beta_0 < 10$

$H_1: \beta_0 > 10$

2. กำหนดค่า $\alpha = 0.05$

3. $t = \frac{12.0659 - 10}{\sqrt{19.47\left(\frac{1}{9} + \frac{78.556^2}{2018.222}\right)}} = \frac{2.0656}{\sqrt{19.43(3.169)}} = \frac{2.0656}{7.855} = 0.263$

4. CR: $t > t_{0.05,7} = 1.89$

สรุป ยอมรับ H_0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ว่า β_0 มีค่าไม่มากกว่า 10

Simple Linear Regression Analysis



การทดสอบค่า β_1 ทำได้ 2 แบบ คือ

- การทดสอบ β_1 ด้วยการทดสอบแบบ t เพื่อทดสอบว่า $\beta_1 = 0$ หรือไม่ ถ้า $\beta_1 = 0$ จริง แสดงว่าตัวแปรอิสระ X ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม Y การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนด $H_0: \beta_1 = c$ vs $H_1: \beta_1 \neq c$

2. กำหนดค่า α

3. ตัวทดสอบสถิติ

$$t = \frac{b_1 - \beta_1}{S_{b_1}}, S_{b_1} = \frac{S_{y,x}}{\sum(X - \bar{X})^2}, t \text{ มีการแจกแจงแบบ } t: d.f = n - 2$$

4. Critical Region

สำหรับ $H_1: \beta_1 \neq c$ คือ $t > t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$ หรือ $t < -t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$

$H_1: \beta_1 > c$ คือ $t > t_{\alpha, n-2}$

$H_1: \beta_1 < c$ คือ $t < -t_{\alpha, n-2}$

Simple Linear Regression Analysis



- การทดสอบ β_1 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการแยกความผันแปรออกตามสาเหตุ

$$SST = SSR + SSE$$

ซึ่ง

$$SST = Total\ SS = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$SSR = Regression\ SS = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

$$SSE = Error\ SS = \sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

ขั้นตอนการทดสอบ

1. $H_0: \beta_1 = c$ vs $H_1: \beta_1 \neq c$

2. กำหนดค่า α

3. $SST = \sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$

$$SSR = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = b_1 \left(\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right) \quad SSE = SST - SSR$$

4. CR: $F > F_{1,n-2,\alpha}$

Simple Linear Regression Analysis



การวิเคราะห์ความแปรปรวน

แหล่งความผันแปร	df	SS	MS	F
ความถดถอย	1	$SSR = b_1 \left(\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right)$	MSR	$\frac{MSR}{MSE}$
ความคลาดเคลื่อน	n-2	$SSE = \sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 - b_1 \left(\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right)$	MSE	
รวม	n-1	$SST = \sum (Y_i - \bar{Y})^2$		

Simple Linear Regression Analysis



ตัวอย่าง จากข้อมูลยอดขายกับค่าใช้จ่ายในการโฆษณาของสินค้าชนิดหนึ่ง ซึ่งเก็บ เป็นรายเดือน รวม 12 เดือน นำข้อมูลที่ได้มาหาสมการถดถอยและค่าสถิติต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_i = 16.146 + 5.800X_i$$

$$\sum X_i = 32.8$$

$$\sum Y_i = 384$$

$$\sum (X - \bar{X})^2 = 17.31$$

$$\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y}) = 100.4$$

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = 1080$$

จงทดสอบว่ายอดขายกับค่าใช้จ่ายในการโฆษณามีความสัมพันธ์กันหรือไม่โดยใช้ $\alpha = 0.05$

Simple Linear Regression Analysis



วิธีทำ

❖ การวิเคราะห์โดยใช้ค่า t-test

1. $H_0: \beta_1 = 0 \quad H_1: \beta_1 \neq 0$

2. กำหนด $\alpha = 0.05$

3. ตัวทดสอบสถิติ

$$S^2_{y,x} = \frac{1080 - 5.800(100.4)}{12 - 2} = 49.768$$

$$S_{b_1} = \sqrt{\frac{S^2_{y,x}}{\sum(X - \bar{X})^2}} = \sqrt{\frac{49.768}{17.31}} = 1.696$$

$$t = \frac{b_1 - \beta_1}{S_{b_1}} = \frac{5.8 - 0}{1.696} = 3.42$$

4. CR: $t > 2.23$ หรือ $t < -2.23$

5. ปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการโฆษณามีอิทธิพลต่อยอดขายสินค้า

Simple Linear Regression Analysis



❖ การวิเคราะห์โดยใช้ความแปรปรวน

1. $H_0: \beta_1 = 0 \quad H_1: \beta_1 \neq 0$

2. กำหนด $\alpha = 0.05$

3. $SST = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} = 1080$

$$SSR = b_1 \left(\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \right) = 5.800(100.4) = 582.32$$

$$SSE = 1080 - 582.32 = 497.68$$

4. CR: $F > F_{.05(1,10)} = 4.96$

5. ปฏิเสธ H_0 ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการโฆษณามีอิทธิพลต่อยอดขายสินค้า

แหล่งความผันแปร	df	SS	MS	F
ความถดถอย	1	582.32	582.32	11.701
ความคลาดเคลื่อน	10	497.68	49.768	
รวม	12-1 = 11	1080		

Simple Linear Regression Analysis



การประมาณค่าพารามิเตอร์แบบช่วง

- การประมาณค่า β_0 : b_0 เป็นค่าประมาณแบบค่าเดียวของ β_0 ในการประมาณค่า β_0 แบบช่วงจะได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ

$$b_0 - t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{b_0} \leq \beta_0 \leq b_0 + t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{b_0}$$

เมื่อ $S_{b_0} = S_{Y,X} \sqrt{\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}}{\sum(X-\bar{X})^2} \right]}$

- การประมาณค่า β_1 : b_1 เป็นค่าประมาณแบบค่าเดียวของ β_1 ในการประมาณค่า β_1 แบบช่วงจะได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ

$$b_1 - t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{b_1} \leq \beta_1 \leq b_1 + t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{b_1}$$

เมื่อ $S_{b_1} = \frac{S_{Y,X}}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2}}$

Simple Linear Regression Analysis



- การประมาณค่าเฉลี่ยของ $Y(\mu_{Y,X})$ เมื่อกำหนดค่าของ X

$\mu_{Y,X} = \beta_0 + \beta_1 X$ จะได้ช่วงจะได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_{Y,X}$

$$\text{คือ } \hat{Y} - t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} \leq \mu_{Y,X} \leq \hat{Y} +$$

$$t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}}$$

- การประมาณค่าของ Y เมื่อกำหนดค่าของ X

จะประมาณจากช่วงจะได้ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ Y คือ $\hat{Y} -$

$$t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} \leq Y \leq \hat{Y} + t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}}$$

Simple Linear Regression Analysis



ตัวอย่าง จากข้อมูลยอดขายกับค่าใช้จ่ายในการโฆษณา เมื่อกำหนดระดับความเชื่อมั่นเป็น 95% จงประมาณช่วงความเชื่อมั่นของ β_0, β_1

- a) ยอดขายเฉลี่ย เมื่อกำหนดให้ค่าโฆษณาเป็น 250,000 บาท
- b) ยอดขายถ้าค่าใช้จ่ายในการโฆษณาเป็น 250,000 บาท

วิธีทำ

❖ ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ β_0

$$b_0 - t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{b_0} \leq \beta_0 \leq b_0 + t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{b_0}$$

$$b_0 = 16.146 \quad t_{0.25, 10}$$

$$S_{b_0} = S_{Y,X} \sqrt{\left[\frac{1}{n} + \frac{\bar{X}^2}{\sum (X - \bar{X})^2} \right]} = 7.055 \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{2.73}{17.31}} = 3.46$$

ช่วงความเชื่อมั่นของ β_0 คือ

$$16.146 - 2.23(3.46) \leq \beta_0 \leq 16.146 + 2.23(3.46)$$
$$8.430 \leq \beta_0 \leq 23.862$$

นั่นคือ เมื่อไม่มีการโฆษณาสินค้ายอดขายจะอยู่ระหว่าง 8.430 ล้านบาท ถึง 23.862 ล้านบาทด้วยความเชื่อมั่น 95%

Simple Linear Regression Analysis



❖ ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ β_1

$$b_1 - t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{b_1} \leq \beta_1 \leq b_1 + t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{b_1}$$

$$b_1 = 5.801 \quad t_{0.25, 10} = 2.23$$

$$S_{b_1} = \frac{S_{Y,X}}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2}} = \frac{7.055}{\sqrt{17.31}} = 1.696$$

ช่วงความเชื่อมั่นของ β_1 คือ

$$5.800 - 2.23(1.696) \leq \beta_1 \leq 5.800 + 2.23(1.696)$$

$$2.018 \leq \beta_0 \leq 9.582$$

เมื่อมีค่าใช้จ่ายเป็นค่าโฆษณาเพิ่ม 100,000 บาท ยอดขายจะเพิ่มขึ้น 2.018 ล้านบาท ถึง 9.582 ล้านบาทด้วยความเชื่อมั่น 95%

Simple Linear Regression Analysis



❖ ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ $\mu_{Y,X}$

$$\hat{Y} - t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum(X - \bar{X})^2}} \leq \mu_{Y,X} \leq \hat{Y} + t_{\frac{\alpha}{2},(n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum(X - \bar{X})^2}}$$

เมื่อมีค่าโฆษณา 250,000 บาท จะประมาณยอดขายเฉลี่ยได้เป็น 30.643 ล้านบาท
ดังนั้น

$$\hat{Y} = 16.143 + 5.8(2.5) = 30.643 \quad \text{และ}$$
$$S_{\mu_{Y,X}} = S_{Y,X} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum(X - \bar{X})^2}} = 7.055 \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{(2.5 - 2.73)^2}{17.31}} = 2.067$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ $\mu_{Y,X}$

$$30.643 - 2.23(2.067) \leq \mu_{Y,X} \leq 30.643 + 2.23(2.067)$$

$$26.034 \leq \mu_{Y,X} \leq 35.252$$

ยอดขายเฉลี่ยจะอยู่ระหว่าง 26.034 ล้านบาท ถึง 35.252 ล้านบาท เมื่อค่า
โฆษณาคือ 250,000 บาท ด้วยความเชื่อมั่น 95%

Simple Linear Regression Analysis



❖ ช่วงความเชื่อมั่น $(1 - \alpha)100\%$ ของ Y

$$\hat{Y} - t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} \leq Y \leq \hat{Y} + t_{\frac{\alpha}{2}, (n-2)} \cdot S_{Y,X} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}}$$

เมื่อ $\hat{Y} = 30.643$ และ $t_{0.025, 10} = 2.23$

$$S_Y = S_{Y,X} \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\sum (X - \bar{X})^2}} = 7.055 \sqrt{1 + \frac{1}{12} + \frac{(2.5 - 2.73)^2}{17.31}} = 7.351$$

ช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ Y

$$30.643 - 2.23(7.351) \leq Y \leq 30.643 + 2.23(7.351)$$
$$14.250 \leq Y \leq 47.036$$

ยอดขายจะมีค่าอยู่ระหว่าง 14.250 ล้านบาท ถึง 47.036 ล้านบาท ถ้าค่าใช้จ่ายในการโฆษณาเป็น 250,000 บาท ด้วยความเชื่อมั่น 95% จะเห็นว่าค่าประมาณแบบช่วงของ Y กว้าง กว่าค่าประมาณแบบช่วงของ $\mu_{Y,X}$

สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination)

เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่าตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้
ดังนั้นค่า r^2 มีค่ามาก คือใกล้ 1 หรือ ใกล้ 100% ก็แสดงว่า Y และ X มีความสัมพันธ์กันมาก หรือ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ได้มาก

$$\begin{aligned} r^2 &= \frac{\text{ความแปรผันของ } Y \text{ ที่เกิดจาก } X}{\text{ความแปรผันของ } Y \text{ ทั้งหมด}} \\ &= \frac{\sum(\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum(Y - \bar{Y})^2} \\ &= \frac{b_1 \sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sum(Y - \bar{Y})^2} = \frac{b_1 [\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}]}{\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}} \quad \text{หรือ } r^2 = \frac{SSR}{SST} \end{aligned}$$

ค่า r^2 มีค่าเป็น 0 ถึง 1 ค่า r^2 ที่ได้จะแสดงให้เห็นว่าความผันแปรใน Y เป็นผล
เนื่องมาจาก X กี่เปอร์เซ็นต์ ถ้า $r^2 = 0$ ความผันแปรที่เกิดขึ้นใน Y ไม่มีผลมาจาก
X เลย แต่ถ้า $r^2 = 1$ แสดงว่าความผันแปรใน Y เป็นผลเนื่องมาจาก X 100
เปอร์เซ็นต์

สัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (Coefficient of Determination)

ตัวอย่าง จากข้อมูลยอดขายกับค่าใช้จ่ายในการโฆษณา จงหาค่า r^2 และอธิบายความหมายของค่าที่หาได้

วิธีทำ

$$r^2 = \frac{b_1 [\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}]}{\sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}} = \frac{5.800(100.4)}{1080} = 0.5392$$

ค่า $r^2 = 0.5392$ หมายความว่า ค่าใช้จ่ายในการโฆษณามีผลต่อความผันแปรของยอดขาย 53.92% ที่เหลือ 46.08% เป็นอิทธิพลของสาเหตุอื่นที่มีต่อยอดขาย

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)



ข้อสมมติเบื้องต้นเกี่ยวกับสหสัมพันธ์อย่างง่าย

1. ตัวแปร X และตัวแปร Y เป็นตัวแปรสุ่ม ที่มีการแจกแจงแบบปกติ
2. ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการประมาณค่า Y จะเท่ากันสำหรับทุกค่าของ X
3. X และ Y มีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Correlation Coefficient)

แทนด้วยสัญลักษณ์ r เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัวแปรซึ่งสามารถบอกทิศทางของความสัมพันธ์และระดับความสัมพันธ์ได้ด้วย

$$r = \frac{\frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{n - 1}}{\sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1} \cdot \frac{\sum(Y - \bar{Y})^2}{n - 1}}} = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)



คุณสมบัติค่าของ r สรุปได้ดังนี้

1. $r = 0$ แสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีสหสัมพันธ์กัน
2. $r = 1$ หรือ -1 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีสหสัมพันธ์สมบูรณ์ ถ้าพิจารณาจากแผนภาพการกระจายจะเห็นว่าจุดทุกจุดอยู่ในแนวเส้นตรง
3. ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรทั้งสองมีสหสัมพันธ์กันน้อย แต่ถ้า r มีค่าเข้าใกล้ 1 หรือ -1 ตัวแปรทั้งสองจะมีสหสัมพันธ์กันมาก

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)



ตัวอย่าง สุ่มนิสิตที่ลงทะเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับวิชาสถิติมา 6 คน ปรากฏว่า นิสิตทั้ง 6 คนได้คะแนนสอบ 2 วิชาดังนี้

คนที่	คณิตศาสตร์	สถิติ
1	525	550
2	515	535
3	510	535
4	495	520
5	430	455
6	400	420

อยากรทราบว่าคะแนนสอบ 2 วิชานี้มีความสัมพันธ์กันหรือไม่

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (Simple Correlation Analysis)



วิธีทำ

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } \sum XY &= 1458175 & \sum X &= 2875 & \sum Y &= 3015 \\ \sum X^2 &= 1390875 & \sum Y^2 &= 1528775 \end{aligned}$$

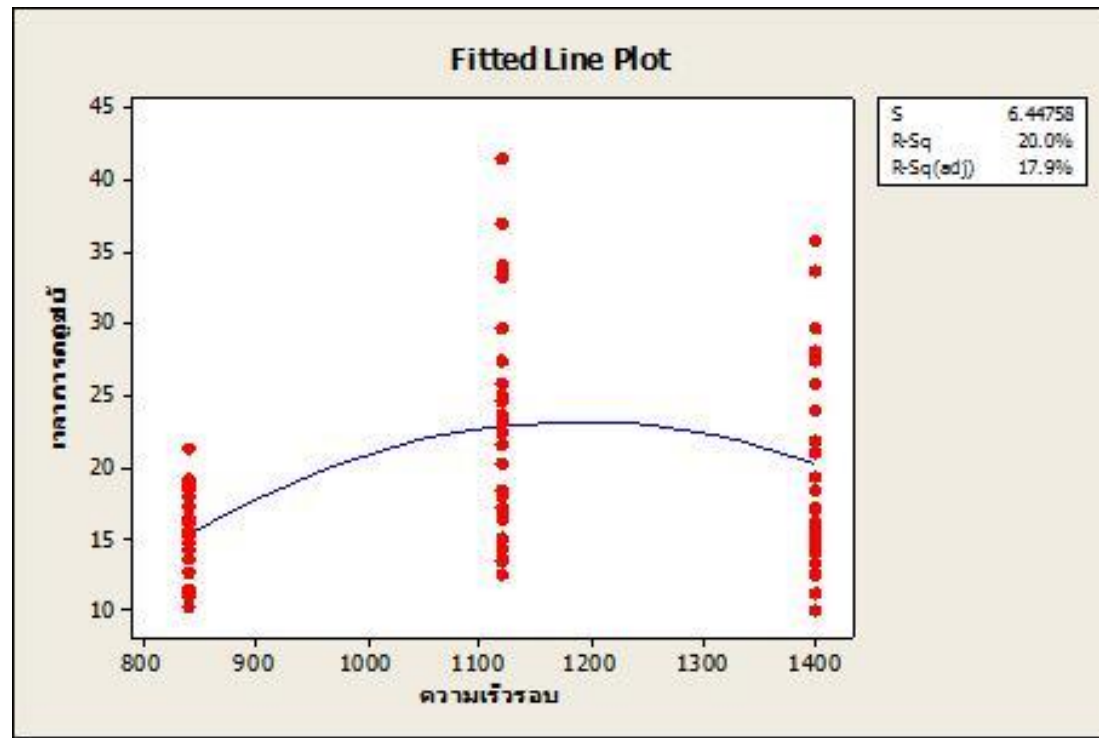
$$r = \frac{6(1458175) - 2875(3015)}{\sqrt{(6(1390875) - (2875)^2)(6(1528775) - (3015)^2)}} = 0.9989$$

จาก $r = 0.9989$ แสดงว่าคะแนนสอบวิชาคณิตศาสตร์มีสหสัมพันธ์กับคะแนนสอบวิชา สถิติในระดับสูงมาก และเป็นไปในทางตาม

Regression Analysis with Minitab



จากข้อมูลกรณีศึกษาของผลการทดลองตีเยื่อกระดาษมูลช้าง ระหว่างตัวแปรเวลาในการดูดซับน้ำของกระดาษ และตัวแปรความเร็วรอบที่ใช้ เห็นว่ามีความสัมพันธ์อย่างเห็นชัด และความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรนี้มีแนวโน้มเป็นเส้นโค้ง อย่างไรก็ตามสมมติว่าผู้ศึกษา ต้องการสร้างสมการถดถอยที่เป็นเป็นเส้นตรง เพื่อหาสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง ระหว่าง 2 ตัวแปร



Regression Analysis with Minitab



Stat → Regression → Fitted Line Plot

The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'Regression' option is selected. The 'Fitted Line Plot...' option is highlighted in the submenu. The background shows a worksheet with data for 'ELEPHANT DUNG PAPER.MTW ***'.

	C1-T					C7	C8	C9	C10
↓	ชนิดหัวดีเยื่อ								
1	1								
2	1								
3	1								
4	1								
5	1								
6	1								
7	1								
8	1	840	5						
9	1	840	5						
10	1	1120	3						

Regression Analysis with Minitab



Fitted Line Plot

Response (Y): 'เวลาการดูดซับ'

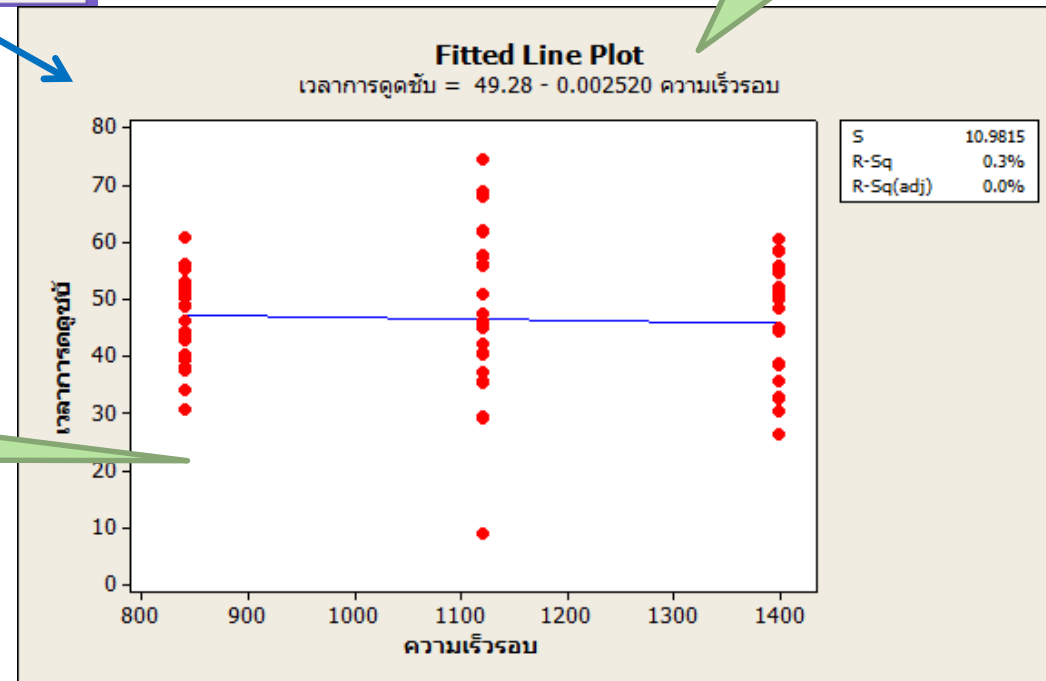
Predictor (X): 'ความเร็วรอบ'

Type of Regression Model

☒ Linear ☐ Quadratic ☐ Cubic

Select Graphs... Options... Storage...

Help OK Cancel



สมการถดถอยที่เป็น
เส้นตรง

กราฟสมการถดถอยเปรียบเทียบกับข้อมูลจริง

Regression Analysis with Minitab



Regression Analysis: เวลาการดูดซับ versus ความเร็วรอบ

The regression equation is
เวลาการดูดซับ = 49.28 - 0.002520 ความเร็วรอบ

S = 10.9815 R-Sq = 0.3% R-Sq(adj) = 0.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	26.88	26.882	0.22	0.638
Error	79	9526.83	120.593		
Total	80	9553.71			

ใน Session Window รายงานผลในการคำนวณทั้งหมด โดยในรายงานจะแสดงสมการที่คำนวณได้คือ
เวลาการดูดซับ = 49.28 - 0.002520 ความเร็วรอบ ค่า $S_{Y,X} = 10.9815$ ค่า $r^2 = 0.3\%$ และผลการการ
ทดสอบ β_1 โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ได้จากการแยกความผันแปรออกตามสาเหตุ คือ

$$\text{ซึ่ง} \quad SST = \text{Total SS} = 9553.71$$

$$SSR = \text{Regression SS} = 26.88$$

$$SSE = \text{Error SS} = 9526.83$$

ผลในการวิเคราะห์โดยใช้ความแปรปรวน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่า P-value มีค่า
มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 เราจึงสรุปผลยอมรับ H_0 ดังนั้น เวลาการดูดซับไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็ว
รอบ

Regression Analysis with Minitab



Fitted Line Plot

Response (Y): 'เวลาการดูดซับ'

Predictor (X): 'ความเร็วรอบ'

Type of Regression Model

☒ Linear ☐ Quadratic ☐ Cubic

Select Graphs... Options... Storage... Help OK Cancel

Fitted Line Plot - Options

Transformations

☐ Log10 of Y ☐ Display logscale for Y variable

☐ Log10 of X ☐ Display logscale for X variable

Display Options

☒ Display confidence interval

☒ Display prediction interval

Confidence level: 95.0

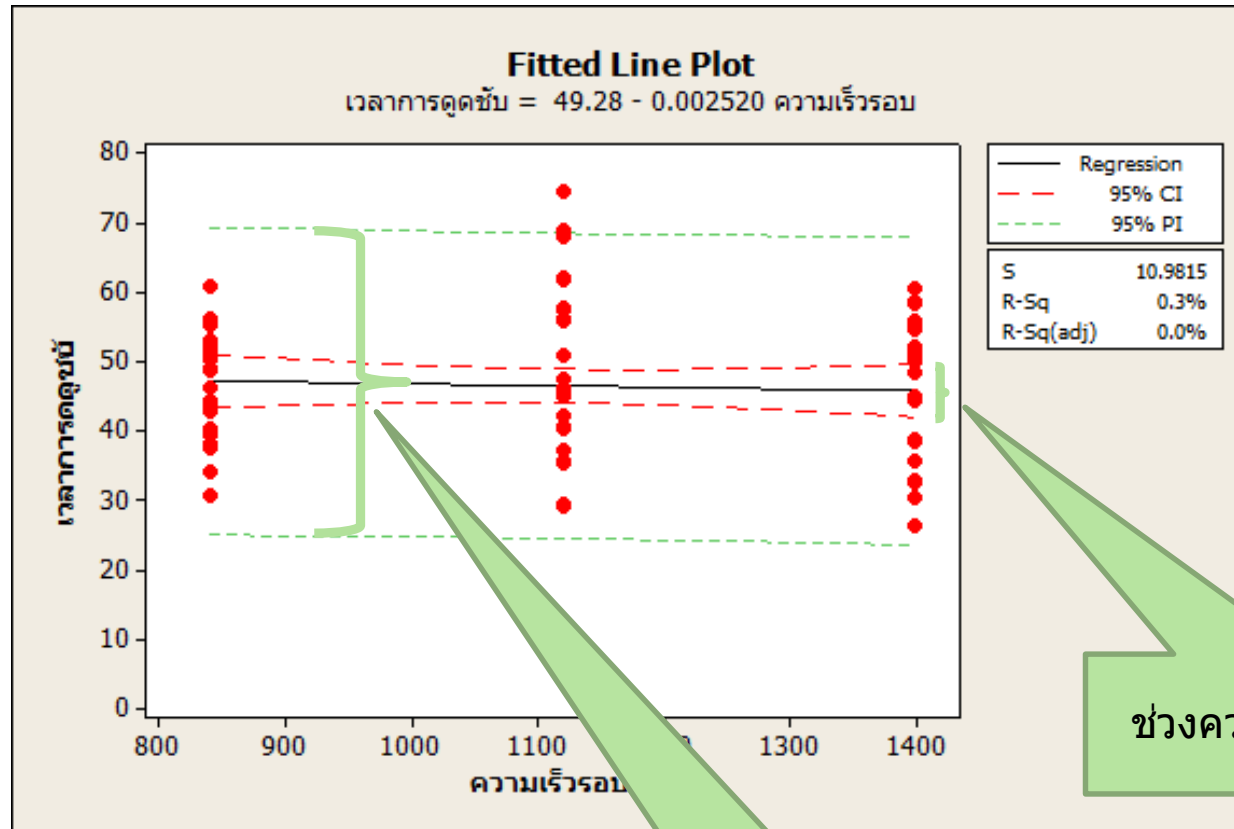
Title:

Help OK Cancel

ช่วงความเชื่อมั่นของ $\mu_{Y,X}$ และ
ช่วงความเชื่อมั่นของ Y

กำหนดค่า
นัยสำคัญ

Regression Analysis with Minitab



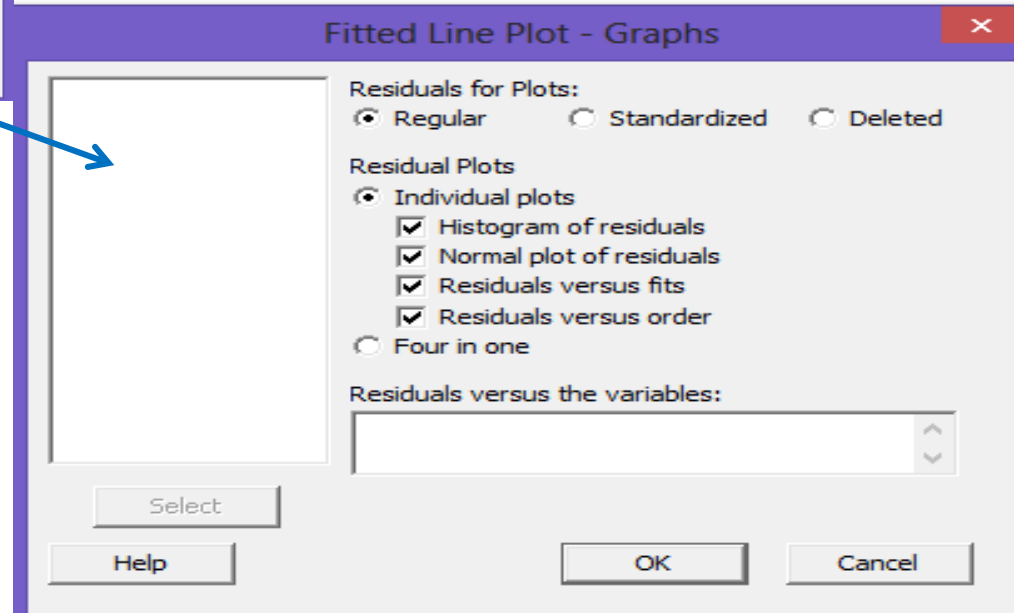
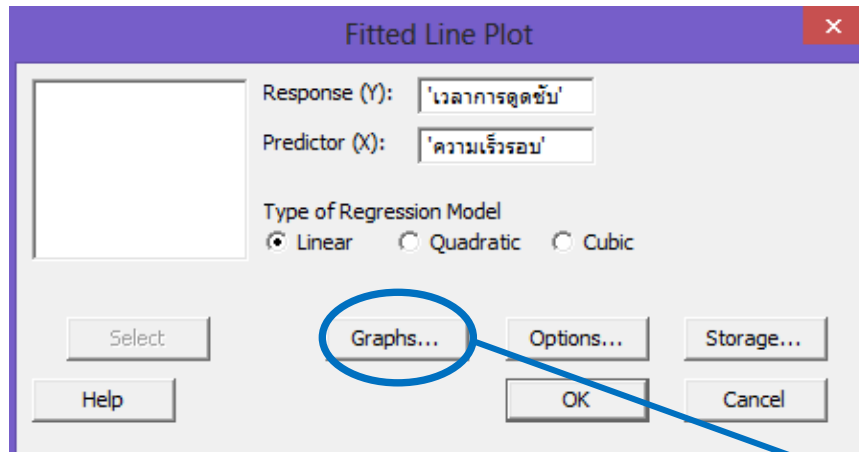
ช่วงความเชื่อมั่นของ $\mu_{Y,X}$

ช่วงความเชื่อมั่นของ Y

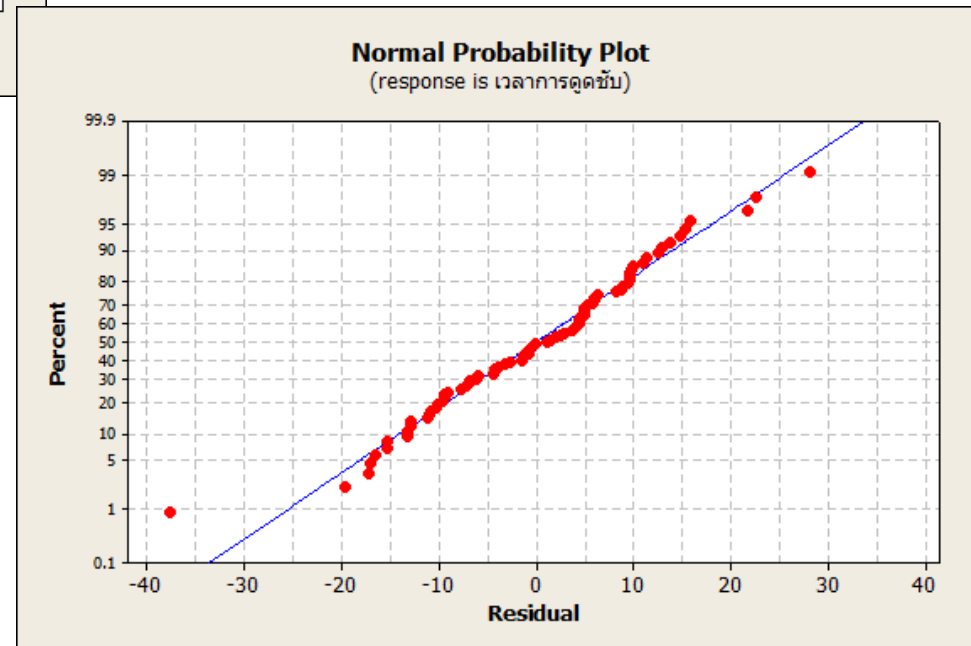
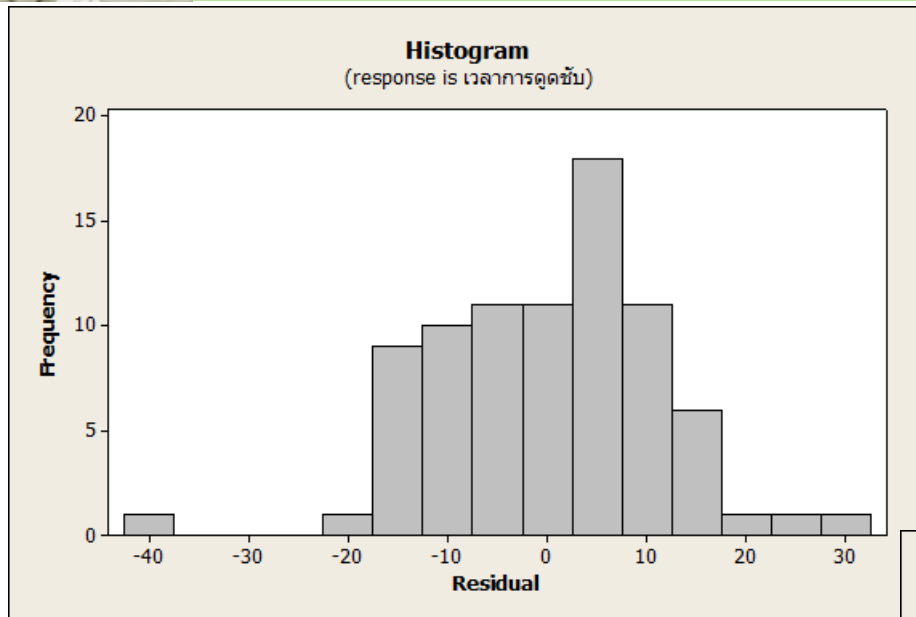
Regression Analysis with Minitab



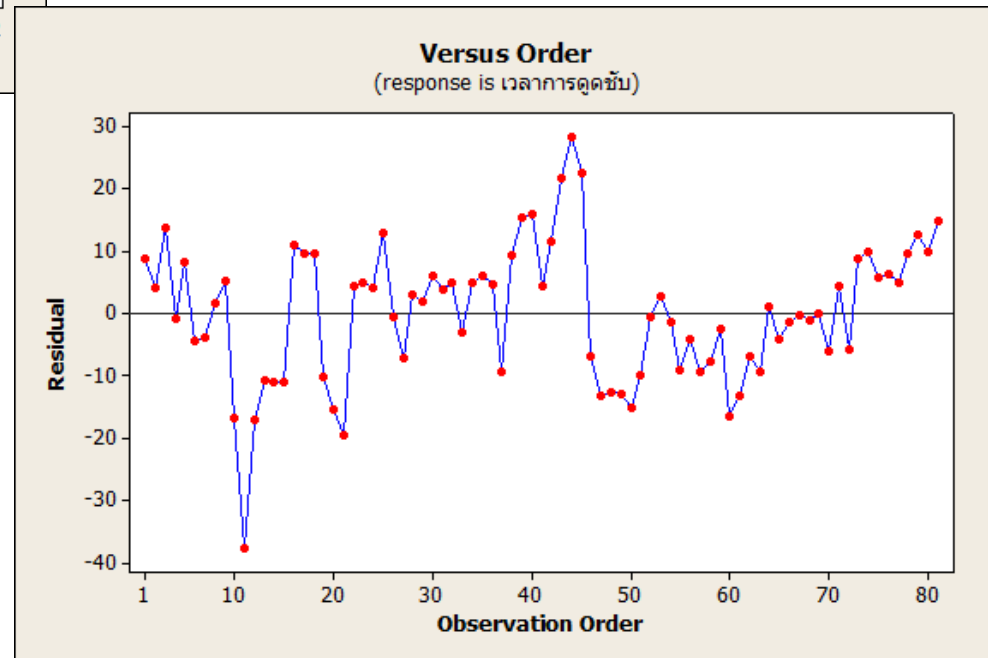
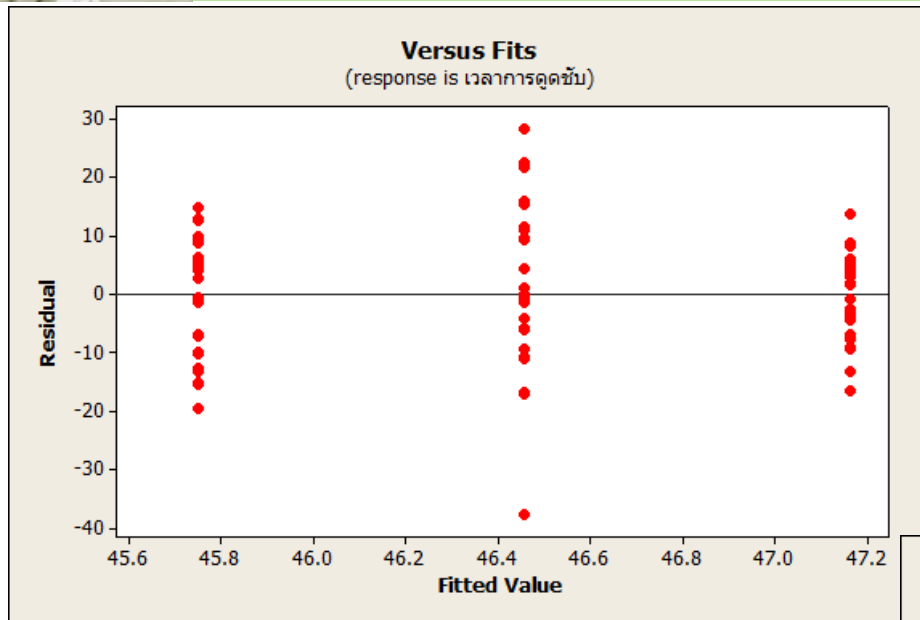
การตรวจสอบสมมติฐานขั้นพื้นฐานของการวิเคราะห์การถดถอย คือ ความคลาดเคลื่อน (e_i) มีการแจกแจงที่เป็นอิสระกันแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2



Regression Analysis with Minitab



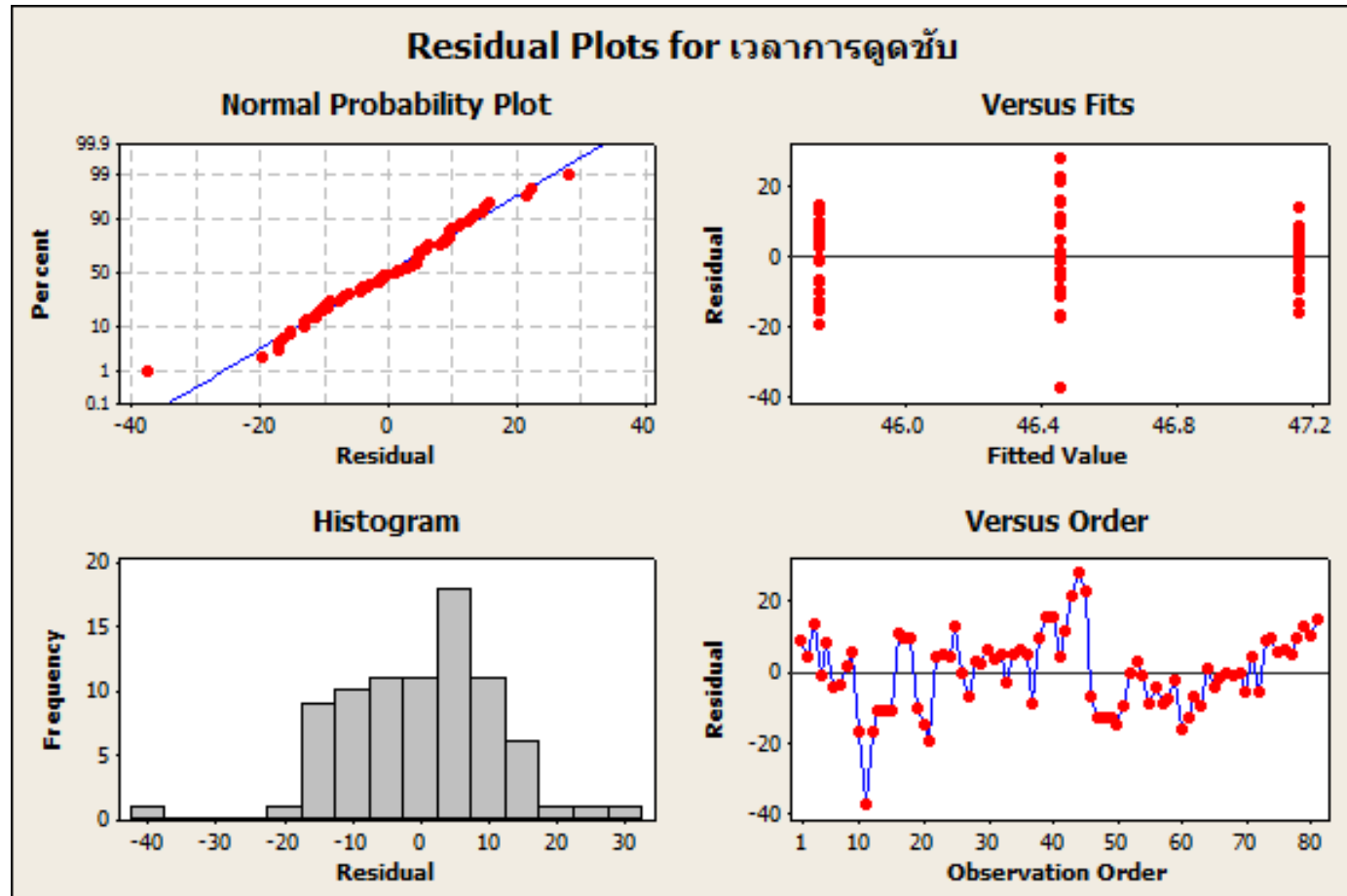
Regression Analysis with Minitab



Regression Analysis with Minitab



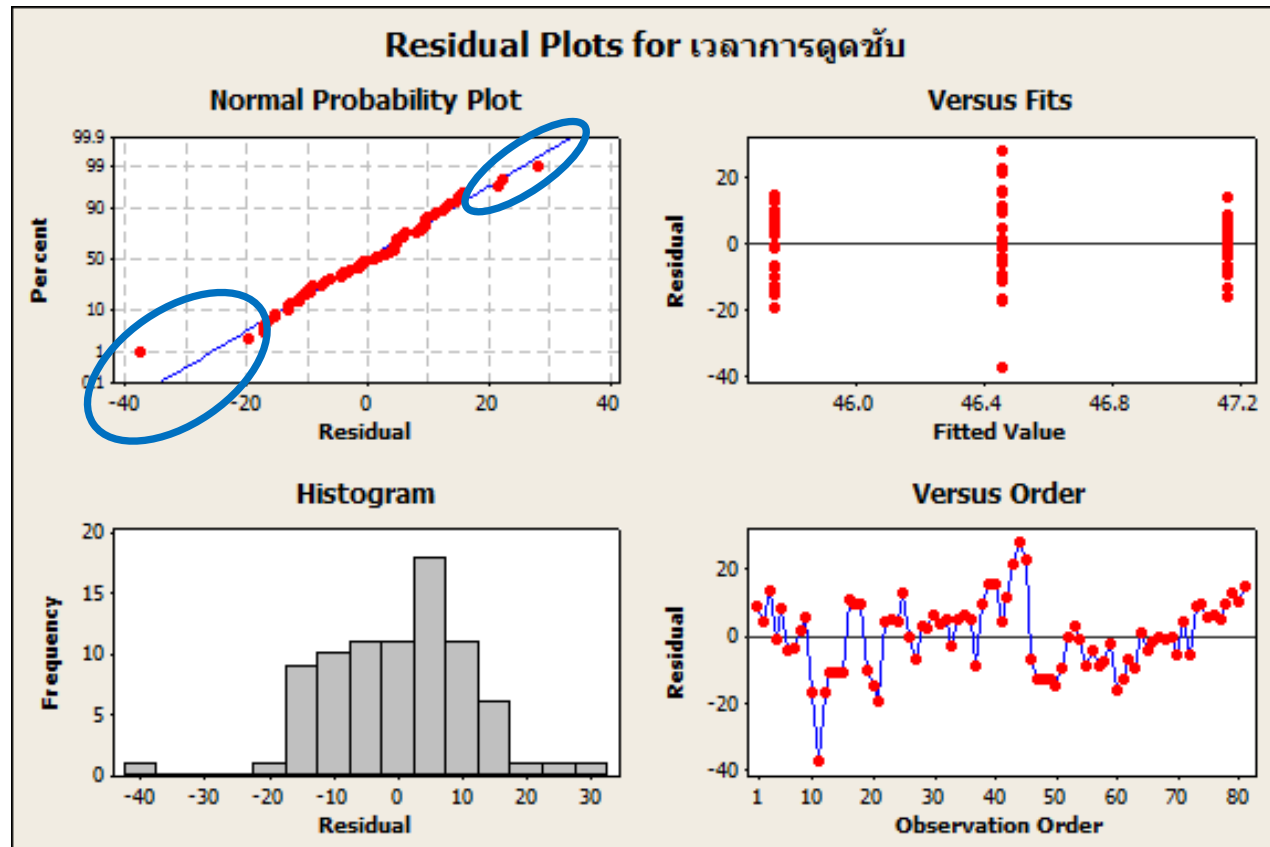
Four in one



Regression Analysis with Minitab



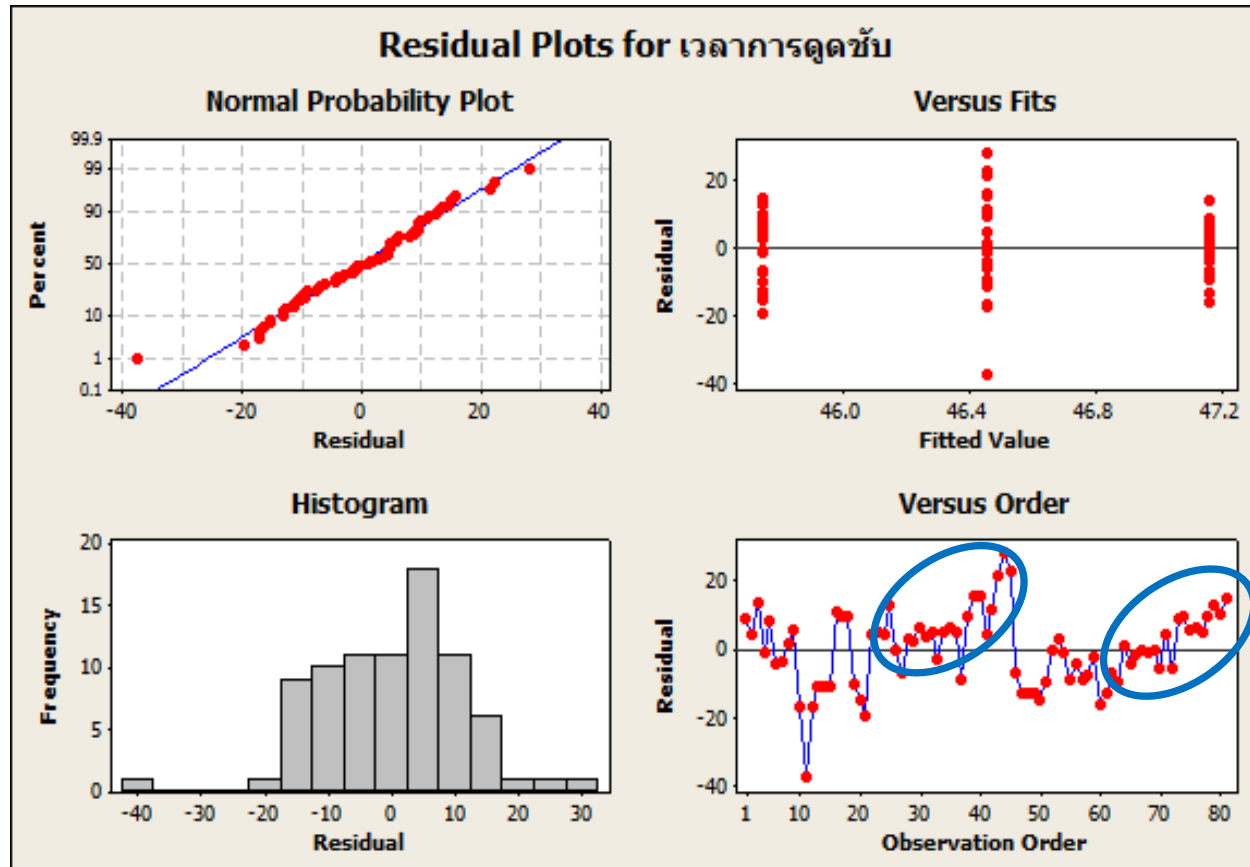
Histogram of Residuals ร่วมกับ Normal Plot of Residuals → ทดสอบสมมติฐาน
ขั้นพื้นฐานของการวิเคราะห์การถดถอยที่ว่า ความคลาดเคลื่อนต้องมีการแจกแจง
แบบปกติ



Regression Analysis with Minitab



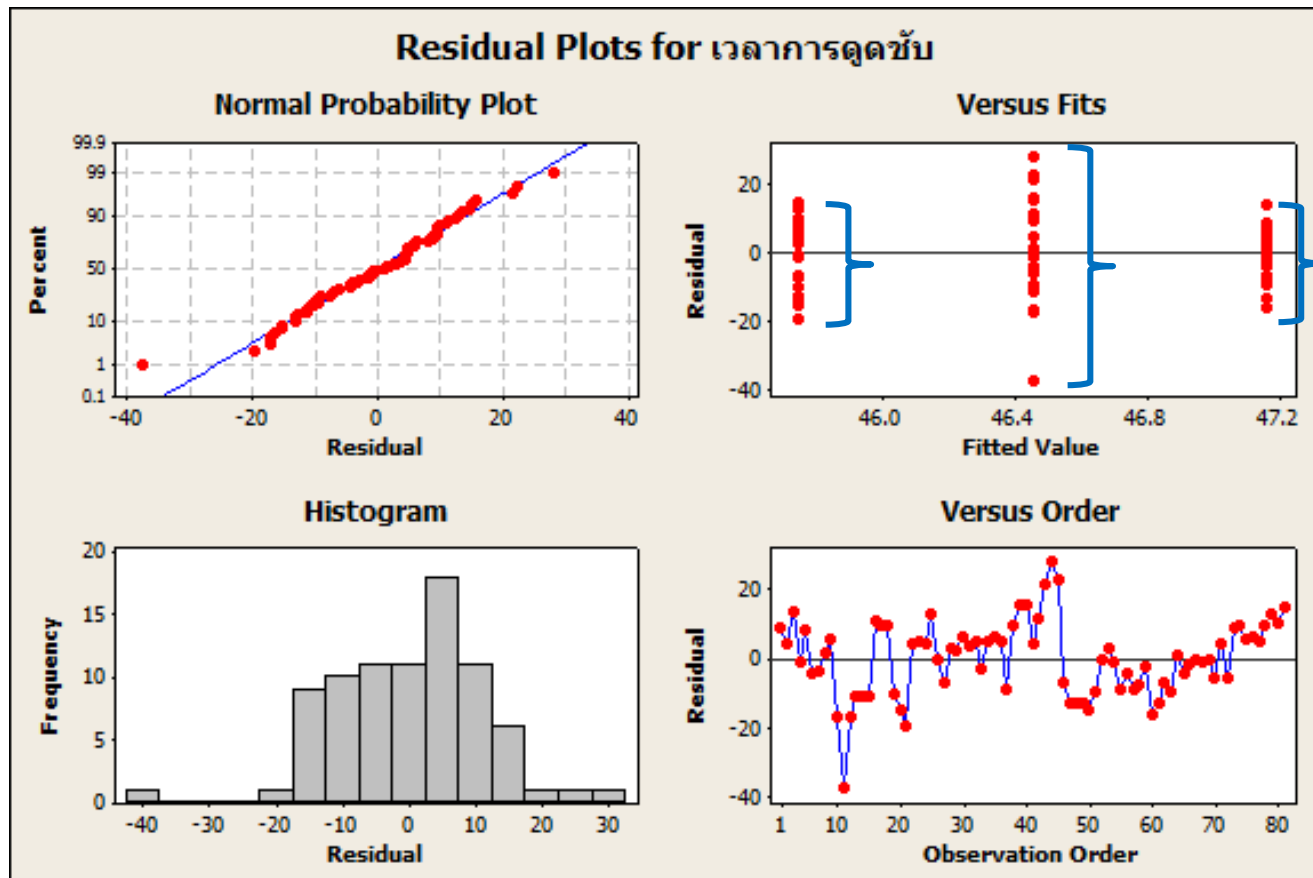
Residuals Versus Order → ตรวจสอบดู ความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระ โดยจะสังเกตว่าหากความคลาดเคลื่อนมีความเป็นอิสระจริง กราฟที่ได้จะต้องมีการกระจายตัวแบบสุ่ม และไม่มีแนวโน้ม หรือวัฏจักรใดปรากฏ



Regression Analysis with Minitab



Residuals Versus Fits → ทดสอบว่าความคลาดเคลื่อน (ε_i) มีความแปรปรวนคงที่หรือไม่ หากความคลาดเคลื่อน (ε_i) มีความแปรปรวนคงที่ กราฟที่ได้จะต้องมีช่วงของความกว้างของข้อมูลค่อนข้างคงที่





เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการเรียน ครั้งที่ 7