บทที่ 4
มาตราวัดการกระจาย

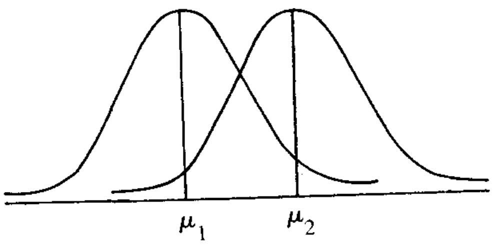
วัตถุประสงค์

เพื่อให้นักศึกษามีความรู้ และรู้จักการคำนวณหาค่าพิสัย, ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนควอไทล์, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์ของความผันแปร ข้อมูลและการวัด-การกระจายอะไรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลมากที่สุด เปรียบเทียบการกระจายระหว่างกลุ่ม

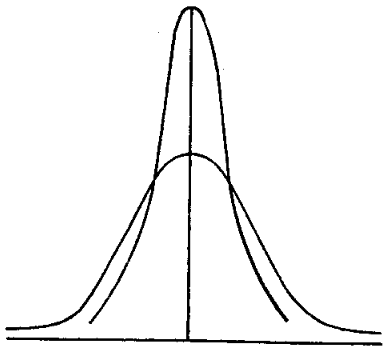
มาตราวัดการกระจายเป็นค่าที่แสดงถึงข้อมูลหรือค่าสังเกตในกลุ่มหรือชุด ว่ามีการกระจายหรือจับกันเป็นกลุ่ม

มาตราวัดการกระจายช่วยให้เราสามารถ

1. เปรียบเทียบกับการกระจายมาตรฐานที่ทราบ
2. สร้างหลักมาตรฐานที่เราไม่ทราบมาก่อน
3. เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่มสองกลุ่มหรือมากกว่า ภายใต้เงื่อนไขที่ต่างกัน



การกระจายเท่ากัน มัชฌิมเลขคณิตไม่เท่ากัน



มัชฌิมเลขคณิตเท่ากัน การกระจายไม่เท่ากัน

มาตราวัดการกระจายที่สำคัญและนิยมใช้กันมี 5 วิธีด้วยกัน

พิสัย

พิสัยเป็นมาตราวัดการกระจายที่ง่ายกว่า และคำนวณได้จากผลต่างระหว่างข้อมูลตัวที่มีค่าสูงสุด กับข้อมูลตัวที่มีค่าต่ำสุด นั่นคือ

$$R = X_N - X_1$$

ในเมื่อ X_N เป็นข้อมูลตัวที่มีค่าสูงสุด X_1 เป็นข้อมูลตัวที่มีค่าต่ำสุด

ตัวอย่าง หาพิสัยของสมการแจกแจงซึ่งมีพิสัยเหมือนกัน

ก) 3, 5, 5, 8, 13, 14, 18, 23

$R = 23 - 3 = 20$

ข) 37, 42, 48, 53, 57

$R = 57 - 37 = 20$

ค) 131, 140, 144, 147, 150, 151

$R = 151 - 131 = 20$

การวัดการกระจายแบบนี้ใช้ข้อมูลเพียงสองตัว ใช้เปรียบเทียบการแจกแจงของข้อมูลที่มีหน่วยเหมือนกัน

Semiinterquartile Range (Q)

semiinterquartile range คำนวณหาได้จากครึ่งหนึ่งของระยะทางระหว่างควอไทล์ที่ 1 กับควอไทล์ที่ 3

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

หรือ

$$Q = \frac{P_{75} - P_{25}}{2}$$

ตัวอย่าง ใช้โจทย์ข้อก่อนของบทที่ 3

$$Q_1 = 66.64 \; ; Q_3 = 82.94$$

$$Q = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

$$= \frac{82.94 - 66.64}{2}$$

$$= \frac{16.30}{2} = 8.15$$

ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย เป็นค่าเฉลี่ยของส่วนเบี่ยงเบนไปจากมัชฌิมเลขคณิตโดยไม่คิดเครื่องหมาย

$$MD = \frac{\Sigma \mid X-\mu \mid}{N} \; ; \text{ให้ } x = (X-\mu) \; ; MD = \frac{\Sigma \mid x \mid}{N}$$

หรือ

$$MD = \frac{A - B - (a-b)\mu}{N}$$

ในเมื่อ

A = ผลรวมของค่าของข้อมูลที่สูงกว่า μ

B = ผลรวมของค่าของข้อมูลที่ต่ำกว่า μ

a = จำนวนข้อมูลที่สูงกว่า μ

b = จำนวนข้อมูลที่ต่ำกว่า μ

ตัวอย่าง จงคำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยของเลขจำนวน 2, 3, 6, 8, 11

วิธีทำ

$$\mu = \frac{2+3+6+8+11}{5} = 6$$

$$MD = \frac{|2-6| + |3-6| + |6-6| + |8-6| + |11-6|}{5}$$

$$= \frac{4+3+0+2+5}{5} = 2.8$$

ใช้สูตรที่สอง

$$A = 8 + 11 = 19 \; ; B = 2 + 3 = 5$$

$$a = 2, b = 2$$

$$MD = \frac{19 - 5 - (2 - 2)\ 6}{5}$$

$$= \frac{14}{5}$$

$$= 2.8$$

ในกรณีข้อมูลจัดเป็นกลุ่ม

$$MD = \frac{\sum_{i=1}^{k} f_i |X_i - \mu|}{N}$$

ตัวอย่าง คำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนเฉลียจากตาราง

คะแนน	f	X	$\|X-\mu\|$	$f\|X-\mu\|$
30-39	4	34.5	30.6	122.4
40-49	6	44.5	20.6	123.6
50-59	8	54.5	10.6	84.8
60-69	12	64.5	.6	7.2
70-79	9	74.5	9.4	X4.6
X0-89	7	84.5	19.4	135.8
90-99	4	94.5	29.4	117.6
	50			676.0

$$MD = \frac{676}{50}$$

$$= 13.52$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นมาตราวัดการกระจายที่ดีที่สุด และใช้มากที่สุดในทางสถิติ มีประโยชน์ในการอนุมานข้อมูลประชากรจากตัวอย่าง วัดส่วนเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวจากมัชฌิมเลขคณิต

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หมายถึงค่าของรูทสองของมัชฌิมเลขคณิตของกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าของข้อมูลแต่ละค่ากับค่ามัชฌิมเลขคณิต นั่นคือ

ประชากร $\sigma = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{N}(X-\mu)^2}{N}} = \dfrac{1}{N}\sqrt{N\sum_{i=1}^{N}X_i^2 - (\sum_{i=1}^{N}X_i)^2}$

ให้ $x = (X-\mu)\ ;\ \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{N}x_i^2 / N}$

ตัวอย่าง $s = \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(X-\overline{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\dfrac{n\sum_{i=1}^{n}X_i^2 = (\sum_{i=1}^{n}X_i)^2}{n(n-1)}}$

ค่าความแปรปรวน $\sigma^2 = \dfrac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N} = \dfrac{1}{N^2}\left[N\sum_{i=1}^{N}X_i^2 - (\sum_{i=1}^{N}X_i)^2\right]$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}{n-1} = \frac{n\sum_{i=1}^{n}X_i^2 - (\sum_{i=1}^{n}X_i)^2}{n(n-1)}$$

ตัวอย่าง จงหาค่าความแปรปรวนและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเลขต่อไปนี้.-

12, 6, 7, 3, 15, 10, 18, 5

วิธีทำ หาค่า ได้

$$\mu = \frac{12+6+7+3+15+10+18+5}{8}$$

$$= 9.5$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu)^2}{N}$$

$$= \frac{(12-9.5)^2 + (6-9.5)^2 + \ldots + (5-9.5)^2}{8}$$

$$= \frac{190}{8}$$

$$= 23.75$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$= \frac{(12-9.5) + (6-9.5)^2 + \ldots + (5-9.5)^2}{1}$$

$$= \frac{190}{7} = 27.14$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma = \sqrt{23.75} = 4.87$

กรณีข้อมูลจัดเป็นกลุ่ม

ประชากร $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} f_i (X_i - \mu)^2}{N} = \frac{1}{N^2}\left[N \sum_{i=1}^{k} X_i^2 f_i - \left(\sum_{i=1}^{k} f_i X_i\right)^2 \right]$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} f_i (X_i - \mu)^2}{N}}$$

ตัวอย่าง $s^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k} f_i (X_i - \bar{X})^2}{n-1} = \frac{n \sum_{i=1}^{k} f_i X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{k} f_i X_i\right)^2}{n(n-1)}$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} f_i (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

ตัวอย่าง หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักศึกษา 50 คน

($\mu = 65.1$)

คะแนน	f	จุดกลาง x	$(X-\mu)$	$(X-\mu)^2$	$f(X-\mu)^2$
30-39	4	34.5	-30.6	936.36	3,745.44
40-49	6	44.5	-20.6	424.36	2,546.16
so-59	8	54.5	-10.6	112.36	898.88
60-69	12	64.5	.6	.36	4.32
70-79	9	74.5	9.4	88.36	715.24
80-89	7	84.5	19.4	376.36	2,634.52
90-99	4	94.5	29.4	864.36	3,457.44
	50				14,082.00

ประชากร $\sigma = \sqrt{\dfrac{14082}{50}} = 16.78$

ตัวอย่าง $s = \sqrt{\dfrac{14082}{49}} = 16.95$

ตาราง

ประชากรที่มีค่ามัชฌิมเลขคณิตเท่ากันแต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างกัน

ประชากร	ก	ข	ค	ง
ค่าสังเกต	4 4 4	2 3 7	1 2 9	0 1 11
ผลรวม	12	12	12	12
μ	4	4	4	4
σ^2	0	$\frac{14}{3}$	$\frac{38}{3}$	$\frac{74}{3}$
0	0	2.16	3.55	4.96

ก) $\sigma^2 = \dfrac{(4-4)^2 + (4-4)^2 + (4-4)^2}{3}$

$= 0$

ข) $\sigma^2 = \dfrac{(2-4)^2 + (3-4)^2 + (7-4)^2}{3}$

$= \dfrac{14}{3}$

ค) $\sigma^2 = \dfrac{(1-4)^2 + (2-4)^2 + (9-4)^2}{3}$

$= \dfrac{38}{3}$

ง) $\sigma^2 = \dfrac{(0-4)^2 + (1-4)^2 + (11-4)^2}{3}$

$= \dfrac{74}{3}$

ก. ไม่มีค่าความแปรปรวนหรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ข. มีค่าความแปรปรวนมากขึ้น

ค. มีค่าความแปรปรวนมาก

ง. มีค่าความแปรปรวนมากที่สุด

ความแปรปรวนผสม

ในกรณีที่เราต้องการหาค่าความแปรปรวนของข้อมูลในกลุ่มผสมกันโดยทราบแต่ค่าของความแปรปรวนของข้อมูลในกลุ่มย่อย ๆ (ค่ามัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มย่อย ๆ จะต้องเท่ากัน) กำหนดได้

$$\sigma_{12}^2 = \frac{N_1\sigma_1^2 + N_2\sigma_2^2}{N_1 + N_2}$$

ในเมื่อ σ_1^2 ความแปรปรวนของกลุ่มแรก N_1 = จำนวนข้อมูลกลุ่มแรก

σ_2^2 ความแปรปรวนของกลุ่มที่สอง N_2 = จำนวนข้อมูลกลุ่มที่สอง

ตัวอย่าง ผลการสอบวิชาหลักสถิติของนักศึกษา ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาหญิง 400 คน เท่ากับคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาชาย 600 คน แต่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักศึกษาหญิงและชายมีค่าเท่ากับ 10 และ 15 ตามลำดับ จงคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักศึกษา

วิธีทำ $N_1 = 400 \quad \sigma_1 = 10$

$N_2 = 600 \quad \sigma_2 = 15$

$$\sigma_{12}^2 = \frac{N_1\sigma_1^2 + N_2\sigma_2^2}{N_1 + N_2}$$

$$= \frac{400(10)^2 + 600(15)^2}{400 + 600}$$

$$= \frac{40000 + 135000}{1000}$$

$$= \frac{175000}{1000} = 175$$

$$12 = \sqrt{175} = 13.23$$

คุณสมบัติของมาตราวัดการกระจาย

ความแปรปรวน (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

1. เป็นค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนของข้อมูลไปจากค่ามัชฌิมเลขคณิต
2. เป็นค่าแสดงออกในหน่วยของข้อมูลกำลังสอง
3. ใช้ในระดับสถิติเชิงพรรณนาน้อยมาก
4. มีความสำคัญมากในสถิติเชิงอนุมาน
5. กำหนดให้ข้อมูลกลุ่มหนึ่ง $X_1, X_2 \ldots X_N$ มีค่ามัชฌิมเลขคณิต μ_x ค่าความแปรปรวน σ_x^2

   5.1 เมื่อเอาค่าคงที่ k บวกหรือลบเข้ากับข้อมูลทุก ๆ ตัว ค่าความแปรปรวนหรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะไม่เปลี่ยนแปลง

$$\sigma^2_{(x\pm k)} = \sigma^2_x$$

$$\sigma_{(x\pm k)} = \sigma_x$$

พิสูจน์

1) $$\sigma^2_{(x+k)} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| (X_i+k) - (\mu_x+k) \right|^2}{N}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i+k-\mu_x-k)^2}{N}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} (X-\mu_x)^2}{N}$$

$$= \sigma^2_x$$

$$\sigma_{(x+k)} = \sigma_x$$

2) $$\sigma^2_{(x-k)} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \left| (X-k) - (\mu_x-k) \right|^2}{N}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} (X-k-\mu_x+k)^2}{N}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^{N} (X-\mu_x)^2}{N}$$

$$= \sigma^2_x$$

$$\sigma_{(x-k)} = \sigma_x$$

5.2 เมื่อเอาค่าคงที่ k คูณหรือหารข้อมูลทุก ๆ ตัว ค่าความแปรปรวนหรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นดังนี้.–

$$\sigma^2_{(kx)} = k^2\sigma^2_x \ ; \ \sigma^2_{x/k} = \frac{\sigma^2_x}{k^2}$$

$$\sigma_{(kx)} = |k|\,\sigma_x \quad \sigma_{x/k} = \frac{\sigma_x}{|k|}$$

พิสูจน์

1. $$\sigma^2_{(kx)} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(kX_i - k\mu_x)^2}{N}$$

$$= k^2 \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \mu_x)^2}{N}$$

$$= k^2 \sigma^2_x$$

$$\sigma_{(kx)} = |k|\,\sigma_x$$

2. $$\sigma^2_{x/k} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{X_i}{k} - \frac{\mu_x}{k}\right)^2}{N}$$

$$= \frac{1}{k^2}\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \mu_x)^2}{N}$$

$$= \frac{\sigma^2_x}{k^2}$$

$$= \frac{\sigma_x}{|k|}$$

5.3 เมื่อค่ามัชฌิมเลขคณิต μ_x ลบข้อมูลทุกตัว แล้วหารด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ_x ทุก ๆ ข้อมูล มัชฌิมเลขคณิต $\mu\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)$ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าความแปรปรวน $\sigma^2\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)$ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)$ จะมีค่าเท่ากับ 1 นั่นคือ.–

$$\mu\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right) = 0$$

$$\sigma^2\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right) = \sigma\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right) = 1$$

พิสูจน์

$$\mu_{\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{X-\mu_x}{\sigma_x}\right)}{N}$$

$$= \frac{1}{\sigma_x}\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu_x)}{N}$$

$$= \frac{1}{\sigma_x}\left[\frac{\sum_{i=1}^{N}X_i}{N} - \frac{N\mu_x}{N}\right]$$

$$= \frac{1}{\sigma_x}(\mu_x-\mu_x)$$

$$= 0$$

$$\sigma^2_{\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{X_i-\mu_x}{\sigma_x} - 0\right)^2}{N}$$

$$= \frac{1}{\sigma_x^2}\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i-\mu_x)^2}{N}$$

$$= \frac{1}{\sigma_x^2} \times \sigma_x^2$$

$$= 1$$

5.4 $\sum_{i=1}^{N}(X_i-A)^2$ จะมีค่าน้อยที่สุดก็ต่อเมื่อ $A = \mu_x$

6. มีผลต่อทุก ๆ ข้อมูลในการแจกแจง
7. มีผลต่อข้อมูลที่ปลายการแจกแจงมากกว่า semiinter quartile range

Semiinter quartile range

1. เป็นค่าเฉลี่ยของระยะทางระหว่าง ค่าควอไทล์ที่หนึ่งกับที่สาม
2. มีผลต่อจำนวนข้อมูลที่อยู่เหนือหรือล่างนอกค่าควอไทล์ แต่ไม่มีผลต่อตำแหน่งที่แน่นอนของข้อมูล
3. มีความไวต่อข้อมูลที่ปลายการแจกแจงน้อยกว่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
4. ใช้กับการแจกแจงปลายเปิดโดยเฉพาะ
5. ใช้ในระดับสถิติพรรณนา
6. คำนวณง่ายเมื่อใดที่ข้อมูลเรียงลำดับหรือจัดเป็นกลุ่ม

พิสัย

1. เป็นระยะระหว่างข้อมูลที่ปลายของการแจกแจง
2. ไม่มีผลต่อตำแหน่งของข้อมูลกลาง ๆ
3. ขึ้นอยู่กับขนาดตัวอย่าง
4. ใช้ในระดับสถิติพรรณนา
5. ใช้สำหรับงานหยาบ ๆ
6. คำนวณง่าย

การกระจายสัมพัทธ์

มาตราวัดการกระจายที่ได้กล่าวมาจะมีหน่วยเหมือนกับข้อมูล อย่างเช่น ข้อมูลเป็นเซ็นติเมตร เมื่อหาค่าพิสัย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีหน่วยเป็นเซ็นติเมตร จึงเป็นการยากที่จะนำมาใช้เปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลสองกลุ่ม นักสถิติจึงกำหนดสูตรต่าง ๆ กันขึ้น เพื่อเปรียบเทียบการกระจายของกลุ่มข้อมูลสองกลุ่มหรือมากกว่าได้ดังนี้

สัมประสิทธิของการกระจาย (CD)

สัมประสิทธิของการกระจายหมายถึงค่าของอัตราส่วนระหว่างค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยกับค่ามัชฌิมเลขคณิต มักจะมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ นั่นคือ

$$CD = \frac{MD}{\mu} \times 100$$

สัมประสิทธิของความผันแปร (CV)

สัมประสิทธิของความผันแปร เป็นค่าของอัตราส่วนระหว่างค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่ามัชฌิมเลขคณิต มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

ตัวอย่าง สมมุติว่าผลการสอบสองครั้งของนักศึกษากลุ่มหนึ่ง สอบครั้งแรกได้คะแนนเฉลี่ย 60 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6 ของคะแนนเต็ม 100 สอบครั้งที่สองได้คะแนนเฉลี่ย 700 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7 ของคะแนนเต็ม 1000 อยากทราบว่า ผลการสอบสองครั้ง ครั้งไหนจะมีการกระจายมากกว่ากัน

วิธีทำ สอบครั้งแรก $\mu = 60$, $\sigma = 6$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

$$= \frac{6}{60} \times 100 = 10\%$$

สอบครั้งที่สอง $\mu = 700 : \sigma = 7$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100$$

$$= \frac{7}{700} \times 100 = 1\%$$

การกระจายสัมพัทธ์ของผลสอบครั้งแรกเป็น 10 เท่าของผลสอบครั้งหลัง

สัมประสิทธิของส่วนเบี่ยงเบนควอร์ไทล์

$$QV = \frac{Q_3 - Q_1}{Q_3 + Q_1} \times 100$$

คะแนนมาตรฐาน

ในกรณีที่ต้องการเปรียบเทียบการกระจายระหว่างค่า 2 ค่า หรือมากกว่าจากกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะต่างกันดังนี้

1. มีค่ามัชฌิมเลขคณิตหรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างกัน
2. มีหน่วยต่างกัน

การเปรียบเทียบแบบนี้ โดยแปลงจากข้อมูลดิบเป็นข้อมูลมาตรฐานได้จากสูตร

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

ตัวอย่าง จงประเมินคะแนนสอบจากห้ากระบวนวิชาของนักศึกษา 35 คน

กระบวนวิชา	คะแนน			
	X	μ	σ	Z
EN 101	90	80	5	2.0
TH 101	90	60	10	3.0
MA 103	75	80	10	−.5
ST 203	60	75	15	−1.0
AC 101	50	20	20	1.5

คะแนนกระบวนวิชา EN 101, TH 101 และ AC 101 สูงกว่าค่าเฉลี่ย ส่วนกระบวนวิชา MA 103 และ ST 203 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย นักศึกษาคนนี้สอบกระบวนวิชา TH 101 ได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับนักศึกษาทั้งหมด กระบวนวิชา ST 203 สอบได้เลวที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนวิชาอื่น ๆ