

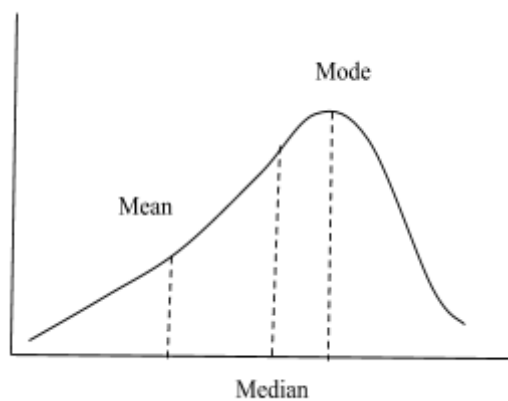
# Chapter 2

Statistic in Bio-science research

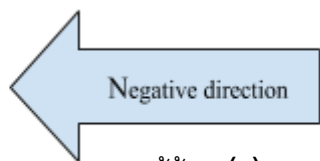
# การวัดรูปทรงของข้อมูล

$$skewness = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left( \frac{x_1 - \bar{x}}{s} \right)^3 ; SKEW(number1 \dots)$$

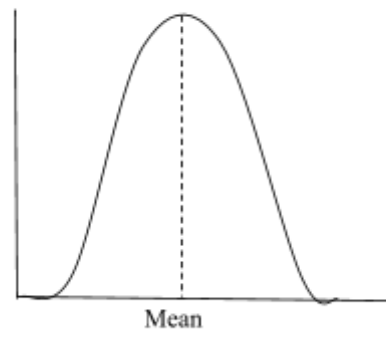
- ความเบ้ (skewness)



mean < median < mode

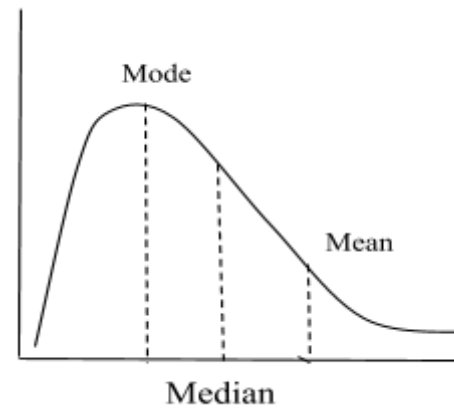


เบ้ซ้าย (-)

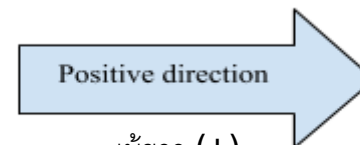


Symmetrical data  
mean = median = mode

สมมาตร (0)



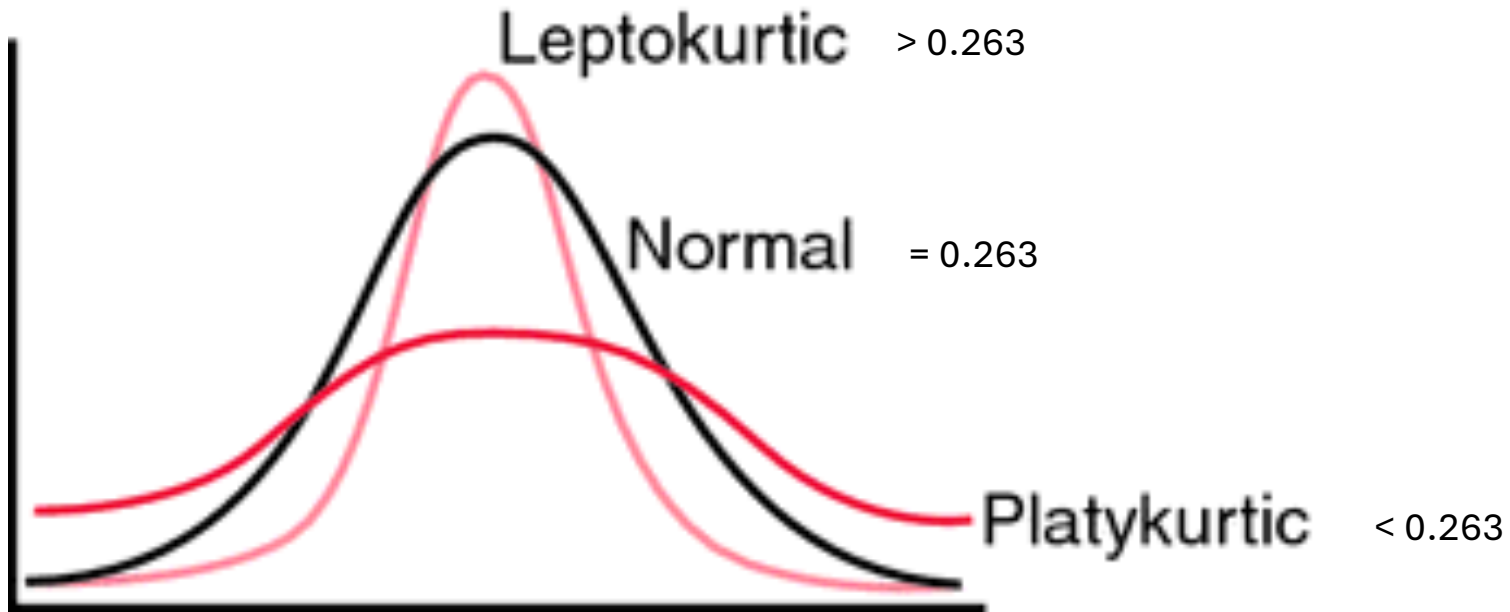
mode < median < mean



เบ้ขวา (+)

- ความโค้ง (Kurtosis)

$$\text{Kurtosis} = \left[ \frac{n}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left( \frac{x_1 - \bar{x}}{s} \right)^4 \right] - \left[ \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \right]; \text{KURT}(\text{NUMBER1}....)$$



คุณสมบัติของรูปทรงที่มีการกระจายตัวแบบปกติ (บางครั้งเราก็เรียกว่าโค้งปกติ)

1. มีลักษณะคล้ายระฆังคว่ำ
2. โค้งเป็นรูปสมมาตร (Symmetry) เมื่อแบ่งครึ่งโค้งด้านซ้ายและด้านขวาจะมีลักษณะเหมือนกัน หรือถ้าพับโดยการแบ่งครึ่งจะทับกันสนิทพอดี
3. ตำแหน่งตรงกลางคือค่าเฉลี่ยของข้อมูล ( $\mu$ )
4. ปลายโค้งปกติทั้งสองด้านจะลาดต่ำลงแต่ไม่สัมผัสฐานของโค้ง โดยปลายโค้งจะมีขอบเขตอนันต์ (ไม่มีที่สิ้นสุด หรือไม่สามารถบอกได้ว่าปลายจะ สัมผัสฐานที่ไหน) คือ  $-\alpha$  ถึง  $\alpha$
5. ลักษณะการกระจายของข้อมูลภายใต้การกระจายแบบปกติเป็นดังนี้

$\mu + 1\sigma = 68.26\%$  หมายถึง ข้อมูลที่อยู่ภายในช่วงของค่าเฉลี่ยออกไปทางด้านซ้ายและขวาเท่ากับ 1 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีข้อมูลอยู่ประมาณ 68.26% ของข้อมูลทั้งหมด

$\mu + 2\sigma = 95.44\%$  หมายถึง มีข้อมูลอยู่ภายในช่วงของค่าเฉลี่ยออกไปทางด้านซ้ายและขวาเท่ากับ 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีข้อมูลอยู่ประมาณ 95.44% ของข้อมูลทั้งหมด

$\mu + 3\sigma = 99.73\%$  หมายถึง มีข้อมูลอยู่ภายในช่วงของค่าเฉลี่ยออกไปทางด้านซ้ายและขวาเท่ากับ 3 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีข้อมูลอยู่ประมาณ 99.73% ของข้อมูลทั้งหมด

**ตัวอย่างการคำนวณ :** ข้อมูลเกี่ยวกับค่า IQ ของมนุษย์จำนวน 120 คน

**1. ห้อง A (Room A): "ห้องเด็กสมาธิ" (Low Variance)**

*ลักษณะ:* คะแนนเกาะกลุ่มกันแน่นที่ 100 ไม่ค่อยมีใครตกและไม่มีใครโดดเด่น (จำนวน 60 คน)

92, 93, 93, 94, 94, 95, 95, 95, 96, 96, 96, 96, 97, 97, 97, 97, 97, 98, 98, 98, 98, 98, 99,  
99, 99, 99, 99, 99, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 101, 101, 101, 101, 101, 101,  
102, 102, 102, 102, 102, 103, 103, 103, 103, 104, 104, 104, 105, 105, 105, 106, 107,  
108

**2. ห้อง B (Room B): "ห้องเด็กติสต์" (High Variance)**

*ลักษณะ:* คะแนนเหวี่ยงมาก มีทั้งกลุ่มอ่อนมากและกลุ่มอัจฉริยะปนกัน (จำนวน 60 คน)

68, 70, 72, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98,  
99, 100, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 114, 115, 116, 118, 120,  
121, 122, 124, 125, 126, 128, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 138, 140, 141, 142, 144,  
145, 148

คำถาม

1. "การกระจายตัวของคะแนนในแต่ละห้องเป็นรูป ระฆังคว่ำ (Normal Distribution) จริงหรือไม่?"

## การเปรียบเทียบการกระจายตัวของข้อมูล

- Standard normal distribution (Z)
- chi-square Distribution( $X^2$ )
- t-distribution (t)
- F-Distribution (f)

# Standard normal distribution $Z = \frac{x - \mu}{s}$

"เทียบข้อมูลกับมาตรฐาน" หรือ "ทดสอบกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่"

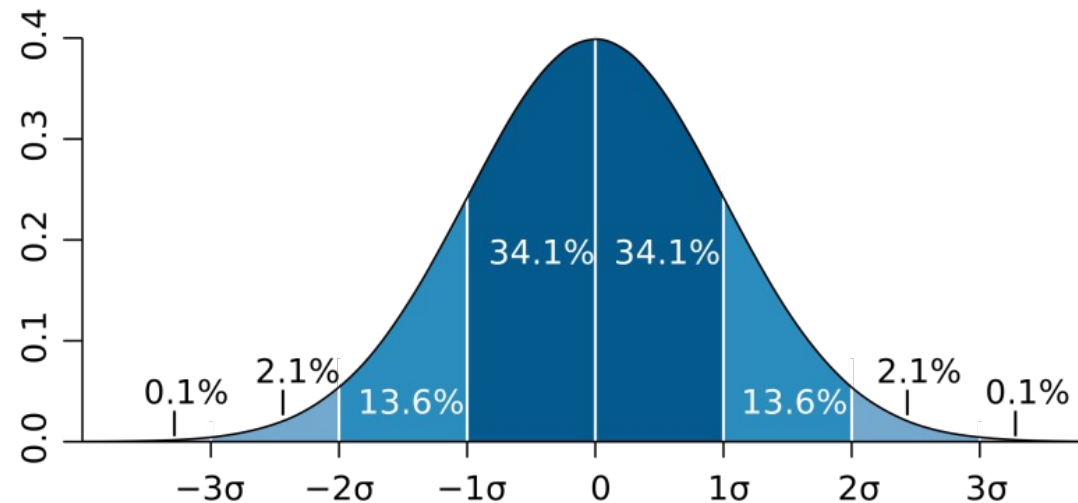
•ใช้ทำอะไร:

1. Standardization (การแปลงเป็นมาตรฐาน): ใช้เปรียบเทียบข้อมูลที่หน่วยวัดต่างกัน เช่น เปรียบเทียบคะแนนสอบวิชาเลข (เต็ม 100) กับวิชาภาษาอังกฤษ (เต็ม 50) ว่าเด็กทำวิชาไหนได้ดีกว่ากัน โดยแปลงเป็นค่า Z-score

2. Z-Test: ใช้ทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยเมื่อกลุ่มตัวอย่างใหญ่ ( $n \geq 30$ ) หรือ รู้ค่าความแปรปรวนของประชากร ( $\sigma^2$ )

•ตัวอย่างสถานการณ์:

"โรงงานผลิตหลอดไฟต้องการตรวจสอบว่าหลอดไฟล็อตใหม่ 1,000 หลอด มีอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่ากับมาตรฐานเดิมที่ 800 ชั่วโมงหรือไม่ (รู้ค่า S.D. ของโรงงานอยู่แล้ว)"





# t-distribution (Student's T test)

$$t_n = \frac{Z}{\sqrt{X^2/n}} = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$$

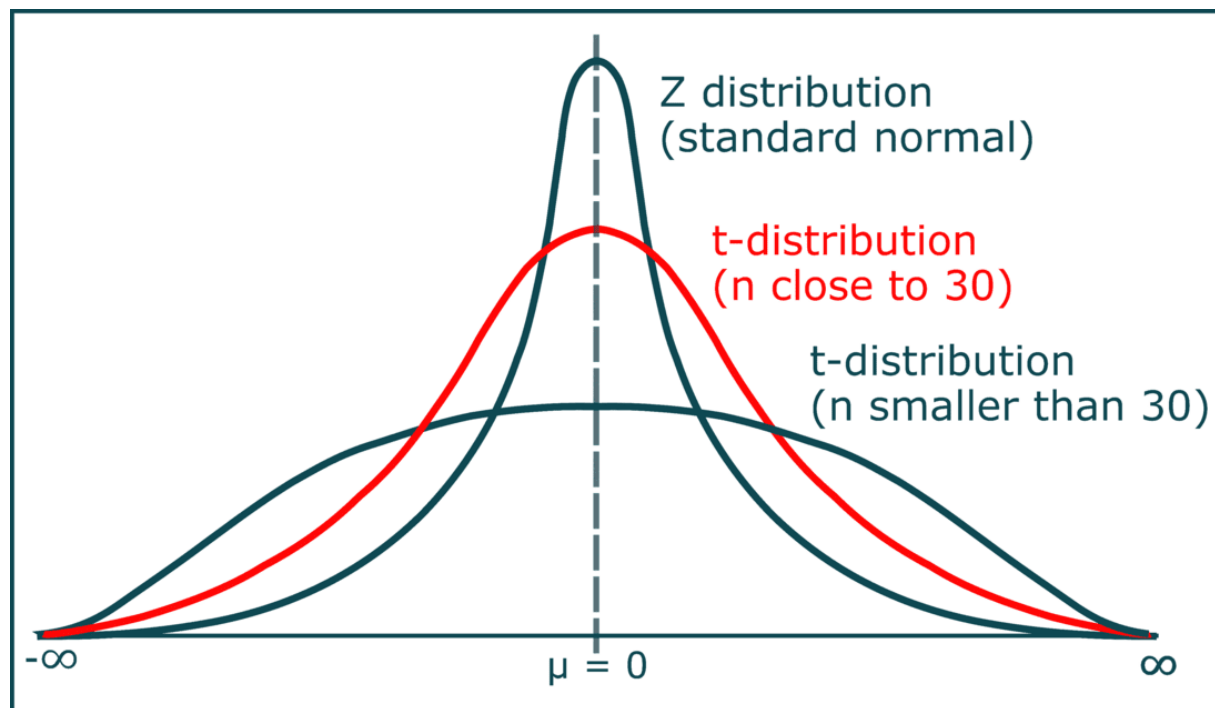
ทำงานกับข้อมูลน้อยๆ และไม่รู้ข้อมูลเบื้องหลัง"

•ใช้ทำอะไร:

1. One-sample t-test: ทดสอบค่าเฉลี่ยกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (เมื่อ  $n < 30$  และไม่รู้  $\sigma$ )
2. Independent t-test: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน (เช่น ชาย vs หญิง)
3. Paired t-test: เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มเดิม ก่อน-หลัง (Before vs After)

•ตัวอย่างสถานการณ์:

"อาจารย์สุ่มนักศึกษา 15 คน ให้ลองใช้วิธีสอนแบบใหม่ แล้วอยากรู้ว่าคะแนนสอบ 'หลังเรียน' สูงกว่า 'ก่อนเรียน' อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่" (ข้อมูลน้อย, ไม่รู้ค่า S.D. ประชากร)



## t Table

cum. prob	$t_{.50}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
one-tail	<b>0.50</b>	<b>0.25</b>	<b>0.20</b>	<b>0.15</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.025</b>	<b>0.01</b>	<b>0.005</b>	<b>0.001</b>	<b>0.0005</b>
two-tails	<b>1.00</b>	<b>0.50</b>	<b>0.40</b>	<b>0.30</b>	<b>0.20</b>	<b>0.10</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>
df											
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
<b>Z</b>	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	99.9%
	<b>Confidence Level</b>										

# chi-square Distribution ( $\chi^2$ )

Chi-square Distribution ( $\chi^2$ )

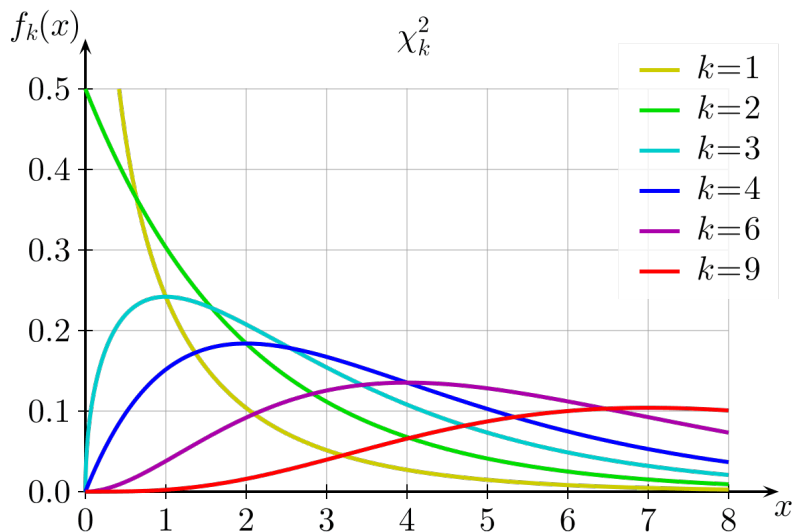
ภารกิจ: "ตรวจสอบความสัมพันธ์ของสิ่งที่เป็นกลุ่ม/ประเภท"

•ใช้ทำอะไร:

1. **Test for Independence:** ตรวจสอบว่าตัวแปรกลุ่ม 2 ตัวเกี่ยวข้องกันไหม (มักใช้กับตาราง Cross-tab)
2. **Goodness of Fit:** ตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้มา ตรงกับทฤษฎีหรือสัดส่วนที่คาดไว้ไหม
3. **Testing Variance:** ทดสอบว่าความแปรปรวนของข้อมูลเท่ากับค่าที่กำหนดหรือไม่

•ตัวอย่างสถานการณ์:

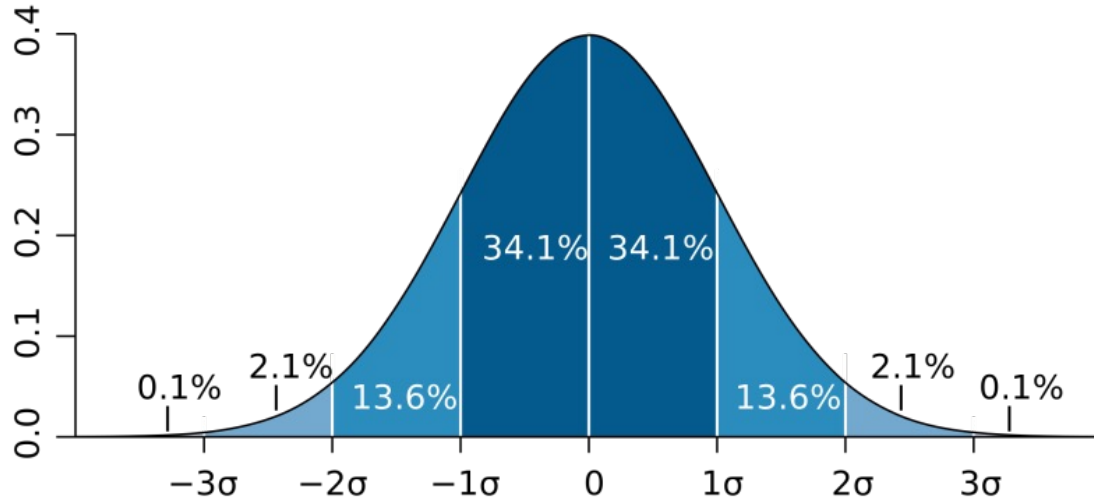
"นักการตลาดอยากรู้ว่า 'เพศ' (ชาย/หญิง) มีผลต่อ 'รสชาติไอศกรีมที่ชอบ' (วานิลลา/ช็อกโกแลต/สตอเบอร์รี่) หรือไม่" (ข้อมูลเป็นจำนวนนับ/ความถี่ ไม่ใช่ค่าเฉลี่ย)



$$n = 1; X^2 = Z_1^2$$

$$n = 2; X^2 = Z_1^2 + Z_2^2$$

$$n = n; X^2 = Z_1^2 + Z_2^2 + \dots + Z_n^2$$



$$\text{Chi-square} = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

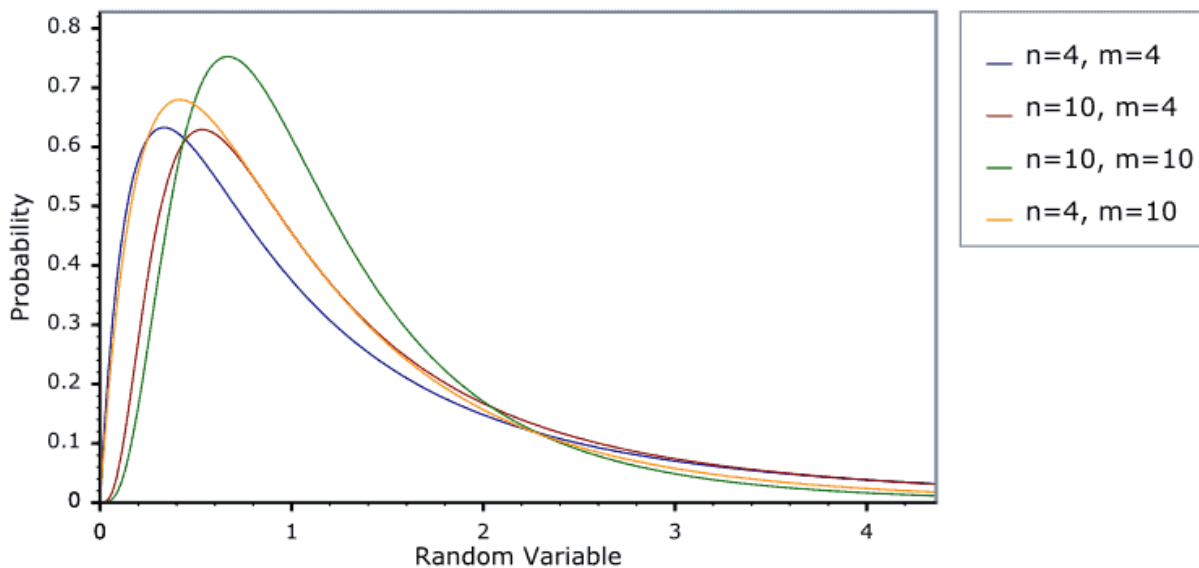
Critical values of chi-square (right tail)

Degrees of freedom (df)	Significance level (α)							
	.99	.975	.95	.9	.1	.05	.025	.01
1	-----	0.001	0.004	0.016	2.706	3.841	5.024	6.635
2	0.020	0.051	0.103	0.211	4.605	5.991	7.378	9.210
3	0.115	0.216	0.352	0.584	6.251	7.815	9.348	11.345
4	0.297	0.484	0.711	1.064	7.779	9.488	11.143	13.277
5	0.554	0.831	1.145	1.610	9.236	11.070	12.833	15.086
6	0.872	1.237	1.635	2.204	10.645	12.592	14.449	16.812
7	1.239	1.690	2.167	2.833	12.017	14.067	16.013	18.475
8	1.646	2.180	2.733	3.490	13.362	15.507	17.535	20.090
9	2.088	2.700	3.325	4.168	14.684	16.919	19.023	21.666
10	2.558	3.247	3.940	4.865	15.987	18.307	20.483	23.209
11	3.053	3.816	4.575	5.578	17.275	19.675	21.920	24.725
12	3.571	4.404	5.226	6.304	18.549	21.026	23.337	26.217
13	4.107	5.009	5.892	7.042	19.812	22.362	24.736	27.688
14	4.660	5.629	6.571	7.790	21.064	23.685	26.119	29.141
15	5.229	6.262	7.261	8.547	22.307	24.996	27.488	30.578
16	5.812	6.908	7.962	9.312	23.542	26.296	28.845	32.000
17	6.408	7.564	8.672	10.085	24.769	27.587	30.191	33.409
18	7.015	8.231	9.390	10.865	25.989	28.869	31.526	34.805
19	7.633	8.907	10.117	11.651	27.204	30.144	32.852	36.191
20	8.260	9.591	10.851	12.443	28.412	31.410	34.170	37.566
21	8.897	10.283	11.591	13.240	29.615	32.671	35.479	38.932
22	9.542	10.982	12.338	14.041	30.813	33.924	36.781	40.289
23	10.196	11.689	13.091	14.848	32.007	35.172	38.076	41.638
24	10.856	12.401	13.848	15.659	33.196	36.415	39.364	42.980
25	11.524	13.120	14.611	16.473	34.382	37.652	40.646	44.314
26	12.198	13.844	15.379	17.292	35.563	38.885	41.923	45.642
27	12.879	14.573	16.151	18.114	36.741	40.113	43.195	46.963
28	13.565	15.308	16.928	18.939	37.916	41.337	44.461	48.278
29	14.256	16.047	17.708	19.768	39.087	42.557	45.722	49.588
30	14.953	16.791	18.493	20.599	40.256	43.773	46.979	50.892
40	22.164	24.433	26.509	29.051	51.805	55.758	59.342	63.691
50	29.707	32.357	34.764	37.689	63.167	67.505	71.420	76.154
60	37.485	40.482	43.188	46.459	74.397	79.082	83.298	88.379
70	45.442	48.758	51.739	55.329	85.527	90.531	95.023	100.425
80	53.540	57.153	60.391	64.278	96.578	101.879	106.629	112.329
100	61.754	65.647	69.126	73.291	107.565	113.145	118.136	124.116
1000	70.065	74.222	77.929	82.358	118.498	124.342	129.561	135.807

# F-Distribution

$$F = \frac{X_1^2/n_1}{X_2^2/n_2}$$

F Distribution PDF



"เปรียบเทียบความแปรปรวน" และ "เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลายกลุ่ม"

•ใช้ทำอะไร:

1. ANOVA (Analysis of Variance): ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของประชากร ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป (ถ้าใช้ t-test เทียบทีละคู่จะเกิด Error สูง)

2. F-test for Equality of Variances: ใช้ตรวจสอบว่าข้อมูล 2 กลุ่ม มีความกระจาย (Variance) เท่ากันหรือไม่ (มักทำก่อน run t-test)

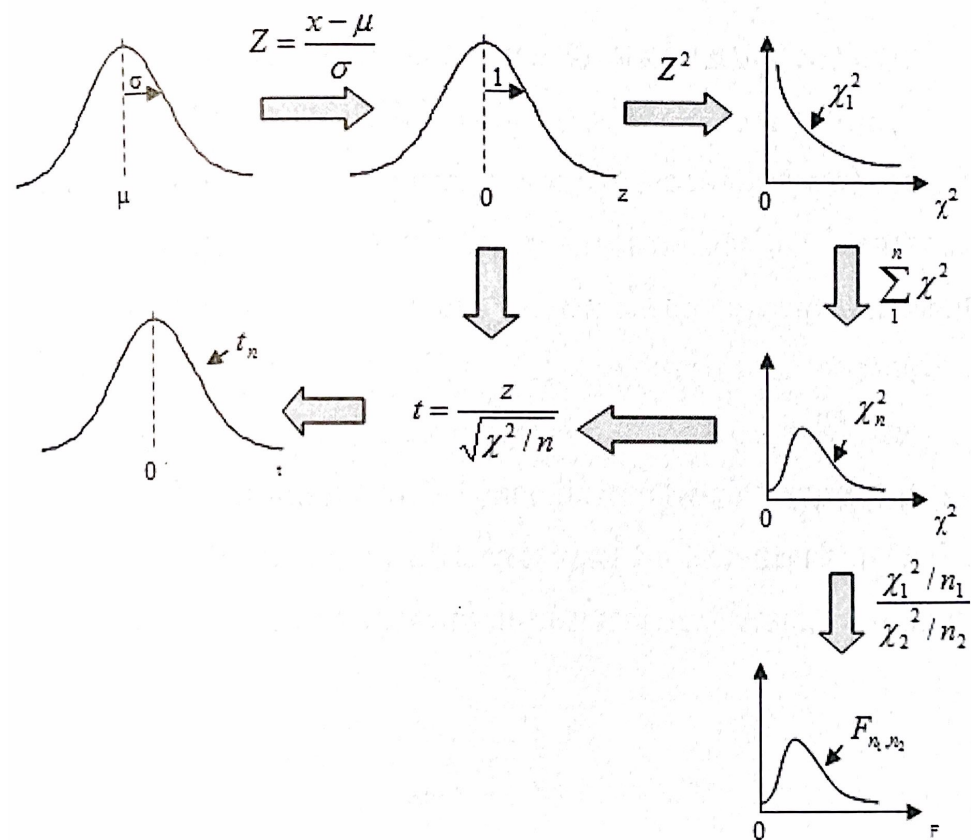
•ตัวอย่างสถานการณ์:

"นักวิจัยการเกษตรต้องการเปรียบเทียบผลผลิตข้าวจากการใช้ปุ๋ย 4 สูตรที่แตกต่างกัน ว่าสูตรไหนให้ผลผลิตที่ดีที่สุด" (เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 4 กลุ่มพร้อมกัน)

	DF1	$\alpha = 0.10$																	
DF2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	39.863	49.5	53.593	55.833	57.24	58.204	58.906	59.439	59.858	60.195	60.705	61.22	61.74	62.002	62.265	62.529	62.794	63.061	63.328
2	8.5263	9	9.1618	9.2434	9.2926	9.3255	9.3491	9.3668	9.3805	9.3916	9.4081	9.4247	9.4413	9.4496	9.4579	9.4662	9.4746	9.4829	9.4912
3	5.5383	5.4624	5.3908	5.3426	5.3092	5.2847	5.2662	5.2517	5.24	5.2304	5.2156	5.2003	5.1845	5.1764	5.1681	5.1597	5.1512	5.1425	5.1337
4	4.5448	4.3246	4.1909	4.1073	4.0506	4.0098	3.979	3.9549	3.9357	3.9199	3.8955	3.8704	3.8443	3.831	3.8174	3.8036	3.7896	3.7753	3.7607
5	4.0604	3.7797	3.6195	3.5202	3.453	3.4045	3.3679	3.3393	3.3163	3.2974	3.2682	3.238	3.2067	3.1905	3.1741	3.1573	3.1402	3.1228	3.105
6	3.776	3.4633	3.2888	3.1808	3.1075	3.0546	3.0145	2.983	2.9577	2.9369	2.9047	2.8712	2.8363	2.8183	2.8	2.7812	2.762	2.7423	2.7222
7	3.5894	3.2574	3.0741	2.9605	2.8833	2.8274	2.7849	2.7516	2.7247	2.7025	2.6681	2.6322	2.5947	2.5753	2.5555	2.5351	2.5142	2.4928	2.4708
8	3.4579	3.1131	2.9238	2.8064	2.7265	2.6683	2.6241	2.5894	2.5612	2.538	2.502	2.4642	2.4246	2.4041	2.383	2.3614	2.3391	2.3162	2.2926
9	3.3603	3.0065	2.8129	2.6927	2.6106	2.5509	2.5053	2.4694	2.4403	2.4163	2.3789	2.3396	2.2983	2.2768	2.2547	2.232	2.2085	2.1843	2.1592
10	3.285	2.9245	2.7277	2.6053	2.5216	2.4606	2.414	2.3772	2.3473	2.3226	2.2841	2.2435	2.2007	2.1784	2.1554	2.1317	2.1072	2.0818	2.0554
11	3.2252	2.8595	2.6602	2.5362	2.4512	2.3891	2.3416	2.304	2.2735	2.2482	2.2087	2.1671	2.1231	2.1	2.0762	2.0516	2.0261	1.9997	1.9721
12	3.1766	2.8068	2.6055	2.4801	2.394	2.331	2.2828	2.2446	2.2135	2.1878	2.1474	2.1049	2.0597	2.036	2.0115	1.9861	1.9597	1.9323	1.9036
13	3.1362	2.7632	2.5603	2.4337	2.3467	2.283	2.2341	2.1954	2.1638	2.1376	2.0966	2.0532	2.007	1.9827	1.9576	1.9315	1.9043	1.8759	1.8462
14	3.1022	2.7265	2.5222	2.3947	2.3069	2.2426	2.1931	2.1539	2.122	2.0954	2.0537	2.0095	1.9625	1.9377	1.9119	1.8852	1.8572	1.828	1.7973
15	3.0732	2.6952	2.4898	2.3614	2.273	2.2081	2.1582	2.1185	2.0862	2.0593	2.0171	1.9722	1.9243	1.899	1.8728	1.8454	1.8168	1.7867	1.7551
16	3.0481	2.6682	2.4618	2.3327	2.2438	2.1783	2.128	2.088	2.0553	2.0282	1.9854	1.9399	1.8913	1.8656	1.8388	1.8108	1.7816	1.7508	1.7182
17	3.0262	2.6446	2.4374	2.3078	2.2183	2.1524	2.1017	2.0613	2.0284	2.0009	1.9577	1.9117	1.8624	1.8362	1.809	1.7805	1.7506	1.7191	1.6856
18	3.007	2.624	2.416	2.2858	2.1958	2.1296	2.0785	2.0379	2.0047	1.977	1.9333	1.8868	1.8369	1.8104	1.7827	1.7537	1.7232	1.691	1.6567
19	2.9899	2.6056	2.397	2.2663	2.176	2.1094	2.058	2.0171	1.9836	1.9557	1.9117	1.8647	1.8142	1.7873	1.7592	1.7298	1.6988	1.6659	1.6308
20	2.9747	2.5893	2.3801	2.2489	2.1582	2.0913	2.0397	1.9985	1.9649	1.9367	1.8924	1.8449	1.7938	1.7667	1.7382	1.7083	1.6768	1.6433	1.6074
21	2.961	2.5746	2.3649	2.2333	2.1423	2.0751	2.0233	1.9819	1.948	1.9197	1.875	1.8272	1.7756	1.7481	1.7193	1.689	1.6569	1.6228	1.5862
22	2.9486	2.5613	2.3512	2.2193	2.1279	2.0605	2.0084	1.9668	1.9327	1.9043	1.8593	1.8111	1.759	1.7312	1.7021	1.6714	1.6389	1.6042	1.5668
23	2.9374	2.5493	2.3387	2.2065	2.1149	2.0472	1.9949	1.9531	1.9189	1.8903	1.845	1.7964	1.7439	1.7159	1.6864	1.6554	1.6224	1.5871	1.549
24	2.9271	2.5383	2.3274	2.1949	2.103	2.0351	1.9826	1.9407	1.9063	1.8775	1.8319	1.7831	1.7302	1.7019	1.6721	1.6407	1.6073	1.5715	1.5327
25	2.9177	2.5283	2.317	2.1842	2.0922	2.0241	1.9714	1.9293	1.8947	1.8658	1.82	1.7708	1.7175	1.689	1.659	1.6272	1.5934	1.557	1.5176
26	2.9091	2.5191	2.3075	2.1745	2.0822	2.0139	1.961	1.9188	1.8841	1.855	1.809	1.7596	1.7059	1.6771	1.6468	1.6147	1.5805	1.5437	1.5036
27	2.9012	2.5106	2.2987	2.1655	2.073	2.0045	1.9515	1.9091	1.8743	1.8451	1.7989	1.7492	1.6951	1.6662	1.6356	1.6032	1.5686	1.5313	1.4906
28	2.8939	2.5028	2.2906	2.1571	2.0645	1.9959	1.9427	1.9001	1.8652	1.8359	1.7895	1.7395	1.6852	1.656	1.6252	1.5925	1.5575	1.5198	1.4784
29	2.887	2.4955	2.2831	2.1494	2.0566	1.9878	1.9345	1.8918	1.8568	1.8274	1.7808	1.7306	1.6759	1.6466	1.6155	1.5825	1.5472	1.509	1.467
30	2.8807	2.4887	2.2761	2.1422	2.0493	1.9803	1.9269	1.8841	1.849	1.8195	1.7727	1.7223	1.6673	1.6377	1.6065	1.5732	1.5376	1.4989	1.4564
40	2.8354	2.4404	2.2261	2.091	1.9968	1.9269	1.8725	1.8289	1.7929	1.7627	1.7146	1.6624	1.6052	1.5741	1.5411	1.5056	1.4672	1.4248	1.3769
60	2.7911	2.3933	2.1774	2.041	1.9457	1.8747	1.8194	1.7748	1.738	1.707	1.6574	1.6034	1.5435	1.5107	1.4755	1.4373	1.3952	1.3476	1.2915
120	2.7478	2.3473	2.13	1.9923	1.8959	1.8238	1.7675	1.722	1.6843	1.6524	1.6012	1.545	1.4821	1.4472	1.4094	1.3676	1.3203	1.2646	1.1926
Inf	2.7055	2.3026	2.0838	1.9449	1.8473	1.7741	1.7167	1.6702	1.6315	1.5987	1.5458	1.4871	1.4206	1.3832	1.3419	1.2951	1.24	1.1686	1

	DF1	$\alpha = 0.05$																	
DF2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	Inf
1	161.45	199.5	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88	243.91	245.95	248.01	249.05	250.1	251.14	252.2	253.25	254.31
2	18.513	19	19.164	19.247	19.296	19.33	19.353	19.371	19.385	19.396	19.413	19.429	19.446	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8867	8.8452	8.8123	8.7855	8.7446	8.7029	8.6602	8.6385	8.6166	8.5944	8.572	8.5494	8.5264
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3882	6.2561	6.1631	6.0942	6.041	5.9988	5.9644	5.9117	5.8578	5.8025	5.7744	5.7459	5.717	5.6877	5.6581	5.6281
5	6.6079	5.7861	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725	4.7351	4.6777	4.6188	4.5581	4.5272	4.4957	4.4638	4.4314	4.3985	4.365
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2067	4.1468	4.099	4.06	3.9999	3.9381	3.8742	3.8415	3.8082	3.7743	3.7398	3.7047	3.6689
7	5.5914	4.7374	4.3468	4.1203	3.9715	3.866	3.787	3.7257	3.6767	3.6365	3.5747	3.5107	3.4445	3.4105	3.3758	3.3404	3.3043	3.2674	3.2298
8	5.3177	4.459	4.0662	3.8379	3.6875	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881	3.3472	3.2839	3.2184	3.1503	3.1152	3.0794	3.0428	3.0053	2.9669	2.9276
9	5.1174	4.2565	3.8625	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789	3.1373	3.0729	3.0061	2.9365	2.9005	2.8637	2.8259	2.7872	2.7475	2.7067
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.478	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204	2.9782	2.913	2.845	2.774	2.7372	2.6996	2.6609	2.6211	2.5801	2.5379
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.948	2.8962	2.8536	2.7876	2.7186	2.6464	2.609	2.5705	2.5309	2.4901	2.448	2.4045
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964	2.7534	2.6866	2.6169	2.5436	2.5055	2.4663	2.4259	2.3842	2.341	2.2962
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144	2.671	2.6037	2.5331	2.4589	2.4202	2.3803	2.3392	2.2966	2.2524	2.2064
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458	2.6022	2.5342	2.463	2.3879	2.3487	2.3082	2.2664	2.2229	2.1778	2.1307
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876	2.5437	2.4753	2.4034	2.3275	2.2878	2.2468	2.2043	2.1601	2.1141	2.0658
16	4.494	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377	2.4935	2.4247	2.3522	2.2756	2.2354	2.1938	2.1507	2.1058	2.0589	2.0096
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.81	2.6987	2.6143	2.548	2.4943	2.4499	2.3807	2.3077	2.2304	2.1898	2.1477	2.104	2.0584	2.0107	1.9604
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563	2.4117	2.3421	2.2686	2.1906	2.1497	2.1071	2.0629	2.0166	1.9681	1.9168
19	4.3807	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227	2.3779	2.308	2.2341	2.1555	2.1141	2.0712	2.0264	1.9795	1.9302	1.878
20	4.3512	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.599	2.514	2.4471	2.3928	2.3479	2.2776	2.2033	2.1242	2.0825	2.0391	1.9938	1.9464	1.8963	1.8432
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.366	2.321	2.2504	2.1757	2.096	2.054	2.0102	1.9645	1.9165	1.8657	1.8117
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419	2.2967	2.2258	2.1508	2.0707	2.0283	1.9842	1.938	1.8894	1.838	1.7831
23	4.2793	3.4221	3.028	2.7955	2.64	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201	2.2747	2.2036	2.1282	2.0476	2.005	1.9605	1.9139	1.8648	1.8128	1.757
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002	2.2547	2.1834	2.1077	2.0267	1.9838	1.939	1.892	1.8424	1.7896	1.733
25	4.2417	3.3852	2.9912	2.7587	2.603	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821	2.2365	2.1649	2.0889	2.0075	1.9643	1.9192	1.8718	1.8217	1.7684	1.711
26	4.2252	3.369	2.9752	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655	2.2197	2.1479	2.0716	1.9898	1.9464	1.901	1.8533	1.8027	1.7488	1.6906
27	4.21	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501	2.2043	2.1323	2.0558	1.9736	1.9299	1.8842	1.8361	1.7851	1.7306	1.6717
28	4.196	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.236	2.19	2.1179	2.0411	1.9586	1.9147	1.8687	1.8203	1.7689	1.7138	1.6541
29	4.183	3.3277	2.934	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2783	2.2229	2.1768	2.1045	2.0275	1.9446	1.9005	1.8543	1.8055	1.7537	1.6981	1.6376
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107	2.1646	2.0921	2.0148	1.9317	1.8874	1.8409	1.7918	1.7396	1.6835	1.6223
40	4.0847	3.2317	2.8387	2.606	2.4495	2.3359	2.249	2.1802	2.124	2.0772	2.0035	1.9245	1.8389	1.7929	1.7444	1.6928	1.6373	1.5766	1.5089
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2541	2.1665	2.097	2.0401	1.9926	1.9174	1.8364	1.748	1.7001	1.6491	1.5943	1.5343	1.4673	1.3893
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2899	2.175	2.0868	2.0164	1.9588	1.9105	1.8337	1.7505	1.6587	1.6084	1.5543	1.4952	1.429	1.3519	1.2539
Inf	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0986	2.0096	1.9384	1.8799	1.8307	1.7522	1.6664	1.5705	1.5173	1.4591	1.394	1.318	1.2214	1

การแจกแจง (Distribution)	คอนเซปต์หลัก	ใช้เมื่อไหร่? (Keyword)
Standard Normal (Z)	เป็น "แม่แบบ" ของการแจกแจงปกติ มีค่าเฉลี่ย = 0 และ S.D. = 1 เสมอ	ใช้เมื่อกลุ่มตัวอย่างใหญ่ ( $n \geq 30$ ) หรือรู้ค่าความแปรปรวนของประชากร ( $\sigma^2$ )
t-distribution (t)	รูปร่างคล้ายกันแต่เตี้ยและอ้วนกว่า (หางหนักกว่า) เพื่อรองรับความไม่แน่นอนของข้อมูลน้อยๆ	ใช้เมื่อกลุ่มตัวอย่างเล็ก ( $n < 30$ ) และไม่รู้ค่าความแปรปรวนของประชากร
Chi-square ( $X^2$ )	เกิดจากการนำค่า Z มา ยกกำลังสองแล้วบวกกัน (ค่าจึงเป็นบวกเสมอ)	ใช้ทดสอบ ความแปรปรวน, ความสัมพันธ์ (Goodness of Fit), หรือความเป็นอิสระของตัวแปร
F-distribution (F)	เป็นอัตราส่วนระหว่าง $X^2$ สองตัว (Variance Ratio)	ใช้เปรียบเทียบ ความแปรปรวนตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป (เช่นใน ANOVA)



**ตัวอย่างการคำนวณ :** ข้อมูลเกี่ยวกับค่า IQ ของมนุษย์จำนวน 120 คน

**1. ห้อง A (Room A): "ห้องเด็กสมาธิ" (Low Variance)**

**ลักษณะ:** คะแนนเกาะกลุ่มกันแน่นที่ 100 ไม่ค่อยมีใครตกและไม่มีใครโดดเด่นเวอร์ (จำนวน 60 คน)

92, 93, 93, 94, 94, 95, 95, 95, 96, 96, 96, 96, 97, 97, 97, 97, 97, 98, 98, 98, 98, 98, 99, 99, 99, 99, 99, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 101, 101, 101, 101, 101, 101, 102, 102, 102, 102, 102, 103, 103, 103, 103, 104, 104, 104, 105, 105, 105, 106, 107, 108

**2. ห้อง B (Room B): "ห้องเด็กติสต์" (High Variance)**

**ลักษณะ:** คะแนนเหวี่ยงมาก มีทั้งกลุ่มอ่อนมากและกลุ่มอัจฉริยะปนกัน (จำนวน 60 คน)

68, 70, 72, 75, 76, 78, 80, 81, 82, 83, 85, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 114, 115, 116, 118, 120, 121, 122, 124, 125, 126, 128, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 138, 140, 141, 142, 144, 145, 148

คำถาม

1. ถ้านักศึกษาคนหนึ่งเดินมาหาคุณ อยากรู้ว่าโอกาสที่จะสุ่มเจอคนที่มี IQ มากกว่า 130 (ระดับอัจฉริยะ) ในกลุ่มนี้มีกี่เปอร์เซ็นต์?
2. **สถานการณ์:** สมมติว่าคุณทำข้อมูลชุดใหญ่ 120 คนนั้นหายไป! เหลือแค่กระดาษโน้ตที่จดคะแนนของนักศึกษามาแค่ 10 คน(สุ่มมา) **ข้อมูลสุ่ม 10 คน:** 98, 102, 110, 90, 105, 88, 115, 95, 100, 103 **โจทย์:** "จากข้อมูลแค่ 10 คนนี้ สามารถสรุปได้ไหมว่าค่าเฉลี่ย IQ เท่ากับของนักศึกษากลุ่มใหญ่จริง?"
3. "การกระจายตัวของคะแนน 120 คนนี้ เป็นรูป **ระฆังคว่ำ (Normal Distribution) จริงหรือไม่?**
4. **สถานการณ์:** แบ่งนักศึกษา 120 คนออกเป็น 2 ห้องตามลำดับรายชื่อ (ห้อง A 60 คน, ห้อง B 60 คน) **โจทย์:** "อยากรู้ว่านักศึกษาห้อง A กับห้อง B มี **ความแปรปรวนที่กระจุกกระจาย (Variance)** แตกต่างกันไหม? (เช่น ห้อง A เกาะกลุ่มกันเก่ง แต่ห้อง B มีทั้งเก่งมากและอ่อนมากปนกัน)"