รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชย์บัญชา. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.

จิตรลดา วิทยบูลย์. การวิเคราะห์ระบบควบคุมพัสดุคงคลังของอะไหล่รถ. วิทยานิพนธ์ปริญญาพาณิชยศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2524.

เจริญ สุนทราวานิชย์. การวางแผนการผลิตและพัสดุคงคลังสำหรับโรงงานกระดาษเหนียว. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

ชัชรินทร์ สุวรรณวาทิน. การสำรองพัสดุเพื่อการซ่อมแซมและบำรุงรักษาเรือ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.

ชัยพฤกษ์ ศานติพันธ์. ระบบการควบคุมพัสดุคงคลังของชิ้นส่วนอะไหล่เครื่องยนต์ของเรือ พี จี เอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

ชูเวช ชาญสง่าเวช และคณะ. การจัดการทางวิศวกรรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535.

พิภพ เล้าประจง,มานพ ศรีตุลยโชติ. การบริหารของคงคลัง และการวางแผนความต้องการวัสดุ. กรุงเทพฯ:สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี่ (ไทย - ญี่ปุ่น), 2536.

วิจิตร ตัณฑสุทธิ์ และคณะ. การศึกษาการทำงาน. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. ระบบพัสดุคงคลัง. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2538.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

ศิริชัย พงษ์วิชัย . การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2538.

สุรพล ราษฎร์นุ้ย, เรือเอก. การวางแผนทรัพยากรในการซ่อมบำรุงขั้นปรับซ่อมใหญ่ระดับขับเคลื่อนหลักของเรือยนต์เร็วโจมตี. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2532.

อภินันท์ คลอวุฒินันท์. การประยุกต์เทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุในโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์เหล็ก. วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.

ภาษาอังกฤษ

Bowker, A.H. and Lieberman, G.J. Engineering Statistics. News Jersey: Prentic-Hall Inc.,1972.

Kreyszig, E. Advanced Engineering Mathmatics. John Willey&Sons, 1983.

Longbottom, R. Computer System Reliablity. Rainbow-Bridge Book,1980.

Naddor, E. Inventory Systems. John Weiley & Sons, INC., 1966.

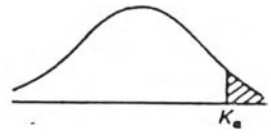
Smith, S. B. Computer-Based Production and Inventory Control. New Jersey: Prentice-Hall .

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ตารางทางสถิติ

ความน่าจะเป็นแบบนอร์มอล

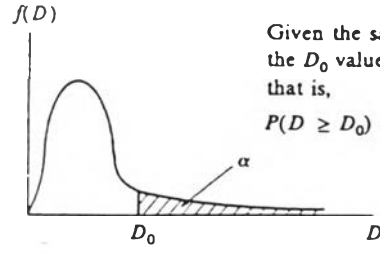
$$\int_{K_\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}\, dx = \alpha$$



K_α	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	.5000	.4960	.4920	.4880	.4840	.4801	.4761	.4721	.4681	.4641
0.1	.4602	.4562	.4522	.4483	.4443	.4404	.4364	.4325	.4286	.4247
0.2	.4207	.4168	.4129	.4090	.4052	.4013	.3974	.3936	.3897	.3859
0.3	.3821	.3783	.3745	.3707	.3669	.3632	.3594	.3557	.3520	.3483
0.4	.3446	.3409	.3372	.3336	.3300	.3264	.3228	.3192	.3156	.3121
0.5	.3085	.3050	.3015	.2981	.2946	.2912	.2877	.2843	.2810	.2776
0.6	.2743	.2709	.2676	.2643	.2611	.2578	.2546	.2514	.2483	.2451
0.7	.2420	.2389	.2358	.2327	.2296	.2266	.2236	.2206	.2177	.2148
0.8	.2119	.2090	.2061	.2033	.2005	.1977	.1949	.1922	.1894	.1867
0.9	.1841	.1814	.1788	.1762	.1736	.1711	.1685	.1660	.1635	.1611
1.0	.1587	.1562	.1539	.1515	.1492	.1469	.1446	.1423	.1401	.1379
1.1	.1357	.1335	.1314	.1292	.1271	.1251	.1230	.1210	.1190	.1170
1.2	.1151	.1131	.1112	.1093	.1075	.1056	.1038	.1020	.1003	.0985
1.3	.0968	.0951	.0934	.0918	.0901	.0885	.0869	.0853	.0838	.0823
1.4	.0808	.0793	.0778	.0764	.0749	.0735	.0721	.0708	.0694	.0681
1.5	.0668	.0655	.0643	.0630	.0618	.0606	.0594	.0582	.0571	.0559
1.6	.0548	.0537	.0526	.0516	.0505	.0495	.0485	.0475	.0465	.0455
1.7	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0401	.0392	.0384	.0375	.0367
1.8	.0359	.0351	.0344	.0336	.0329	.0322	.0314	.0307	.0301	.0294
1.9	.0287	.0281	.0274	.0268	.0262	.0256	.0250	.0244	.0239	.0233
2.0	.0228	.0222	.0217	.0212	.0207	.0202	.0197	.0192	.0188	.0183
2.1	.0179	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146	.0143
2.2	.0139	.0136	.0132	.0129	.0125	.0122	.0119	.0116	.0113	.0110
2.3	.0107	.0104	.0102	.00990	.00964	.00939	.00914	.00889	.00866	.00842
2.4	.00820	.00798	.00776	.00755	.00734	.00714	.00695	.00676	.00657	.00639
2.5	.00621	.00604	.00587	.00570	.00554	.00539	.00523	.00508	.00494	.00480
2.6	.00466	.00453	.00440	.00427	.00415	.00402	.00391	.00379	.00368	.00357
2.7	.00347	.00336	.00326	.00317	.00307	.00298	.00289	.00280	.00272	.00264
2.8	.00256	.00248	.00240	.00233	.00226	.00219	.00212	.00205	.00199	.00193
2.9	.00187	.00181	.00175	.00169	.00164	.00159	.00154	.00149	.00144	.00139

K_α	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
3	.00135	$.0^3968$	$.0^3687$	$.0^3483$	$.0^3337$	$.0^3233$	$.0^3159$	$.0^3108$	$.0^4723$	$.0^4481$
4	$.0^4317$	$.0^4207$	$.0^4133$	$.0^4854$	$.0^4541$	$.0^4340$	$.0^4211$	$.0^4130$	$.0^5793$	$.0^5479$
5	$.0^5287$	$.0^5170$	$.0^5996$	$.0^6579$	$.0^6333$	$.0^6190$	$.0^6107$	$.0^6599$	$.0^7332$	$.0^7182$
6	$.0^9987$	$.0^9530$	$.0^9282$	$.0^9149$	$.0^{10}777$	$.0^{10}402$	$.0^{10}206$	$.0^{10}104$	$.0^{11}523$	$.0^{11}260$

ค่าวิกฤตสำหรับการทดสอบแบบ K–S



Given the sample size n, the table gives the D_0 value with α of the area above it, that is,

$P(D \geq D_0) = \alpha$

n	α level		
	0.10	0.05	0.01
1	0.95	0.98	0.995
2	0.78	0.84	0.93
3	0.64	0.71	0.83
4	0.56	0.62	0.73
5	0.51	0.56	0.67
6	0.47	0.52	0.62
7	0.44	0.49	0.58
8	0.41	0.46	0.54
9	0.39	0.43	0.51
10	0.37	0.41	0.49
11	0.35	0.39	0.47
12	0.34	0.38	0.45
13	0.33	0.36	0.43
14	0.31	0.35	0.42
15	0.30	0.34	0.40
16	0.30	0.33	0.39
17	0.29	0.32	0.38
18	0.28	0.31	0.37
19	0.27	0.30	0.36
20	0.26	0.29	0.36
25	0.24	0.27	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.21	0.23	0.27
40	0.19	0.21	0.25
50	0.17	0.19	0.23
> 50	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

ภาคผนวก ข.

ตัวแปรเชิงสุ่ม และ การทดสอบทางสถิติ K-S test one sample

ตัวแปรเชิงสุ่ม (Random Variable)

ผลที่ได้จากการทดลองหรือ Outcome ของการทดลองใดๆ ย่อมประกอบเป็นเซทหรือเรียกว่า Sample Space บางครั้งก็ไม่ต้องการทราบรายละเอียดของ Sample Point ทั้งหมด แต่ต้องการทราบเพียงจำนวนบางอย่างใน Sample Space เท่านั้น อาทิเช่นการโยนเหรียญ 3 เหรียญ Sample Space ของการโยนเหรียญนี้ประกอบด้วย 8 Sample point แต่ต้องการ ทราบเพียงจำนวนของหัวที่เกิดขึ้นเท่านั้น ดังนั้น Sample Point ของการโยนเหรียญที่จะได้หัว จึงประกอบด้วยตัวเลข 0,1,2 หรือ 3 คือ จำนวนที่ไม่ได้หัวเลย ,ได้หัว 1 หัว, ได้หัว 2 หัว, หรือได้ 3 หัว จำนวน 0,1,2และ3 นี้เรียกว่า Random Variable จะต้องเป็นเลขจำนวนจริง (Real) จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า RandomVariable คือฟังก์ชั่นที่มีค่าเป็นจำนวนจริง (Real) ที่ได้พิจารณา Sample Point แต่ละอันใน SamplePoint แต่ละอันใน Sample Space โดยทั่วไปใช้ X แทน Random Variable และ x แทนค่าของมันนั่นคือ X เป็นเหตุการณ์ที่เป็นเซ็ทย่อยของ Sample Space นั่นเอง

โดยทั่วไปแล้วการแจกแจงความน่าจะเป็นของ Sample Space มีลักษณะการแจกแจง ของความน่าจะเป็นไม่เหมือนกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และเงื่อนไขต่างๆ ที่ สนใจจะศึกษา และนอกจากนี้ก็ยังขึ้นอยู่กับการ Observation ที่เกี่ยวข้องและขนาดของ ตัวอย่างที่สุ่มมาอีกด้วย ฟังก์ชั่นซึ่งแสดงตัวแปรเชิงสุ่มจะเป็นค่าเท่าใด มีความน่าจะเป็นเท่าใด เราเรียกว่าฟังก์ชั่นของการแผ่กระจายของความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function) ของตัวแปรเชิงสุ่มนั้น ซึ่งแบ่งออกได้หลายชนิด เช่น Uniform Distribution, Binomial Distribution, Multinomial Distribution, Hypergeometric Distribution, Poisson Distribution เป็นต้น

Uniform Distribution

ถ้า sample space ของ random variable X คือ $S = x_1, x_2, \ldots\ldots x_r$ ซึ่ง random variable แต่ละตัวมีค่าความน่าจะเป็นที่ปรากฏเท่า ๆ กัน เรียก random variable นี้ว่า มีการแจกแจงแบบ uniform distribution เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ดังนี้

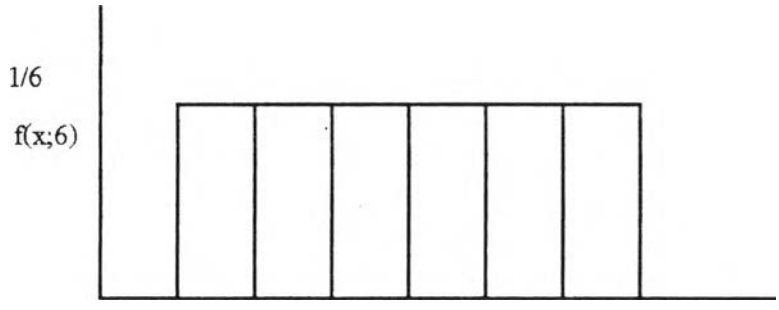
$$f(x;k) = (1/k)\ x = x_1, x_2, \ldots\ldots x_r$$

เมื่อ k เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจง

ตัวอย่าง การทอดลูกเต๋าลูกหนึ่งซึ่ง Sample space ประกอบด้วย 1,2,3,4,5 และ 6 แต่ละ sample point มีความน่าจะเป็นที่ปรากฏขึ้นเท่ากับ 1/6 ดังนั้นจะได้ uniform distribution ดังนี้

$$f(x;6) = (1/6)\ x = 1,2,3,4,5,6$$

อนึ่งถ้าจะเขียน uniform distribution ในลักษณะของฮิสโตแกรม ก็จะได้ชุดของสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความสูงเท่ากันดังนี้



Poisson distribution

random variable X ของการทดลองใดๆ จำนวนของ success ที่ปรากฏขึ้น ในช่วงเวลาหรือบริเวณที่กำหนดให้ เรียกว่าเป็นPoisson experiment ช่วงเวลาที่กำหนด ให้อาจเป็นนาที วัน สัปดาห์ เดือน ปี หรือช่วงเวลาใด ๆ ก็ได้ ตัวอย่างเช่น ถ้าเราให้ random variable X แทนจำนวนครั้งที่รับโทรศัพท์ในช่วงเวลาหนึ่งชั่วโมงของพนักงานรับโทรศัพท์ แห่งหนึ่ง หรือแทนจำนวนครั้งที่ขับรถผิดกฎจราจรที่สี่แยกราชเทวีในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง เป็นต้น จัดว่าเป็น Poisson experiment ทั้งสิ้น ส่วนในบริเวณที่กำหนดให้นั้น อาจเป็นส่วนของเส้นตรง ส่วนของพื้นที่ ปริมาตรหรือส่วนของวัตถุก็ได้อาทิเช่น random variable X อาจแทนจำนวน แห่งที่พิมพ์ผิดก่อนหน้าก็ได้

โดยทั่วไป Poisson experiment จะมีคุณลักษณะดังนี้

1. เราทราบค่า μ ของ success ที่ปรากฏขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งหรือบริเวณหนึ่งที่กำหนดให้

2. ความน่าจะเป็นของแต่ละ success ที่ปรากฏขึ้นในช่วงเวลา หรือบริเวณที่เล็กๆ ย่อมเป็นสัดส่วนกับช่วงเวลาหรือขนาดของบริเวณ แต่ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนของ success ที่ปรากฏ ขึ้นภายนอกช่วงเวลา หรือภายนอกบริเวณที่กำหนดให้

3. ความน่าจะเป็นของ success ที่มากกว่าหนึ่ง success ขึ้นไป ในช่วงเวลาสั้น ๆ หรือบริเวณแคบๆ

จำนวน success หรือ X ใน Poisson experiment เรียกว่า Poisson random variable และการแจกแจงความน่าจะเป็นของ Poisson variable X เรียกว่า Poisson distribution เขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ $p(x;\mu)$ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า μ ค่าμ นี้ เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวน success ที่ปรากฏขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดให้ และเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$p(x;\mu) = (e^{-\mu}\ \mu^{x}) / x! \qquad x=1,2,3,4, \ldots\ldots$$

เมื่อ $e = 2.71828\ldots$ โดยประมาณ

<u>ตัวอย่าง</u> ค่าเฉลี่ยจำนวนวัน ที่โรงเรียนอาชีวศึกษาปิดเนื่องจากนักเรียนยกพวกตีกันเมื่อเทอมที่ สอง เท่ากับ 4 วัน จงหาความน่าจะเป็นที่โรงเรียนอาชีวศึกษาจะปิด 6 วัน ในเทอมที่สอง ของปีต่อไป

$$p(x;\mu) = (e^{-\mu}\ \mu^{x}) / x! \qquad x=1,2,3,4, \ldots\ldots$$

$x=6,\ \mu=4$

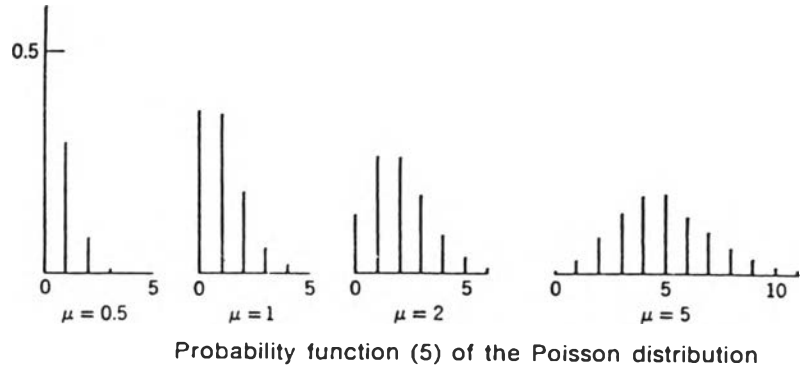
$$p(6;4) = (e^{-4}\ 4^{6}) / 6! \qquad x=1,2,3,4, \ldots\ldots$$

$$= \sum_{x=0}^{6} p(x;4) - \sum_{x=0}^{5} p(x;4)$$

$$= 0.8893 - 0.7851$$

$$= 0.1042$$

คุณลักษณะของการแจกแจงแบบพัวซองที่สำคัญประการหนึ่ง ได้แก่ ความแปรปรวนของPoisson distribution มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ย นั่นคือค่าเฉลี่ย = μ และค่าความแปรปรวน=μ



Probability function (5) of the Poisson distribution for various values of μ

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น การแจกแจงความน่าจะเป็นของพัวซองจะมีลักษณะใกล้กับการแจกแจงแบบปกติมากขึ้น

<u>Normal Distribution</u>

การแจกแจงแบบปกติเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง ที่ใช้กันมากที่สุดในทางด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม กราฟที่แสดงลักษณะของการแจกแจงปกติเรียกว่า เส้นโค้งปกติ (Normal curve) และตัวแปรเชิงสุ่ม X ซึ่งมีการแจกแจงปกติจะเรียกว่า ตัวแปรเชิงสุ่ม แบบปกติ (Normal random variable)

สมการการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ คือ

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{v-\mu}{\sigma}\right)^2} dv.$$

ลักษณะการแจกแจงแบบปกติมักมีปรากฏในธรรมชาติอยู่แล้ว เช่นความสูง , น้ำหนัก , คะแนน กล่าวคือ ความถี่มากๆ จะอยู่ตรงกลาง แล้วค่อยๆ ลาดลงทั้ง 2 ข้าง การแจกแจงปกตินี้ บางทีเรียกว่าการแจกแจงแบบเกาส์เซียน (Gaussian distribution) ซึ่งตั้งขึ้นเพื่อ เป็นเกียรติแก่เกาส์ (Gauss) ซึ่งเป็นนักคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะของสมการเส้นโค้ง ปกติ

การแจกแจงแบบปกติ รูปลักษณะจะเป็นเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ ด้านซ้ายและด้านขวาของเส้นโค้งมีส่วนเท่ากัน หรือเรียกสมมาตร (Symmetric) ส่วนสูงสุดของเส้นโค้งอยู่ตรงกลาง พอดี และตรงกับค่าเฉลี่ย μ ของประชากร ค่าเฉลี่ย μ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ จะเป็นค่าคงที่ชนิดที่เรียกว่าพารามิเตอร์ (parameter) ซึ่งจะเป็นพารามิเตอร์ที่ควบคุมตัวแปรให้มี ลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ การทดสอบตามวิธีทางสถิติใดๆ จึงสามารถใช้ตัวพารามิเตอร์ ดังกล่าว ภายใต้ข้อกำหนดแห่งการแจกแจงปกติได้ จึงอาจเรียกการทดสอบดังกล่าวว่าเป็น การทดสอบแบบพาราเมตริก (Parametric) ได้

สรุปแล้วการแจกแจงแบบปกติ เป็นการแจกแจงที่สำคัญที่สุด ด้วยเหตุผลต่อไปนี้

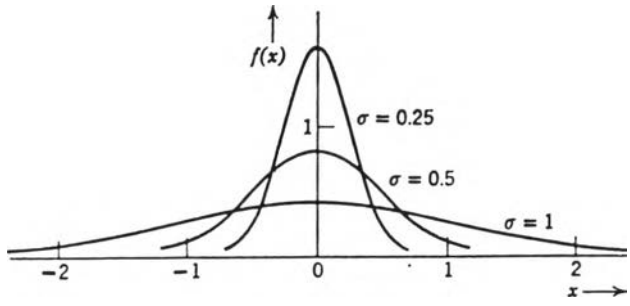
1. การแจกแจงของตัวแปรจำนวนมาก ในสาขาวิชาต่างๆ มักมีลักษณะเป็นปกติ โดยประมาณ เช่น น้ำหนักของคน , คะแนนในการสอบ

2. สามารถแปลงตัวแปรเชิงสุ่มที่มีการแจกแจงไม่เป็นการแจกแจงปกติ ให้มีการแจกแจงปกติได้โดยสมการง่าย ๆ

3. ข้อมูลที่เป็นการวัดมักนิยมใช้ค่าเฉลี่ยเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะนักวิจัยจะใช้ค่าเฉลี่ยมาก และค่าเฉลี่ยจะมีการแจกแจงอันมีแนวโน้มเป็นการแจกแจงปกติ เมื่อขนาดข้อมูลยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้น

4. ผลการทดลองและวิธีการต่างๆ อันเป็นประโยชน์จำนวนมากจะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อการแจงแจงเป็นปกติ เท่านั้น และนอกจากนี้ในกรณีต้องการผลสรุปอย่างคร่าว ๆ แต่ตัวแทนมา จากการแจกแจงไม่ปกติก็ยังจะใช้การได้ โดยถือเสมือนว่าการแจกแจงเป็นปกติ

เมื่อค่าเฉลี่ย μ และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ มีค่าต่าง ๆ จะทำให้ลักษณะของโค้งเปลี่ยนแปลงไป โค้งจะอยู่ทางซ้ายหรือขวงของแกนขึ้นกับค่า μ และจุดเปลี่ยนโค้งจะอยู่ที่จุด $x = \mu \pm \sigma$ ดังนั้นลักษณะของเส้นโค้งจะโค่งหรือแบนราบขึ้นอยู่กับค่าความบ่ายแบนมาตรฐาน ถ้าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามากโค้งก็จะมีลักษณะแบนราบ แต่ถ้าความเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยจุดเปลี่ยนโค้งก็จะอยู่ใกล้ค่าเฉลี่ย โค้งก็จะมีลักษณะโค่ง ดังรูป



Density (1) of the normal distribution
with $\mu = 0$ for various values of σ

Kolmogorov - Smirnov Goodness of Fit test

Kolmogorov - Smirnov One Sample test เป็นวิธีการทดสอบว่าข้อมูลมีการกระจายตามสมมติฐานที่ตั้งขึ้นไว้หรือไม่ โดยใช้ฟังก์ชั่นการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบสะสม (Cumulative Distribution Function) ของความถี่ตามทฤษฎีของสมมติฐานนั้น มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งมี ขั้นตอนดังนี้

1. สร้างฟังก์ชั่นการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบสะสมขึ้น ตามลักษณะของเส้นโค้ง (Curve) ที่เราตั้งสมมติฐานขึ้นมา เช่นเราตั้งสมมติฐานว่าข้อมูลของเราที่เก็บมาเป็นลักษณะเส้นโค้งของการแผ่กระจายแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution Curve) ซึ่งมีรูปแบบของฟังก์ชั่นการ แผ่กระจายดังนี้

$$f(x;k) = (1/k)\ x = x_1, x_2, \ldots\ldots\ldots x_k$$

$$F(X;k) = \sum_{i=1}^{x} (1/k_i)$$

2. คำนวณหาความน่าจะเป็น $f_n(X)$ และความน่าจะเป็นสะสม $F_n(X)$ ของข้อมูลที่เก็บมาได้

3. เปรียบเทียบค่า $|F(X,k) - F_n(X)|$ แล้วนำค่าที่มากที่สุดมาเปรียบเทียบกับค่าที่กำหนด ไว้ในตารางของการตรวจสอบแบบ Kolmogorov - Smirnov

ถ้า $\max|F(X,k) - F_n(X)| > D_n^{\alpha}$

แสดงว่าไม่ยอมรับสมมติฐานที่ตั้งขึ้นด้วยระดับนัยสำคัญ α

ถ้า $\max|F(X,k) - F_n(X)| < D_n^{\alpha}$

แสดงว่ายอมรับสมมติฐานที่ตั้งขึ้นด้วยระดับนัยสำคัญ α

ตัวอย่าง

ทดสอบการกระจายของความต้องการใช้อะไหล่เบอร์ 10A1234 โดยความต้องการใช้ 12 เดือนที่ผ่านมา คือ 0,3,1,1,0,0,1,1,1,2,0,1

UNIFORM TEST

ความต้องการ	ความถี่	Probability	S(X) สะสม	F(X)	| S(X)-F(X) |
0	4	4/12	0.333	0	0.333
1	6	6/12	0.833	1/3=0.333	0.5
2	1	1/12	0.917	2/3=0.666	0.251
3	1	1/12	1	3/3=1	0

D=0.5

จากตารางในภาคผนวก ก. $D_{0.05,12}$= 0.38

$D_{0.05,12} < D$

ปฏิเสธ

POISSON TEST λ=0.917

ความต้องการ	ความถี่	S(X) สะสม	$(e^{-\lambda}\lambda^{x})/x!$	F(X)	| S(X)-F(X) |
0	4	0.333	0.4	0.4	0.067
1	6	0.833	0.367	0.767	0.066
2	1	0.917	0.168	0.935	0.018
3	1	1	0.050	0.985	0.015

D=0.067

จากตารางในภาคผนวก ก. $D_{0.05,12}$= 0.38

$D_{0.05,12} > D$

ยอมรับ

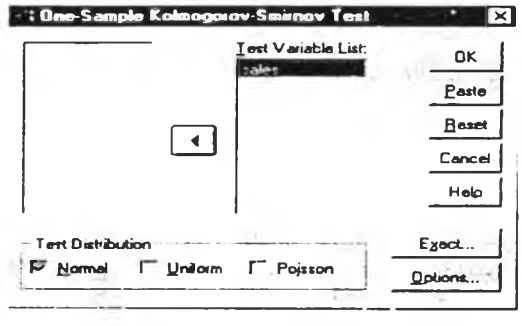
การทดสอบ One-Sample Kolmogorov-Sminov Test ด้วยโปรแกรม SPSS for Windows

คือการทดสอบว่าข้อมูลตัวอย่างจากประชากร มีการแจกแจงตามที่คาดไว้หรือไม่ เช่น การแจกแจงปกติ ยูนิฟอร์ม หรือ ปัวซอง โดยเปรียบเทียบความน่าจะเป็นสะสมของข้อมูล ตัวอย่างกับการแจกแจงที่คาดไว้

ข้อมูลตัวอย่างที่จะนำมาทดสอบโดยใช้ Kolmogorov-Smirnov Test ต้องเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ คือ เป็นสเกลอัตรภาคหรือเสกลอัตราส่วน

คำสั่งของ SPSS ในการใช้ One-Sample Kolmogorov-Sminov Test

- Statistics
- Nonparametric Tests
- 1-Sample K-S จะได้หน้าจอแสดงดังรูป



Test Variable List : เลือกตัวแปรชนิด numeric ที่ต้องการทดสอบตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป กรณีเลือกตัวแปรมากกว่า 1 ตัว SPSS จะทดสอบแยกทีละตัวแปร

Test Distribution : เลือกการแจกแจงที่ต้องการทดสอบอย่างน้อย 1 การแจกแจงจากต่อไปนี้

Normal ใช้เมื่อต้องการทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติ โดยจะใช้ค่าเฉลี่ย ตัวอย่าง และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตัวอย่างเป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจง

Uniform ใช้เมื่อต้องการทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบยูนิฟอร์ม โดยจะใช้ค่า สูงสุด และค่าต่ำสุดของตัวอย่างในการคำนวณค่าพิสัย (range = max-min) ของการแจกแจง

Poisson ใช้เมื่อต้องการทดสอบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปัวซอง โดยจะใช้ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง เป็นพารามิเตอร์การแจกแจง

ตัวอย่าง ถ้าสุ่มยอดขายรายเดือนของสินค้าชนิดหนึ่งมา 8 เดือน ได้ข้อมูลดังนี้ 10,14,6,5,11,6,5 และ 6 ล้าน อยากทราบว่ายอดขายรายเดือนของสินค้าชนิดนี้มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ใช้ระดับนัยสำคัญ = 0.05

วิธีทำ

1. สร้างแฟ้มข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อมูล 8 ค่าข้างต้นโดยให้ชื่อตัวแปรว่า sales และเป็นตัวแปรชนิด numeric และตัวการทดสอบ

   H_0 : sales มีการแจกแจงแบบปกติ

   H_1 : sales ไม่ได้มีการแจกแจงแบบปกติ

2. ใช้คำสั่ง Statistics-Nonparametric Tests และ 1-Sample K-S ตามลำดับ จะได้หน้าจอแสดงในรูปบน

3. เลือกตัวแปร sales

4. ในส่วนของ Test Distribution เลือก Normal

5. เลือก Options เลือก Descriptive แล้วเลือก Continue

6. เลือก OK จะได้ผลลัพธ์แสดงดังตารางข้างล่าง

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
SALES	8	7.8750	3.3568	5.00	14.00

ความหมายของตาราง

เป็นการคำนวณค่าสถิติเบื้องต้นของตัวแปร sales นั่นคือมี

ยอดขายเฉลี่ย = 7.875 ล้านบาทต่อเดือน ยอดขายเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.3568 ล้านบาท

ยอดขายต่ำสุด = 5 ล้านบาท ยอดขายสูงสุด = 14 ล้านบาท

		SALES
N		8
Normal Parameters a,b	Mean	7.8650
	Std. Deviation	3.3568
Most Extreme	Absolute	.337
	Positive	.337
	Negative	-.196
Kolmogorov-Smirnov Z		.953
Asymp. Sig. (2-tailed)		.324

ความหมายของตารางบน คือ

Normal Parameters	หมายถึงค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยตัวอย่าง คือ 7.875 และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 3.3568
Most Extreme Difference Absolute Position Negative	หมายถึงค่าความแตกต่างสูงสุดของความน่าจะเป็นสะสมที่เกิดขึ้นจริงกับความน่าจะเป็นสะสมปกติ หมายถึง max |F(sales) - S(sales)| = .337 โดยที่ F(Sales) = ความน่าจะเป็นสะสมของ sales เมื่อ sales มีการแจกแจงปกติ S(sales) = ความน่าจะเป็นสะสมของ sales ที่เกิดขึ้นจริง F(sales)-S(sales) ที่มีค่าบวกสูงสุด = .337 F(sales)-S(sales) ที่มีค่าลบสูงสุด = -.196
Kolmogorov-Smirnov Z	หมายถึงสถิติของ Kolmogorov-Smirnov ที่ใช้ในการทดสอบว่า sales มีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ซึ่งคำนวณได้ค่าสถิติทดสอบของ Kolmogorov-Smirnov = .956
Asyump. Sig(2-tailed)	หมายถึงค่า Significance โดยประมาณของการทดสอบ ในที่นี้ได้ค่า Sig. = .324 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด(0.05) จึงไม่สามารถปฏิเสธ H_0 ได้ จึงสรุปได้ว่าตัวแปร sales มีการแจกแจงปกติ

แสดงผลการทดสอบอะไหล่เบอร์ 10A1234 ด้วย SPSS โดยความต้องการใช้ 12 เดือนที่ผ่านมา คือ 0,3,1,1,0,0,1,1,1,2,0,1

- - - - - Kolmogorov - Smirnov Goodness of Fit Test

Test distribution - Uniform Range: .00 to 3.00

Cases: 12

Most extreme differences

Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-Tailed P
.50000	.50000	-.08333	1.7321	.0050

- - - - - Kolmogorov - Smirnov Goodness of Fit Test

Test distribution - Poisson Mean: .9167

Cases: 12

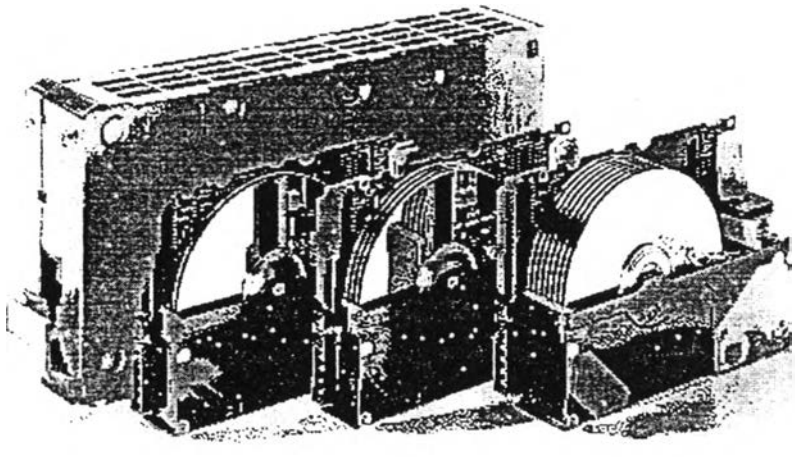
Most extreme differences

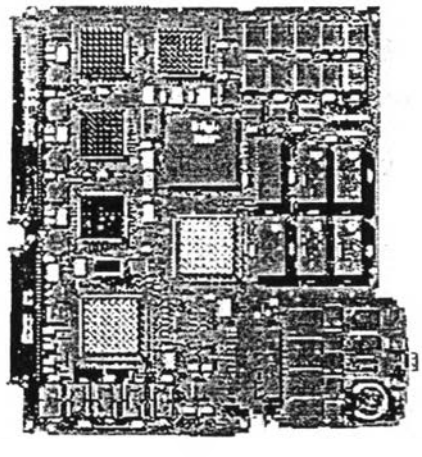
Absolute	Positive	Negative	K-S Z	2-Tailed P
.06695	.06695	-.06652	.2319	1.0000

ผลการทดสอบเหมือนที่ได้แสดงวิธีไว้ คือ ปฏิเสธการกระจายแบบยูนิฟอร์มแต่ ยอมรับการกระจายแบบพัวซอง

ภาคผนวก ค. แสดง Specifications ของอุปกรณ์ และ MTBF

	FC #6606	FC #6607	FC #6713
	1.96GB	4.19GB	8.58GB
RPM	7200	7200	7200
Latency (milliseconds)	4.17	4.17	4.17
Seek Time (milliseconds)	7.8	7.8	7.8
Data Rate (MB/second)			
Sustained	12.0	12.0	12.0
Burst	20.0 - 40.0	20.0 - 40.0	20.0 - 40.0
Read-Ahead Buffer (KB)	512	512	512
MTBF (thousand hours)	1,000	1,000	1,000





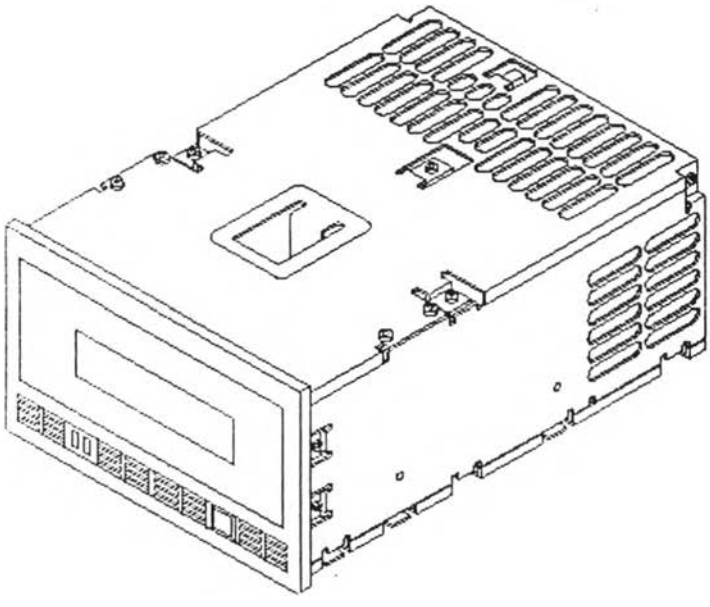
Disk Unit IOP Features

Data Protection	**FC #6530**	**FC #6502**	**FC #6512**	**FC#6532**
RAID-5 Supported	No	Yes	Yes	Yes
Mirroring Support	Yes	Yes	Yes	Yes
Performance				
Write Cache	No	Yes 2MB	Yes 4MB	Yes 4MB
Number Data Channels	3	3	3	3
Bus Speed	20MB S	20MB/S	20MB/S	40MB/S

EXABYTE SUPPORT & SERVICE

EXB-8200 and EXB-8200SX Specifications

These specifications apply to the EXB-8200 and EXB-8200SX 8mm tape drives, which are packaged in a standard 5.25-inch, full-high form factor. The EXB-8200SX supports a high-speed search capability that operates at 75 times the normal tape speed of approximately 0.5 inches per second.



Data handling

Tape:	EXATAPE 8mm metal particle data cartridge (15m. 54m, 112 m) Exabyte or Exabyte-approved 8mm cleaning cartridge (the Exabyte Premium 8mm Cleaning Cartridge is preferred).
Read and write format:	8200 (uncompressed)
Capacity (112m tape):	2.5 GB
Data transfer rate (sustained):	246 KB/sec.
Max. burst transfer rate:	1.5 MB/sec. asynchronous
Reliability:	40.000 hours MTBF @ 10% duty cycle
Error correction:	Reed-Solomon
Error rate:	<1 in 10^{13} bits

Tape control

Search speed:	EXB-8200: 2.46 MB/sec. EXB-8200SX: 18.5 MB/sec.
Rewind speed:	32.2 inches/sec. (81.7 cm/sec.)

Interface

Exabyte EXB-8200 and EXB-8200SX Specifications

Host interface:	SCSI-1, embedded single-ended or differential

Environment

Operating temperature:	+5°C to +40°C (+41°F to +104°F)
Non-operating temperature:	-40°C to +60°C (-40°F to +140°F)
Relative humidity:	20% to 80% (noncondensing)

Power

Typical power:	+5 VDC, +12 VDC 15 watts

Size and weight

Form factor:	Standard 5.25-inch full-high tape drive
Dimensions:	3.25 in. (h) x 5.75 in. (w) x 8.00 in. (d) (8.26 cm x 14.61 cm x 20.32 cm)
Weight:	4.5 lbs. (2.04 kg)

Rev 000; 09 96

Exabyte®

© Copyright 1997 Exabyte Corporation, 1685 38th Street, Boulder, Colorado 80301, U.S.A., All rights reserved

EXB-8500 and EXB-8500c Specifications

These specifications are for the EXB-8500 and EXB-8500c 8mm tape drives.

About the EXB-8500 and EXB-8500c

The EXB-8500 and EXB-8500c 8mm tape drives use helical-scan recording technology and read-and-write head pairs to achieve an uncompressed data transfer rate of 500 KB/sec. The EXB-8500c extends the performance of the EXB-8500 to a 10 GB capacity at a 1 MB/sec transfer rate (compressed). The EXB-8500 reads and writes 8200 and 8500 formats; the EXB-8500c writes 8200, 8200c, 8500, and 8500c data formats. The tape drives are designed to perform onboard error correction and error recovery, along with full read-after-write verification to ensure data integrity.

The tape drives are available in two configurations: as internal tape drives and as external drives that provide the convenience of a standalone peripheral.

Data handling

Capacity: (8mm EXATAPE, 112m)	EXB-8500: 5 GB EXB-8500c: 10 GB (compressed)*
Recording method:	Helical-scan
Compression method:	Improved Data Recording Capability compression algorithm
Data transfer rate:	500 KB/sec, uncompressed 1 MB/sec, compressed*
Device reliability (mean time between failures):	MTBF: 40,000 hours
Data integrity:	BER: <1 in 1017 bits Reed Solomon ECC

Tape Control

Search rate:	37.5 MB/sec, uncompressed 75 MB/sec, compressed*
Rewind speed:	32.7 IPS (75 times nominal)

* Compressed capacity based on typical 2:1 compression ratio. Ratio depends on type of data.

Interface

Host interface:	SCSI-1 and SCSI-2

Environment

Operating temperature:	+41°F to +104°F (+5°C to +40°C)
Non-operating temperature:	-40°F to +140°F (-40°C to +60°C)
Relative humidity:	20% to 80% (noncondensing)

Power

Power requirements:	+5 VDC, +12 VDC 15 watts typical

Size and Weight

Dimensions:	3.25 in. (h) x 5.75 in. (w) x 8 in. (d) (8.26 cm x 14.61 cm x 20.32 cm)
Weight:	4.5 lbs. (2.04 kg)

Rev 000; 1/97

© Copyright 1997 Exabyte Corporation, 1685 38th Street, Boulder, Colorado 80301, U.S.A., All rights reserved.

EXB-4200 and EXB-4200c Specifications

These specifications apply to the EXB-4200 and EXB-4200c 4mm tape drives.

Data handling

Capacity: **(4mm EXATAPE, 90m)**	EXB-4200: 2 GB EXB-4200c: 4 GB (compressed)*
Recording method:	4mm DDS-1
Compression method:	4mm DDS-DC (EXB-4200c only)
Data transfer rate:	14 MB/min. 28 MB/min. (compressed)*
Device reliability:	80,000 hours MTBF
Data integrity:	BER: < 1 in 10^{15} bits Reed Solomon ECC

* Compressed capacity based on typical 2:1 compression ratio. Ratio will vary dependent upon type of data.

Tape control

Search rate:	47 MB/sec. uncompressed 94 MB/sec. compressed
Rewind speed:	164 ips (400 times nominal)

Interface

Host interface:	SCSI-1 and SCSI-2

Environment

Operating temperature:	+5°C to 45°C (+41°F to +113°F)
Non-operating temperature:	-40°C to +60°C (-40°F to +140°F)
Relative humidity:	20% to 80% (noncondensing)

Power

Power requirements, internal:	8 watts typical
Power, external:	Independent auto-switching (100 to 240 VAC)

Size and weight

Dimensions, internal:	1.6 in. (h) x 4.0 in. (w) x 5.8 in. (d) (4.1 cm x 10.2 cm x 14.6 cm)
Dimensions, external:	4.50 in. (h) x 4.12 in. (w) x 8.25 in. (d) (11.43 cm x 10.46 cm x 20.96 cm)
Weight, internal:	1.69 lbs. (.8 kg)
Weight, external:	4.6 lbs. (2.1 kg)

Rev 000; 09/96

Exabyte®

© Copyright 1997 Exabyte Corporation. 1685 38th Street, Boulder, Colorado 80301, U.S.A.. All rights reserved.

ประวัติผู้วิจัย

นาย ธีรพัฒน์ เอื้ออารักษ์ เกิดวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2511 กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิชาอิเล็กทรอนิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2533