ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

สมการประมาณการค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ ที่มีความแม่นยำของทศนิยม 4 ตำแหน่ง หาได้จาก

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp(-z^2/2)dz$$

$$N(x) = \begin{cases} 1 - n(x)(a_1 k + a_2 k^2 + a_3 k^3) & \text{when } x \geq 0 \\ 1 - N(-x) & \text{when } x < 0 \end{cases}$$

where

$$k = \frac{1}{1 + 0.33267x}$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.4361836 \\ a_2 &= -0.1201676 \\ a_3 &= 0.9372980 \end{aligned}$$

$$n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}$$

ตารางแสดง ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ

CUMULATIVE NORMAL DISTRIBUTION

$$\phi(x) = \int_{-\infty}^{x} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}\, dt$$

x	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
.0	.5000	.5040	.5080	.5120	.5160	.5199	.5239	.5279	.5319	.5359
.1	.5398	.5438	.5478	.5517	.5557	.5596	.5636	.5675	.5714	.5753
.2	.5793	.5832	.5871	.5910	.5948	.5987	.6026	.6064	.6103	.6141
.3	.6179	.6217	.6255	.6293	.6331	.6368	.6406	.6443	.6480	.6517
.4	.6554	.6591	.6628	.6664	.6700	.6736	.6772	.6808	.6844	.6879
.5	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
.6	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
.7	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
.8	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
.9	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.0	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.1	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.2	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.3	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.4	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

x	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090	3.291	3.891	4.417
$\Phi(x)$	.90	.95	.975	.99	.995	.999	.9995	.99995	.999995
$2[1-\Phi(x)]$	.20	.10	.05	.02	.01	.002	.001	.0001	.00001

Source: Mood and Graybill. *Introduction to the Theory of Statistics*. 3rd ed (New York: McGraw Hill Book Company. 1973). Used with permission of the publishers.

Examples: $N(0.64) = 0.7389$; $N(-0.22) = 0.4129$

ภาคผนวก ข

ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (สองตัวแปร)

(Cumulative Bivariate Normal Distribution)

ฟังก์ชันของค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ สองตัวแปร หาได้จาก

$$M(a,b;\rho) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}}\int_{-\infty}^{a}\int_{-\infty}^{b}\exp\left[-\frac{x^2-2\rho xy+y^2}{2(1-\rho^2)}\right]dx \quad dy$$

Drezner (1978) ได้พัฒนาวิธีการประมาณ ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ สองตัวแปร ซึ่งสรุปได้ดังนี้

$$\phi(a,b;\rho) = \frac{\sqrt{1-\rho^2}}{\pi}\sum_{i=1}^{5}\sum_{j=1}^{5}x_i x_j f(y_i,y_j),$$

โดยที่

$$f(y_i,y_j) = \exp[a_1(2y_i-a_1)+b_1(2y_j-b_1)+2\rho(y_i-a_1)(y_j-b_1)]$$

$$a_1 = \frac{a}{\sqrt{2(1-\rho^2)}}, \qquad b_1 = \frac{b}{\sqrt{2(1-\rho^2)}}$$

$x_1 = 0.24840615$ $\quad y_1 = 0.10024215$

$x_2 = 0.39233107$ $\quad y_2 = 0.48281397$

$x_3 = 0.21141819$ $\quad y_3 = 1.0609498$

$x_4 = 0.033246660$ $\quad y_4 = 1.7797294$

$x_5 = 0.00082485334$ $\quad y_5 = 2.6697604$

ตารางแสดง ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ สองตัวแปร

Bivariate Normal Probabilities

a	b	ρ	$M(a,b;\rho)$
0.0	0.0	0.0	0.250000
0.0	0.0	−0.5	0.166667
0.0	0.0	0.5	0.333333
0.0	−0.5	0.0	0.154269
0.0	−0.5	−0.5	0.081660
0.0	−0.5	0.5	0.226878
0.0	0.5	0.0	0.345731
0.0	0.5	−0.5	0.273122
0.0	0.5	0.5	0.418340
−0.5	0.0	0.0	0.154269
−0.5	0.0	−0.5	0.081660
−0.5	0.0	0.5	0.226878
−0.5	−0.5	0.0	0.095195
−0.5	−0.5	−0.5	0.036298
−0.5	−0.5	0.5	0.163319
−0.5	0.5	0.0	0.213342
−0.5	0.5	−0.5	0.145218
−0.5	0.5	0.5	0.272239
0.5	0.0	0.0	0.345731
0.5	0.0	−0.5	0.273122
0.5	0.0	0.5	0.418340
0.5	−0.5	0.0	0.213342
0.5	−0.5	−0.5	0.145218
0.5	−0.5	0.5	0.272239
0.5	0.5	0.0	0.478120
0.5	0.5	−0.5	0.419223
0.5	0.5	0.5	0.546244

ภาคผนวก ค

การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม
(Binomial Distribution)

ลักษณะของการทดลองแบบทวินาม มีดังนี้คือ

1. มีการทดลองจำนวนครั้งที่แน่นอน ซ้ำๆ กัน
2. การทดลองจะมีผลลัพธ์เพียง 2 แบบ ซึ่งอาจเรียกว่า ความสำเร็จ และความไม่สำเร็จ
3. การทดลองแต่ละครั้งจะมีความน่าจะเป็นคงเดิมเสมอ
4. การทดลองทั้งหมดเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

ฟังก์ชันของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ Binomial คือ

$$f[x;n,p] = \frac{n!}{(n-x)!x!} p^{x} (1-p)^{n-x}$$

โดยที่

n คือ จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง

p คือ ความน่าจะเป็นของการได้ความสำเร็จ

ตารางแสดง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม

BINOMIAL DISTRIBUTION FUNCTION

Entries in the table are values of $C_x^n p^x(1 - p)^{n-x}$ for the indicated values of n, x and p. When $p > 0.5$, the value of $C_x^n p^x(1 - p)^{n-x}$ for a given n, x and p is obtained by finding the tabular entry for the given n, with $n - x$ in place of the given x, and $1 - p$ in place of the given p.

		p									
n	x	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50
1	0	.9500	.9000	.8500	.8000	.7500	.7000	.6500	.6000	.5500	.5000
	1	.0500	.1000	.1500	.2000	.2500	.3000	.3500	.4000	.4500	.5000
2	0	.9025	.8100	.7225	.6400	.5625	.4900	.4225	.3600	.3025	.2500
	1	.0950	.1800	.2550	.3200	.3750	.4200	.4550	.4800	.4950	.5000
	2	.0025	.0100	.0225	.0400	.0625	.0900	.1225	.1600	.2025	.2500
3	0	.8574	.7290	.6141	.5120	.4219	.3430	.2746	.2160	.1664	.1250
	1	.1354	.2430	.3251	.3840	.4219	.4410	.4436	.4320	.4084	.3750
	2	.0071	.0270	.0574	.0960	.1406	.1890	.2389	.2880	.3341	.3750
	3	.0001	.0010	.0034	.0080	.0156	.0270	.0429	.0640	.0911	.1250
4	0	.8145	.6561	.5220	.4096	.3164	.2401	.1785	.1296	.0915	.0625
	1	.1715	.2916	.3685	.4096	.4219	.4116	.3845	.3456	.2995	.2500
	2	.0135	.0486	.0975	.1536	.2109	.2646	.3105	.3456	.3675	.3750
	3	.0005	.0036	.0115	.0256	.0469	.0756	.1115	.1536	.2005	.2500
	4	.0000	.0001	.0005	.0016	.0039	.0081	.0150	.0256	.0410	.0625
5	0	.7738	.5905	.4437	.3277	.2373	.1681	.1160	.0778	.0503	.0312
	1	.2036	.3280	.3915	.4096	.3955	.3602	.3124	.2592	.2059	.1562
	2	.0214	.0729	.1382	.2048	.2637	.3087	.3364	.3456	.3369	.3125
	3	.0011	.0081	.0244	.0512	.0879	.1323	.1811	.2304	.2757	.3125
	4	.0000	.0004	.0022	.0064	.0146	.0284	.0488	.0768	.1128	.1562
	5	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010	.0024	.0053	.0102	.0185	.0312
6	0	.7351	.5314	.3771	.2621	.1780	.1176	.0754	.0467	.0277	.0156
	1	.2321	.3543	.3993	.3932	.3560	.3025	.2437	.1866	.1359	.0938
	2	.0305	.0984	.1762	.2458	.2966	.3241	.3280	.3110	.2780	.2344
	3	.0021	.0146	.0415	.0819	.1318	.1852	.2355	.2765	.3032	.3125
	4	.0001	.0012	.0055	.0154	.0330	.0595	.0951	.1382	.1861	.2344
	5	.0000	.0001	.0004	.0015	.0044	.0102	.0205	.0369	.0609	.0938
	6	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0007	.0018	.0041	.0083	.0156
7	0	.6983	.4783	.3206	.2097	.1335	.0824	.0490	.0280	.0152	.0078
	1	.2573	.3720	.3960	.3670	.3115	.2471	.1848	.1306	.0872	.0547
	2	.0406	.1240	.2097	.2753	.3115	.3177	.2985	.2613	.2140	.1641
	3	.0036	.0230	.0617	.1147	.1730	.2269	.2679	.2903	.2918	.2734
	4	.0002	.0026	.0109	.0287	.0577	.0972	.1442	.1935	.2388	.2734
	5	.0000	.0002	.0012	.0043	.0115	.0250	.0466	.0774	.1172	.1641
	6	.0000	.0000	.0001	.0004	.0013	.0036	.0084	.0172	.0320	.0547
	7	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0006	.0016	.0037	.0078
8	0	.6634	.4305	.2725	.1678	.1001	.0576	.0319	.0168	.0084	.0039
	1	.2793	.3826	.3847	.3355	.2670	.1977	.1373	.0896	.0548	.0312
	2	.0515	.1488	.2376	.2936	.3115	.2965	.2587	.2090	.1569	.1094
	3	.0054	.0331	.0839	.1468	.2076	.2541	.2786	.2787	.2568	.2188
	4	.0004	.0046	.0185	.0459	.0865	.1361	.1875	.2322	.2627	.2734
	5	.0000	.0004	.0026	.0092	.0231	.0467	.0808	.1239	.1719	.2188
	6	.0000	.0000	.0002	.0011	.0038	.0100	.0217	.0413	.0703	.1094
	7	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0012	.0033	.0079	.0164	.0312
	8	.0000	0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0007	.0017	.0039

ตารางแสดง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (ต่อ)

BINOMIAL DISTRIBUTION FUNCTION *(Continued)*

n	x	p .05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50
9	0	.6302	.3874	.2316	.1342	.0751	.0404	.0207	.0101	.0046	.0020
	1	.2985	.3874	.3679	.3020	.2253	.1556	.1004	.0605	.0339	.0176
	2	.0629	.1722	.2597	.3020	.3003	.2668	.2162	.1612	.1110	.0703
	3	.0077	.0446	.1069	.1762	.2336	.2668	.2716	.2508	.2119	.1641
	4	.0006	.0074	.0283	.0661	.1168	.1715	.2194	.2508	.2600	.2461
	5	.0000	.0008	.0050	.0165	.0389	.0735	.1181	.1672	.2128	.2461
	6	.0000	.0001	.0006	.0028	.0087	.0210	.0424	.0743	.1160	.1641
	7	.0000	.0000	.0000	.0003	.0012	.0039	.0098	.0212	.0407	.0703
	8	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0013	.0035	.0083	.0176
	9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	.0008	.0020
10	0	.5987	.3487	.1969	.1074	.0563	.0282	.0135	.0060	.0025	.0010
	1	.3151	.3874	.3474	.2684	.1877	.1211	.0725	.0403	.0207	.0098
	2	.0746	.1937	.2759	.3020	.2816	.2335	.1757	.1209	.0763	.0439
	3	.0105	.0574	.1298	.2013	.2503	.2668	.2522	.2150	.1665	.1172
	4	.0010	.0112	.0401	.0881	.1460	.2001	.2377	.2508	.2384	.2051
	5	.0001	.0015	.0085	.0264	.0584	.1029	.1536	.2007	.2340	.2461
	6	.0000	.0001	.0012	.0055	.0162	.0368	.0689	.1115	.1596	.2051
	7	.0000	.0000	.0001	.0008	.0031	.0090	.0212	.0425	.0746	.1172
	8	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0014	.0043	.0106	.0229	.0439
	9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0016	.0042	.0098
	10	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010
11	0	.5688	.3138	.1673	.0859	.0422	.0198	.0088	.0036	.0014	.0005
	1	.3293	.3835	.3248	.2362	.1549	.0932	.0518	.0266	.0125	.0054
	2	.0867	.2131	.2866	.2953	.2581	.1998	.1395	.0887	.0513	.0269
	3	.0137	.0710	.1517	.2215	.2581	.2568	.2254	.1774	.1259	.0806
	4	.0014	.0158	.0536	.1107	.1721	.2201	.2428	.2365	.2060	.1611
	5	.0001	.0025	.0132	.0388	.0803	.1321	.1830	.2207	.2360	.2256
	6	.0000	.0003	.0023	.0097	.0268	.0566	.0985	.1471	.1931	.2256
	7	.0000	.0000	.0003	.0017	.0064	.0173	.0379	.0701	.1128	.1611
	8	.0000	.0000	.0000	.0002	.0011	.0037	.0102	.0234	.0462	.0806
	9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0018	.0052	.0126	.0269
	10	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0007	.0021	.0054
	11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0005
12	0	.5404	.2824	.1422	.0687	.0317	.0138	.0057	.0022	.0008	.0002
	1	.3413	.3766	.3012	.2062	.1267	.0712	.0368	.0174	.0075	.0029
	2	.0988	.2301	.2924	.2835	.2323	.1678	.1088	.0639	.0339	.0161
	3	.0173	.0852	.1720	.2362	.2581	.2397	.1954	.1419	.0923	.0537
	4	.0021	.0213	.0683	.1329	.1936	.2311	.2367	.2128	.1700	.1208
	5	.0002	.0038	.0193	.0532	.1032	.1585	.2039	.2270	.2225	.1934
	6	.0000	.0005	.0040	.0155	.0401	.0792	.1281	.1766	.2124	.2256
	7	.0000	.0000	.0006	.0033	.0115	.0291	.0591	.1009	.1489	.1934
	8	.0000	.0000	.0001	.0005	.0024	.0078	.0199	.0420	.0762	.1208
	9	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0015	.0048	.0125	.0277	.0537
	10	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0008	.0025	.0068	.0161
	11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010	.0029
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002
13	0	.5133	.2542	.1209	.0550	.0238	.0097	.0037	.0013	.0004	.0001
	1	.3512	.3672	.2774	.1787	.1029	.0540	.0259	.0113	.0045	.0016
	2	.1109	.2448	.2937	.2680	.2059	.1388	.0836	.0453	.0220	.0095
	3	.0214	.0997	.1900	.2457	.2517	.2181	.1651	.1107	.0660	.0349
	4	.0028	.0277	.0838	.1535	.2097	.2337	.2222	.1845	.1350	.0873
	5	.0003	.0055	.0266	.0691	.1258	.1803	.2154	.2214	.1989	.1571
	6	.0000	.0008	.0063	.0230	.0559	.1030	.1546	.1968	.2169	.2095
	7	.0000	.0001	.0011	.0058	.0186	.0442	.0833	.1312	.1775	.2095
	8	.0000	.0000	.0001	.0011	.0047	.0142	.0336	.0656	.1089	.1571
	9	.0000	.0000	.0000	.0001	.0009	.0034	.0101	.0243	.0495	.0873
	10	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0006	.0022	.0065	.0162	.0349
	11	.0000	0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	0012	.0036	.0095
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0001	0005	.0016
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0000	0000	.0000	0001

ตารางการแสดง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (ต่อ)

BINOMIAL DISTRIBUTION FUNCTION *(Continued)*

n	x	p = .05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50
14	0	.4877	.2288	.1028	.0440	.0178	.0068	.0024	.0008	.0002	.0001
	1	.3593	.3559	.2539	.1539	.0832	.0407	.0181	.0073	.0027	.0009
	2	.1229	.2570	.2912	.2501	.1802	.1134	.0634	.0317	.0141	.0056
	3	.0259	.1142	.2056	.2501	.2402	.1943	.1366	.0845	.0462	.0222
	4	.0037	.0349	.0998	.1720	.2202	.2290	.2022	.1549	.1040	.0611
	5	.0004	.0078	.0352	.0860	.1468	.1963	.2178	.2066	.1701	.1222
	6	.0000	.0013	.0093	.0322	.0734	.1262	.1759	.2066	.2088	.1833
	7	.0000	.0002	.0019	.0092	.0280	.0618	.1082	.1574	.1952	.2095
	8	.0000	.0000	.0003	.0020	.0082	.0232	.0510	.0918	.1398	.1833
	9	.0000	.0000	.0000	.0003	.0018	.0066	.0183	.0408	.0762	.1222
	10	.0000	.0000	.0000	.0000	.0003	.0014	.0049	.0136	.0312	.0611
	11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0010	.0033	.0093	.0222
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0019	.0056
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002	.0009
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001
15	0	.4633	.2059	.0874	.0352	.0134	.0047	.0016	.0005	.0001	.0000
	1	.3658	.3432	.2312	.1319	.0668	.0305	.0126	.0047	.0016	.0005
	2	.1348	.2669	.2856	.2309	.1559	.0916	.0476	.0219	.0090	.0032
	3	.0307	.1285	.2184	.2501	.2252	.1700	.1110	.0634	.0318	.0139
	4	.0049	.0428	.1150	.1876	.2252	.2186	.1792	.1268	.0780	.0417
	5	.0006	.0105	.0449	.1032	.1651	.2061	.2123	.1859	.1404	.0916
	6	.0000	.0019	.0132	.0430	.0917	.1472	.1906	.2066	.1914	.1527
	7	.0000	.0003	.0030	.0138	.0393	.0811	.1319	.1771	.2013	.1964
	8	.0000	.0000	.0005	.0035	.0131	.0348	.0710	.1181	.1647	.1964
	9	.0000	.0000	.0001	.0007	.0034	.0116	.0298	.0612	.1048	.1527
	10	.0000	.0000	.0000	.0001	.0007	.0030	.0096	.0245	.0515	.0916
	11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0006	.0024	.0074	.0191	.0417
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	.0016	.0052	.0139
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010	.0032
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005
	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
16	0	.4401	.1853	.0743	.0281	.0100	.0033	.0010	.0003	.0001	.0000
	1	.3706	.3294	.2097	.1126	.0535	.0228	.0087	.0030	.0009	.0002
	2	.1463	2745	.2775	.2111	.1336	.0732	.0353	.0150	.0056	.0018
	3	.0359	.1423	.2285	.2463	.2079	.1465	.0888	.0468	.0215	.0085
	4	.0061	.0514	.1311	.2001	.2252	.2040	.1553	.1014	.0572	.0278
	5	.0008	.0137	.0555	.1201	.1802	.2099	.2008	.1623	.1123	.0667
	6	.0001	.0028	.0180	.0550	.1101	.1649	.1982	.1983	.1684	.1222
	7	.0000	.0004	.0045	.0197	.0524	.1010	.1524	.1889	.1969	.1746
	8	.0000	.0001	.0009	.0035	.0197	.0487	.0923	.1417	.1812	.1964
	9	.0000	.0000	.0001	.0012	.0058	.0185	.0442	.0840	.1318	.1746
	10	.0000	.0000	.0000	.0002	.0014	.0056	.0167	.0392	.0755	.1222
	11	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0013	.0049	.0142	.0337	.0667
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	0011	.0040	.0115	.0278
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0008	.0029	.0085
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0018
	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0002
	16	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
17	0	.4181	.1668	.0631	.0225	.0075	.0023	.0007	.0002	.0000	.0000
	1	.3741	.3150	.1893	.0957	.0426	.0169	.0060	.0019	.0005	.0001
	2	.1575	.2800	.2673	.1914	.1136	.0581	.0260	.0102	.0035	.0010
	3	.0415	.1556	.2359	.2393	.1893	.1245	.0701	.0341	.0144	.0052
	4	.0076	.0605	.1457	.2093	.2209	.1868	.1320	.0796	.0411	.0182
	5	.0010	.0175	.0668	.1361	.1914	.2081	.1849	.1379	.0875	.0472
	6	.0001	.0039	.0236	.0680	.1276	.1784	.1991	.1839	.1432	.0944
	7	.0000	.0007	.0065	.0267	.0668	.1201	.1685	.1927	.1841	.1484
	8	.0000	.0001	.0014	.0084	.0279	.0644	.1134	.1606	.1883	.1855
	9	.0000	.0000	.0003	.0021	.0093	.0276	.0611	.1070	.1540	.1855
	10	.0000	.0000	.0000	.0004	.0025	.0095	.0263	.0571	.1008	1484
	11	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0026	.0090	.0242	.0525	0944
	12	0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0006	.0024	.0081	0215	0472
	13	0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0021	0068	0182
	14	0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0004	0016	.0052

ตารางแสดง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทวินาม (ต่อ)

BINOMIAL DISTRIBUTION FUNCTION *(Continued)*

n	x	p = .05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50
17	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003	.0010
	16	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001
	17	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
18	0	.3972	1501	.0536	.0180	.0056	.0016	.0004	.0001	.0000	.0000
	1	.3763	.3002	.1704	.0811	.0338	.0126	.0042	.0012	.0003	.0001
	2	.1683	.2835	.2556	.1723	.0958	.0458	.0190	.0069	.0022	.0006
	3	.0473	.1690	.2406	.2297	.1704	.1046	.0547	.0246	.0095	.0031
	4	.0093	.0700	1592	.2153	.2130	.1681	.1104	.0614	.0291	.0117
	5	.0014	.0218	.0787	.1507	.1988	.2017	.1664	1146	0666	.0327
	6	.0002	.0052	.0301	.0816	.1436	.1873	.1941	.1655	1181	.0708
	7	.0000	.0010	.0091	.0350	.0820	.1376	.1702	.1892	1657	.1214
	8	.0000	.0002	.0022	.0120	.0376	.0811	.1327	.1734	1864	.1669
	9	.0000	.0000	.0004	.0033	.0139	.0386	.0794	1284	.1694	.1855
	10	.0000	.0000	.0001	.0008	.0042	.0149	.0385	.0771	.1248	1669
	11	.0000	.0000	.0000	.0001	.0010	.0046	.0151	.0374	.0742	.1214
	12	.0000	.0000	0000	.0000	.0002	.0012	.0047	.0145	.0354	.0708
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0012	.0045	.0134	.0327
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0011	.0039	.0117
	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0009	.0031
	16	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0006
	17	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001
	18	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
19	0	.3774	.1351	.0456	.0144	.0042	.0011	.0003	.0001	.0000	.0000
	1	.3774	.2852	.1529	.0685	.0268	.0093	.0029	.0008	.0002	.0000
	2	.1787	.2852	.2428	.1540	.0803	.0358	.0138	.0046	.0013	.0003
	3	.0533	.1796	.2428	.2182	.1517	.0869	.0422	.0175	.0062	.0018
	4	.0112	.0798	.1714	.2182	.2023	.1491	.0909	.0467	.0203	.0074
	5	.0018	.0266	.0907	.1636	.2023	.1916	.1468	.0933	.0497	.0222
	6	.0002	.0069	.0374	.0955	.1574	.1916	.1844	.1451	.0949	.0518
	7	.0000	.0014	.0122	.0443	.0974	.1525	.1844	.1797	.1443	.0961
	8	.0000	.0002	.0032	.0166	.0487	.0981	.1489	.1797	.1771	.1442
	9	.0000	.0000	.0007	.0051	.0198	.0514	.0980	.1464	.1771	.1762
	10	.0000	.0000	.0001	0013	.0066	.0220	.0528	.0976	.1449	.1762
	11	.0000	.0000	.0000	.0003	.0018	.0077	.0233	.0532	.0970	.1442
	12	.0000	.0000	.0000	.0000	.0004	.0022	.0083	.0237	.0529	.0961
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0024	.0085	.0233	.0518
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0006	.0024	.0082	.0222
	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0022	.0074
	16	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0005	.0018
	17	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0001	.0003
	18	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	19	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
20	0	.3585	.1216	.0388	.0115	.0032	.0008	.0002	.0000	.0000	.0000
	1	.3774	.2702	.1368	.0576	.0211	.0068	.0020	.0005	.0001	.0000
	2	.1887	.2852	.2293	.1369	.0669	.0278	.0100	.0031	.0008	.0002
	3	.0596	.1901	.2428	.2054	.1339	.0716	.0323	.0123	.0040	.0011
	4	.0133	.0898	.1821	.2182	.1897	.1304	.0738	.0350	.0139	.0046
	5	.0022	.0319	.1028	.1746	.2023	.1789	.1272	.0746	.0365	.0148
	6	.0003	.0089	.0454	.1091	.1686	.1916	.1712	.1244	.0746	.0370
	7	.0000	.0020	.0160	.0545	.1124	.1643	.1844	.1659	.1221	.0739
	8	.0000	.0004	.0046	.0222	.0609	.1144	.1614	.1797	.1623	.1201
	9	.0000	.0001	.0011	.0074	.0271	.0654	.1158	.1597	.1771	.1602
	10	.0000	.0000	.0002	.0020	.0099	.0308	.0686	.1171	.1593	.1762
	11	.0000	.0000	.0000	.0005	.0030	.0120	.0336	.0710	.1185	.1602
	12	.0000	.0000	.0000	.0001	.0008	.0039	.0136	.0355	.0727	.1201
	13	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0010	.0045	.0146	.0366	.0739
	14	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0012	.0049	.0150	.0370
	15	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0003	.0013	.0049	.0148
	16	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0003	.0013	.0046
	17	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002	.0011
	18	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0002
	19	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	20	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่าความผันผวน โดยใช้ Historical Volatility

ค่าความผันผวน (σ) โดยใช้ Historical Volatility หาได้จาก

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}\ln\left(\frac{\text{ราคาปิด}_t}{\text{ราคาปิด}_{t-1}}\right)^2 - \frac{1}{n(n-1)}\left[\sum_{t=1}^{n}\ln\left(\frac{\text{ราคาปิด}_t}{\text{ราคาปิด}_{t-1}}\right)\right]^2}$$

โดยที่

n คือ จำนวนครั้งของข้อมูลที่นำมาใช้ในการหาค่าความผันผวน

t คือ ราคาปิด ของสินทรัพย์อ้างอิงต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

ในการศึกษานี้ ได้ทำการหาค่าความผันผวนของราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน ของสินทรัพย์อ้างอิง 5 ประเภท โดยเปรียบเทียบราคาสินทรัพย์อ้างอิง ระหว่างก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน (จากระบบอัตราแลกเปลี่ยน Basket Currency มาเป็น ระบบอัตราแลกเปลี่ยนแบบลอยตัวภายใต้การจัดการ) คือ

1. ความผันผวนของราคาหุ้น ธนาคารกรุงเทพ (BBL)
2. ความผันผวนของดัชนีหลักทรัพย์ประเทศไทย (SET)
3. ความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนดอลลาร์สหรัฐต่อบาท (USD/THB)
4. ความผันผวนของอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 เดือน
5. ความผันผวนของอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MOR

โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ข้อมูลทางสถิติของราคาสินทรัพย์อ้างอิงประเภทต่างๆ ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540

ราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน	ราคาหุ้น BBL (บาท)	ดัชนีหลักทรัพย์ (จุด)	อัตราแลกเปลี่ยน USD/BHT	อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 เดือน (%)				อัตราดอกเบี้ย MOR (%)				ส่วนต่างเฉลี่ยระหว่าง MOR กับ เงินฝากประจำ 3 เดือน (%)
				Min	Max	Avg.	Spread (Max-Min)/Min	Min	Max	Avg.	Spread (Max-Min)/Min	
ม.ค. 39	250.00	1,410.33	25.3433	10.50	12.00	11.25	14.29	14.00	14.00	14.00	0.00	2.75
ก.พ. 39	228.00	1,321.87	25.2935	10.25	11.50	10.88	12.20	13.75	14.00	13.88	1.82	3.00
มี.ค. 39	228.00	1,289.73	25.2800	10.00	11.50	10.75	15.00	13.75	14.00	13.88	1.82	3.13
เม.ย. 39	246.00	1,292.61	25.3237	10.00	11.00	10.50	10.00	13.75	14.00	13.88	1.82	3.38
พ.ค. 39	250.00	1,311.91	25.3410	9.50	10.75	10.13	13.16	13.75	14.00	13.88	1.82	3.75
มิ.ย. 39	240.00	1,247.08	25.3995	9.25	10.50	9.88	13.51	13.75	14.00	13.88	1.82	4.00
ก.ค. 39	206.00	1,064.04	25.3938	9.00	10.00	9.50	11.11	13.25	13.75	13.50	3.77	4.00
ส.ค. 39	218.00	1,102.32	25.3243	9.00	10.00	9.50	11.11	13.25	13.75	13.50	3.77	4.00
ก.ย. 39	228.00	1,099.01	25.4138	9.00	10.00	9.50	11.11	13.25	13.75	13.50	3.77	4.00
ต.ค. 39	192.00	910.33	25.5100	9.00	10.00	9.50	11.11	13.25	13.75	13.50	3.77	4.00
พ.ย. 39	204.00	925.97	25.4986	9.00	10.00	9.50	11.11	13.25	13.75	13.50	3.77	4.00
ธ.ค. 39	191.00	831.57	25.6053	8.75	9.75	9.25	11.43	13.25	13.50	13.38	1.89	4.13
ม.ค. 40	176.00	788.04	25.7618	8.75	9.75	9.25	11.43	13.25	13.50	13.38	1.89	4.13
ก.พ. 40	176.00	727.56	25.9784	8.75	9.75	9.25	11.43	13.25	13.50	13.38	1.89	4.13
มี.ค. 40	178.00	705.40	25.9976	8.75	9.75	9.25	11.43	13.25	13.50	13.38	1.89	4.13
เม.ย. 40	172.00	661.29	26.1011	8.50	9.50	9.00	11.76	13.25	13.50	13.38	1.89	4.38
พ.ค. 40	151.00	566.39	25.9195	8.25	9.25	8.75	12.12	13.25	13.50	13.38	1.89	4.63
มิ.ย. 40	129.00	527.28	25.8286	8.25	9.25	8.75	12.12	13.25	13.50	13.38	1.89	4.63

ที่มา : - ราคาหุ้นธนาคารกรุงเทพ จำกัด (หุ้น BBL) และ ดัชนีหลักทรัพย์ หาได้จาก ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

- อัตราแลกเปลี่ยน อัตราดอกเบี้ยประเภทต่างๆ หาได้จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย

ข้อมูลทางสถิติของราคาสินทรัพย์อ้างอิงประเภทต่างๆ ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

ราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน	ราคาหุ้น BBL (บาท)	ดัชนีหลักทรัพย์ (จุด)	อัตราแลกเปลี่ยน USD/BHT	อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 3 เดือน (%)				อัตราดอกเบี้ย MOR (%)				ส่วนต่างเฉลี่ยระหว่าง MOR กับ เงินฝากประจำ 3 เดือน (%)
				Min	Max	Avg.	Spread (Max-Min)/Min	Min	Max	Avg.	Spread (Max-Min)/Min	
ก.ค. 40	173.00	665.62	30.4644	10.00	11.50	10.75	15.00	14.25	14.50	14.38	1.75	3.63
ส.ค. 40	118.00	502.23	32.6196	10.00	11.50	10.75	15.00	14.25	14.50	14.38	1.75	3.63
ก.ย. 40	125.00	544.54	36.4424	10.00	11.50	10.75	15.00	14.75	15.00	14.88	1.69	4.13
ต.ค. 40	109.00	447.21	37.6987	10.00	11.50	10.75	15.00	15.25	15.50	15.38	1.64	4.63
พ.ย. 40	92.00	395.47	39.4722	10.00	11.50	10.75	15.00	15.25	15.50	15.38	1.64	4.63
ธ.ค. 40	86.00	372.69	45.4956	10.00	11.50	10.75	15.00	15.75	16.00	15.88	1.59	5.13
ม.ค. 41	87.50	495.23	54.0715	10.00	11.50	10.75	15.00	15.75	16.00	15.88	1.59	5.13
ก.พ. 41	100.00	528.42	46.5543	10.00	12.25	11.13	22.50	15.75	16.25	16.00	3.17	4.88
มี.ค. 41	81.50	459.11	41.5887	10.00	12.25	11.13	22.50	15.75	16.25	16.00	3.17	4.88
เม.ย. 41	77.50	412.13	39.7304	10.00	12.25	11.13	22.50	15.75	16.25	16.00	3.17	4.88
พ.ค. 41	62.00	325.59	39.3368	10.00	10.75	10.38	7.50	15.75	16.25	16.00	3.17	5.63
มิ.ย. 41	43.50	267.33	42.5601	10.00	10.75	10.38	7.50	15.75	16.25	16.00	3.17	5.63
ก.ค. 41	35.00	266.72	41.4044	10.00	14.25	12.13	42.50	15.75	16.25	16.00	3.17	3.88
ส.ค. 41	23.50	214.53	41.7778	9.50	13.25	11.38	39.47	15.25	16.25	15.75	6.56	4.38
ก.ย. 41	23.25	253.82	40.6281	7.25	9.00	8.13	24.14	15.00	15.75	15.38	5.00	7.25
ต.ค. 41	35.75	331.29	38.3352	6.75	8.00	7.38	18.52	14.25	15.00	14.63	5.26	7.25
พ.ย. 41	50.50	362.82	36.6308	6.00	6.50	6.25	8.33	12.25	13.50	12.88	10.20	6.63
ธ.ค. 41	52.00	355.81	36.4020	6.00	6.00	6.00	0.00	12.00	12.75	12.38	6.25	6.38

ที่มา : - ราคาหุ้นธนาคารกรุงเทพ จำกัด (หุ้น BBL) และ ดัชนีหลักทรัพย์ หาได้จาก ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย

- อัตราแลกเปลี่ยน อัตราดอกเบี้ยประเภทต่างๆ หาได้จาก ธนาคารแห่งประเทศไทย

หุ้น BBL ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540

ราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน	ราคาหุ้น BBL (บาท) (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
ม.ค. 39	250.00			
ก.พ. 39	228.00	0.9120	-0.0921	0.0085
มี.ค. 39	228.00	1.0000	0.0000	0.0000
เม.ย. 39	246.00	1.0789	0.0760	0.0058
พ.ค. 39	250.00	1.0163	0.0161	0.0003
มิ.ย. 39	240.00	0.9600	-0.0408	0.0017
ก.ค. 39	206.00	0.8583	-0.1528	0.0233
ส.ค. 39	218.00	1.0583	0.0566	0.0032
ก.ย. 39	228.00	1.0459	0.0449	0.0020
ต.ค. 39	192.00	0.8421	-0.1719	0.0295
พ.ย. 39	204.00	1.0625	0.0606	0.0037
ธ.ค. 39	191.00	0.9363	-0.0658	0.0043
ม.ค. 40	176.00	0.9215	-0.0818	0.0067
ก.พ. 40	176.00	1.0000	0.0000	0.0000
มี.ค. 40	178.00	1.0114	0.0113	0.0001
เม.ย. 40	172.00	0.9663	-0.0343	0.0012
พ.ค. 40	151.00	0.8779	-0.1302	0.0170
มิ.ย. 40	129.00	0.8543	-0.1575	0.0248
		Sum	-0.6616	0.1320

Standard Deviation of Monthly returr = 7.96%

Votality per annum = 27.57%

ดัชนีหลักทรัพย์ ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540

ดัชนีหลักทรัพย์ (จุด) (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
1,410.33			
1,321.87	0.9373	-0.0648	0.0042
1,289.73	0.9757	-0.0246	0.0006
1,292.61	1.0022	0.0022	0.0000
1,311.91	1.0149	0.0148	0.0002
1,247.08	0.9506	-0.0507	0.0026
1,064.04	0.8532	-0.1587	0.0252
1,102.32	1.0360	0.0353	0.0012
1,099.01	0.9970	-0.0030	0.0000
910.33	0.8283	-0.1884	0.0355
925.97	1.0172	0.0170	0.0003
831.57	0.8981	-0.1075	0.0116
788.04	0.9477	-0.0538	0.0029
727.56	0.9233	-0.0799	0.0064
705.40	0.9695	-0.0309	0.0010
661.29	0.9375	-0.0646	0.0042
566.39	0.8565	-0.1549	0.0240
527.28	0.9309	-0.0716	0.0051
	Sum	-0.9838	0.1249

Standard Deviation of Monthly return = 6.47%

Votality per annum = 22.41%

หุ้น BBL ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

ราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน	ราคาหุ้น BBL (บาท) (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
ก.ค. 40	173.00	1.34	0.2935	0.0861
ส.ค. 40	118.00	0.6821	-0.3826	0.1464
ก.ย. 40	125.00	1.0593	0.0576	0.0033
ต.ค. 40	109.00	0.8720	-0.1370	0.0188
พ.ย. 40	92.00	0.8440	-0.1696	0.0288
ธ.ค. 40	86.00	0.9348	-0.0674	0.0045
ม.ค. 41	87.50	1.0174	0.0173	0.0003
ก.พ. 41	100.00	1.1429	0.1335	0.0178
มี.ค. 41	81.50	0.8150	-0.2046	0.0418
เม.ย. 41	77.50	0.9509	-0.0503	0.0025
พ.ค. 41	62.00	0.8000	-0.2231	0.0498
มิ.ย. 41	43.50	0.7016	-0.3544	0.1256
ก.ค. 41	35.00	0.8046	-0.2174	0.0473
ส.ค. 41	23.50	0.6714	-0.3983	0.1587
ก.ย. 41	23.25	0.9894	-0.0107	0.0001
ต.ค. 41	35.75	1.5376	0.4302	0.1851
พ.ย. 41	50.50	1.4126	0.3454	0.1193
ธ.ค. 41	52.00	1.0297	0.0293	0.0009
		Sum	-0.9086	1.0371

Standard Deviation of Monthly returr = 23.50%

Votality per annum = 81.39%

ดัชนีหลักทรัพย์ ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

ดัชนีหลักทรัพย์ (จุด) (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
665.62	1.26	0.2330	0.0543
502.23	0.7545	-0.2817	0.0793
544.54	1.0842	0.0809	0.0065
447.21	0.8213	-0.1969	0.0388
395.47	0.8843	-0.1230	0.0151
372.69	0.9424	-0.0593	0.0035
495.23	1.3288	0.2843	0.0808
528.42	1.0670	0.0649	0.0042
459.11	0.8688	-0.1406	0.0198
412.13	0.8977	-0.1080	0.0117
325.59	0.7900	-0.2357	0.0556
267.33	0.8211	-0.1972	0.0389
266.72	0.9977	-0.0023	0.0000
214.53	0.8043	-0.2177	0.0474
253.82	1.1831	0.1682	0.0283
331.29	1.3052	0.2664	0.0710
362.82	1.0952	0.0909	0.0083
355.81	0.9807	-0.0195	0.0004
	Sum	-0.3933	0.5637

Standard Deviation of Monthly return = 17.57%

Votality per annum = 60.86%

<u>อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐต่อสกุลเงินบาท ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน</u>

<u>ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540</u>

ราคาปิด ณ วันทำการ ทุกสิ้นเดือน	อัตราแลกเปลี่ยน USD/BHT (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
ม.ค. 39	25.3433			
ก.พ. 39	25.2935	0.9980	-0.0020	0.0000
มี.ค. 39	25.2800	0.9995	-0.0005	0.0000
เม.ย. 39	25.3237	1.0017	0.0017	0.0000
พ.ค. 39	25.3410	1.0007	0.0007	0.0000
มิ.ย. 39	25.3995	1.0023	0.0023	0.0000
ก.ค. 39	25.3938	0.9998	-0.0002	0.0000
ส.ค. 39	25.3243	0.9973	-0.0027	0.0000
ก.ย. 39	25.4138	1.0035	0.0035	0.0000
ต.ค. 39	25.5100	1.0038	0.0038	0.0000
พ.ย. 39	25.4986	0.9996	-0.0004	0.0000
ธ.ค. 39	25.6053	1.0042	0.0042	0.0000
ม.ค. 40	25.7618	1.0061	0.0061	0.0000
ก.พ. 40	25.9784	1.0084	0.0084	0.0001
มี.ค. 40	25.9976	1.0007	0.0007	0.0000
เม.ย. 40	26.1011	1.0040	0.0040	0.0000
พ.ค. 40	25.9195	0.9930	-0.0070	0.0000
มิ.ย. 40	25.8286	0.9965	-0.0035	0.0000
		<u>Sum</u>	0.0190	0.0002

Standard Deviation of Monthly return = <u>0.37%</u>

Votality per annum = <u>1.27%</u>

อัตราแลกเปลี่ยนสกุลเงินดอลลาร์สหรัฐต่อสกุลเงินบาท ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

ราคาปิด ณ วันทำการ ทุกสิ้นเดือน	อัตราแลกเปลี่ยน USD/BHT (S_i)	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
ก.ค. 40	30.4644	1.1795	0.1651	0.0273
ส.ค. 40	32.6196	1.0707	0.0684	0.0047
ก.ย. 40	36.4424	1.1172	0.1108	0.0123
ต.ค. 40	37.6987	1.0345	0.0339	0.0011
พ.ย. 40	39.4722	1.0470	0.0460	0.0021
ธ.ค. 40	45.4956	1.1526	0.1420	0.0202
ม.ค. 41	54.0715	1.1885	0.1727	0.0298
ก.พ. 41	46.5543	0.8610	-0.1497	0.0224
มี.ค. 41	41.5887	0.8933	-0.1128	0.0127
เม.ย. 41	39.7304	0.9553	-0.0457	0.0021
พ.ค. 41	39.3368	0.9901	-0.0100	0.0001
มิ.ย. 41	42.5601	1.0819	0.0788	0.0062
ก.ค. 41	41.4044	0.9728	-0.0275	0.0008
ส.ค. 41	41.7778	1.0090	0.0090	0.0001
ก.ย. 41	40.6281	0.9725	-0.0279	0.0008
ต.ค. 41	38.3352	0.9436	-0.0581	0.0034
พ.ย. 41	36.6308	0.9555	-0.0455	0.0021
ธ.ค. 41	36.4020	0.9938	-0.0063	0.0000
		Sum	0.3431	0.1481

Standard Deviation of Monthly return = 8.88%

Votality per annum = 30.75%

อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย ของเงินฝากประจำ 3 เดือน ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540

ราคาปิด ณ วันทำการ ทุกสิ้นเดือน	อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย (%) เงินฝากประจำ 3 เดือน	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
ม.ค. 39	11.25			
ก.พ. 39	10.88	0.9667	-0.0339	0.0011
มี.ค. 39	10.75	0.9885	-0.0116	0.0001
เม.ย. 39	10.50	0.9767	-0.0235	0.0006
พ.ค. 39	10.13	0.9643	-0.0364	0.0013
มิ.ย. 39	9.88	0.9753	-0.0250	0.0006
ก.ค. 39	9.50	0.9620	-0.0387	0.0015
ส.ค. 39	9.50	1.0000	0.0000	0.0000
ก.ย. 39	9.50	1.0000	0.0000	0.0000
ต.ค. 39	9.50	1.0000	0.0000	0.0000
พ.ย. 39	9.50	1.0000	0.0000	0.0000
ธ.ค. 39	9.25	0.9737	-0.0267	0.0007
ม.ค. 40	9.25	1.0000	0.0000	0.0000
ก.พ. 40	9.25	1.0000	0.0000	0.0000
มี.ค. 40	9.25	1.0000	0.0000	0.0000
เม.ย. 40	9.00	0.9730	-0.0274	0.0008
พ.ค. 40	8.75	0.9722	-0.0282	0.0008
มิ.ย. 40	8.75	1.0000	0.0000	0.0000
		Sum	-0.2513	0.0075

Standard Deviation of Monthly return = 1.54%

Votality per annum = 5.33%

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MOR ก่อนการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง มกราคม 2539 ถึง มิถุนายน 2540

อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย (%) MOR	S_i / S_{i-1}	$\ln (S_i / S_{i-1})$	$[\ln (S_i / S_{i-1})]^2$
14.00			
13.88	0.9911	-0.0090	0.0001
13.88	1.0000	0.0000	0.0000
13.88	1.0000	0.0000	0.0000
13.88	1.0000	0.0000	0.0000
13.88	1.0000	0.0000	0.0000
13.50	0.9730	-0.0274	0.0008
13.50	1.0000	0.0000	0.0000
13.50	1.0000	0.0000	0.0000
13.50	1.0000	0.0000	0.0000
13.50	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	0.9907	-0.0093	0.0001
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
13.38	1.0000	0.0000	0.0000
	Sum	-0.0457	0.0009

Standard Deviation of Monthly return = 0.69%

Votality per annum = 2.38%

อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย ของเงินฝากประจำ 3 เดือน ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

ราคาปิด ณ วันทำการทุกสิ้นเดือน	อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย (%) เงินฝากประจำ 3 เดือน	S_i / S_{i-1}	$\ln(S_i / S_{i-1})$	$[\ln(S_i / S_{i-1})]^2$
ก.ค. 40	10.75	1.2286	0.2059	0.0424
ส.ค. 40	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
ก.ย. 40	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
ต.ค. 40	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
พ.ย. 40	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
ธ.ค. 40	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
ม.ค. 41	10.75	1.0000	0.0000	0.0000
ก.พ. 41	11.13	1.0349	0.0343	0.0012
มี.ค. 41	11.13	1.0000	0.0000	0.0000
เม.ย. 41	11.13	1.0000	0.0000	0.0000
พ.ค. 41	10.38	0.9326	-0.0698	0.0049
มิ.ย. 41	10.38	1.0000	0.0000	0.0000
ก.ค. 41	12.13	1.1687	0.1559	0.0243
ส.ค. 41	11.38	0.9381	-0.0639	0.0041
ก.ย. 41	8.13	0.7143	-0.3365	0.1132
ต.ค. 41	7.38	0.9077	-0.0968	0.0094
พ.ย. 41	6.25	0.8475	-0.1655	0.0274
ธ.ค. 41	6.00	0.9600	-0.0408	0.0017
		Sum	-0.3773	0.2284

Standard Deviation of Monthly return = 11.08%

Votality per annum = 38.38%

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MOR ภายหลังการเปลี่ยนแปลงระบบอัตราแลกเปลี่ยน

ระหว่าง กรกฎาคม 2540 ถึง ธันวาคม 2541

อัตราดอกเบี้ยเฉลี่ย (%) MOR	S_i / S_{i-1}	$\ln(S_i / S_{i-1})$	$[\ln(S_i / S_{i-1})]^2$
14.38	1.0748	0.0721	0.0052
14.38	1.0000	0.0000	0.0000
14.88	1.0348	0.0342	0.0012
15.38	1.0336	0.0331	0.0011
15.38	1.0000	0.0000	0.0000
15.88	1.0325	0.0320	0.0010
15.88	1.0000	0.0000	0.0000
16.00	1.0079	0.0078	0.0001
16.00	1.0000	0.0000	0.0000
16.00	1.0000	0.0000	0.0000
16.00	1.0000	0.0000	0.0000
16.00	1.0000	0.0000	0.0000
16.00	1.0000	0.0000	0.0000
15.75	0.9844	-0.0157	0.0002
15.38	0.9762	-0.0241	0.0006
14.63	0.9512	-0.0500	0.0025
12.88	0.8803	-0.1274	0.0162
12.38	0.9612	-0.0396	0.0016
	Sum	-0.0777	0.0297

Standard Deviation of Monthly return = 4.04%

Votality per annum = 13.99%

ภาคผนวก จ

Source Code สำหรับใช้ศึกษาการประเมินมูลค่าตราสารสิทธิ

1. การแจกแจงความน่าจะเป็น (Distributions)

1.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Normal Distribution)

```
'// The normal distribution function
Public Function ND(X As Double) As Double
 ND = 1 / Sqr(2 * Pi) * Exp(-X ^ 2 / 2)
End Function
```

1.2 ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ (Cumulative Normal Distribution)

```
'// The cumulative normal distribution function
Public Function CND(X As Double) As Double

  Dim L As Double, K As Double
  Const a1 = 0.31938153:  Const a2 = -0.356563782: Const a3 = 1.781477937:
  Const a4 = -1.821255978:  Const a5 = 1.330274429

  L = Abs(X)
  K = 1 / (1 + 0.2316419 * L)
  CND = 1 - 1 / Sqr(2 * Pi) * Exp(-L ^ 2 / 2) * (a1 * K + a2 * K ^ 2 + a3 * K ^ 3 + a4 * K ^ 4 + a5 * K ^ 5)

  If X < 0 Then
    CND = 1 - CND
  End If
End Function
```

1.3 ค่าสะสมของการแจกแจงความน่าแบบปกติ สองตัวแปร

```
'// The cumulative bivariate normal distribution function
Public Function CBND(a As Double, b As Double, rho As Double) As Double

  Dim X As Variant, y As Variant
  Dim rho1 As Double, rho2 As Double, delta As Double
  Dim a1 As Double, b1 As Double, Sum As Double
  Dim I As Integer, j As Integer

  X = Array(0.24840615, 0.39233107, 0.21141819, 0.03324666, 0.00082485334)
  y = Array(0.10024215, 0.48281397, 1.0609498, 1.7797294, 2.6697604)
  a1 = a / Sqr(2 * (1 - rho ^ 2))
  b1 = b / Sqr(2 * (1 - rho ^ 2))

  If a <= 0 And b <= 0 And rho <= 0 Then
    Sum = 0
    For I = 1 To 5
      For j = 1 To 5
        Sum = Sum + X(I) * X(j) * Exp(a1 * (2 * y(I) - a1) _
        + b1 * (2 * y(j) - b1) + 2 * rho * (y(I) - a1) * (y(j) - b1))
      Next
    Next
    CBND = Sqr(1 - rho ^ 2) / Pi * Sum
  ElseIf a <= 0 And b >= 0 And rho >= 0 Then
    CBND = CND(a) - CBND(a, -b, -rho)
  ElseIf a >= 0 And b <= 0 And rho >= 0 Then
    CBND = CND(b) - CBND(-a, b, -rho)
  ElseIf a >= 0 And b >= 0 And rho <= 0 Then
    CBND = CND(a) + CND(b) - 1 + CBND(-a, -b, rho)
  ElseIf a * b * rho > 0 Then
    rho1 = (rho * a - b) * Sgn(a) / Sqr(a ^ 2 - 2 * rho * a * b + b ^ 2)
    rho2 = (rho * b - a) * Sgn(b) / Sqr(a ^ 2 - 2 * rho * a * b + b ^ 2)
    delta = (1 - Sgn(a) * Sgn(b)) / 4
    CBND = CBND(a, 0, rho1) + CBND(b, 0, rho2) - delta
  End If
End Function
```

2. การประเมินมูลค่าตราสารสิทธิ

2.1 แบบจำลอง Black-Scholes (1973)

```
'// Black and Scholes (1973) Stock options
Public Function BlackScholes(CallPutFlag As String, S As Double, X _
        As Double, T As Double, r As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double, d2 As Double
  d1 = (Log(S / X) + (r + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  d2 = d1 - v * Sqr(T)
  If CallPutFlag = "c" Then
    BlackScholes = S * CND(d1) - X * Exp(-r * T) * CND(d2)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    BlackScholes = X * Exp(-r * T) * CND(-d2) - S * CND(-d1)
  End If
End Function
```

2.2 แบบจำลอง Black-Scholes-Merton (1973)

```
'// Merton (1973) Options on stock indices
Public Function Merton73(CallPutFlag As String, S As Double, X _
        As Double, T As Double, r As Double, q As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double, d2 As Double

  d1 = (Log(S / X) + (r - q + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  d2 = d1 - v * Sqr(T)
  If CallPutFlag = "c" Then
    Merton73 = S * Exp(-q * T) * CND(d1) - X * Exp(-r * T) * CND(d2)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    Merton73 = X * Exp(-r * T) * CND(-d2) - S * Exp(-q * T) * CND(-d1)
  End If
End Function
```

2.3 แบบจำลอง Garman-Kohlhagen (1983)

```
'// Garman and Kohlhagen (1983) Currency options
Public Function GarmanKolhagen(CallPutFlag As String, S As Double, X _
        As Double, T As Double, r As Double, rf As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double, d2 As Double

  d1 = (Log(S / X) + (r - rf + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  d2 = d1 - v * Sqr(T)
  If CallPutFlag = "c" Then
    GarmanKolhagen = S * Exp(-rf * T) * CND(d1) - X * Exp(-r * T) * CND(d2)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    GarmanKolhagen = X * Exp(-r * T) * CND(-d2) - S * Exp(-rf * T) * CND(-d1)
  End If
End Function
```

2.4 แบบจำลอง Roll-Geske-Whaley

```
'// American Calls on stocks with known dividends, Roll-Geske-Whaley
Public Function RollGeskeWhaley(S As Double, X As Double, t1 As Double, T2 As Double, r As Double,
d As Double, v As Double) As Double
  't1 time to dividend payout
  'T2 time to option expiration

  Dim Sx As Double, I As Double
  Dim a1 As Double, a2 As Double, b1 As Double, b2 As Double
  Dim HighS As Double, LowS As Double, epsilon As Double
  Dim ci As Double, infinity As Double

  infinity = 100000000
  epsilon = 0.00001
  Sx = S - d * Exp(-r * t1)
  If d <= X * (1 - Exp(-r * (T2 - t1))) Then '// Not optimal to exercise
    RollGeskeWhaley = BlackScholes("c", Sx, X, T2, r, v)
    Exit Function
```

```
End If
ci = BlackScholes("c", S, X, T2 - t1, r, v)
HighS = S
While (ci - HighS - d + X) > 0 And HighS < infinity
    HighS = HighS * 2
    ci = BlackScholes("c", HighS, X, T2 - t1, r, v)
Wend
If HighS > infinity Then
    RollGeskeWhaley = BlackScholes("c", Sx, X, T2, r, v)
    Exit Function
End If

LowS = 0
I = HighS * 0.5
ci = BlackScholes("c", I, X, T2 - t1, r, v)

'// Search algorithm to find the critical stock price I
While Abs(ci - I - d + X) > epsilon And HighS - LowS > epsilon
    If (ci - I - d + X) < 0 Then
        HighS = I
    Else
        LowS = I
    End If
    I = (HighS + LowS) / 2
    ci = BlackScholes("c", I, X, T2 - t1, r, v)
Wend
a1 = (Log(Sx / X) + (r + v ^ 2 / 2) * T2) / (v * Sqr(T2))
a2 = a1 - v * Sqr(T2)
b1 = (Log(Sx / I) + (r + v ^ 2 / 2) * t1) / (v * Sqr(t1))
b2 = b1 - v * Sqr(t1)

RollGeskeWhaley = Sx * CND(b1) + Sx * CBND(a1, -b1, -Sqr(t1 / T2)) - X * Exp(-r * T2) * CBND(a2, -
b2, -Sqr(t1 / T2)) - (X - d) * Exp(-r * t1) * CND(b2)
End Function
```

2.5 แบบจำลอง Barone-Adesi-Whaley (1987)

```
'// The Barone-Adesi and Whaley (1987) American approximation
Public Function BAWAmericanApprox(CallPutFlag As String, S As Double, X As Double, T As Double,

r As Double, b As Double, v As Double) As Double
  If CallPutFlag = "c" Then
    BAWAmericanApprox = BAWAmericanCallApprox(S, X, T, r, b, v)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    BAWAmericanApprox = BAWAmericanPutApprox(S, X, T, r, b, v)
  End If
End Function

'// American call
Private Function BAWAmericanCallApprox(S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b As
Double, v As Double) As Double

  Dim Sk As Double, n As Double, K As Double
  Dim d1 As Double, Q2 As Double, a2 As Double
  If b >= r Then
    BAWAmericanCallApprox = GBlackScholes("c", S, X, T, r, b, v)
  Else
    Sk = Kc(X, T, r, b, v)
    n = 2 * b / v ^ 2
    K = 2 * r / (v ^ 2 * (1 - Exp(-r * T)))
    d1 = (Log(Sk / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
    Q2 = (-(n - 1) + Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * K)) / 2
    a2 = (Sk / Q2) * (1 - Exp((b - r) * T) * CND(d1))
    If S < Sk Then
      BAWAmericanCallApprox = GBlackScholes("c", S, X, T, r, b, v) + a2 * (S / Sk) ^ Q2
    Else
      BAWAmericanCallApprox = S - X
    End If
  End If
End Function
```

```
'// Newton Raphson algorithm to solve for the critical commodity price for a Call
Private Function Kc(X As Double, T As Double, r As Double, b As Double, v As Double) As Double

    Dim n As Double, m As Double
    Dim Su As Double, Si As Double
    Dim h2 As Double, K As Double
    Dim d1 As Double, Q2 As Double, q2u As Double
    Dim LHS As Double, RHS As Double
    Dim bi As Double, E As Double

    '// Calculation of seed value, Si
    n = 2 * b / v ^ 2
    m = 2 * r / v ^ 2
    q2u = (-(n - 1) + Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * m)) / 2
    Su = X / (1 - 1 / q2u)
    h2 = -(b * T + 2 * v * Sqr(T)) * X / (Su - X)
    Si = X + (Su - X) * (1 - Exp(h2))

    K = 2 * r / (v ^ 2 * (1 - Exp(-r * T)))
    d1 = (Log(Si / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
    Q2 = (-(n - 1) + Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * K)) / 2
    LHS = Si - X
    RHS = GBlackScholes("c", Si, X, T, r, b, v) + (1 - Exp((b - r) * T) * CND(d1)) * Si / Q2
    bi = Exp((b - r) * T) * CND(d1) * (1 - 1 / Q2) + (1 - Exp((b - r) * T) * CND(d1) / (v * Sqr(T))) / Q2
    E = 0.000001
    '// Newton Raphson algorithm for finding critical price Si
    While Abs(LHS - RHS) / X > E
        Si = (X + RHS - bi * Si) / (1 - bi)
        d1 = (Log(Si / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
        LHS = Si - X
        RHS = GBlackScholes("c", Si, X, T, r, b, v) + (1 - Exp((b - r) * T) * CND(d1)) * Si / Q2
        bi = Exp((b - r) * T) * CND(d1) * (1 - 1 / Q2) + (1 - Exp((b - r) * T) * ND(d1) / (v * Sqr(T))) / Q2
    Wend
        Kc = Si
End Function
'// American put
```

```
Private Function BAWAmericanPutApprox(S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b As
Double, v As Double) As Double

    Dim Sk As Double, n As Double, K As Double
    Dim d1 As Double, Q1 As Double, a1 As Double

    Sk = Kp(X, T, r, b, v)
    n = 2 * b / v ^ 2
    K = 2 * r / (v ^ 2 * (1 - Exp(-r * T)))
    d1 = (Log(Sk / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
    Q1 = (-(n - 1) - Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * K)) / 2
    a1 = -(Sk / Q1) * (1 - Exp((b - r) * T) * CND(-d1))

    If S > Sk Then
        BAWAmericanPutApprox = GBlackScholes("p", S, X, T, r, b, v) + a1 * (S / Sk) ^ Q1
    Else
        BAWAmericanPutApprox = X - S
    End If
End Function

'// Newton Raphson algorithm to solve for the critical commodity price for a Put
Private Function Kp(X As Double, T As Double, r As Double, b As Double, v As Double) As Double

    Dim n As Double, m As Double
    Dim Su As Double, Si As Double
    Dim h1 As Double, K As Double
    Dim d1 As Double, q1u As Double, Q1 As Double
    Dim LHS As Double, RHS As Double
    Dim bi As Double, E As Double

    '// Calculation of seed value, Si
    n = 2 * b / v ^ 2
    m = 2 * r / v ^ 2
    q1u = (-(n - 1) - Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * m)) / 2
    Su = X / (1 - 1 / q1u)
    h1 = (b * T - 2 * v * Sqr(T)) * X / (X - Su)
    Si = Su + (X - Su) * Exp(h1)
```

```
K = 2 * r / (v ^ 2 * (1 - Exp(-r * T)))
d1 = (Log(Si / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
Q1 = (-(n - 1) - Sqr((n - 1) ^ 2 + 4 * K)) / 2
LHS = X - Si
RHS = GBlackScholes("p", Si, X, T, r, b, v) - (1 - Exp((b - r) * T) * CND(-d1)) * Si / Q1
bi = -Exp((b - r) * T) * CND(-d1) * (1 - 1 / Q1) - (1 + Exp((b - r) * T) * ND(-d1) / (v * Sqr(T))) / Q1
E = 0.000001
'// Newton Raphson algorithm for finding critical price Si
While Abs(LHS - RHS) / X > E
    Si = (X - RHS + bi * Si) / (1 + bi)
    d1 = (Log(Si / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
    LHS = X - Si
    RHS = GBlackScholes("p", Si, X, T, r, b, v) - (1 - Exp((b - r) * T) * CND(-d1)) * Si / Q1
    bi = -Exp((b - r) * T) * CND(-d1) * (1 - 1 / Q1) - (1 + Exp((b - r) * T) * CND(-d1) / (v * Sqr(T))) / Q1
Wend
Kp = Si
End Function
```

2.6 แบบจำลอง Black-76 European Swaption (ปรับค่าด้วย ทฤษฎี Jamshidian (1996))

```
'// Black-76 European swaption
Public Function Swaption(CallPutFlag As String, t1 As Double, m As Double, F As Double, X As
Double, T As Double, _

        r As Double, v As Double) As Double
    Dim d1 As Double, d2 As Double

    d1 = (Log(F / X) + v ^ 2 / 2 * T) / (v * Sqr(T))
    d2 = d1 - v * Sqr(T)
    If CallPutFlag = "c" Then 'Payer swaption
        Swaption = ((1 - 1 / (1 + F / m) ^ (t1 * m)) / F) * Exp(-r * T) * (F * CND(d1) - X * CND(d2))
    ElseIf CallPutFlag = "p" Then 'Receiver swaption
        Swaption = ((1 - 1 / (1 + F / m) ^ (t1 * m)) / F) * Exp(-r * T) * (X * CND(-d2) - F * CND(-d1))
    End If
End Function
```

2.7 แบบจำลอง Cox-Ross-Rubinstein (แบบจำลอง Binomial)

```
'// Cox-Ross-Rubinstein binomial tree
Public Function CRRBinomial(AmeEurFlag As String, CallPutFlag As String, S As Double, X As
Double, T As Double, _
        r As Double, b As Double, v As Double, n As Integer) As Double

  Dim OptionValue() As Double
  Dim u As Double, d As Double, p As Double
  Dim dt As Double, Df As Double
  Dim i As Integer, j As Integer, z As Integer
ReDim OptionValue(n + 1)
If CallPutFlag = "c" Then
    z = 1
    ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    z = -1
  End If
dt = T / n
  u = Exp(v * Sqr(dt))
  d = 1 / u
  p = (Exp(b * dt) - d) / (u - d)
  Df = Exp(-r * dt)
For i = 0 To n
     OptionValue(i) = Max(0, z * (S * u ^ i * d ^ (n - i) - X))
  Next
For j = n - 1 To 0 Step -1:
    For i = 0 To j
      If AmeEurFlag = "e" Then
        OptionValue(i) = (p * OptionValue(i + 1) + (1 - p) * OptionValue(i)) * Df
      ElseIf AmeEurFlag = "a" Then
        OptionValue(i) = Max((z * (S * u ^ i * d ^ (Abs(i - j)) - X)), _
        (p * OptionValue(i + 1) + (1 - p) * OptionValue(i)) * Df)
      End If
    Next
  Next
  CRRBinomial = OptionValue(0)
End Function
```

3. การคำนวณหาค่า Sensitivity

3.1 แบบจำลอง Generalized Black-Scholes

(สำหรับใช้ในการพิสูจน์หาค่า Sensitivity)

```
'// The generalized Black and Scholes formula
Public Function GBlackScholes(CallPutFlag As String, S As Double, X _
        As Double, T As Double, r As Double, b As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double, d2 As Double
d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  d2 = d1 - v * Sqr(T)

  If CallPutFlag = "c" Then
    GBlackScholes = S * Exp((b - r) * T) * CND(d1) - X * Exp(-r * T) * CND(d2)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    GBlackScholes = X * Exp(-r * T) * CND(-d2) - S * Exp((b - r) * T) * CND(-d1)
  End If
End Function
```

3.2 ค่า Delta

```
'// Delta for the generalized Black and Scholes formula
Public Function GDelta(CallPutFlag As String, S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, _
        b As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double
    d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))

  If CallPutFlag = "c" Then
    GDelta = Exp((b - r) * T) * CND(d1)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    GDelta = Exp((b - r) * T) * (CND(d1) - 1)
  End If
End Function
```

3.3 ค่า Gamma

```
'// Gamma for the generalized Black and Scholes formula
Public Function GGamma(S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b As Double, v As
Double) As Double
Dim d1 As Double
d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  GGamma = Exp((b - r) * T) * ND(d1) / (S * v * Sqr(T))
End Function
```

3.4 ค่า Lambda (ค่า Vega)

```
'// Vega for the generalized Black and Scholes formula
Public Function GVega(S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b As Double, v As
Double) As Double
  Dim d1 As Double
d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  GVega = S * Exp((b - r) * T) * ND(d1) * Sqr(T)
End Function
```

3.5 ค่า Theta

```
'// Theta for the generalized Black and Scholes formula
Public Function GTheta(CallPutFlag As String, S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b
As Double, v As Double) As Double
    Dim d1 As Double, d2 As Double
d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
  d2 = d1 - v * Sqr(T)
  If CallPutFlag = "c" Then
    GTheta = -S * Exp((b - r) * T) * ND(d1) * v / (2 * Sqr(T)) - (b - r) * S * Exp((b - r) * T) * CND(d1) - r * X
* Exp(-r * T) * CND(d2)
  ElseIf CallPutFlag = "p" Then
    GTheta = -S * Exp((b - r) * T) * ND(d1) * v / (2 * Sqr(T)) + (b - r) * S * Exp((b - r) * T) * CND(-d1) + r
* X * Exp(-r * T) * CND(-d2)
  End If
End Function
```

3.6 ค่า Rho

```
'// Rho for the generalized Black and Scholes formula
Public Function GRho(CallPutFlag As String, S As Double, X As Double, T As Double, r As Double, b
As Double, v As Double) As Double

  Dim d1 As Double, d2 As Double

   d1 = (Log(S / X) + (b + v ^ 2 / 2) * T) / (v * Sqr(T))
   d2 = d1 - v * Sqr(T)
   If CallPutFlag = "c" Then
      If b <> 0 Then
         GRho = T * X * Exp(-r * T) * CND(d2)
      Else
         GRho = -T * GBlackScholes(CallPutFlag, S, X, T, r, b, v)
      End If
   ElseIf CallPutFlag = "p" Then
      If b <> 0 Then
         GRho = -T * X * Exp(-r * T) * CND(-d2)
      Else
         GRho = -T * GBlackScholes(CallPutFlag, S, X, T, r, b, v)
      End If
   End If
End Function
```

ภาคผนวก ฉ

ที่มาของค่า Sensitivity

ในที่นี้จะนำเสนอ ที่มาของค่า Sensitivity ทั้ง 5 ค่า อันประกอบด้วย

1. ค่า Delta
2. ค่า Gamma
3. ค่า Lambda (Vega)
4. ค่า Theta
5. ค่า Rho

ค่า Sensitivity สามารถหาได้จากอนุพันธ์ของแบบจำลอง Generalized Black-Scholes

แบบจำลอง Generalize Black-Scholes

$$c = Se^{(b-r)T}N(d_1) - Xe^{-rT}N(d_2)$$

$$p = Xe^{-rT}N(-d_2) - Se^{(b-r)T}N(-d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (b + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (b - \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

$b = r$:	**The Black–Scholes stock option model.**
$b = r - q$:	**The Merton (1973) stock option model with continuous dividend yield q.**
$b = 0$:	**The Black (1976) futures option model.**
$b = r - r_f$:	**The Garman and Kohlhagen (1983) currency option model.**

โดยที่

$$
\begin{aligned}
d_2 &= d_1 - \sigma\sqrt{T} \\
\\
d_2^2 &= d_1^2 - 2d_1\sigma\sqrt{T} + \sigma^2 T \\
&= d_1^2 - 2[\ln(S/X) + (b+\sigma^2/2)T] + \sigma^2 T \\
&= d_1^2 - 2\ln(Se^{bT}/X)
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
n(d_2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-d_2^2/2} \\
\\
n(d_2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-d_1^2/2 + \ln(Se^{bT}/X)} \\
&= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-d_1^2/2} e^{\ln(Se^{bT}/X)} \\
&= n(d_1) Se^{bT}/X
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
n(d_1) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-d_1^2/2} \\
n(d_1) &= n(d_2) X / Se^{bT}
\end{aligned}
$$

Partial Derivatives

$$N(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} \exp(-z^2/2)\,dz$$

$$\frac{\partial N(x)}{\partial S} = n(x) \frac{\partial x}{\partial S}$$

1. ค่า Delta

Delta

$$\Delta_{call} = \frac{\partial c}{\partial S} = e^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial S} - Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial S}$$

$$= e^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial d_1}\frac{\partial d_1}{\partial S} - Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial d_2}\frac{\partial d_2}{\partial S}$$

$$= e^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial S} - Xe^{-rT}n(d_2)\frac{\partial d_2}{\partial S}$$

$$= e^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial S} - Xe^{-rT}n(d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_1}{\partial S}$$

$$= e^{(b-r)T}N(d_1) > 0$$

$$\Delta_{put} = \frac{\partial p}{\partial S} = Xe^{-rT}\frac{\partial N(-d_2)}{\partial S} - e^{(b-r)T}N(-d_1) - Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(-d_1)}{\partial S}$$

$$= Xe^{-rT}n(-d_2)\frac{-\partial d_2}{\partial S} - e^{(b-r)T}N(-d_1) - Se^{(b-r)T}n(-d_1)\frac{-\partial d_1}{\partial S}$$

$$= Xe^{-rT}n(-d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_1}{\partial S} - e^{(b-r)T}N(-d_1) + Se^{(b-r)T}n(-d_1)\frac{\partial d_1}{\partial S}$$

$$= -e^{(b-r)T}N(-d_1) < 0$$

2. ค่า Gamma

Gamma

$$\Gamma_{call} = \frac{\partial^2 c}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta_{call}}{\partial S} = \frac{\partial e^{(b-r)T}N(d_1)}{\partial S}$$

$$= \frac{n(d_1)e^{(b-r)T}}{S\sigma\sqrt{T}} > 0$$

$$\Gamma_{put} = \frac{\partial^2 p}{\partial S^2} = \frac{\partial \Delta_{put}}{\partial S} = \frac{-\partial e^{(b-r)T}N(-d_1)}{\partial S}$$

$$= \frac{n(d_1)e^{(b-r)T}}{S\sigma\sqrt{T}} > 0$$

3. ค่า Lambda (ค่า Vega)

Vega

$$
\begin{aligned}
Vega_{call} = \frac{\partial c}{\partial \sigma} &= Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial \sigma} - Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial \sigma} \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - Xe^{-rT}n(d_2)\frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - Xe^{-rT}n(d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\left[\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial d_2}{\partial \sigma}\right] \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\sqrt{T} > 0
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
Vega_{put} = \frac{\partial p}{\partial \sigma} &= Xe^{-rT}\frac{\partial N(-d_2)}{\partial \sigma} - Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(-d_1)}{\partial \sigma} \\
&= Xe^{-rT}n(-d_2)\left[-\frac{\partial d_2}{\partial \sigma}\right] - Se^{(b-r)T}n(-d_1)\left[-\frac{\partial d_1}{\partial \sigma}\right] \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\left[\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial d_2}{\partial \sigma}\right] \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\sqrt{T} > 0
\end{aligned}
$$

$$
\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} - \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} = \left[-\frac{\ln(Se^{bT}/X)}{\sigma^2\sqrt{T}} + \frac{1}{2}\sqrt{T}\right] - \left[-\frac{\ln(Se^{bT}/X)}{\sigma^2\sqrt{T}} - \frac{1}{2}\sqrt{T}\right] = \sqrt{T}
$$

4. ค่า Theta

Theta

$$\Theta_{call} = -\frac{\partial c}{\partial T} = -(b-r)S^{(b-r)T}N(d_1) - Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial T}$$
$$-rXe^{-rT}N(d_2) + Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial T}$$
$$= -(b-r)S^{(b-r)T}N(d_1) - Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial T}$$
$$-rXe^{-rT}N(d_2) + Xe^{-rT}n(d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_2}{\partial T}$$
$$= Se^{(b-r)T}n(d_1)\left[\frac{\partial d_2}{\partial T} - \frac{\partial d_1}{\partial T}\right]$$
$$-(b-r)S^{(b-r)T}N(d_1) - rXe^{-rT}N(d_2)$$
$$= -\frac{Se^{(b-r)T}n(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} - (b-r)S^{(b-r)T}N(d_1)$$
$$-rXe^{-rT}N(d_2) \leq\geq 0$$

$$\Theta_{put} = -\frac{\partial p}{\partial T} = rXe^{-rT}N(-d_2) - Xe^{-rT}\frac{\partial N(-d_2)}{\partial T}$$
$$+(b-r)S^{(b-r)T}N(-d_1) + Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(-d_1)}{\partial T}$$
$$= rXe^{-rT}N(-d_2) + (b-r)S^{(b-r)T}N(-d_1)$$
$$\times Se^{(b-r)T}n(d_1)\left[\frac{\partial d_2}{\partial T} - \frac{\partial d_1}{\partial T}\right]$$
$$= -\frac{Se^{(b-r)T}n(d_1)\sigma}{2\sqrt{T}} + (b-r)S^{(b-r)T}N(-d_1)$$
$$+rXe^{-rT}N(-d_2) \leq\geq 0$$

$$\frac{\partial d_2}{\partial T} - \frac{\partial d_1}{\partial T} = \left[-\frac{\ln(S/X)}{2\sigma T^{3/2}} + \frac{b}{2\sigma\sqrt{T}} - \frac{\sigma}{4\sqrt{T}}\right]$$
$$-\left[-\frac{\ln(S/X)}{2\sigma T^{3/2}} + \frac{b}{2\sigma\sqrt{T}} + \frac{\sigma}{4\sqrt{T}}\right] = -\frac{\sigma}{2\sqrt{T}}$$

ค่า Rho

Rho
When $b <> 0$

$$
\begin{aligned}
\rho_{call} = \frac{\partial c}{\partial r} &= TSe^{(b-r)T}N(d_1) - TSe^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial r} \\
&\quad + TXe^{-rT}N(d_2) - Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial r} \\
&= Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial r} + TXe^{-rT}N(d_2) \\
&\quad - Xe^{-rT}n(d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_1}{\partial r} \\
&= TXe^{-rT}N(d_2) > 0
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\rho_{put} = \frac{\partial p}{\partial r} &= -TXe^{-rT}N(-d_2) + Xe^{-rT}\frac{\partial N(-d_2)}{\partial r} \\
&\quad - TSe^{(b-r)T}N(-d_1) + TSe^{(b-r)T}N(-d_1) - Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(-d_1)}{\partial r} \\
&= -TXe^{-rT}N(-d_2) < 0
\end{aligned}
$$

When $b = 0$

$$
\begin{aligned}
\rho_{call} = \frac{\partial c}{\partial r} &= -TSe^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(d_1)}{\partial r} \\
&\quad + TXe^{-rT}N(d_2) - Xe^{-rT}\frac{\partial N(d_2)}{\partial r} \\
&= -TSe^{(b-r)T}N(d_1) + Se^{(b-r)T}n(d_1)\frac{\partial d_1}{\partial r} \\
&\quad + TXe^{-rT}N(d_2) - Xe^{-rT}n(d_1)Se^{bT}/X\frac{\partial d_1}{\partial r} \\
&= -TSe^{(b-r)T}N(d_1) + TXe^{-rT}N(d_2) \\
&= -Tc < 0
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\rho_{put} = \frac{\partial p}{\partial r} &= -TXe^{-rT}N(-d_2) + Xe^{-rT}\frac{\partial N(-d_2)}{\partial r} \\
&\quad + TSe^{(b-r)T}N(-d_1) - Se^{(b-r)T}\frac{\partial N(-d_1)}{\partial r} \\
&= -Tp < 0
\end{aligned}
$$

ภาคผนวก ช

ฟังก์ชันทางการเงินที่เกี่ยวข้อง

1. อัตราดอกเบี้ยทบต้น (Compounding Interest Rate)

อัตราดอกเบี้ยทบต้น (r) หาได้จาก

$$r_{\text{ทบต้น}} = \left(1+\frac{r_m}{m}\right)^m - 1$$

โดยที่ m คือ จำนวนครั้งที่มีการจ่ายดอกเบี้ยรับต่อปี

2. อัตราดอกเบี้ยทบต้นแบบต่อเนื่อง (Continuous Compounding Interest Rate)

อัตราดอกเบี้ยทบต้นแบบต่อเนื่อง ใช้ในกรณีที่ จำนวนครั้งที่มีการจ่ายดอกเบี้ยรับต่อปี มีค่าเข้าใกล้อนันต์ ซึ่งจะหาค่าได้จาก

$$r_{\text{ต่อเนื่อง}} = e^r - 1$$

3. มูลค่าสุทธิในปัจจุบัน (Net Present Value)

มูลค่าสุทธิในปัจจุบัน (NPV) หาได้จาก

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

โดยที่ C คือ กระแสเงินสดในแต่ละงวดเวลา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายเกรียงไกร ไชยศิริวงศ์สุข
วัน เดือน ปีเกิด	29 ตุลาคม 2516 จังหวัด เชียงใหม่

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร	2533
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2538

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ.	ตำแหน่ง	สถานที่
2538	ผู้แทนการตลาด	บริษัท บางจากปิโตรเลี่ยม จำกัด (มหาชน)
2538-2540	วิศวกร	สำนักงานภาคเหนือ-เชียงใหม่ บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
2540-2541	เจ้าหน้าที่สินเชื่อ	สำนักงานภาคเหนือ-เชียงใหม่ บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
2541-ปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่สินเชื่ออาวุโส	สำนักงานภาค-เชียงใหม่ บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย