บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคำนวณหามูลค่าความเสี่ยง (Value at risk : VaR) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อลูกค้าที่มีมูลค่าความสูญเสียเท่ากันทั้งหมด แต่มีความน่าจะเป็นของมูลค่าความสูญเสียแต่ละรายไม่เท่ากัน จะกล่าวได้ว่าลูกค้าแต่ละรายมีการแจกแจงแบบเบอร์นูลี (Independent Bernoulli with not-all-equal probabilities of success) หากนำลูกค้าแต่ละรายมาพิจารณาร่วมกันโดยมีเป้าหมายเพื่อคำนวณหามูลค่าความเสี่ยงจากจำนวนลูกค้าทั้งหมด จะกล่าวได้ว่าลูกค้าทั้งหมดมีการแจงแจงแบบปัวส์ซอง-ทวินาม (Poisson-Binomail distribution)

<u>หมายเหตุ</u> ในกรณีการนำลูกค้าแต่ละรายมาพิจารณาร่วมกันโดยลูกค้าแต่ละรายมีมูลค่าสูญหายเท่ากัน และมีความน่าจะเป็นของมูลค่าความเสียหายแต่ละรายเท่ากัน โดยที่ลูกค้าแต่ละรายเป็นอิสระต่อกัน จะกล่าวได้ว่าลูกค้าทั้งหมดมีการแจงแจงแบบทวินาม (Binomail distribution)

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้มีข้อตกลงเบื้องต้นว่า "ความน่าจะเป็นของมูลค่าความสูญเสียเป็นค่าที่คำนวณจากการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติค การแจกแจงของความน่าจะเป็นของมูลค่าความสูญเสียมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform distribution) โดยที่ลูกค้าแต่ละรายเป็นอิสระต่อกัน และลูกค้าแต่ละรายขอสินเชื่อเป็นจำนวนเงิน 10,000 บาท"

4.1 ฟังก์ชันการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินาม

กำหนดให้ $X_1,\ldots,X_N$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเบอร์นูลี ซึ่งเป็นอิสระต่อกันด้วยความน่าจะเป็น $P(X_i=1)=p_i$ และ $P(X_i=0)=1-p_i$ เมื่อ $\boldsymbol{X}=(X_1,\ldots,X_N)$ และ $\boldsymbol{p}=(p_1,\ldots,p_N)$ แล้ว จะได้ว่า $S_X=X_1+\cdots+X_N$ เป็นตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม ด้วยพารามิเตอร์ $\boldsymbol{p}$ ดังนั้น

$$P(S_X=n)=\left\{\prod_{i=1}^{N}(1-p_i)\right\}\sum_{i_1<\cdots<i_n} w_{i_1}\cdots w_{i_n},\quad i=1,2,\ldots,N \tag{1}$$

หรือ

กำหนดให้ $D^n=\{\boldsymbol{d}=(d_1,\ldots,d_N):d_i=0$ หรือ1, และ $d_1+\cdots+d_N=n\}$

จะได้ว่า

$$P(S_X=n)=\sum_{d\in D^n}\left(\prod_{i=1}^{N}w_i^{d_i}\right)\prod_{i=1}^{N}(1+w_i)^{-1},\quad n=0,1,\ldots,N \tag{2}$$

หรือ

กำหนดให้ $S=\{1,\ldots,N\}$, $|\mathrm{A}|=$จำนวนสามาชิกของ A และ

$R(k,C)=\sum_{B\subset C,|B|=k}\left(\prod_{i=B}w_i\right)$ สำหรับ เซตที่ไม่เป็นเซตว่างใดๆของ $C\subset S$ และ $1\le k\le|C|$

เมื่อ $R(0,C)=1$ และ $R(k,C)=0$ สำหรับทุกๆ $k>|C|$ จะได้ว่า

$$P(S_X=n)=R(n,S)\prod_{i\in S}(1+w_i)^{-1},\quad n=0,1,\ldots,N \tag{3}$$

โดยที่ $w_i=\dfrac{p_i}{1-p_i}$

จากฟังก์ชันการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามดังกล่าว สามารถคำนวณหาค่าคาดหวังและความแปรปรวนได้ดังนี้

$$E\left[S_X\,|p_i\right]=\mu=p_1+\cdots+p_N \text{ และ } Var\left[S_X\,|p_i\right]=\sigma^2=p_1q_1+\cdots+p_Nq_N$$

ฟังก์ชันการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามข้างต้น Sean X. Chen และ Jun S. Liu ได้กล่าวถึงการเขียนชุดคำสั่งของการสร้าง $R(k,C)=\sum_{B\subset C,|B|=k}\left(\prod_{i=B}w_i\right)$ ไว้ดังนี้

วิธีที่ 1. (Chen, Dempster and Liu (1994))

กำหนด $T(i,C)=\sum_{j\in C}w_j^i$ สำหรับทุกๆ $i\ge1$ และ $C\subset S$ จะได้ว่าสำหรับทุกๆ $1\le k\le|C|$

$$R(k,C)=\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}(-1)^{i+1}T(i,C)R(k-i,C)$$

<u>หมายเหตุ</u> เงื่อนไขของวิธีที่ 1 คือ $\dfrac{\max(w_i)}{\min(w_i)}\le6000$

ซึ่งชุดคำสั่งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงของตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม เมื่อนำชุดคำสั่งดังกล่าวมาเขียนโปรแกรมเพื่อคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม ทำการประมวลผล 100 รอบ ให้ผลลัพธ์ ดังนี้

ตาราง 4.1 แสดงจำนวนรอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	95%	93%	90%	92%	85%
0.50 – 0.60	100%	100%	100%	100%	***[1]
0.90 – 1.00	91%	***	***	***	***
0.00 – 1.00	5%	0%	0%	***	***
0.00 – 0.50	92%	92%	79%	75%	78%
0.25 – 0.75	100%	100%	100%	100%	***
0.50 – 1.00	91%	89%	***	***	***

จากตารางแสดงจำนวนรอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1 พบว่า

1. ในช่วงความน่าจะเป็น 0.00 – 0.10, 0.00 – 1.00, 0.00 – 0.50 และ0.50 – 1.00 เมื่อมีจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น (200, 400, 600, 800 และ1000 คน ตามลำดับ) จะได้ว่าจำนวนรอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1 ลดลง และคาดว่าในช่วงความน่าจะเป็น 0.90 – 1.00 ก็เช่นกัน นั่นคือ เมื่อมีจำนวนคนทั้งหมด จะได้ว่าจำนวนรอบที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1 ลดลง

2. ในช่วงความน่าจะเป็น 0.50 – 0.60 และ0.25 – 0.75 จะได้ว่าทุกรอบสอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1

ตาราง 4.2 แสดงความน่าจะเป็นบางค่าที่ไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติความน่าจะเป็นจากวิธีที่ 1

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	-	-	-	-	-
0.50 – 0.60	-	-, >1	-, >1	-, >1	***
0.90 – 1.00	-	***	***	***	***
0.00 – 1.00	-, >1	-, >1	-, >1	***	***
0.00 – 0.50	-	-	-	-	-
0.25 – 0.75	-, >1	-, >1	-, >1	-, >1	***
0.50 – 1.00	-, >1	-, >1	***	***	***

จากตารางแสดงความน่าจะเป็นบางค่าที่ไม่สอดคล้องกับคุณสมบัติความน่าจะเป็น $(p \in [0,1])$ จากวิธีที่ 1 พบว่า

[1] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

1. ในช่วงความน่าจะเป็น 0.00 – 0.10, 0.90 – 1.00 และ0.00 – 0.50 มีความน่าจะเป็นบางค่าติดลบ

2. ในช่วงความน่าจะเป็น 0.50 – 0.60, 0.00 – 1.00, 0.25 – 0.75 และ0.50 – 1.00 มีความน่าจะเป็นบางค่าติดลบและบางค่ามีค่ามากกว่า 1

เมื่อพิจารณาผลรวมของความน่าจะเป็นของการประมวลผลในแต่ละรอบ พบว่า ไม่มีรอบใดเลยที่มีผลรวมของความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0%

เมื่อพิจารณาจำนวนคนสำหรับการคำนวณมูลค่าความเสี่ยง พบว่า ไม่มีรอบใดเลยในการประมวลผลที่ให้ค่าที่ถูกต้อง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0%

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ทราบว่าอนุกรมของ Sean X. Chen และ Jun S. Liu ไม่สามารถใช้คำนวณฟังก์ชันการแจกแจงของตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามได้จริงแม้ว่าจะมีข้อมูลที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของวิธีที่ 1 แล้วก็ตาม

ผู้วิจัยคิดอนุกรมที่สามารถใช้ในสำหรับคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงของตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม ดังนี้

$$R(i,C)=\sum_{j=1}^{N-i+1} w_j\left(\sum_{k=j+1}^{N-i+2} A_k\right),\quad i=2,\ldots,N$$

โดยที่ $A_k = w_k$ เมื่อ $R(1,C)=w_1+\cdots+w_N$

ซึ่งจากสมการดังกล่าว สามารถใช้ในการคำนวณค่าต่างๆ ได้ ดังตารางข้างล่างนี้

<u>กำหนดให้</u> ในการพิจารณาข้อมูลที่ปรากฏในตาราง มีเงื่อนไข ดังนี้

Min – Max

(Average)

1. ตัวเลขตัวแรก (Min) แสดงถึงค่าต่ำสุดของข้อมูลภายในตาราง
2. ตัวเลขตัวท้าย (Max) แสดงถึงค่าสูงสุดของข้อมูลภายในตาราง
3. ตัวเลขในวงเล็บ (Average) แสดงถึงค่าเฉลี่ยของข้อมูลภายในตาราง

ตาราง 4.3 แสดงจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม (คน)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	14 – 17 (15.25)	25 – 30 (27.33)	36 – 42 (38.92)	47 – 53 (50.30)	59 – 64 (61.50)
0.50 – 0.60	120 – 123 (121.53)	235 – 238 (236.30)	348 – 352 (349.95)	461 – 465 (463.07)	***[2]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	97 – 124 (109.63)	197 – 230 (213.18)	293 – 342 (316.36)	***	***
0.00 – 0.50	52 – 66 (59.48)	103 – 124 (113.49)	156 – 177 (166.52)	207 – 232 (218.87)	254 – 285 (271.23)
0.25 – 0.75	104 – 117 (111.04)	205 – 225 (215.70)	308 – 330 (319.13)	409 – 434 (422.30)	***
0.50 – 1.00	153 – 167 (159.37)	303 – 335 (313.70)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงลดลง นั่นคือ เมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นจะเป็นการลดความเสี่ยงของการลงทุน

[2] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.4 แสดงค่าคาดหวังจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	8.76 – 11.43 (10.01)	17.92 – 21.95 (17.92)	27.65 – 32.52 (30.00)	37.42 – 42.40 (40.01)	47.35 – 52.65 (50.05)
0.50 – 0.60	108.76 – 111.43 (110.02)	218.34 – 221.67 (220.01)	327.65 – 332.52 (330.00)	437.42 – 442.40 (440.01)	***[3]
0.90 – 1.00	188.72 - 191.201 (190.00)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	87.56 – 114.25 (100.16)	183.60 – 216.69 (199.75)	276.50 – 325.18 (299.91)	***	***
0.00 – 0.50	43.27 – 55.99 (49.90)	89.56 – 109.76 (99.95)	140.33 – 160.20 (149.98)	188.21 – 212.73 (199.79)	232.91 – 263.40 (249.91)
0.25 – 0.75	92.75 – 105.78 (99.92)	189.55 – 209.31 (199.96)	289.15 – 310.59 (299.85)	387.09 – 412.00 (400.04)	***
0.50 – 1.00	143.50 – 158.26 (149.99)	289.56 – 309.31 (299.96)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้นค่าคาดหวังจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามเพิ่มขึ้นในอัตราส่วนที่เท่ากัน เนื่องจากความน่าจะเป็นมีฟังก์ชันการแจกแจงจากแบบสม่ำเสมอ

[3] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.5 แสดงความแปรปรวนจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	8.02 – 10.61 (9.35)	16.80 – 20.43 (18.66)	25.90 – 30.27 (28.00)	35.01 – 39.49 (37.34)	44.24 – 49.09 (46.71)
0.50 – 0.60	49.19 – 49.45 (49.33)	98.50 – 98.85 (98.67)	147.76 – 148.24 (148.00)	197.06 – 197.60 (197.33)	***[4]
0.90 – 1.00	8.25 – 10.48 (9.34)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	30.06 – 36.88 (33.30)	61.07 – 71.71 (66.70)	94.24 – 106.22 (100.10)	***	***
0.00 – 0.50	29.70 – 36.31 (33.28)	61.23 – 71.72 (66.65)	94.50 – 105.82 (100.00)	127.11 – 139.51 (133.23)	157.66 – 174.47 (166.63)
0.25 – 0.75	44.94 – 46.74 (45.83)	90.23 – 92.74 (91.68)	136.00 – 138.88 (137.49)	181.68 – 185.22 (183.31)	***
0.50 – 1.00	29.30 – 36.72 (33.35)	61.34 – 71.66 (66.70)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้นความแปรปรวนจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามมีค่ามากขึ้นสอดคล้องกับฟังก์ชันการแจกแจงจากแบบสม่ำเสมอ เนื่องจากความน่าจะเป็นมีฟังก์ชันการแจกแจงจากแบบสม่ำเสมอ

[4] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.6 แสดงมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม (หมื่นบาท หรือ $\times 10^4$ บาท)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	14 – 17 (15.25)	25 – 30 (27.33)	36 – 42 (38.92)	47 – 53 (50.30)	59 – 64 (61.50)
0.50 – 0.60	120 – 123 (121.53)	235 – 238 (236.30)	348 – 352 (349.95)	461 – 465 (463.07)	***[5]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	97 – 124 (109.63)	197 – 230 (213.18)	293 – 342 (316.36)	***	***
0.00 – 0.50	52 – 66 (59.48)	103 – 124 (113.49)	156 – 177 (166.52)	207 – 232 (218.87)	254 – 285 (271.23)
0.25 – 0.75	104 – 117 (111.04)	205 – 225 (215.70)	308 – 330 (319.13)	409 – 434 (422.30)	***
0.50 – 1.00	153 – 167 (159.37)	303 – 335 (313.70)	***	***	***

จากตาราง พบว่า มูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม สอดคล้องโดยตรงกับจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม

[5] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

4.2 การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง และการแจกแจงปกติมาตรฐาน

นอกจากจะสามารถคำนวณค่าความน่าจะเป็นจากฟังก์ชันการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงแล้ว ยังสามารถอาศัยการแจกแจงที่ทราบกันเป็นย่างดีในการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามได้อีกด้วย กล่าวคือ สามารถประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง และการแจกแจงปกติมาตรฐาน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1. การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

เมื่อ p_i มีค่าน้อยๆ จะได้ว่า สามารถประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ด้วยพารามิเตอร์ $\lambda = \sum_{i=1}^{N} p_i$ โดยที่ $P(Y=k) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^k}{k!}$, x=0,1,2,... เมื่อ $Y \sim \text{Poisson}(\lambda)$ โดย Le Cam ได้หาค่าขอบเขตการลู่เข้าระหว่างความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณโดยตรงจากฟังก์ชันการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามและการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ดังนี้

ทฤษฎีบทของ Le Cam

กำหนดให้ $X_1,\ldots,X_N$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเบอร์นูลี ซึ่งเป็นอิสระต่อกันด้วยความน่าจะเป็น $P(X_i=1)=p_i$ และ $P(X_i=0)=1-p_i$ สำหรับ $i=1,2,3,\ldots$, $\lambda_n = p_1+\cdots+p_n$ และ $S_X = X_1+\cdots+X_n$ แล้ว จะได้ว่า

$$\sum_{k=0}^{\infty}\left|P(S_X=k)-\frac{e^{-\lambda}\lambda^k}{k!}\right| \le \frac{16}{\lambda}\sum_{i=1}^{n}p_i^2$$

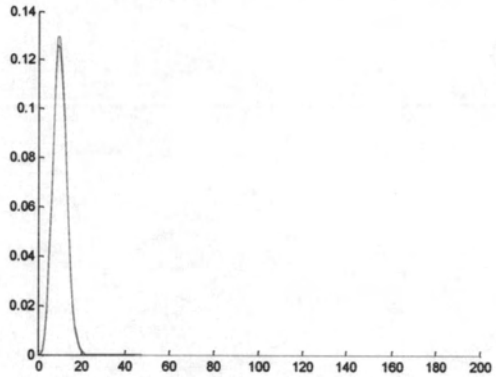
ซึ่งจากสมการข้างต้นนี้ สามารถแสดงค่าต่างๆได้ดังแผนภาพและตารางข้างล่างนี้

<u>กำหนดให้</u> ในการพิจารณาแผนภาพต่างๆ มีเงื่อนไข ดังนี้

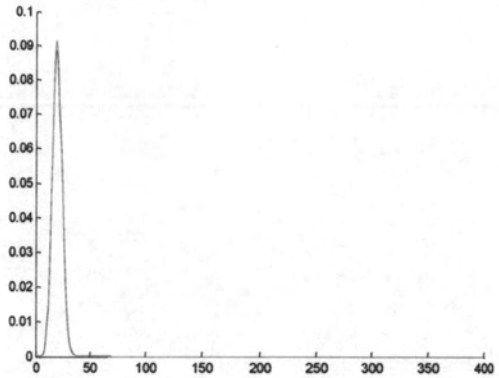
4. เส้นสีแดง แสดงถึงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง- ทวินามโดยตรง
5. เส้นสีเขียว แสดงถึงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง
6. เส้นสีน้ำเงิน แสดงถึงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน
7. แกนนอน (แกน X) แทน จำนวนคนหรือจำนวนลูกค้า และแกนตั้ง (แกน Y) แทน ความน่าจะเป็น

กรณี 1 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.1

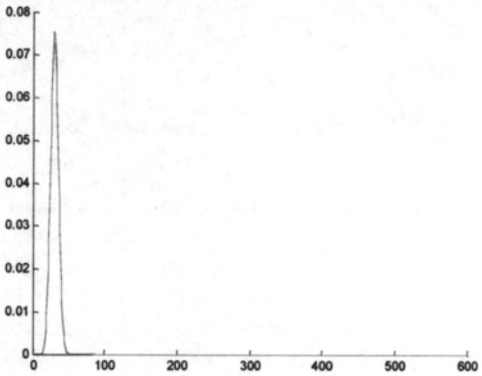
แผนภาพ 4.1 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



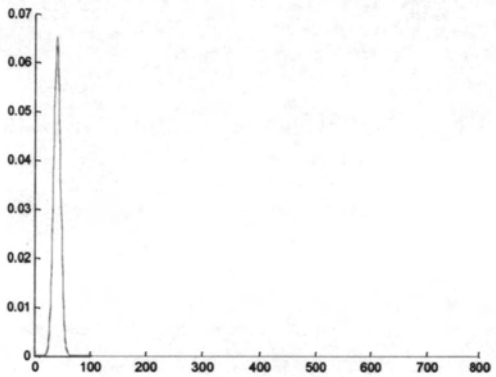
รูปที่ 1a



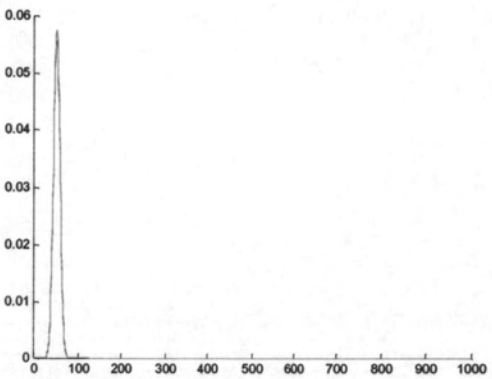
รูปที่ 1b



รูปที่ 1c



รูปที่ 1d

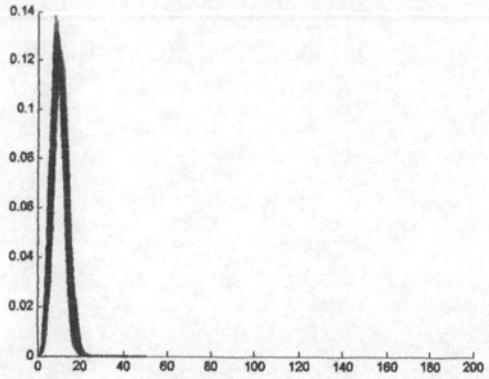


รูปที่ 1e

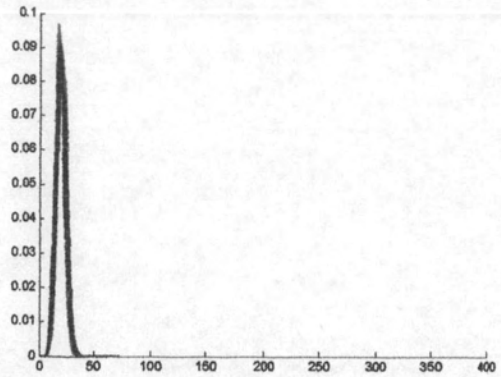
จากกราฟรูปที่ 1a ถึงรูปที่ 1e พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกันมาก เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวแทบจะแนบสนิทไปกับกราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.1

จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600, 800 และ1000 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าสูง

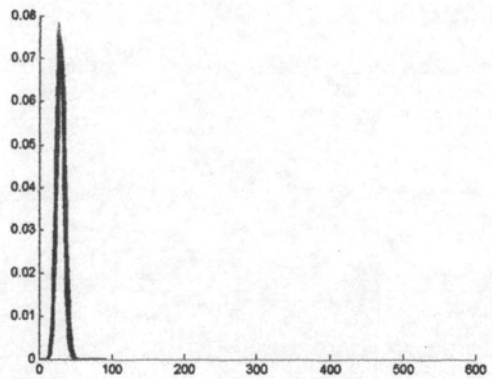
แผนภาพ 4.2 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



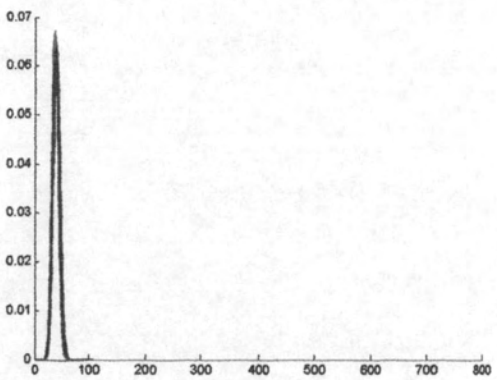
รูปที่ 1f



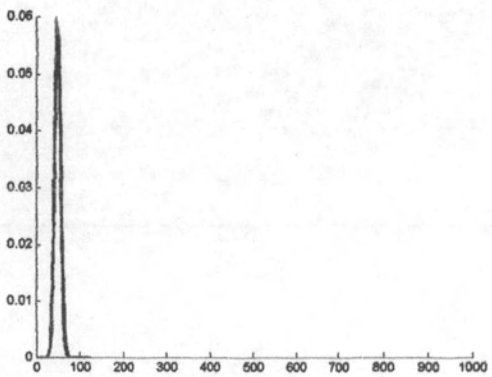
รูปที่ 1g



รูปที่ 1h



รูปที่ 1i

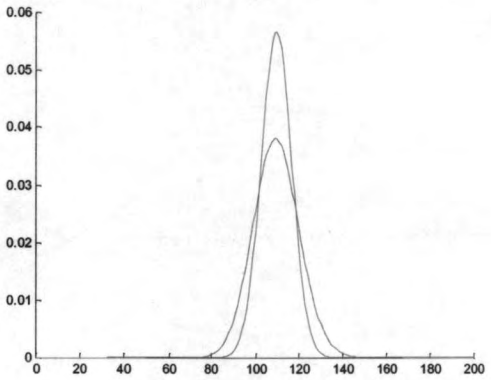


รูปที่ 1j

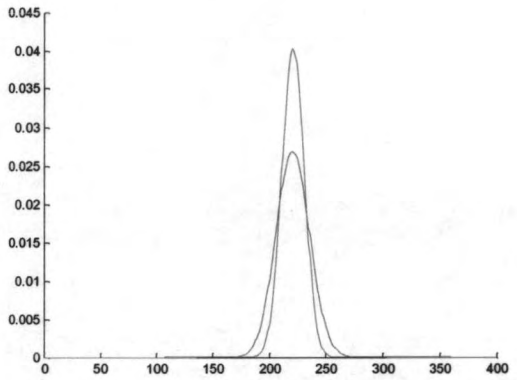
จากกราฟรูปที่ 1f ถึงรูปที่ 1j พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกันมาก การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 2 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 0.6

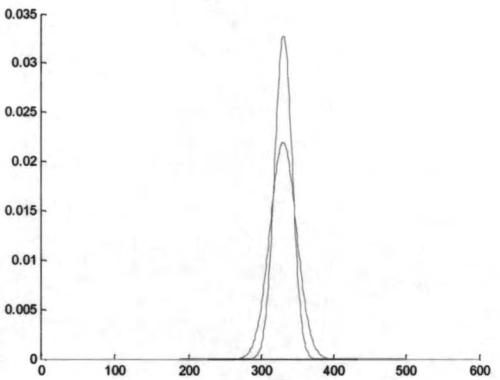
แผนภาพ 4.3 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



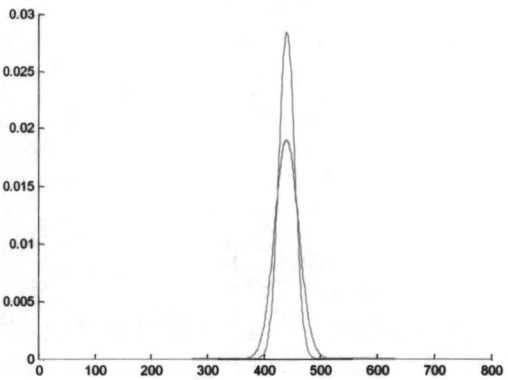
รูปที่ 2a



รูปที่ 2b



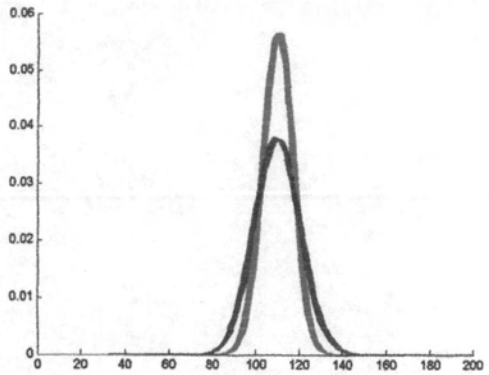
รูปที่ 2c



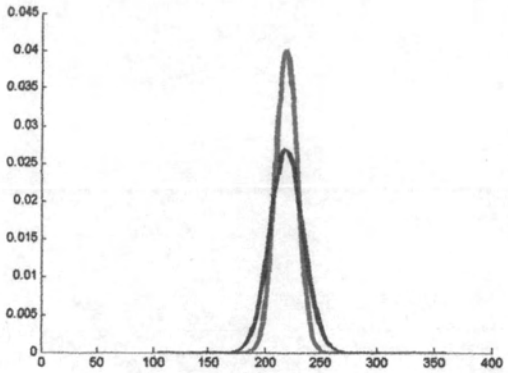
รูปที่ 2d

จากกราฟรูปที่ 2a ถึงรูปที่ 2d พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโค้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 0.6 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600 และ800 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

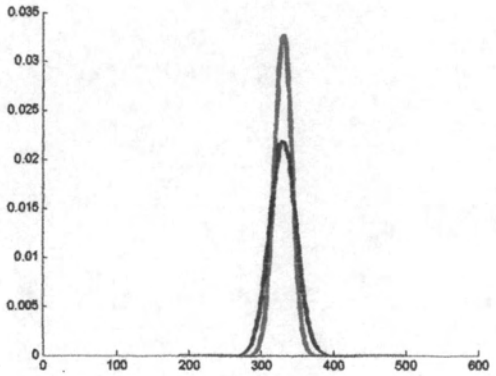
แผนภาพ 4.4 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



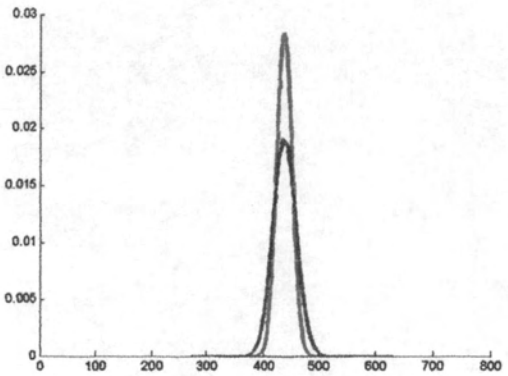
รูปที่ 2e



รูปที่ 2f



รูปที่ 2g

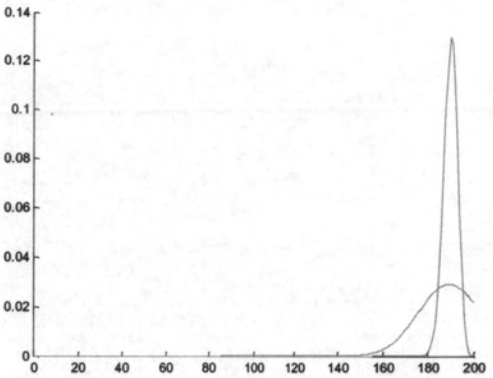


รูปที่ 2h

จากกราฟรูปที่ 2e ถึงรูปที่ 2h พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 3 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.9 – 1

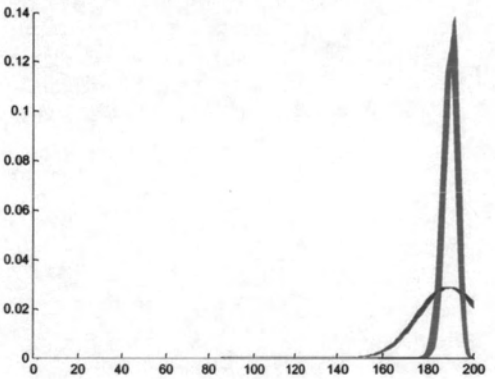
แผนภาพ 4.5 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



รูปที่ 3a

จากกราฟรูปที่ 3a พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโค้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดงมาก นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.9 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200 คน การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าแตกต่างกัน

แผนภาพ 4.6 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ

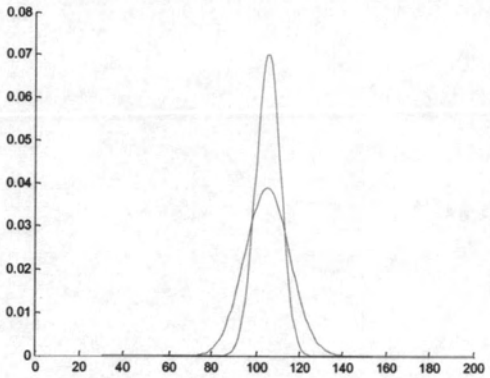


รูปที่ 3b

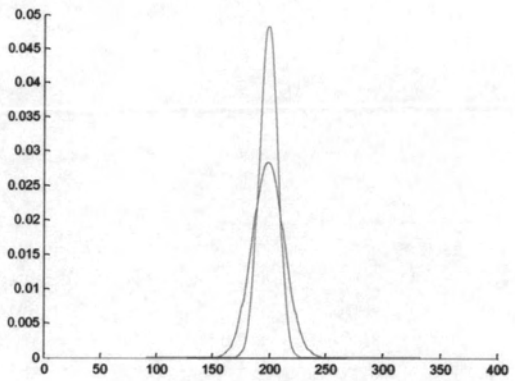
จากกราฟรูปที่ 3b พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก

กรณี 4 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 1

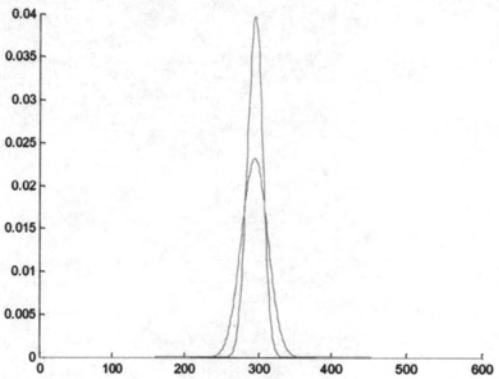
แผนภาพ 4.7 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



รูปที่4a



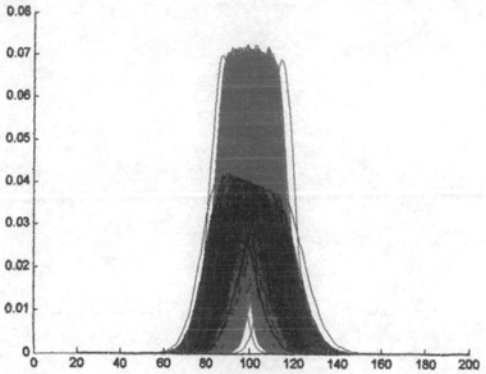
รูปที่ 4b



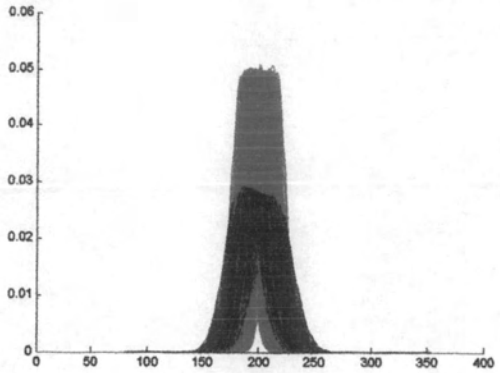
รูปที่ 4c

จากกราฟรูปที่ 4a ถึงรูปที่ 4c พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400 และ600 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

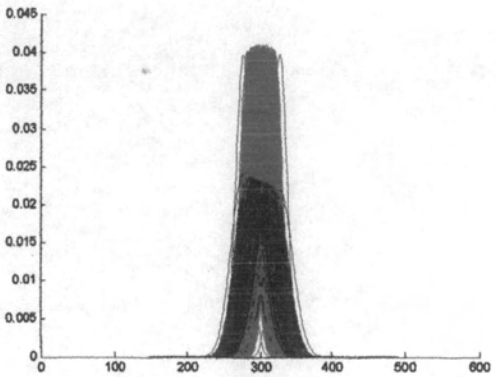
แผนภาพ 4.8 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



รูปที่ 4d



รูปที่ 4e

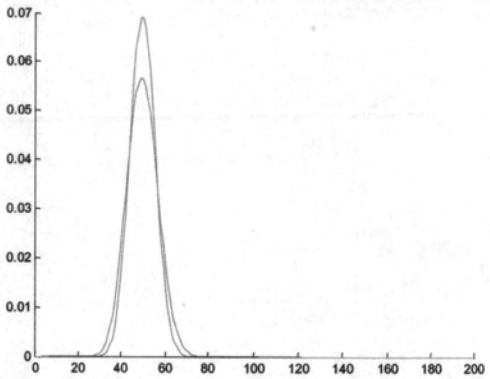


รูปที่ 4f

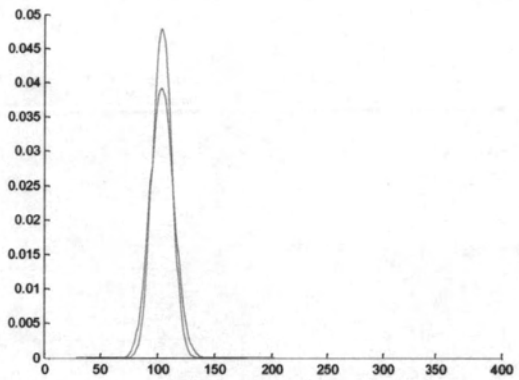
จากกราฟรูปที่ 4d ถึงรูปที่ 4f พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 5 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.5

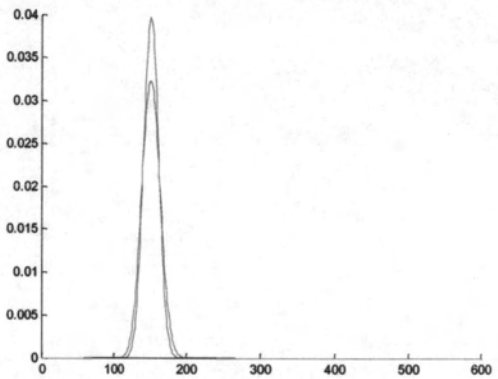
แผนภาพ 4.9 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



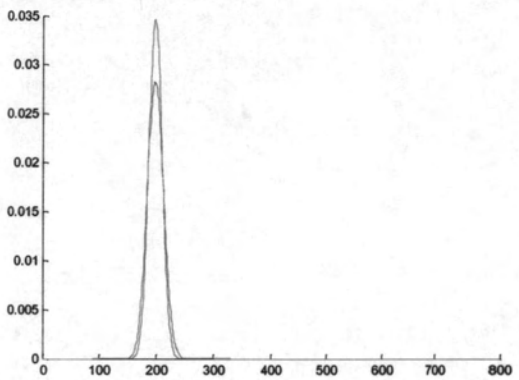
รูปที่ 5a



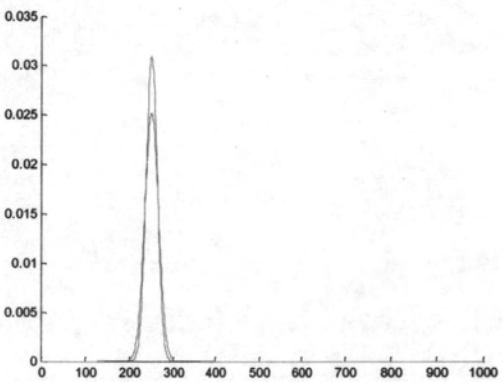
รูปที่ 5b



รูปที่ 5c



รูปที่ 5d

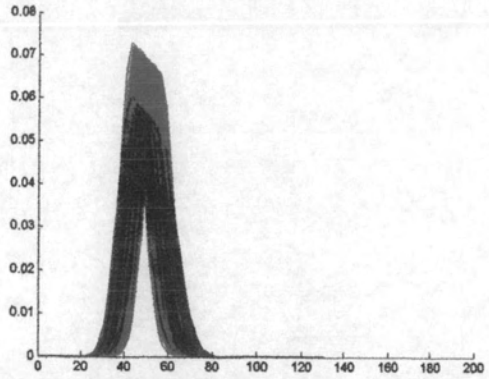


รูปที่ 5e

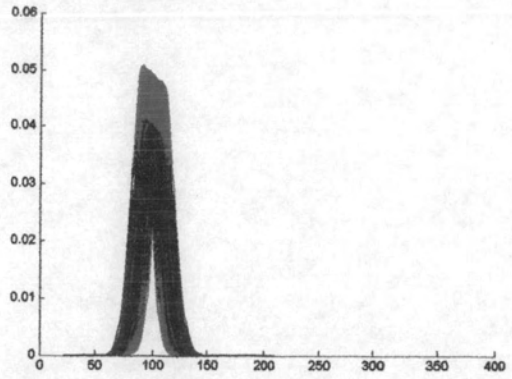
จากกราฟรูปที่ 5a ถึงรูปที่ 5c พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีแตกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่น

คือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.5 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600, 800 และ1000 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าใกล้เคียงกัน

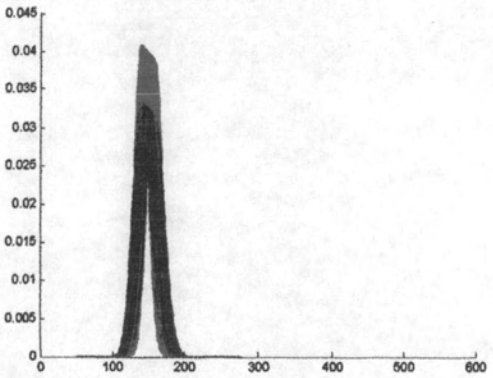
แผนภาพ 4.10 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



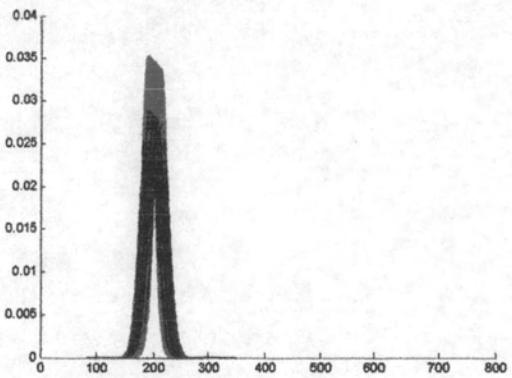
รูปที่ 5f



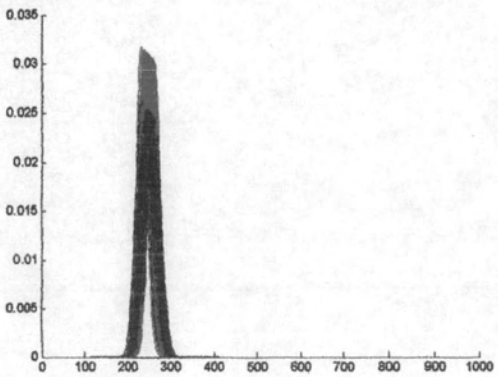
รูปที่ 5g



รูปที่ 5h



รูปที่ 5i

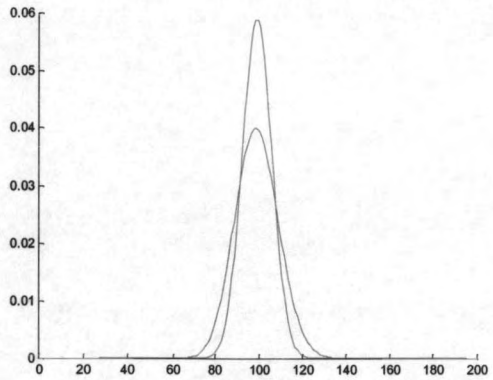


รูปที่ 5j

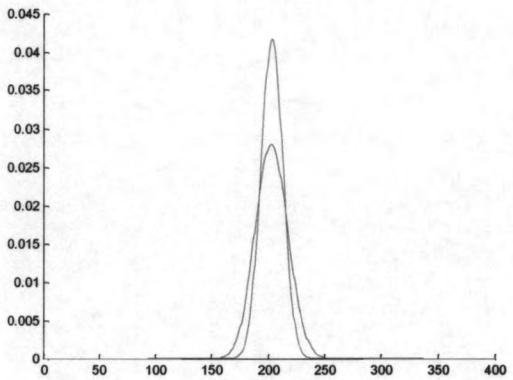
จากกราฟรูปที่ 5f ถึงรูปที่ 5j พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 6 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.25 – 0.75

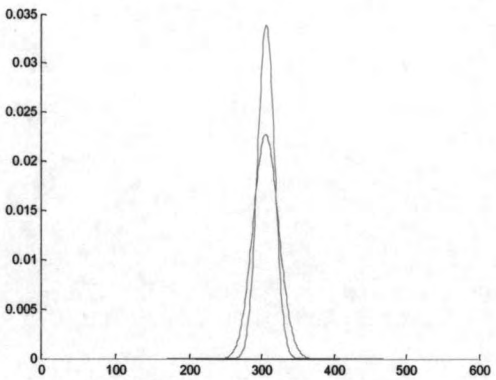
แผนภาพ 4.11 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



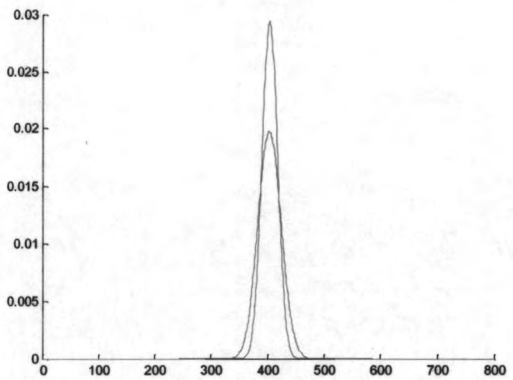
รูปที่ 6a



รูปที่ 6b



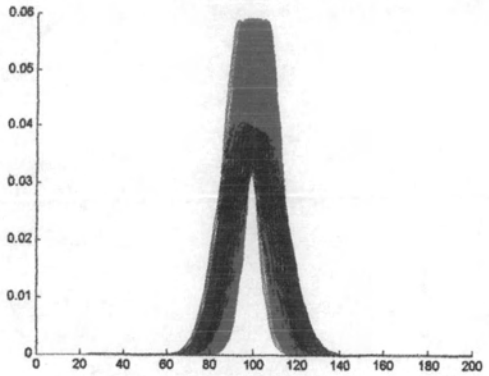
รูปที่ 6c



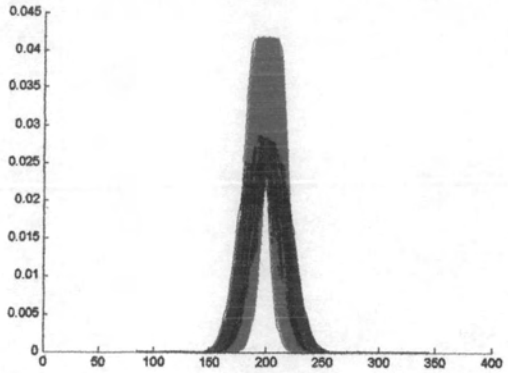
รูปที่ 6d

จากกราฟรูปที่ 6a ถึงรูปที่ 6d พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป่านหรือมีความโค้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.25 – 0.75 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600 และ800 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

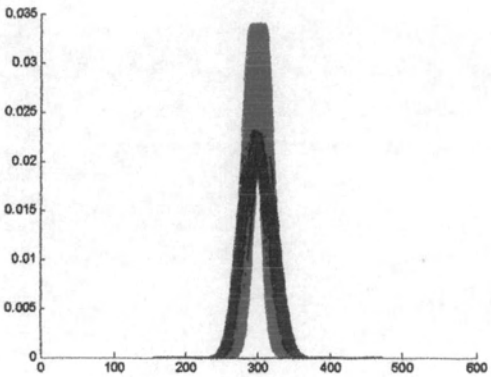
แผนภาพ 4.12 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



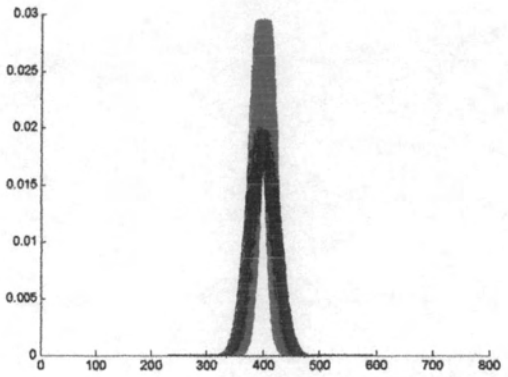
รูปที่ 6e



รูปที่ 6f



รูปที่ 6g

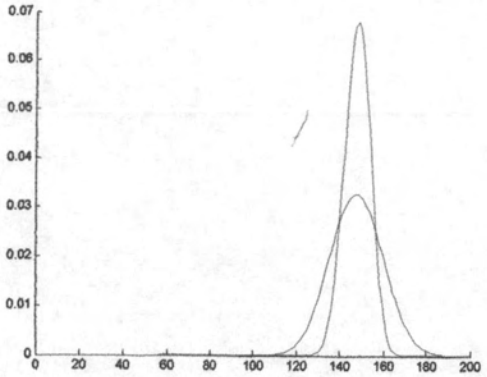


รูปที่ 6h

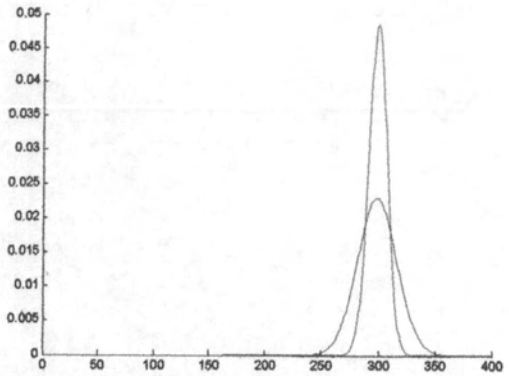
จากกราฟรูปที่ 6e ถึงรูปที่ 6h พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 7 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 1

แผนภาพ 4.13 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1 รอบ



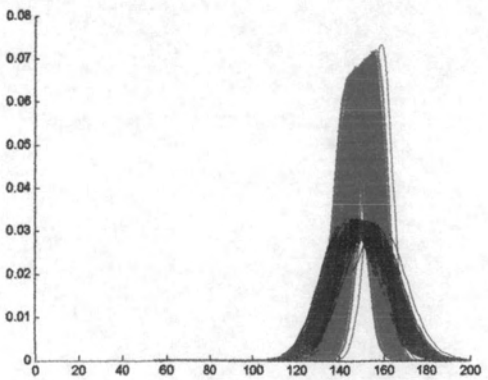
รูปที่ 7a



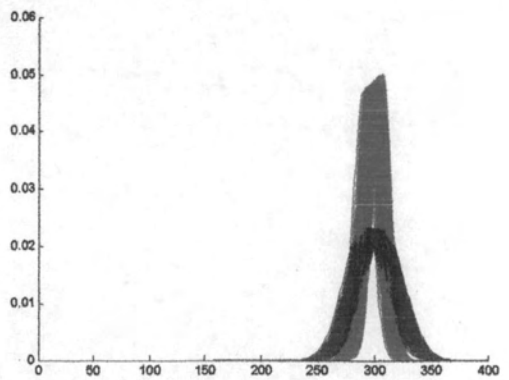
รูปที่ 7b

จากกราฟรูปที่ 7a ถึงรูปที่ 7b พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีเขียวมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200 และ400 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

แผนภาพ 4.14 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง ทำการประมวลผล 1000 รอบ



รูปที่ 7c



รูปที่ 7d

จากกราฟรูปที่ 7c ถึงรูปที่ 7d พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

ตาราง 4.7 แสดงจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง (คน)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	14 – 17 (15.47)	25 – 30 (27.61)	37 – 42 (38.26)	48 – 53 (50.67)	59 – 65 (61.96)
0.50 – 0.60	126 – 129 (127.54)	243 – 246 (244.69)	358 – 363 (360.15)	472 – 477 (474.80)	***[6]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	103 – 132 (116.88)	206 – 241 (223.28)	304 – 355 (328.68)	***	***
0.00 – 0.50	54 – 69 (61.80)	105 – 127 (116.67)	160 – 181 (170.39)	211 – 237 (223.31)	258 – 290 (276.17)
0.25 – 0.75	109 – 123 (116.64)	212 – 233 (223.50)	317 – 340 (328.61)	420 – 446 (433.21)	***
0.50 – 1.00	163 – 179 (170.39)	318 – 339 (328.71)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองลดลงเช่นเดียวกับเมื่อคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรง นั่นคือ เมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นจะเป็นการลดความเสี่ยงของการลงทุน

[6] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.8 แสดงผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง (หมื่นบาท หรือ $\times 10^4$ บาท)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	(-1) - 0	(-1) - 0	(-1) - 0	(-1) - 0	(-1) - 0
0.50 – 0.60	(-7) – (-5)	(-9) – (-8)	(-11) – (-10)	(-12) – (-11)	***[7]
0.90 – 1.00	0	***	***	***	***
0.00 – 1.00	(-9) – (-6)	(-12) – (-9)	(-14) – (-11)	***	***
0.00 – 0.50	(-3) – (-2)	(-4) – (-2)	(-5) – (-3)	(-5) – (-4)	(-6) – (-4)
0.25 – 0.75	(-6) – (-5)	(-9) – (-7)	(-10) – (-9)	(-12) – (-10)	***
0.50 – 1.00	(-12) – (-10)	(-16) – (-1)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างจำนวนคนสำหรับการคำนวณมูลค่าความเสี่ยงจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง มีค่าเท่ากับ 0 หรือ ติดลบเท่านั้น นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนของจำนวนลูกค้าที่หนีหนี้ที่เกิดจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าจริง

ตาราง 4.9 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	0.50%	0.25%	0.17%	0.13%	0.10%
0.50 – 0.60	1%	0.25%	0.17%	0.13%	***
0.90 – 1.00	0%	***	***	***	***
0.00 – 1.00	1.5%	0.75%	0.50%	***	***
0.00 – 0.50	0.50%	0.50%	0.33%	0.13%	0.20%
0.25 – 0.75	0.50%	0.50%	0.17%	0.25%	***
0.50 – 1.00	1.00%	4.25%	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดย

[7] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

การแจกแจงปัวส์ซองลดลง และมีทุกค่ามีค่าต่ำมาก นั่นคือ การประมาณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองเพื่อคำนวณหามูลค่าความเสี่ยงถือว่ามีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น

ตาราง 4.10 แสดงเปอร์เซ็นต์ความตรงกันของมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	77.70%	71.50%	66.00%	61.80%	53.50%
0.50 – 0.60	0%	0%	0%	0%	***[8]
0.90 – 1.00	100%	***	***	***	***
0.00 – 1.00	0%	0%	0%	***	***
0.00 – 0.50	0%	0%	0%	0%	0%
0.25 – 0.75	0%	0%	0%	0%	***
0.50 – 1.00	0%	0%	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความตรงกันของมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองลดลงหรือคงที่เท่านั้น

[8] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.11 แสดงผลรวมความคลาดเคลื่อนระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	0.031 – 0.036 (0.033)	0.031 – 0.036 (0.033)	0.031 – 0.035 (0.033)	0.032 – 0.035 (0.033)	0.032 – 0.035 (0.033)
0.50 – 0.60	0.377 – 0.391 (0.383)	0.379 – 0.388 (0.383)	0.379 – 0.387 (0.383)	0.380 – 0.386 (0.383)	***[9]
0.90 – 1.00	1.009 – 1.030 (1.020)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	0.466 – 0.594 (0.520)	0.471 – 0.580 (0.518)	0.472 – 0.557 (0.519)	***	***
0.00 – 0.50	0.167 – 0.213 (0.196)	0.180 – 0.210 (0.196)	0.184 – 0.204 (0.196)	0.186 – 0.205 (0.195)	0.188 – 0.204 (0.196)
0.25 – 0.75	0.341 – 0.402 (0.373)	0.349 – 0.397 (0.372)	0.355 – 0.392 (0.373)	0.389 – 0.357 (0.373)	***
0.50 – 1.00	0.636 – 0.772 (0.696)	0.650 - Inf (0.694)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น ผลรวมความคลาดเคลื่อนระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าคงที่โดยประมาณ

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากทฤษฎีบทของ Le Cam พบว่า ข้อมูลทั้งหมดสอดคล้องตามทฤษฎีบทดังกล่าว นั่น คือผลรวมของความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซองมีค่าไม่เกินขอบเขตจากทฤษฎีบทของ Le Cam

[9] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.12 แสดงมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม โดยการแจกแจงปัวส์ซอง (หมื่นบาท หรือ $\times 10^4$ บาท)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	14 – 17 (15.47)	25 – 30 (27.61)	37 – 42 (38.26)	48 – 53 (50.67)	59 – 65 (61.96)
0.50 – 0.60	126 – 129 (127.54)	243 – 246 (244.69)	358 – 363 (360.15)	472 – 477 (474.80)	***[10]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	103 – 132 (116.88)	206 – 241 (223.28)	304 – 355 (328.68)	***	***
0.00 – 0.50	54 – 69 (61.80)	105 – 127 (116.67)	160 – 181 (170.39)	211 – 237 (223.31)	258 – 290 (276.17)
0.25 – 0.75	109 – 123 (116.64)	212 – 233 (223.50)	317 – 340 (328.61)	420 – 446 (433.21)	***
0.50 – 1.00	163 – 179 (170.39)	318 – 339 (328.71)	***	***	***

จากตาราง พบว่า มูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินาม โดยการแจกแจงปัวส์ซองสอดคล้องกับจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

4.2.2. การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

สามารถประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

$$Z = \frac{k - \sum_{i=1}^{N} p_i + 0.5}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} p_i}}, \quad k = 0,1,2,\ldots$$

ซึ่งกล่าวได้ว่า $Z = \frac{k - \sum_{i=1}^{N} p_i + 0.5}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} p_i}} \sim N(0,1)$ นั่นเอง โดย K.Neammanee และ Volkova ได้หาค่าขอบเขตการลู่เข้าระหว่างความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นที่ได้จากการคำนวณโดยตรงจาก

[10] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ฟังก์ชันการแจกแตงปัวส์ซอง-ทวินามและการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ดังนี้

ทฤษฎีบทของ K.Neammanee

กำหนดให้ $X_1,\ldots,X_N$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเบอร์นูลี ซึ่งเป็นอิสระต่อกันด้วยความน่าจะเป็น $P(X_i=1)=p_i$ และ $P(X_i=0)=1-p_i$ สำหรับ $i=1,2,3,\ldots$, $S_X=X_1+\cdots+X_n$ และ $Var(S_X)=\sigma^2\geq 100$ แล้ว จะได้ว่า

$$\Delta_n=\sum_{k=0}^{\infty}\left|P(S_X=k)-\frac{k-\sum_{i=1}^{N}p_i+0.5}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}p_i}}\right|\leq\frac{0.1618}{\sigma^2}$$

ทฤษฎีบทของ Volkova

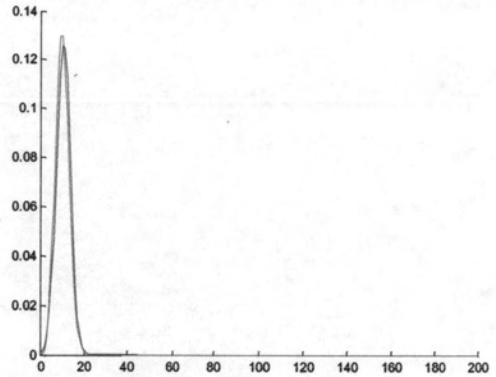
กำหนดให้ $X_1,\ldots,X_N$ เป็นตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงเบอร์นูลี ซึ่งเป็นอิสระต่อกันด้วยความน่าจะเป็น $P(X_i=1)=p_i$ และ $P(X_i=0)=1-p_i$ สำหรับ $i=1,2,3,\ldots$, $S_X=X_1+\cdots+X_n$ และ $0<Var(S_X)=\sigma^2<100$ แล้ว จะได้ว่า

$$\Delta_n=\sum_{k=0}^{\infty}\left|P(S_X=k)-\frac{k-\sum_{i=1}^{N}p_i+0.5}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}p_i}}\right|\leq\frac{0.3056}{\sigma^2}$$

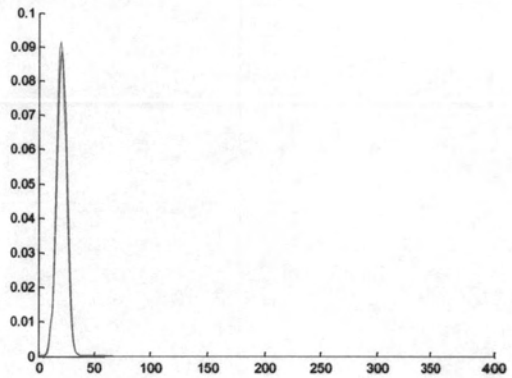
ซึ่งจากสมการข้างต้นนี้ สามารถแสดงค่าต่างๆได้ดังแผนภาพและตารางข้างล่างนี้

กรณี 1 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.1

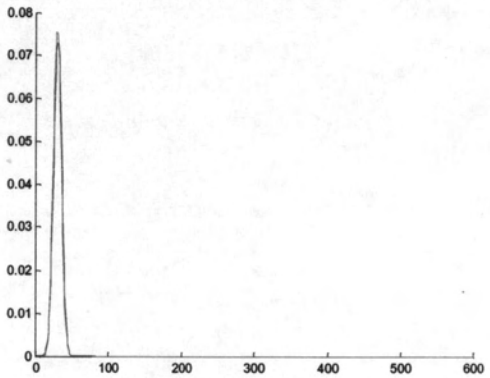
แผนภาพ 4.15 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ทำการประมวลผล 1 รอบ



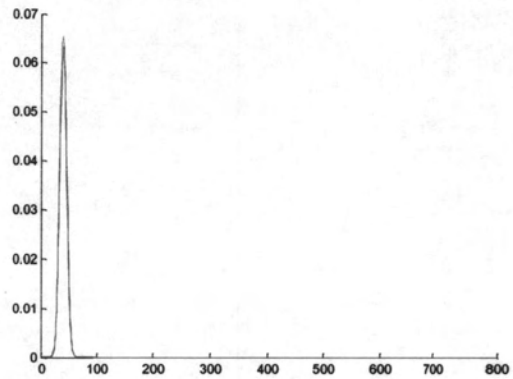
รูปที่ 1k



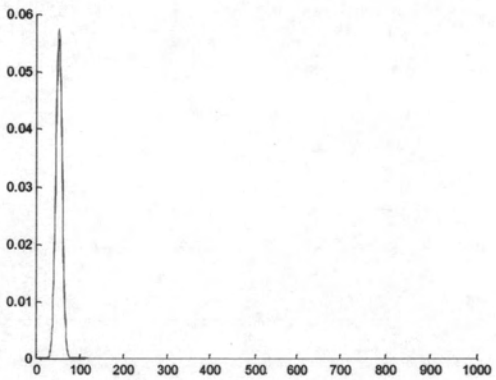
รูปที่ 1l



รูปที่ 1m



รูปที่ 1n

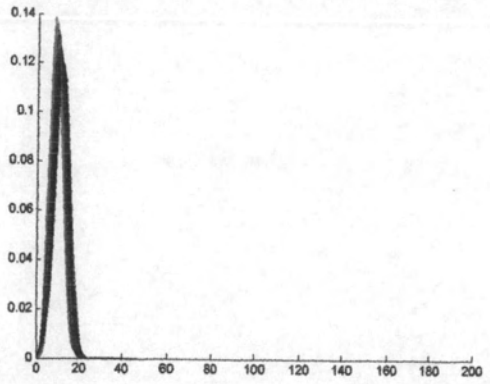


รูปที่ 1o

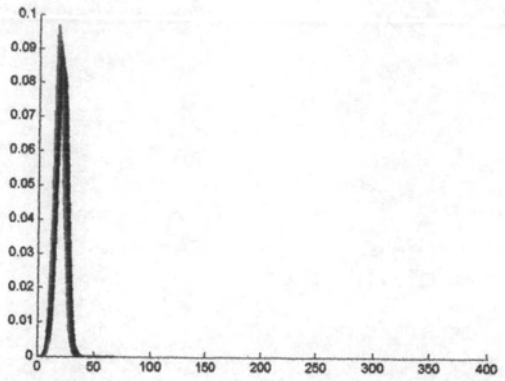
จากกราฟรูปที่ 1k ถึงรูปที่ 1o พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินเลื่อมกับกราฟเส้นสีแดงเล็กน้อย นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.1 จาก

จำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600, 800 และ1000 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินาม โดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีประสิทธิภาพในการประมาณค่า

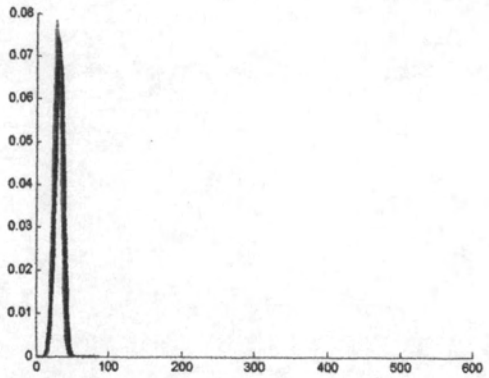
แผนภาพ 4.16 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ทำการประมวลผล 1000 รอบ



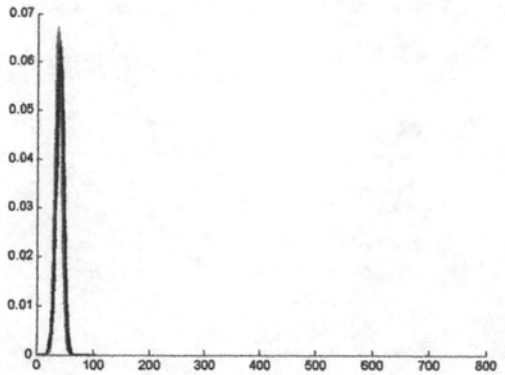
รูปที่ 1p



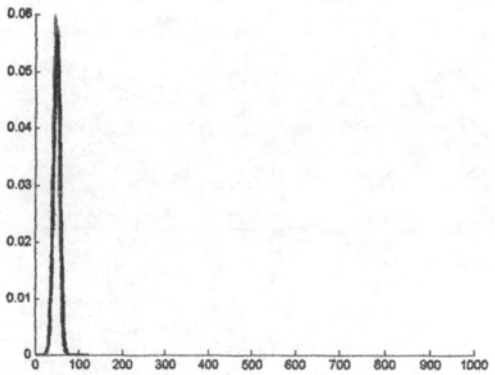
รูปที่ 1q



รูปที่ 1r



รูปที่ 1s

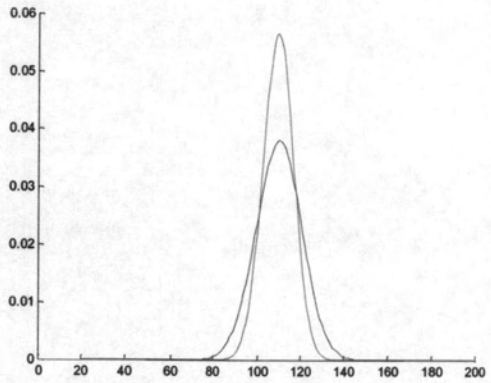


รูปที่ 1t

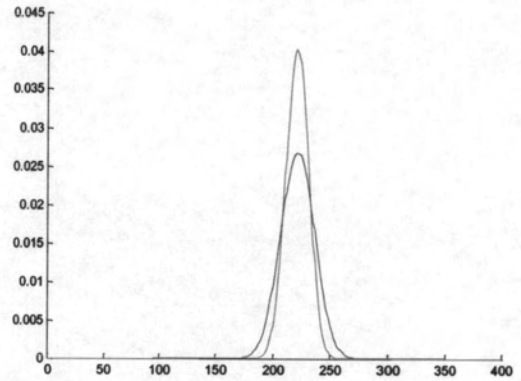
จากกราฟรูปที่ 1p ถึงรูปที่ 1t พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าใกล้เคียงกันมาก การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 2 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 0.6

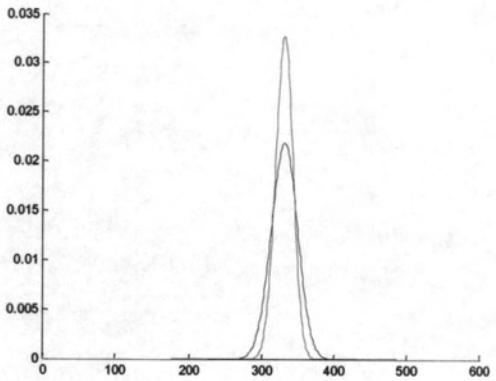
แผนภาพ 4.17 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ทำการประมวลผล 1 รอบ



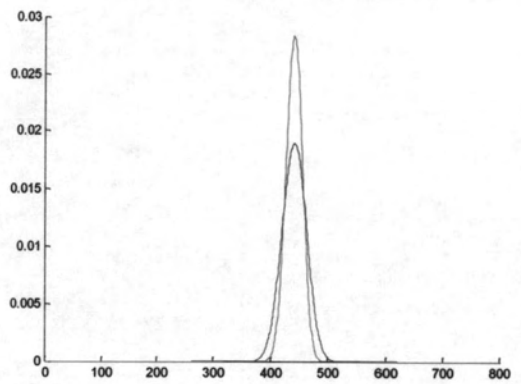
รูปที่ 2i



รูปที่ 2j



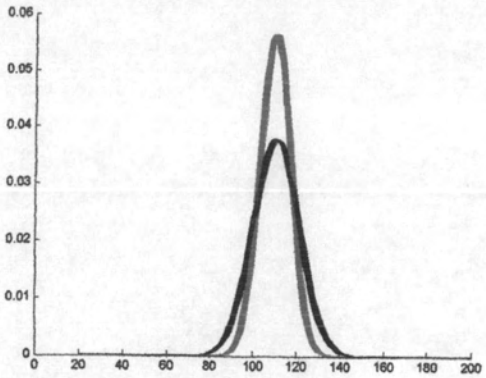
รูปที่ 2k



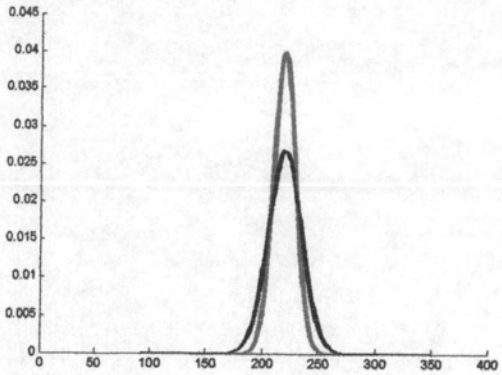
รูปที่ 2l

จากกราฟรูปที่ 2i ถึงรูปที่ 2l พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโค้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 0.6 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600 และ800 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

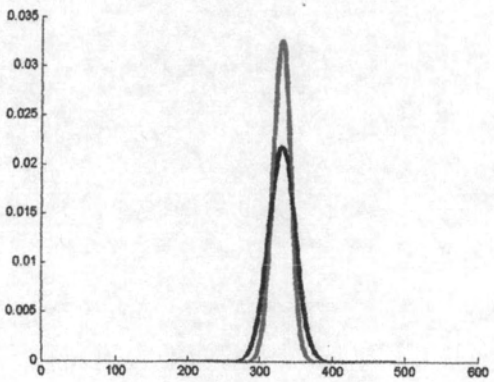
แผนภาพ 4.18 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน ทำการประมวลผล 1000 รอบ



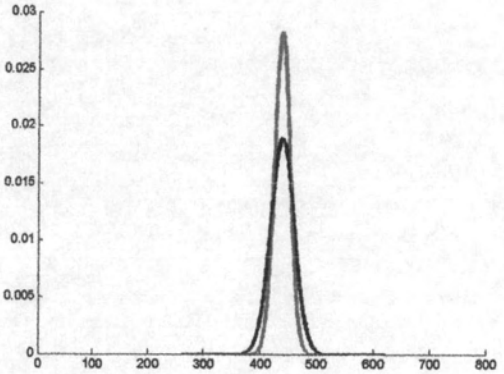
รูปที่ 2m



รูปที่ 2n



รูปที่ 2o

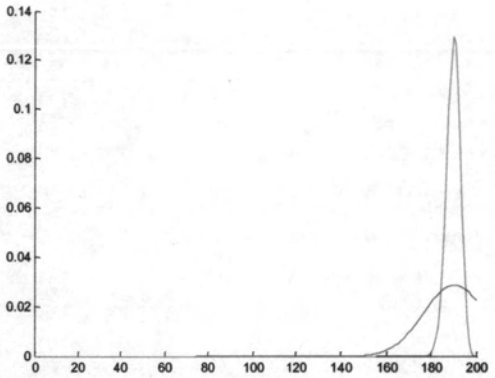


รูปที่ 2p

จากกราฟรูปที่ 2m ถึงรูปที่ 2p พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 3 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.9 – 1

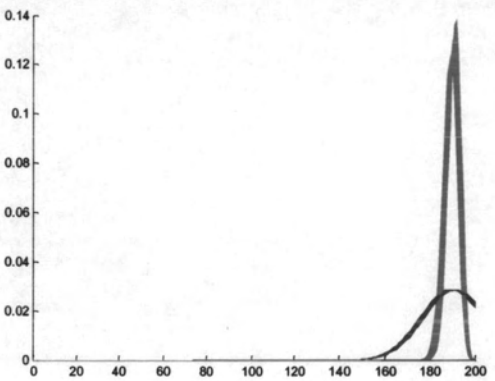
แผนภาพ 4.19 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1 รอบ



รูปที่ 3c

จากกราฟรูปที่ 3c พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดงมาก นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.9 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200 คน การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าแตกต่างกัน

แผนภาพ 4.20 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1000 รอบ

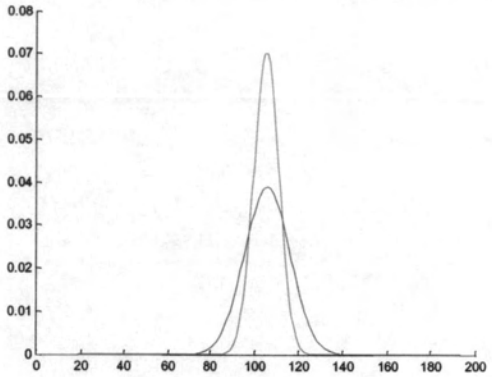


รูปที่ 3d

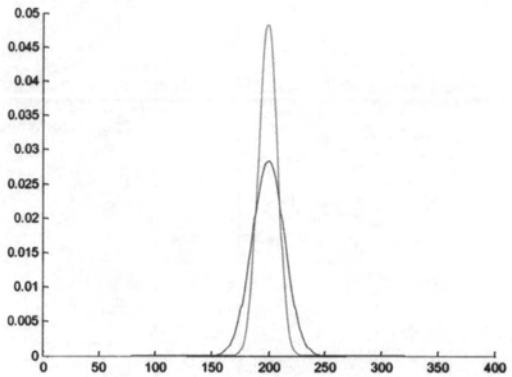
จากกราฟรูปที่ 3d พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก การประมาณค่าในแต่ละรอบไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากความหนาของกราฟไม่มากนัก

กรณี 4 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 1

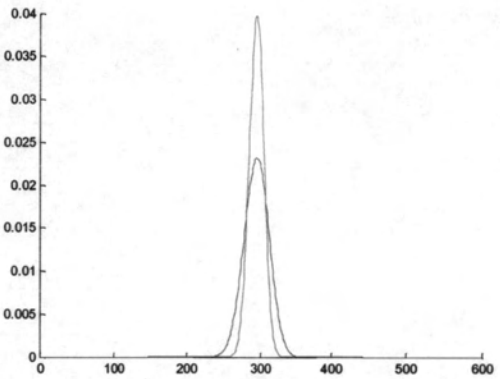
แผนภาพ 4.21 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1 รอบ



รูปที่ 4g



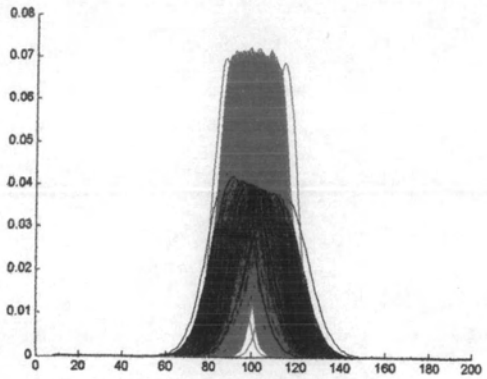
รูปที่ 4h



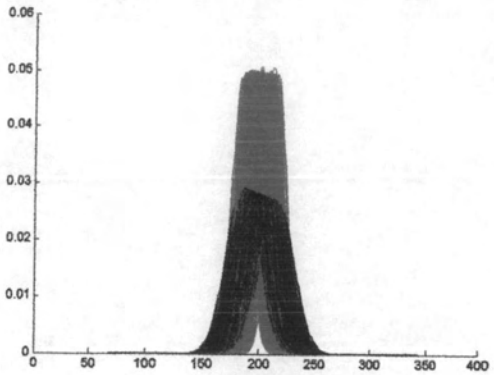
รูปที่ 4i

จากกราฟรูปที่ 4g ถึงรูปที่ 4i พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400 และ600 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

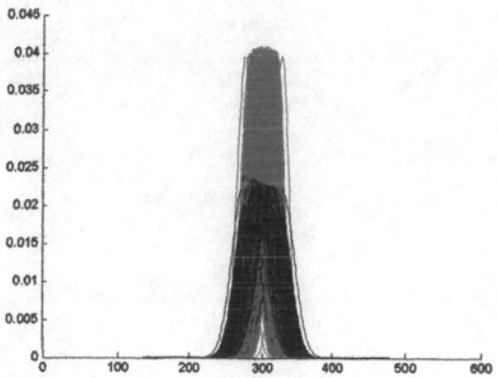
แผนภาพ 4.22 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1000 รอบ



รูปที่ 4j



รูปที่ 4k

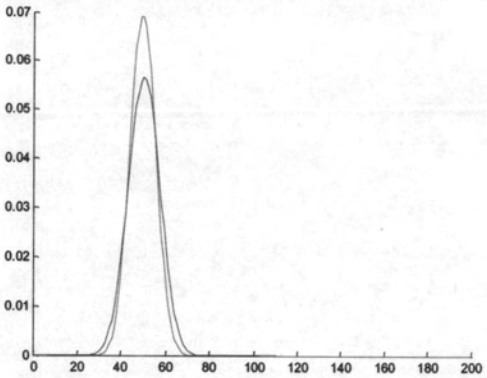


รูปที่ 4l

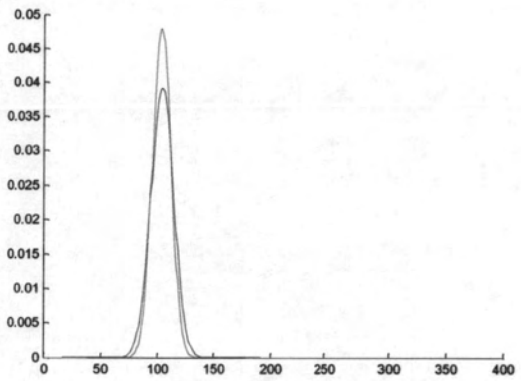
จากกราฟรูปที่ 4j ถึงรูปที่ 4l พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 5 ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.5

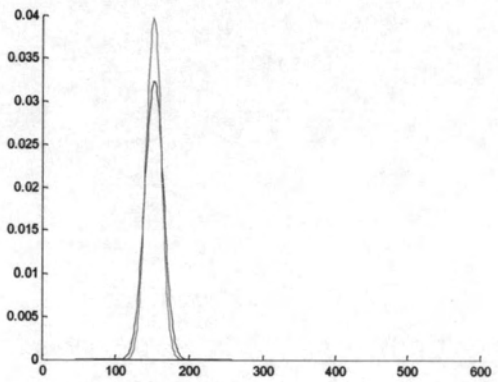
แผนภาพ 4.23 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1 รอบ



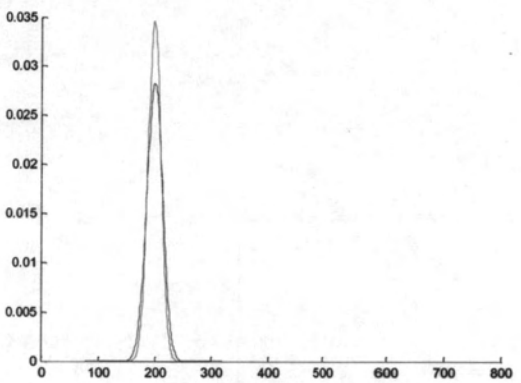
รูปที่ 5k



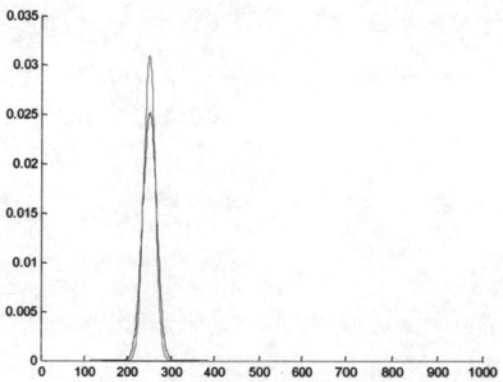
รูปที่ 5l



รูปที่ 5m



รูปที่ 5n

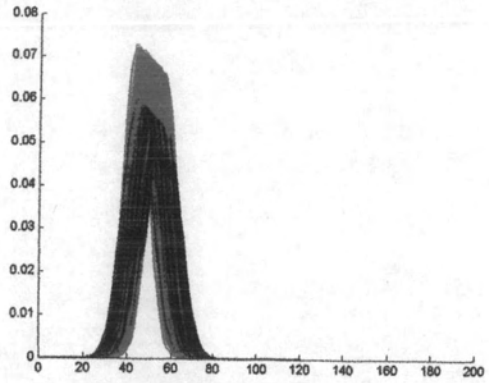


รูปที่ 5o

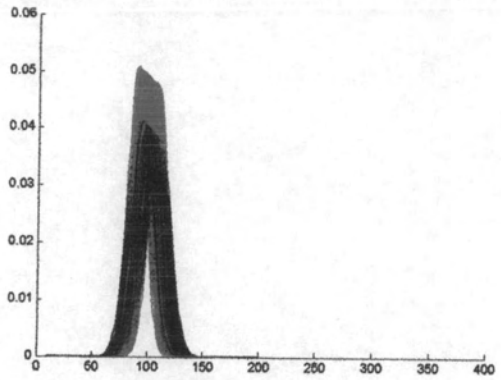
จากกราฟรูปที่ 5k ถึงรูปที่ 5o พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีแตกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง

นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0 – 0.5 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600, 800 และ1000 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกัน

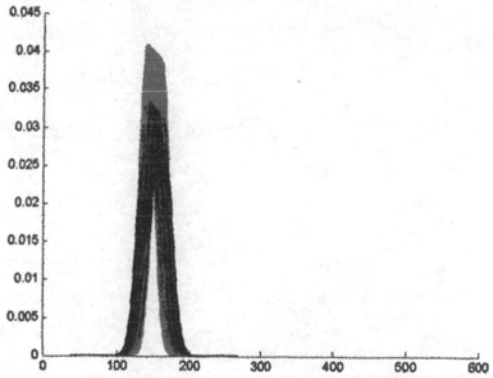
แผนภาพ 4.24 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1000 รอบ



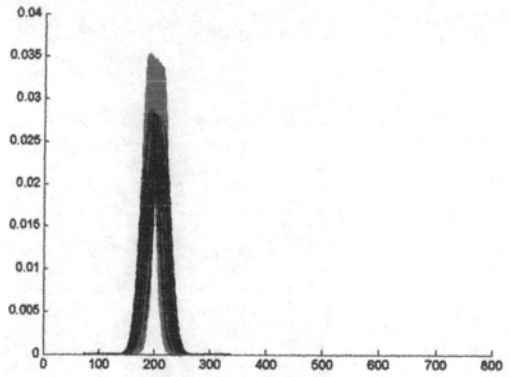
รูปที่ 5p



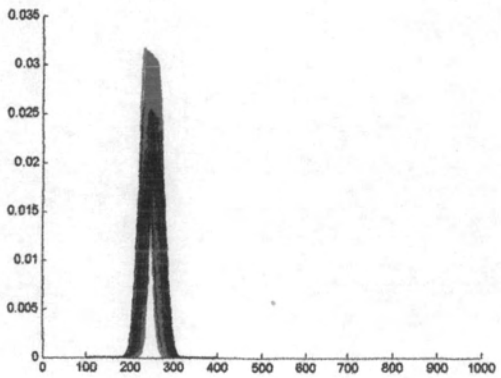
รูปที่ 5q



รูปที่ 5r



รูปที่ 5s

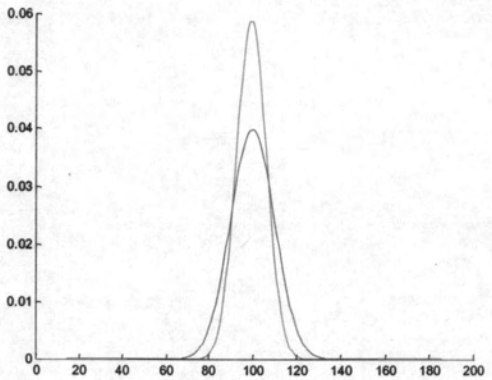


รูปที่ 5t

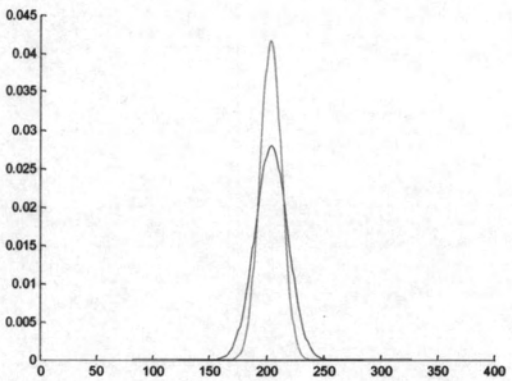
จากกราฟรูปที่ 5p ถึงรูปที่ 5t พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 6 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.25 – 0.75

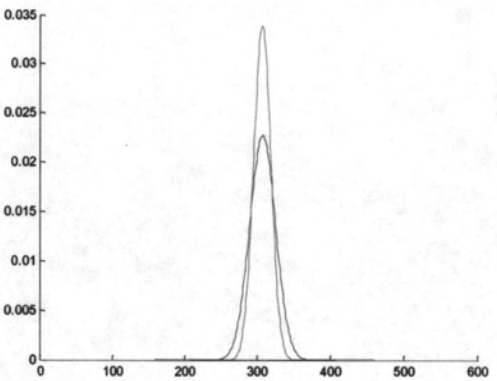
แผนภาพ 4.25 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1 รอบ



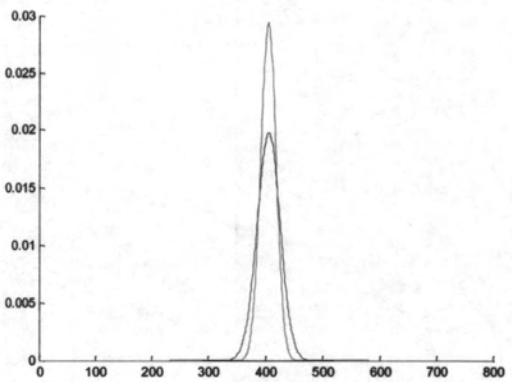
รูปที่ 6i



รูปที่ 6j



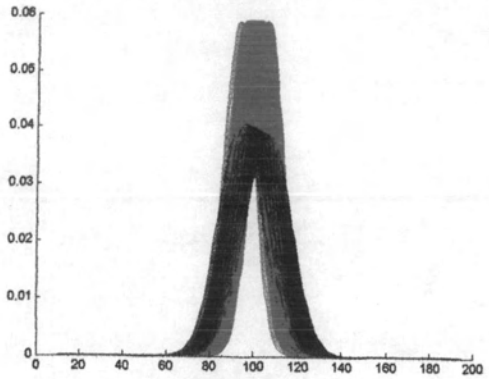
รูปที่ 6k



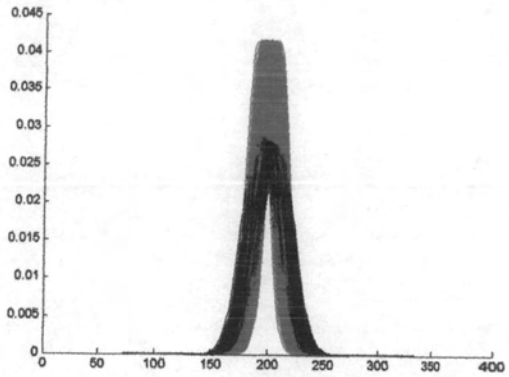
รูปที่ 6l

จากกราฟรูปที่ 6i ถึงรูปที่ 6l พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโค้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.25 – 0.75 จากจำนวนคนทั้งหมด 200, 400, 600 และ800 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

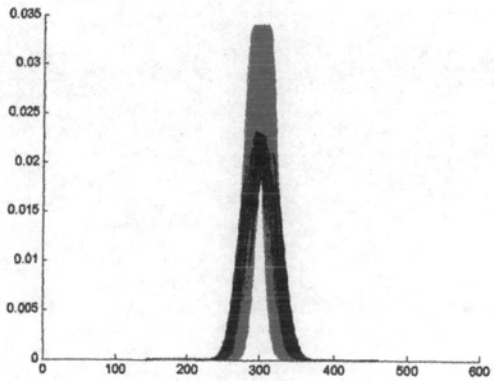
แผนภาพ 4.26 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1000 รอบ



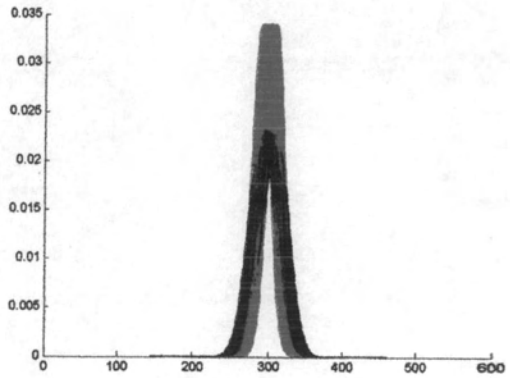
รูปที่ 6m



รูปที่ 6n



รูปที่ 6o

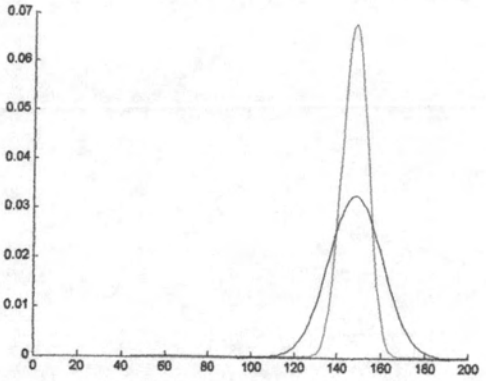


รูปที่ 6p

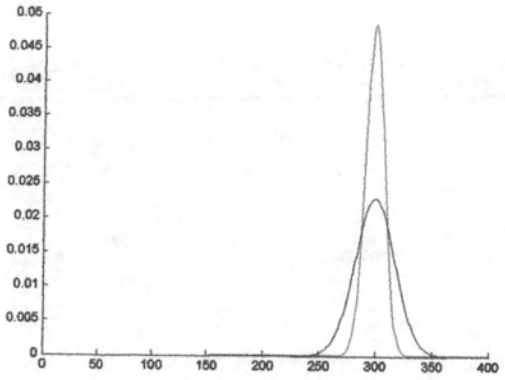
จากกราฟรูปที่ 6m ถึงรูปที่ 6p พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

กรณี 7 ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 1

แผนภาพ 4.27 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1 รอบ



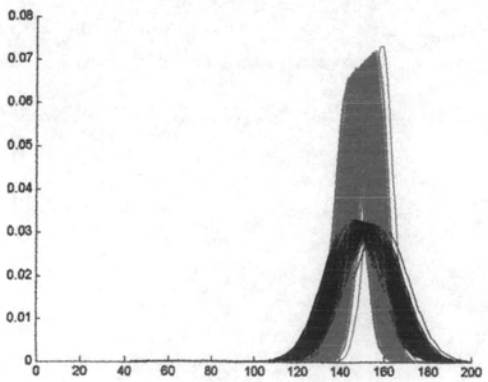
รูปที่ 7e



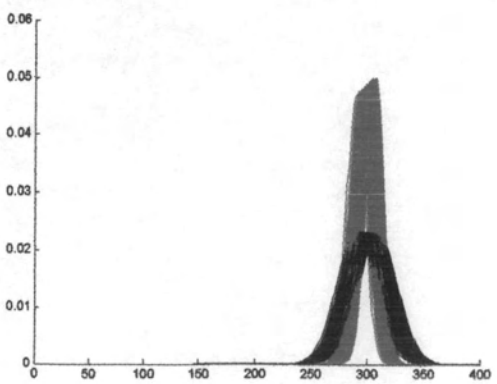
รูปที่ 7f

จากกราฟรูปที่ 7e ถึงรูปที่ 7f พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน เนื่องจากกราฟเส้นสีน้ำเงินมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้านหรือมีความโด้งน้อยกว่ากราฟเส้นสีแดง นั่นคือ ความน่าจะเป็นในช่วง 0.5 – 1 จากจำนวนคนทั้งหมด 200 และ400 คน ตามลำดับ การประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าใกล้เคียงกันไม่มากนัก

แผนภาพ 4.28 แสดงฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานทำการประมวลผล 1000 รอบ



รูปที่ 7g



รูปที่ 7h

จากกราฟรูปที่ 7g ถึงรูปที่ 7h พบว่า การแจกแจงตัวแปรสุ่มที่ได้จากทั้งสองฟังก์ชันมีค่าค่อนข้างแตกต่างกัน การประมาณค่าในแต่ละรอบค่อนข้างแตกต่างกันมาก และจะแตกต่างกันน้อยลงเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้น เนื่องจากกราฟค่อนข้างหนา และเมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นกราฟหนาลดลง

ตาราง 4.13 แสดงจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน (คน)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	15 – 18 (16.21)	26 – 31 (28.34)	37 – 43 (39.99)	48 – 54 (51.40)	60 – 66 (62.67)
0.50 – 0.60	127 – 130 (128.25)	244 – 247 (245.40)	358 – 364 (360.87)	473 – 478 (475.51)	***[11]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	104 – 133 (117.64)	207 – 242 (224.00)	305 – 356 (329.40)	***	***
0.00 – 0.50	55 – 69 (62.53)	106 – 128 (117.40)	161 – 182 (171.13)	212 – 238 (224.03)	259 – 291 (276.92)
0.25 – 0.75	110 – 124 (117.36)	213 – 234 (224.24)	318 – 341 (329.32)	420 – 446 (433.94)	***
0.50 – 1.00	164 – 180 (171.12)	319 – 339 (329.45)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น อัตราส่วนจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานลดลงเช่นเดียวกับเมื่อคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง นั่นคือ เมื่อจำนวนคนทั้งหมดมากขึ้นจะเป็นการลดความเสี่ยงของการลงทุน

[11] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.14 แสดงผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	(-1) - 0	(-2) – (-1)	(-2) – (-1)	(-2) – (-1)	(-2) – (-1)
0.50 – 0.60	(-7) – (-6)	(-10) – (-9)	(-12) – (-10)	(-13) – (-12)	***[12]
0.90 – 1.00	0	***	***	***	***
0.00 – 1.00	(-9) – (-7)	(-12) – (-10)	(-14) – (-12)	***	***
0.00 – 0.50	(-4) – (-2)	(-5) – (-3)	(-5) – (-4)	(-6) – (-4)	(-6) – (-5)
0.25 – 0.75	(-7) – (-5)	(-9) – (-8)	(-11) – (-9)	(-13) – (-11)	***
0.50 – 1.00	(-13) – (-11)	(-17) – 0	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างจำนวนคนสำหรับการคำนวณมูลค่าความเสี่ยงจากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 0 หรือ ติดลบเท่านั้น เช่นเดียวกับการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง นั่นคือ ความคลาดเคลื่อนของจำนวนลูกค้าที่หนีหนี้ที่เกิดจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าจริง

ตาราง 4.15 แสดงเปอร์เซ็นต์ผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	0.50%	0.25%	0.17%	0.13%	0.10%
0.50 – 0.60	0.50%	0.25%	0.33%	0.13๔	***
0.90 – 1.00	0%	***	***	***	***
0.00 – 1.00	1%	0.50%	0.33%	***	***
0.00 – 0.50	1%	0.50%	0.17%	0.25%	0.10%
0.25 – 0.75	0.50%	0.50%	0.33%	0.25%	***
0.50 – 1.00	1.00%	4.25%	***	***	***

[12] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ผลต่างมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานลดลง และมีทุกค่ามีค่าต่ำมากเช่นเดียวกับการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง นั่นคือ การประมาณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานเพื่อคำนวณหามูลค่าความเสี่ยงถือว่ามีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น

ตาราง 4.16 แสดงเปอร์เซ็นต์ความตรงกันของมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	37.70%	0%	0%	0%	0%
0.50 – 0.60	0%	0%	0%	0%	***[13]
0.90 – 1.00	100%	***	***	***	***
0.00 – 1.00	0%	0%	0%	***	***
0.00 – 0.50	0%	0%	0%	0%	0%
0.25 – 0.75	0%	0%	0%	0%	***
0.50 – 1.00	0%	0%	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์ความตรงกันของมูลค่าความเสี่ยงระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานลดลงหรือคงที่เท่านั้นเช่นเดียวกับการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

[13] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.17 แสดงผลรวมความคลาดเคลื่อนระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	0.163 – 0.185 (0.175)	0.121 – 0.108 (0.126)	0.101 – 0.108 (0.105)	0.090 – 0.095 (0.092)	0.082 – 0.085 (0.084)
0.50 – 0.60	0.377 – 0.392 (0.384)	0.379 – 0.388 (0.384)	0.379 – 0.388 (0.383)	0.380 – 0.386 (0.383)	***[14]
0.90 – 1.00	1.000 – 1.016 (1.007)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	0.467 – 0.594 (0.521)	0.472 – 0.581 (0.519)	0.473 – 0.557 (0.519)	***	***
0.00 – 0.50	0.181 – 0.221 (0.205)	0.186 – 0.214 (0.200)	0.187 – 0.207 (0.199)	0.189 – 0.207 (0.198)	0.190 – 0.206 (0.198)
0.25 – 0.75	0.000 – 0.403 (0.374)	0.350 – 0.398 (0.373)	0.356 – 0.392 (0.373)	0.358 – 0.389 (0.373)	***
0.50 – 1.00	0.636 – 0.771 (0.696)	0.650 - Inf (0.694)	***	***	***

จากตาราง พบว่า เมื่อจำนวนคนทั้งหมดเพิ่มขึ้น ผลรวมความคลาดเคลื่อนระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับผลรวมความคลาดเคลื่อนระหว่างฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปัวส์ซอง

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากทฤษฎีบทของ Volkova หรือ ทฤษฎีบทของ K.Neammanee พบว่า ข้อมูลทั้งหมดสอดคล้องตามทฤษฎีบทดังกล่าว นั่น คือผลรวมของความแตกต่างระหว่างความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยตรงและจากการประมาณการแจกแจงปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานมีค่าไม่เกินขอบเขตจากทฤษฎีบทของ Volkova หรือ ทฤษฎีบทของ K.Neammanee

[14] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ

ตาราง 4.18 แสดงมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน (หมื่นบาท หรือ $\times 10^4$ บาท)

ช่วงความน่าจะเป็น	จำนวนคนทั้งหมด				
	200	400	600	800	1000
0.00 – 0.10	15 – 18 (16.21)	26 – 31 (28.34)	37 – 43 (39.99)	48 – 54 (51.40)	60 – 66 (62.67)
0.50 – 0.60	127 – 130 (128.25)	244 – 247 (245.40)	358 – 364 (360.87)	473 – 478 (475.51)	***[15]
0.90 – 1.00	194 – 196 (194.78)	***	***	***	***
0.00 – 1.00	104 – 133 (117.64)	207 – 242 (224.00)	305 – 356 (329.40)	***	***
0.00 – 0.50	55 – 69 (62.53)	106 – 128 (117.40)	161 – 182 (171.13)	212 – 238 (224.03)	259 – 291 (276.92)
0.25 – 0.75	110 – 124 (117.36)	213 – 234 (224.24)	318 – 341 (329.32)	420 – 446 (433.94)	***
0.50 – 1.00	164 – 180 (171.12)	319 – 339 (329.45)	***	***	***

จากตาราง พบว่า มูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐานสอดคล้องโดยตรงกับจำนวนคนของมูลค่าความเสี่ยงจากการคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงตัวแปรสุ่มปัวส์ซอง-ทวินามโดยการแจกแจงปกติมาตรฐาน

[15] *** ไม่มีข้อมูล ณ เงื่อนไขที่กำหนดเนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปไม่มีประสิทธิภาพพอ