



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)

ปริญญา

วิศวกรรมอุตสาหการ

วิศวกรรมอุตสาหการ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล

VBA Spreadsheet Simulation Add-Ins for Microsoft Excel

นามผู้วิจัย นายกานต์ กานต์กนก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทา พิชิตลำเค็ญ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ, D.Eng.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อนันต์ มุ่งวัฒนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล

VBA Spreadsheet Simulation Add-Ins for Microsoft Excel

โดย

นายกานต์ กานต์กนก

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม)

พ.ศ. 2552

กานต์ กานต์กนก 2552: VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหกรรม) สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑา พิชิตคำเค็ญ, Ph.D. 131 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ SimXL สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล โดยใช้โปรแกรม VBA เพื่อเขียนชุดคำสั่งที่ใช้สร้างตัวแปรสุ่ม เพื่อให้ผู้ที่ต้องการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ นำซอฟต์แวร์นี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลได้

ผู้วิจัยได้เขียนชุดคำสั่งสำหรับสร้างตัวแปรสุ่ม โดยแบ่งออกเป็นชนิดไม่ต่อเนื่อง และชนิดต่อเนื่อง รวมทั้งสิ้น 15 ชนิด โดยใช้ MWC256() เป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างตัวแปรสุ่มอื่นๆ อัลกอริทึมที่ใช้คือ Multiply with Carry Pseudorandom Number Generator (Couture และ L'Ecuyer, 1997) ซึ่งมีประสิทธิภาพและมีคุณสมบัติทางสถิติที่ดี ซอฟต์แวร์นี้แสดงผลของการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ด้วยค่าสถิติเชิงสรุป เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และช่วงความเชื่อมั่น ผู้วิจัยได้ทดสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์โดยการเปรียบเทียบผลจากซอฟต์แวร์กับค่าที่ได้จากซอฟต์แวร์อื่นที่มีความน่าเชื่อถือ โดยพิจารณาปัญหา 2 ประเภท คือ ปัญหาระบบแถวคอย และปัญหาระบบสินค้าคงคลัง

Karn Kankanok 2009: VBA Spreadsheet Simulation Add-Ins for Microsoft Excel.
Master of Engineering (Industrial Engineering), Major Field: Industrial Engineering,
Department of Industrial Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor
Juta Pichitlamken, Ph.D. 131 pages.

We develop a VBA add-ins, SimXL, to do simulation on Microsoft Excel. This software provides functions for generating random variates from 15 distributions, both discrete and continuous. Our random number generator used for generating uniform(0,1) random variables is Multiply with Carry Pseudorandom Number Generator (Couture and L'Ecuyer, 1997). SimXL can present detailed simulation results, statistical summary (e.g., means and standard deviation), and graphical summary (such as histogram). We verify our software by checking statistical properties of the generated random variates against theoretical values. In addition, we also compare the simulation results from SimXL with those from standard software on two test problems: a queueing system and an inventory problem.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ และความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑา พิชิตคำเคี้ยว ประธานกรรมการที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ กรรมการที่ปรึกษา ที่ช่วยเหลือและสนับสนุนให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ มุ่งวัฒนา ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กาญจนา กาญจนสุนทร ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมอันจะนำมาซึ่งความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับผู้วิจัย รวมทั้งพี่สาว และน้องชาย เพื่อนๆ ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน และเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จได้ด้วยดี

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่านในสถาบันการศึกษาอันทรงเกียรติแห่งนี้ ที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้าจนมีความรู้ถึงปัจจุบัน

กานต์ กานต์กนก

เมษายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	27
ผลและวิจารณ์	40
ผล	40
วิจารณ์	65
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	68
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก การใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์โดยการใช้สูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซล	72
ภาคผนวก ข ชุดคำสั่งการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins	76
ภาคผนวก ค การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล	102
ภาคผนวก ง การตรวจสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์	113
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการลูกค้าในระบบแถวคอย	35
2	ช่วงความน่าจะเป็นของปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์	38
3	เปรียบเทียบตัวแปรสุ่มที่มีใน VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools	47
4	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	47
5	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม	48
6	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต	49
7	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซอง	50
8	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	51
9	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	52
10	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปกติ	52
11	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	53
12	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแกมมา	54
13	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงลอการิทึม	55
14	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	56
15	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเบต้า	56
16	สรุปผลการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools	57
17	การแจกแจงที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับปัญหาระบบแถวคอยแบบ G/G/1	59

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	การแจกแจงที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับปัญหาระบบแถวคอยแบบ M/M/1	61
19	การแจกแจงตัวแปรนำเข้าของปัญหาระบบสินค้าคงคลัง	63
20	การแจกแจงของปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์	63
ตารางผนวกที่		
ง1	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง	114
ง2	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่องกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	114
ง3	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงทวินาม	115
ง4	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินามกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	115
ง5	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเรขาคณิต	116
ง6	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิตกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	116
ง7	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงปัวส์ซอง	117
ง8	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซองกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	117
ง9	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	118
ง10	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	119
ง11	ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	119
ง12	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่องกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง13 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงปกติ	120
ง14 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติกับฟังก์ชันความ หนาแน่นของความน่าจะเป็น	121
ง15 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	121
ง16 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	122
ง17 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแกมมา	122
ง18 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแกมมากับฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	123
ง19 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเออร์แลงค์	123
ง20 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเออร์แลงค์กับฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	124
ง21 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงไวบูลล์	124
ง22 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงไวบูลล์กับฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	125
ง23 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	125
ง24 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแบบสามเหลี่ยมกับ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	126
ง25 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงลอกปกติ	126
ง26 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติกับฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	127
ง27 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเบต้า	127
ง28 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้ากับฟังก์ชัน ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	128
ง29 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง	129

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

ง30	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	129
-----	---	-----

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง	4
2	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินาม	6
3	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเรขาคณิต	7
4	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซอง มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ	8
5	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบ แบบไม่ต่อเนื่อง	9
6	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงสมมาตร แบบต่อเนื่อง	11
7	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ	12
8	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจง เอกซ์โปเนนเชียล	13
9	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมา	14
10	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเออร์แลงค์	15
11	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูลล์	16
12	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	17
13	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงลอการิทึม	19
14	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเบต้า	20
15	กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบ แบบต่อเนื่อง	21
16	เมนู Visual Basic Editor บนไมโครซอฟต์เอกเซล	31
17	ส่วนประกอบของ VBE	32
18	ตัวแบบปัญหาแถวคอยของปัญหาตัวอย่างบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล	36
19	ตัวแบบปัญหาลินค่าคงคลังของปัญหาตัวอย่างบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม SimXL	41
21	เมนูบาร์เมื่อเรียกใช้ VBA ซอฟต์แวร์	41
22	ฟอร์มสำหรับสร้างตัวแปรสุ่ม	42
23	ตัวเลือกชนิดการแจกแจง	42
24	ตัวเลือกการแจกแจงที่ต้องการสร้างตัวแปรสุ่ม	43
25	การกำหนดเซลล์สำหรับแสดงผล	43
26	การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟอร์ม	44
27	การกำหนดค่า Seed ในฟอร์ม	44
28	ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	45
29	ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชัน Run Setup	46
30	ตัวอย่างผลการจำลองสถานการณ์จำนวน 100 รอบ	46
31	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	48
32	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม	49
33	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต	49
34	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซอง	50
35	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	51
36	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	52
37	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปกติ	53
38	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	54
39	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแกมมา	54
40	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงลอกลปกติ	55
41	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	56
42	การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเบต้า	57
43	การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบแถวคอยแบบ G/G/1 กับปัญหาตัวอย่าง	60
44	การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบแถวคอยแบบ M/M/1 กับปัญหาตัวอย่าง	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
--------	--	------

45	การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบสินค้าคงคลังกับปัญหาตัวอย่าง	64
----	--	----

ภาพผนวกที่

ข1	ฟอร์มของ Random_Dist ก่อนเรียกใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์	77
ข2	ฟอร์มของ About	78
ข3	ฟอร์มของ Run_Setup	79
ค1	ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองปัญหาทางด้านระบบ แถวคอย	103
ค2	ตัวอย่างตัวแบบการจำลองระบบแถวคอย	104
ค3	ตัวอย่างการกำหนดสูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซลของปัญหาทางด้านระบบ แถวคอย	105
ค4	ตัวอย่างการสร้างตัวแบบการจำลองระบบแถวคอยที่มีลูกค้าจำนวน 100 คน	106
ค5	ตัวอย่างการจำลองปัญหาระบบแถวคอยจำนวน 400 รอบ	107
ค6	ตัวอย่างผลการจำลองปัญหาระบบแถวคอยจำนวน 400 รอบ	107
ค7	ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองปัญหาทางด้านระบบ สินค้าคงคลัง	108
ค8	ตัวอย่างตัวแบบการจำลองระบบสินค้าคงคลัง	109
ค9	ตัวอย่างการกำหนดสูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซลของปัญหาทางด้านระบบ สินค้าคงคลัง	110
ค10	ตัวอย่างการสร้างตัวแบบการจำลองระบบสินค้าคงคลังเป็นเวลา 20 วัน	111
ค11	ตัวอย่างการจำลองปัญหาระบบสินค้าคงคลังจำนวน 400 รอบ	111
ค12	ตัวอย่างผลการจำลองปัญหาระบบสินค้าคงคลังจำนวน 400 รอบ	112
ง1	สีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง	115
ง2	สีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม	116

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง3	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเรขาคณิต	117
ง4	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปัวส์ซอง	118
ง5	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	119
ง6	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	120
ง7	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติ	121
ง8	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	122
ง9	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแกมมา	123
ง10	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเออร์แลงค์	124
ง11	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงไวบูลล์	125
ง12	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสามเหลี่ยม	126
ง13	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติ	127
ง14	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้า	128
ง15	อีสโตรแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง	130

VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล

VBA Spreadsheet Simulation Add-Ins for Microsoft Excel

คำนำ

ปัจจุบันการจำลองสถานการณ์ด้วยสเปรดชีตเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถแสดงผลการทำงานของแบบจำลอง (Model) ที่สร้างขึ้นได้ เพื่อใช้ในการประเมินผลการทำงานมีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น ซึ่งโปรแกรมสเปรดชีตซิมูเลชันมีให้เลือกใช้หลายโปรแกรม อาทิเช่น @Risk, Crystal Ball เป็นต้น โปรแกรมสำหรับทดลองใช้งานที่ไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ (License) โดยทั่วไปมีการกำหนดขอบเขตการใช้งานโปรแกรมให้ใช้งานได้จำกัด ในกรณีที่ผู้ประสงค์ใช้งานส่วนมากต้องซื้อลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งาน ทำให้ผู้ที่ต้องการใช้งานโปรแกรมสเปรดชีตซิมูเลชันต้องเสียค่าใช้จ่าย งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมสเปรดชีตซิมูเลชันให้สามารถสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแบบต่างๆ เพื่อที่จะนำตัวแปรสุ่มไปใช้ในการวิเคราะห์ได้

ซอฟต์แวร์การจำลองสถานการณ์บนสเปรดชีต ที่เป็นเชิงพาณิชย์ ที่เป็นที่นิยม และที่รู้จักกันมากคือ @Risk (<http://www.palisade.com/>) และ Crystal Ball (<http://www.decisioneering.com/>) ซึ่งเวอร์ชันสำหรับนักศึกษาของซอฟต์แวร์เหล่านี้ มาพร้อมกับหนังสือเรียนหลายเล่ม เช่น (Winston, 2000) และ (Seila *et al.*, 2003) ซอฟต์แวร์เหล่านี้ง่ายต่อการใช้งาน และมีกราฟิกในส่วนการแสดงผล ทำให้เข้าใจการทำงานของแบบจำลองได้ง่าย

การเขียนฟังก์ชัน Add-Ins บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล (Microsoft Excel) โดยทำการศึกษาวิธีการสร้างฟังก์ชันตัวแปรสุ่ม และทำการเขียนชุดคำสั่งเป็นฟังก์ชัน Add-Ins ซึ่งจะใช้ VBA (Visual Basic Application) เป็นเครื่องมือในการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins ให้สามารถสร้างตัวแปรสุ่มในการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรม Microsoft Excel 2003 ได้ ผู้วิจัยสนใจในการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีความถูกต้องในเชิงสถิติมากกว่าการแสดงผลด้านกราฟิก เพื่อให้ผู้ที่มีความประสงค์ใช้งานโปรแกรมสเปรดชีตซิมูเลชันสามารถใช้งานได้ โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์

วัตถุประสงค์

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาการสร้างตัวแปรสุ่มของตัวแบบการแจกแจงที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์
2. ศึกษาการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เวอร์ชัน 2003 (Microsoft Excel 2003)
3. พัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล ให้สามารถสร้างแบบจำลองปัญหามนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลได้ โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์การใช้งาน

การตรวจเอกสาร

การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ได้ทำการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย ตัวแปรสุ่ม (Random Variable) สเปรดชีต (Spreadsheet) หลักการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรสุ่ม

ตัวแปรสุ่ม หมายถึง ฟังก์ชันที่มีค่าเป็นจำนวนจริง ถูกกำหนดโดยเซตของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งหมด โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพก็ได้ (ธีระศักดิ์, 2546) ซึ่งตัวแปรสุ่มเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน ในการกำหนดค่าให้กับผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) คือ Multiply with Carry Pseudorandom Number Generator นำเสนอโดย Marsaglia (1994) ที่เรียกว่า MWC256() (รายละเอียดเพิ่มเติมใน Couture และ L'Ecuyer, 1997) เวอร์ชันที่ใช้ถูกปรับเป็นภาษา VBA จากภาษา C โดย Heiser (2008) อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงอื่นๆ อ้างอิงจาก Law (2006) และ GNU Scientific Library: Random Number Generation ที่เป็นภาษา C (Galassi *et al.*, 2006) ดังแสดงในภาคผนวก ข

ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเหล่านี้ สามารถถูกประมาณ (Distribution Fitting) ได้หลายวิธี เช่น Maximum Likelihood หรือ Least Square Method โดยฟังก์ชันค่าประมาณ (Estimators) ที่ได้ อาจเหมือนกันหรือต่างกัน Law (2006) แสดงฟังก์ชันค่าประมาณเหล่านี้ รวมถึงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ด้วย

1. ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete Random Variable)

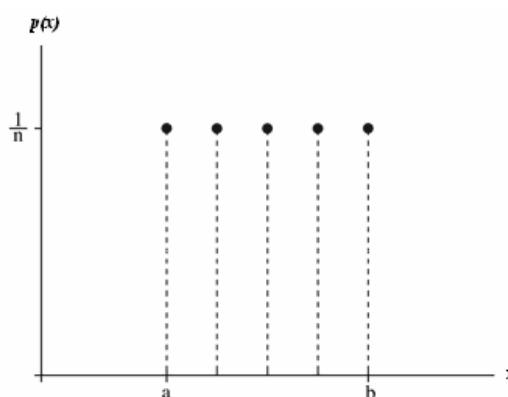
Banks *et al.* (2004) ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง หมายถึง ตัวแปรสุ่มที่ใช้แทนเหตุการณ์ที่มีผลลัพธ์เป็นจำนวนที่นับได้ หรือสามารถแสดงเป็นค่าตัวเลขที่มีค่าไม่ต่อเนื่องกัน หรือเป็นค่าที่ระบุ

ประเภท (Categorical Value) เช่น ผ่าน-ไม่ผ่าน วัสดุ A, B, หรือ C ตัวอย่างการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง ก็เช่น การแจกแจงแบบทวินาม หรือการแจกแจงแบบปัวส์ซอง

1.1 การแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Uniform Distribution) คือ การแจกแจงที่ทุกค่าของตัวแปรสุ่มมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นเท่าๆ กัน การแจกแจงสม่ำเสมอถูกกำหนดด้วยค่าน้อยสุด (i) และค่ามากที่สุด (j) ทั้งนี้การแจกแจงสม่ำเสมอมีทั้งแบบต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง ตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่องในช่วง $(0,1)$ หรือ $\text{Uniform}(0,1)$ เป็นรากฐานในการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงอื่นๆ เพราะสามารถแปลงให้มีการแจกแจงใดๆ ก็ได้ (Banks *et al.*, 2004) ดังนั้นการสร้างตัวแปรสุ่มแบบ $\text{Uniform}(0,1)$ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำอย่างมีประสิทธิภาพ และให้มีคุณสมบัติทางสถิติที่ดี ชื่อเฉพาะของการสร้างตัวแปรสุ่มแบบ $\text{Uniform}(0,1)$ คือ Random Number Generation

ฟังก์ชันความน่าจะเป็น (Probability Function) ของการแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง

$$p(x) = \begin{cases} \frac{1}{j-i+1}, & x \in \{i, i+1, \dots, j\} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$



ภาพที่ 1 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง

มีค่าเฉลี่ย (Mean Value: $E(X)$) และค่าความแปรปรวน (Variance: $V(X)$) เท่ากับ

$$E(X) = \frac{i+j}{2} \quad (2)$$

$$V(X) = \frac{(j-i+1)^2 - 1}{12} \quad (3)$$

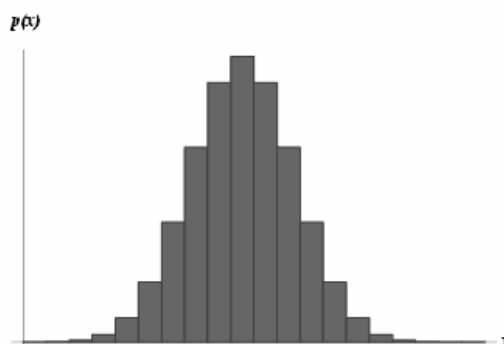
การสร้างตัวแปรสุ่ม (Random Variable Generation) ของการแจกแจงสามาเสมอแบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้วิธีส่วนกลับผกผัน (Inverse-Transform Method) มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = i + [(j-i+1)U]$

1.2 การแจกแจงทวินาม (Binomial Distribution) พิจารณาความสำเร็จ (Success) หรือล้มเหลว (Failure) ของการทดลอง เป็นผลบวกของการแจกแจงแบร์นูลลีที่กระทำซ้ำๆ กัน n ครั้ง โดยการทดลองแต่ละครั้งมีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent) และมีความน่าจะเป็นของความสำเร็จเท่ากัน (Identically Distributed) เช่น การโยนเหรียญ 1 อัน 20 ครั้ง แต่ละครั้งที่โยนเป็นอิสระต่อกัน ในการโยนแต่ละครั้งจะมีผลลัพธ์เกิดขึ้นคือ หัว หรือ ก้อย อาจกำหนดให้เมื่อเหรียญออกหัวเป็นความสำเร็จ และออกก้อยเป็นความล้มเหลว

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินาม

$$p(x) = \begin{cases} \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, & x = 0, 1, 2, \dots, n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$



ภาพที่ 2 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงทวินาม

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = np \quad (5)$$

$$V(X) = np(1 - p) \quad (6)$$

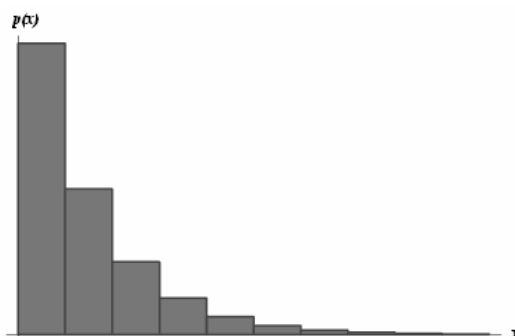
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงทวินาม มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ โดยที่ Y เป็นตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบร์นูลลี ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$

1.3 การแจกแจงเรขาคณิต (Geometric Distribution) คือ การทดลองโดยใช้การแจกแจงแบร์นูลลีทำการทดลอง n ครั้ง พิจารณาความสำเร็จหรือล้มเหลวที่เกิดขึ้นครั้งแรก การทดลองแต่ละครั้งมีความเป็นอิสระต่อกัน เช่น ความน่าจะเป็นที่จะพบผลิตภัณฑ์ไม่ได้มาตรฐานชิ้นแรก จากการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 50 ชิ้น

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงเรขาคณิต

$$p(x) = \begin{cases} p(1-p)^x, & x = 0, 1, 2, \dots \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$



ภาพที่ 3 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเรขาคณิต

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{1-p}{p} \quad (8)$$

$$V(X) = \frac{1-p}{p^2} \quad (9)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเรขาคณิต มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$

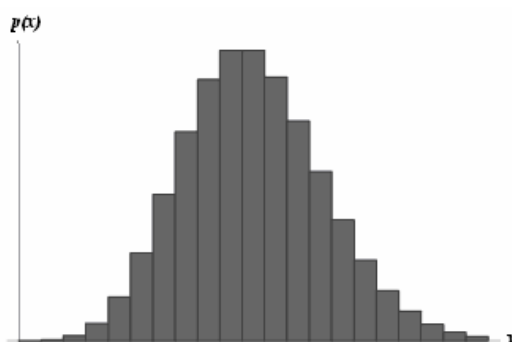
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = \left(\frac{\ln U}{\ln(1-p)} \right)$

1.4 การแจกแจงปัวซอง (Poisson Distribution) เหมาะสำหรับจำลองจำนวนครั้งที่เหตุการณ์บางอย่างเกิดขึ้นภายในช่วงเวลาที่กำหนด เช่น จำนวนครั้งที่มิโทรศัพท์เข้ามาระหว่างเวลา 8.00-16.00 น. หรือจำนวนครั้งที่เหตุการณ์บางอย่างเกิดขึ้นภายในระยะทางที่กำหนด เช่น จำนวนคำหนิบนสายเคเบิลยาว 1 เมตร หรือภายในพื้นที่ๆ กำหนด เช่น จำนวนคำหนิบนแผ่นเหล็กขนาด 1

ตารางเมตร โดยที่ λ คือ อัตราการเกิดเหตุการณ์โดยเฉลี่ยที่ $\lambda > 0$ ซึ่งจำนวนความสำเร็จแต่ละช่วงเวลาเป็นอิสระต่อกัน

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซอง

$$p(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, & x \in \{0, 1, \dots\} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$



ภาพที่ 4 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงปัวส์ซอง
มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \lambda \quad (11)$$

$$V(X) = \lambda \quad (12)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปัวส์ซอง มีขั้นตอนดังนี้

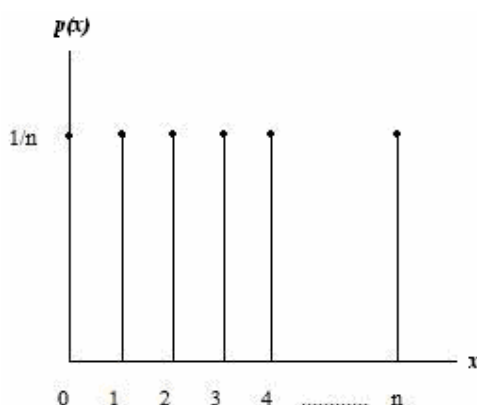
1. กำหนดให้ $a = e^{-\lambda}$, $b = 1$, และ $i = 0$
2. สร้าง $U_{i+1} \sim U(0,1)$ และแทนที่ b ด้วย bU_{i+1} ในกรณีถ้า $b < a$ ส่งค่าที่ได้กลับ $X = i$ ถ้าเกิดเป็นกรณีอื่นๆให้ไปขั้นตอนที่ 3
3. แทนที่ i ด้วย $i+1$ และย้อนกลับไปขั้นตอนที่ 2

1.5 การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Empirical Distribution) เป็นการสร้างการกระจายความน่าจะเป็นขึ้นมาจากข้อมูลจริง ซึ่งพารามิเตอร์ได้จากการสังเกตข้อมูลตัวอย่าง โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มของการแจกแจง มีลักษณะเฉพาะโดยการระบุพารามิเตอร์จำนวนหนึ่ง เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ข้อดีของการข้อมูลดิบ คือ ไม่มีอะไรที่จะสมมติได้นอกเหนือจากค่าสังเกตของข้อมูลตัวอย่าง ข้อเสีย คือ ข้อมูลตัวอย่างอาจไม่ครอบคลุมค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมด

ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

$$p(x_i) = P(X = x_i) ; x_i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

$$\sum_{i=0}^n p(x_i) = 1 \quad (14)$$



ภาพที่ 5 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \sum x_i p(x_i) \quad (15)$$

$$V(X) = E[(X - E[X])^2] = E(X^2) - [E(X)]^2 \quad (16)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้วิธีส่วนกลับผกผัน

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$

$$2. \text{ ส่งค่าที่ได้กลับ } X = \begin{cases} 0, & U \leq p(x_1) \\ 1, & p(x_1) \leq U \leq p(x_2) \\ x_i, & p(x_{i-1}) \leq U \leq p(x_i) \end{cases}$$

2. ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง (Continuous Random Variable)

Law (2006) ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง หมายถึง เป็นตัวแปรสุ่มที่ใช้แทนเหตุการณ์ที่มีผลลัพธ์แบบต่อเนื่องกันไม่จำกัด มีค่าอยู่ในช่วงของเลขจำนวนจริง เช่น ความสูง น้ำหนัก อุณหภูมิ ตัวอย่างการแจกแจงแบบต่อเนื่องที่รู้จักกันดี ก็เช่น การแจกแจงแบบปกติ หรือการแจกแจงแบบสมมาตรซึ่งความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่มจะเท่ากับค่าที่กำหนดมีค่าน้อยมากจนถือว่ามีค่าเป็นศูนย์

2.1 การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง (Continuous Uniform Distribution) แตกต่างจากการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง โดยความน่าจะเป็นของการทดลองมีค่าอยู่ในขอบเขตของจำนวนจริง a และ b ความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นมีค่าเท่าๆ กันทุกจุดบนขอบเขตที่กำหนด

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function: pdf) ของการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (17)$$



ภาพที่ 6 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{a+b}{2} \quad (18)$$

$$V(X) = \frac{(b-a)^2}{12} \quad (19)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = a + (b-a)U$

2.2 การแจกแจงปกติ (Normal Distribution) เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่องที่สำคัญที่สุด เนื่องจากตัวแปรสุ่มส่วนใหญ่มีความใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มเหล่านั้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ μ และค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2 ซึ่งมีข้อมูลหลายชนิดที่โดยธรรมชาติเป็นการแจกแจงปกติ เช่น ค่าผิดพลาดจากมาตรฐานในด้านขนาด น้ำหนักหรือปริมาตร

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกปกติ

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad -\infty < x < \infty \quad (20)$$



ภาพที่ 7 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงปกติ

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \mu \quad (21)$$

$$V(X) = \sigma^2 \quad (22)$$

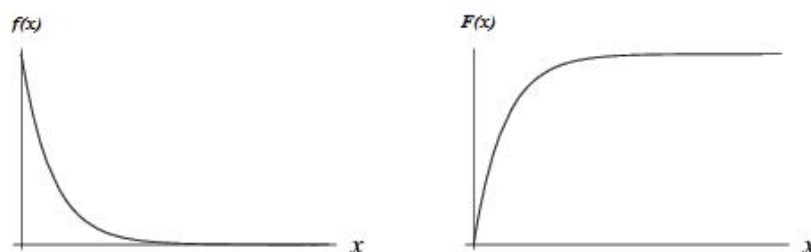
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปกติโดยวิธี Polar Method ซึ่งการสร้างตัวแปรสุ่มแบบปกติ $N(0,1)$ จะสร้างตัวแปรสุ่มออกมาเป็นคู่ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง U_1 และ U_2 เป็น $U(0,1)$ ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน กำหนดให้ $V_i = 2U_i - 1$ โดยที่ $i = 1, 2$ และกำหนดให้ $W = V_1^2 + V_2^2$
2. ในกรณีที่ $W > 1$ ให้ย้อนกลับขั้นตอนที่ 1 ในกรณีอื่นกำหนดให้ $Y = \sqrt{(-2 \ln W)/W}$, $X_1 = V_1 Y$, และ $X_2 = V_2 Y$ ดังนั้น X_1 และ X_2 จะเป็นตัวแปรสุ่มแบบปกติ $N(0,1)$ ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน

2.3 การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution) เป็นการพิจารณาตัวแบบของเวลาเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้น ซึ่งในทางวิศวกรรมนั้นให้ความสนใจกับโอกาสที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรชำรุดเสียหาย โดยเหตุการณ์แต่ละครั้งมีความเป็นอิสระต่อกัน

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (23)$$



ภาพที่ 8 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{1}{\lambda} \quad (24)$$

$$V(X) = \frac{1}{\lambda^2} \quad (25)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล มีขั้นตอนดังนี้

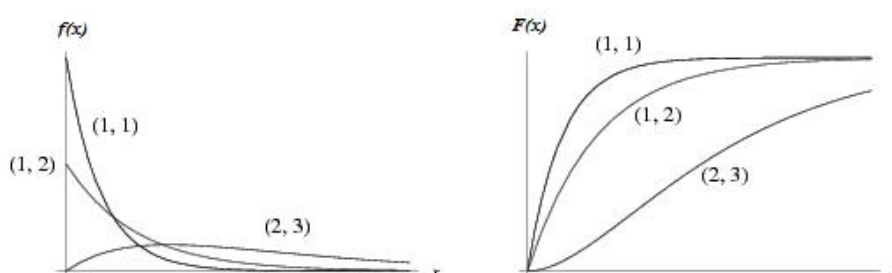
1. สร้าง $U \sim U(0,1)$

2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = -\frac{1}{\lambda} \ln(1-U)$ หรือ $X = -\frac{1}{\lambda} \ln U$

2.4 การแจกแจงแกมมา (Gamma Distribution) เป็นการแจกแจงของเวลาเช่นเดียวกับกรณีของการแจกแจงปัวส์ซง และการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล โดยพิจารณาจำนวนเหตุการณ์ n เหตุการณ์เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ค่าพารามิเตอร์ β ($\beta = \frac{1}{\lambda}$) และ α มีค่ามากกว่าศูนย์

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมา

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{\Gamma(\alpha)}, & x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (26)$$



ภาพที่ 9 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแกมมา

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \alpha\beta \quad (27)$$

$$V(X) = \alpha\beta^2 \quad (28)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแกมมา มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดให้ $a = 1/\sqrt{2\alpha-1}$, $b = \alpha - \ln 4$, $q = \alpha + 1/a$, และ $d = 1 + \ln \theta$
2. สร้าง U_1 และ U_2 เป็น $U(0,1)$ ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน

3. กำหนดให้ $V = a \ln [U_1 / (1 - U_1)]$, $Y = \alpha e^v$, $Z = U_1^2 U_2$, และ $W = b + qV - Y$

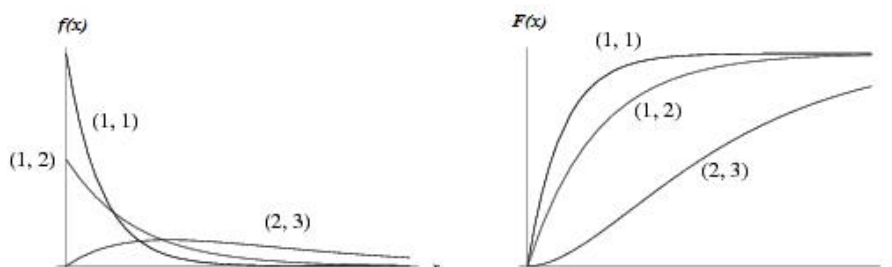
4. ถ้า $W + d - \theta Z \geq 0$ ส่งค่าที่ได้กลับ $X = Y$ กรณีอื่นให้ไปขั้นตอนที่ 5

5. ถ้า $W \geq \ln Z$ ส่งค่าที่ได้กลับ $X = Y$ กรณีอื่นให้ไปขั้นตอนที่ 2

2.5 การแจกแจงเออร์แลงค์ (Erlang Distribution) เป็นกรณีพิเศษของการแจกแจงแกมมาในกรณีที่จำนวนเหตุการณ์เป็นเลขจำนวนเต็ม ส่วนการแจกแจงแกมมาเป็นเลขจำนวนจริง

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเออร์แลงค์

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}}{(\alpha-1)!}, & x > 0, \alpha = 1, 2, \dots \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (29)$$



ภาพที่ 10 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเออร์แลงค์

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \alpha\beta \quad (30)$$

$$V(X) = \alpha\beta^2 \quad (31)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเออร์แลงค์ สามารถแสดงในรูปผลรวมของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลที่เป็นอิสระต่อกันจำนวน m สามารถเขียนอยู่ในรูป $X = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_m$ มีขั้นตอนดังนี้

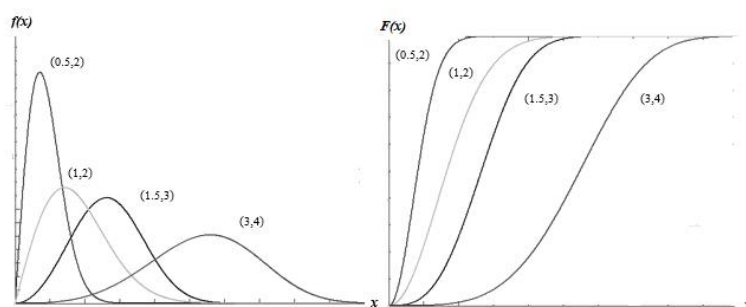
1. สร้าง $U_1, U_2, \dots, U_m$ เป็น $U(0,1)$ ที่มีความเป็นอิสระต่อกัน

2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = -\frac{\beta}{m} \ln \left(\prod_{i=1}^m U_i \right)$

2.6 การแจกแจงไวบูลล์ (Weibull Distribution) ในกรณีที่อุปกรณ์ไม่มีการสึกหรอหรือเสื่อมโดยธรรมชาตินั้น อายุการใช้งานของอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล แต่ถ้าหากอุปกรณ์มีการสึกหรอทางกลหรือการเสื่อมทางอิเล็กทรอนิกส์ อายุการใช้งานของอุปกรณ์จะมีลักษณะเป็นการแจกแจงไวบูลล์

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูลล์

$$f(x) = \begin{cases} \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha}, & x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (32)$$



ภาพที่ 11 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงไวบูลล์

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \quad (33)$$

$$V(X) = \frac{\beta^2}{\alpha} \left\{ 2\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right\} \quad (34)$$

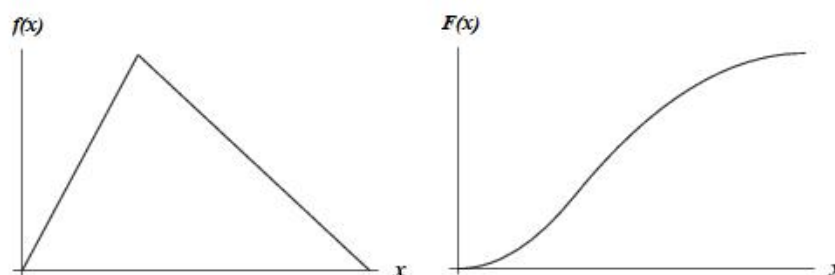
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงไวบูลล์โดยใช้วิธีส่วนกลับผกผัน มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = \beta(-\ln U)^{1/\alpha}$

2.7 การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution) เป็นการแจกแจงที่มีรูปแบบของข้อมูลค่าน้อยสุด (Minimum : a) ฐานนิยม (Most Likely หรือ Mode : m) ค่ามากที่สุด (Maximum : b) โดยที่ a, b , และ m เป็นจำนวนจริง และ $a < m < b$

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(m-a)}, & a \leq x \leq m \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-m)}, & m < x \leq b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (35)$$



ภาพที่ 12 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{a+b+m}{3} \quad (36)$$

$$V(X) = \frac{a^2 + b^2 + m^2 - ab - am - bm}{18} \quad (37)$$

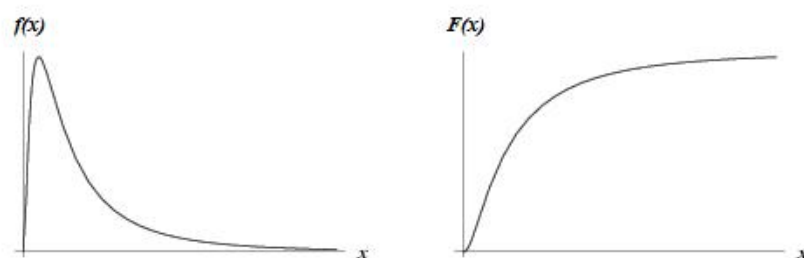
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม โดยใช้วิธีส่วนกลับผกผัน ในกรณีที่จำกัดขอบเขต $a=0$ และ $b=1$ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$
2. ถ้า $U \leq m$ ส่งค่าที่ได้กลับ $X = \sqrt{mU}$ ในกรณีอื่นส่งค่าที่ได้กลับ $X = 1 - \sqrt{(1-m)(1-U)}$

2.8 การแจกแจงลอกลปกติ (Lognormal Distribution) เกี่ยวกับเวลา และปริมาณในการกระทำบางสิ่งบางอย่าง มีความคล้ายคลึงกับการแจกแจงแกมมา และการแจกแจงไวบูลล์ โดยการจำลองปริมาณที่เป็นผลคูณของค่าย่อยๆ เช่น อัตราผลตอบแทนการลงทุน เมื่อผลตอบแทนเป็นแบบทบต้น

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงลอกลปกติ

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma} \right)^2}, & x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (38)$$



ภาพที่ 13 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงลอกปกติ

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} \quad (39)$$

$$V(X) = e^{2\mu + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1) \quad (40)$$

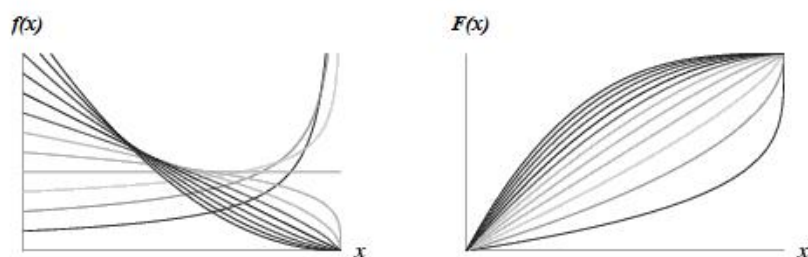
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงลอกปกติ มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $Y \sim N(\mu, \sigma^2)$
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = e^Y$

2.9 การแจกแจงเบต้า (Beta Distribution) เป็นการแจกแจงสัดส่วนแบบสุ่ม เช่น สัดส่วนของเสียที่เกิดจากการขนส่ง ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเบต้า

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha_1-1}(1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)}, & x > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (41)$$



ภาพที่ 14 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงเบต้า

โดยที่ $B(\alpha_1, \alpha_2)$ คือ เบต้าฟังก์ชัน นิยามด้วย

$$B(z_1, z_2) = \int_0^1 t^{z_1-1} (1-t)^{z_2-1} dt \quad (42)$$

สำหรับทุกๆ เลขจำนวนจริงใดๆ $z_1 > 0$ และ $z_2 > 0$

$$B(z_1, z_2) = B(z_2, z_1), \quad B(z_1, z_2) = \frac{\Gamma(z_1)\Gamma(z_2)}{\Gamma(z_1 + z_2)} \quad (43)$$

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (44)$$

$$V(X) = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + 1)} \quad (45)$$

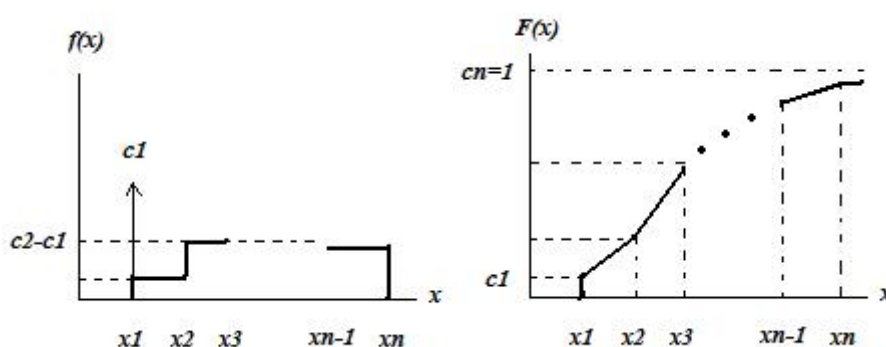
การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเบต้า มีขั้นตอนดังนี้

1. สร้าง $Y_1 \sim \text{gamma}(\alpha_1, 1)$ และ $Y_2 \sim \text{gamma}(\alpha_2, 1)$ ที่เป็นอิสระต่อกัน
2. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = Y_1 / (Y_1 + Y_2)$

2.10 การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง (Continuous Empirical Distribution) คล้ายคลึงกับการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง คือ เป็นการสร้างการกระจายความน่าจะเป็นขึ้นมาจากข้อมูลจริง ซึ่งพารามิเตอร์ได้จากการสังเกตข้อมูลตัวอย่างโดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มของการแจกแจง ผลของการแบ่งกลุ่มมีลักษณะเป็นจำนวนจริงภายในขอบเขตของพารามิเตอร์ที่กำหนด

ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

$$f(x) = \begin{cases} c_1 & , \text{ if } x = x_1 \text{ (a mass of probability } c_1 \text{ at } x_1) \\ c_j - c_{j-1} & , \text{ if } x_{j-1} \leq x \leq x_j, \text{ for } j = 2, 3, \dots, n \\ 0 & , \text{ if } x < x_1 \text{ or } x \geq x_n \end{cases} \quad (46)$$



ภาพที่ 15 กราฟฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

ที่มา: คู่มือการใช้งาน โปรแกรม Arena Version 10.0

การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่องที่มีในโปรแกรม Arena เป็นการพัฒนาต่อเนื่องมาจากการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อให้ค่าสุ่มที่ได้อยู่ในช่วงระหว่างข้อมูลที่เก็บมาได้

มีค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนเท่ากับ

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx \quad (47)$$

$$V(X) = E[(X - E[X])^2] = E(X^2) - [E(X)]^2 \quad (48)$$

การสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง โดยใช้วิธีส่วนกลับผกผัน

1. สร้าง $U \sim U(0,1)$
2. กำหนดให้ $P = (n-1)U$ และ $I = \lfloor P \rfloor + 1$
3. ส่งค่าที่ได้กลับ $X = X_{(I)} + (P - I + 1)(X_{(I+1)} - X_{(I)})$

สเปรดชีต

สเปรดชีต หมายถึง แผ่นตารางที่ประกอบด้วยแนวตั้ง และแนวนอน ตัดกันเป็นช่องสี่เหลี่ยมแนวตั้งเรียกว่า สดมภ์ (Column) แนวนอนเรียกว่า แถว (Row) ช่องสี่เหลี่ยมที่เกิดจากการตัดกันของสดมภ์ และแถวเรียกว่า เซลล์ (Cell) ใช้สำหรับบรรจุตัวอักษร ตัวเลข รูปภาพ หรือสูตรคำนวณต่างๆ

รูปแบบของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล สดมภ์แต่ละสดมภ์จะมีชื่อที่ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษ A,B,C,...,IV กำกับ ส่วนแถวแต่ละแถวจะมีชื่อโดยใช้ตัวเลข 1,2,3,...,65,536 กำกับ ดังนั้นการเรียกชื่อเซลล์จึงใช้ชื่อของสดมภ์ และแถวที่ตัดกันมาอ้างอิง เช่น สดมภ์ A ตัดกับแถว 1 จะเกิดเซลล์ที่มีชื่อว่า เซลล์ A1

การอ้างอิงชื่อเซลล์ในรูปแบบนี้ทำให้แผ่นตารางทำการมีคุณสมบัติเด่นในการอ้างอิงค่าในเซลล์ หากเราเปลี่ยนค่าในเซลล์หนึ่งๆ ซึ่งถูกอ้างอิงอยู่ที่เซลล์อื่น ก็จะทำให้ค่าที่อยู่ในเซลล์ที่อ้างอิงเปลี่ยนแปลงตามได้โดยอัตโนมัติ ตัวอย่างเช่น กำหนดให้เซลล์ A1 มีค่า 10 กำหนดให้เซลล์ A2 มีค่า 5 ส่วนเซลล์ A3 มีสูตรที่อ้างอิงถึงเซลล์ A1 และเซลล์ A2 คือ $A1+A2$ ดังนั้นค่าในเซลล์ A3 มีค่าเท่ากับ 15 หากค่าในเซลล์ A1 เปลี่ยนเป็น 15 จะทำให้ค่าในเซลล์ A3 เปลี่ยนแปลงตามหลักสูตรที่กำหนดไว้คือ 20

สเปรดชีต จึงเหมาะสำหรับงานคำนวณขนาดใหญ่ โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลหรือบันทึกสูตรใหม่หลายๆ ครั้ง คุณสมบัติของโปรแกรมแผ่นตารางทำการคือ การคำนวณ การจัดทำแผนภูมิ และการจัดการข้อมูล

การคำนวณ หมายถึง คุณสมบัติในการสร้างสูตรคำนวณ หรือรูปแบบการคำนวณที่กำหนดไว้หรือเรียกว่า ฟังก์ชัน เพื่อคำนวณหาผลลัพธ์ที่ต้องการ รวมทั้งสามารถสร้างกลุ่มคำสั่งที่เรียกว่า มาโคร เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามลำดับในกลุ่มคำสั่งนั้นได้ คุณสมบัติด้านการคำนวณนี้จะให้ผลลัพธ์ที่เปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลที่น่าไปใช้ในสูตร หรือฟังก์ชันที่กำหนด

การจัดทำแผนภูมิ หมายถึง คุณสมบัติในการนำข้อมูลในเซลล์มาจัดทำแผนภูมิรูปแบบต่างๆ เช่น แผนภูมิมวงกลม แผนภูมิเส้น แผนภูมิแท่ง แผนภูมิพื้นที่สองมิติ แผนภูมิสามมิติ หากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในเซลล์ที่น่าไปทำแผนภูมิ ก็จะส่งผลให้แผนภูมิที่สร้างขึ้นเปลี่ยนแปลงตามด้วยทันที

การจัดการข้อมูล หมายถึง คุณสมบัติในการกระทำเกี่ยวกับข้อมูลที่อยู่ในเซลล์แต่ละเซลล์ เช่น การจัดเรียงข้อมูล การค้นหาข้อมูล การแทนที่ข้อมูล

หลักการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins

อำนาจ (2550) การเขียนฟังก์ชัน Add-Ins ในโปรแกรม Excel โดยทั่วไปจะใช้ VBA ที่มีอยู่ในโปรแกรม Microsoft Office Excel โดย VBA เป็นชุดพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Rapid Applications Development Tool : RAD) แบบเชิงวัตถุ (Visual Object Oriented Programming : OOP) ที่ใช้ภาษาวิซวลเบสิก (Visual Basic) ในการเขียนชุดคำสั่งบนโปรแกรม Excel มีลักษณะเป็นภาษาแบบสคริปต์ (Script) จะไม่มีการคอมไพล์ (Compile) ซอร์สโค้ด (Source Code) เป็นภาษาเครื่อง มีลักษณะการทำงานเป็นแบบทำงานตามคำสั่งทีละคำสั่ง (Interpreter) โดยการทำงานของโปรแกรมต้องรันชุดคำสั่งผ่านโปรแกรม Excel เท่านั้น ซึ่งโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั้นจะถูกเก็บรวมไว้ในไฟล์ Excel นามสกุล .xls

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brown (1999) ศึกษาวิธีการพัฒนาตัวแบบซิมูเลชัน โดยใช้โปรแกรม Excel ในการแก้ปัญหา Biological System ซึ่งไม่ต้องอาศัยทักษะการเขียนโปรแกรม มีการกำหนดค่าปัจจัยสำคัญในการแก้ปัญหาแบบสเปรดชีต และทำแบบจำลองสถานการณ์ ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ (1) แบบจำลองสถานการณ์ตัวจับแรงดันไฟฟ้าอย่างง่าย (Voltage Clamp Simulation) ซึ่งมีตัวแปรเริ่มต้นเป็นการคำนวณในสถานะคงที่ (Steady State) (2) แบบจำลองสถานการณ์ตัวจับกระแส (Current Clamp Simulation) ซึ่งไม่อยู่ในสถานะคงที่ และการแก้ปัญหาของสมการสำหรับแต่ละครั้งมีจำนวนการทำซิมูเลชันเพิ่มมากขึ้น โดยใช้เป็น Input สำหรับครั้งต่อไปในตัวแบบจำลองสถานการณ์ในการคำนวณนี้อาศัยสมการทางคณิตศาสตร์ของ Hodgkin Huxley หลักการในการพัฒนาในการศึกษาชิ้นนี้ช่วยให้ผู้ที่เริ่มทำแบบจำลองสามารถทำแบบจำลองอย่างง่ายได้ โดยไม่ต้องเรียนรู้ภาษาในการเขียนโปรแกรมหรือซื้อซอฟต์แวร์ราคาแพง

El-Hajj and Hazim (1998) ศึกษาวิธีการปรับปรุงการใช้งานสเปรดชีตซิมูเลชัน ในการทำซิมูเลชันของปัญหา Logic Networks โดยทำการสร้างตัวแบบซิมูเลชันใหม่เรียกว่า DIGIXEL เลือก ใช้ Flip-Flops และ Clock เป็นตัวแบบในการแสดงปัญหาทางด้าน Logic Networks ใช้ AND, OR, XOR, NAND และ NOR ในการแก้ปัญหา แบ่งชนิดของตัวแบบเป็น (1) S-R Flip-Flop (2) J-K Flip-Flop (3) D Flip-Flop (4) T Flip-Flop ทำให้ DIGIXEL เป็นฟังก์ชัน Add-Ins เพื่อให้ผู้ใช้งานสเปรดชีตซิมูเลชันทั่วไปสามารถใช้งานได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น และลดค่าใช้จ่ายในการทำซิมูเลชัน

Goldman (2002) ได้นำเสนอหลักการใช้งานโปรแกรม Crystal Ball 2000 Professional Edition ซึ่งเป็นฟังก์ชัน Add-Ins ในโปรแกรม Excel ช่วยในการวิเคราะห์ความเสี่ยง และความไม่แน่นอนในตัวแบบสเปรดชีต โดยใช้ Monte Carlo Simulation เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัวแบบการประมาณการตามช่วงเวลาเพื่อหาค่าที่เหมาะสม มีการแนะนำแถบเครื่องมือในการทำซิมูเลชันโดยแบ่งเป็น (1) Define Assumption (2) Define Forecast (3) Run Preferences (4) Run (5) Stop (6) Single Step (7) Forecast Windows (8) Sensitivity Analysis (9) Create Report (10) Help เสนอตัวอย่างการใช้งานโปรแกรม Crystal Ball 2000 เพื่อทำ Monte Carlo Simulation การกำหนดข้อสันนิษฐาน การประมาณการล่วงหน้า (Forecast) การกำหนดจำนวนครั้งที่ทำซิมูเลชัน ผลการทำซิมูเลชัน การแสดงผล และการวิเคราะห์ข้อมูล

Irannejad *et al.* (2006) ศึกษากระบวนการโมแบบปิด เพื่อจำลองระบบการโมวัตถุดิบที่เหมาะสมที่สุด โดยสร้างสเปรดชีตซิมมูลชั้นขึ้นมาเพื่อสนับสนุนการดำเนินการของอุตสาหกรรมถลุงแร่ สเปรดชีตซิมมูลชั้นที่สร้างขึ้นเรียกว่า COMSIM เป็นฟังก์ชัน Add-Ins ในโปรแกรม Excel ผู้สร้างได้พัฒนาสเปรดชีตซิมมูลชั้นให้ง่ายต่อการใช้งาน มีการสร้างรูปแบบของระบบการโมให้เลือกทำซิมมูลชั้น และข้อมูลการนำเข้า การส่งออก ผลลัพธ์จากการทำซิมมูลชั้นสามารถนำไปใช้งานร่วมกับโปรแกรมอื่นๆได้

Keeling and Pavur (2004) ศึกษาปัญหาความถูกต้องแม่นยำในการใช้โปรแกรม Excel สำหรับซิมมูลชั้น เนื่องจากโปรแกรม Excel มีปัญหาความถูกต้องในการคำนวณ จึงทำการตรวจสอบโปรแกรม Excel 2003 โดยการสร้างตัวเลขสุ่มให้อยู่ในรูปแบบการแจกแจงแบบ สมมาตรปกติ และปัวส์ซอง นำผลจากการสร้างตัวแปรสุ่มของโปรแกรม SAS Ver8.02, SPSS 12.0, Minitab 14.0, StatCrunch Ver3, Excel 2000, Excel XP, Excel 2003 มาเปรียบเทียบความถูกต้องโดยอ้างอิงข้อมูลกับองค์กร NIST (National Institute of Standards and Technology) สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรม Excel 2003 ยังมีความผิดพลาดในการสร้างตัวเลขสุ่มที่ควรปรับปรุงให้ดีขึ้น

Korn (2005) ศึกษาเทคนิคการจำลองตัวแบบสำหรับใช้ในการศึกษา และปัจจัยสุ่มต่างๆที่มีผลต่อการทำ Monte Carlo Simulation โดยใช้โปรแกรม DESIRE ในการแก้สมการเชิงเส้นที่มีหลายปัจจัยและสมการแตกต่างกัน โดยการกำหนดสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) สมการเงื่อนไข (Constraint) และตัวแปรสำหรับการแก้สมการเชิงเส้น ซึ่งโปรแกรม DESIRE จะทำการรวมปัจจัยแล้วทำการจัดเรียงข้อมูลในรูปแบบอาร์เรย์ให้เหมาะสม เพื่อนำข้อมูลมาทำ Monte Carlo Simulation และพัฒนาการจำลองตัวแบบสำหรับคำนวณโดยกำหนดให้มีรอบทำซ้ำ n รอบ และมีปัจจัยสุ่มที่แตกต่างกันสำหรับการคำนวณค่าทางสถิติ การประมาณความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับเวลาให้สามารถใช้งานได้ง่าย และรวดเร็วขึ้น

Ravichandran (2007) ศึกษาข้อกำหนดพื้นฐานของตัวแบบสินค้าคงคลัง เพื่อนำไปกำหนดนโยบายสินค้าคงคลังให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของผู้ร่วมลงทุน โดยการใช้สเปรดชีตซิมมูลชั้นในการจำลองสถานการณ์จริง กำหนดให้ความต้องการเป็นแบบสมมาตร และแบบปกติ ตามฤดูกาล และมีระยะเวลาการคอยสินค้า (Lead time) ทำการทดลองโดยใช้ฟังก์ชันทางสถิติบนสเปรดชีตซิมมูลชั้นในการสร้างตัวแปรสุ่ม ทำการคำนวณหาค่า EOQ (Economic Order

Quality) และ ROP (Reorder Point) บนสเปรคชีทซิมมูละชั้นโดยใช้ตัวแบบของ Newboy Model ในการแสดงผลการทดลอง

Thiriez (2001) ศึกษาปรับปรุงการใช้งานตัวแบบสเปรคชีทในงาน OR (Operations Research) โดยการแสดงตัวอย่างการใช้งานสเปรคชีทซิมมูละชั้นดังนี้ (1) ทฤษฎีการตัดสินใจ โดยการแสดงความ สามารถของโปรแกรม Excel ให้เห็นการตัดสินใจแบบแขนงต้นไม้ (Decision Tree) (2) การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) การคำนวณหาสมการเป้าหมาย (Objective Function) และความสามารถในการแสดงผลในรูปภาพ (3) Dynamic Programming การใช้ฟังก์ชัน Solver ใน โปรแกรม Excel แก้ปัญหา (4) ซิมมูละชั้น ทำการคำนวณแบบ Stochastic โดยใช้ โปรแกรม @RISK และ Crystal Ball ที่เป็นฟังก์ชัน Add-Ins ในโปรแกรม Excel

Togo (2004) ศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงสำหรับตัวแบบทางบัญชีโดยใช้สเปรคชีทซิมมูละชั้น ที่สามารถคำนวณค่าทางสถิติ และมีความสามารถในการจำลองสถานการณ์ เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเสี่ยงของตัวแบบทางบัญชี โดยการจำลองสถานการณ์ให้ตัวแปรนำเข้าเป็นการแจกแจงแบบความน่าจะเป็น ใช้สเปรคชีทซิมมูละชั้นในการคำนวณหามูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (Net Present Value: NPV) ซึ่งต้องแสดงผลในรูปภาพ และนำไปหาความสัมพันธ์ของความเสี่ยงกับตัวแบบทางบัญชี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนตัว

- หน่วยประมวลผลกลาง AMD® Turion™ 2.00GHz

- หน่วยความจำ 1.00 GB

- ความจุของ Hard Disk Drive 160 GB

2. โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Office Excel 2003 สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์

3. โปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.3 สำหรับใช้เขียนชุดคำสั่งในการใช้งานสเปรดชีตขีมิูลชั้น

วิธีการ

1. กำหนดขอบเขตงานวิจัย

2. ศึกษาการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทำขีมิูลชั้น

3. ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม VBA ใน Microsoft Office Excel 2003

4. พัฒนาฟังก์ชัน Add-Ins บน Microsoft Office Excel 2003

5. ทดสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาได้

1. กำหนดขอบเขตงานวิจัย

พัฒนาฟังก์ชันตัวแปรคู่ของการแจกแจง ที่ใช้ในการทำซิมมูลชัน โดยใช้ VBA (Visual Basic Application) ที่มีอยู่ใน Microsoft Office Excel 2003 โดยการแจกแจงที่ได้พัฒนาเป็น ฟังก์ชัน Add-Ins ดังต่อไปนี้

1. ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง
 - a. การแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง
 - b. การแจกแจงทวินาม
 - c. การแจกแจงเรขาคณิต
 - d. การแจกแจงปัวส์ซอง
 - e. การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง
2. ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง
 - a. การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง
 - b. การแจกแจงปกติ
 - c. การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล
 - d. การแจกแจงแกมมา
 - e. การแจกแจงเออร์แลงค์
 - f. การแจกแจงไวบูลล์
 - g. การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม
 - h. การแจกแจงลอกปกติ
 - i. การแจกแจงเบต้า
 - j. การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

2. ศึกษาการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบต่างๆ ที่ใช้ในการทำซิมมูลชัน

ปัจจัยสำคัญในการทำซิมมูลชันขึ้นอยู่กับกำหนัดคุณลักษณะของตัวแปรสุ่มให้ตรงกับรูปแบบปัญหา โดยผลลัพธ์ของตัวแปรสุ่มเกิดจากการกระทำสุ่มหรือทำการทดลอง ซึ่งตัวแปรสุ่มโดยปกติจะมีลักษณะเป็นค่าผลลัพธ์ที่ไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละการทดลอง ผลลัพธ์ของการทดลองทั้งหมดประกอบขึ้นเป็นแซมเปิลสเปซ (Sample Space) เช่น การโยนลูกเต๋า 2 ลูกพร้อมกัน พิจารณาเต็มรวมของลูกเต๋า 2 ลูกที่เป็นไปได้ทั้งหมดของการโยนลูกเต๋า 1 ครั้ง ตัวแปรสุ่มที่เกิดขึ้นคือ เต็มรวมของลูกเต๋า 2 ลูก

การสร้างตัวแปรสุ่มจากการศึกษาความน่าจะเป็นของการทดลอง เพื่อให้ทราบถึงโอกาสที่จะเกิดสิ่งที่สนใจขึ้น กล่าวคือ หากสามารถระบุถึงแซมเปิลสเปซของการทดลองแต่ละรูปแบบได้ ก็จะสามารถระบุโอกาสที่จะเกิดขึ้นของสิ่งที่สนใจได้ หรือทราบถึงฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มนั้นๆ ได้ โดยตัวแปรสุ่มแบ่งเป็น 2 ชนิด ดังนี้

1. ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง
2. ตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง

การศึกษาตัวแปรสุ่มชนิดต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของตัวแปรสุ่มนั้นๆ สิ่ง que แสดงลักษณะของตัวแปรสุ่มที่ดีที่สุด คือ ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มนั้น ซึ่งฟังก์ชันความน่าจะเป็นถูกกำหนัดด้วยค่าพารามิเตอร์ เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ใช้อธิบายคุณลักษณะของตัวแปรสุ่มนั้น โดยค่าเฉลี่ยและ ค่าความแปรปรวน เป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของฟังก์ชันความน่าจะเป็น

3. ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม VBA ใน Microsoft Office Excel 2003

โปรแกรม VBA ถูกพัฒนาโดยบริษัทไมโครซอฟต์ เพื่อประยุกต์ใช้งานกับโปรแกรมไมโครซอฟต์ออฟฟิศ (Microsoft Office) ในการเขียนชุดคำสั่งควบคุมโปรแกรมประยุกต์ ซึ่งสามารถใช้งานได้ในระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ และแอปเปิลแมคอินทอช VBA มี

ลักษณะโครงสร้างเป็นภาษาวิซวลเบสิก เป็นภาษาที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถใช้งานได้ง่าย

โปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลเรียกการอ้างอิงชุดคำสั่งจาก VBA ว่า แมโคร เพียงแต่แมโครมีข้อแตกต่างจากการเขียนชุดคำสั่งของ VBA คือ แมโครเป็นการบันทึกขั้นตอนการทำงานเพื่อลดขั้นตอนที่มีการกระทำซ้ำๆ กันช่วยให้สามารถทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งไม่สามารถบันทึกการทำงานหรือการสร้างฟังก์ชันที่ซับซ้อนได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การเขียนชุดคำสั่งจาก VBA ในการเขียนฟังก์ชันการแจกแจงแบบต่างๆ

ข้อแตกต่างของ VBA กับแมโคร

แมโคร

- แมโครต้องทำการบันทึกการทำงานค่อยเรียกใช้
- ใช้สูตรคำนวณที่มีในเอ็กเซลเท่านั้น
- การทำงานจะช้ากว่า VBA
- มีขอบเขตในการสร้างแมโคร

VBA

- เรียกใช้ได้ทันที ไม่ต้องมีการบันทึกการทำงาน
- VBA สร้างสูตรคำนวณที่คิดเองได้
- ทำงานได้เร็วกว่าแมโคร
- สร้างรูปแบบของการทำงานได้ง่ายกว่า

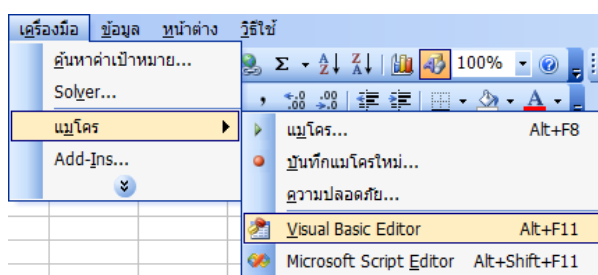
โปรแกรม VBA มีส่วนประกอบที่ใช้ควบคุมการทำงาน ดังนี้

- โปรเจกต์ (Project) แสดงชื่อของงานที่ทำการสร้าง
- ออบเจกต์ (Objects) สิ่งที่เราสร้างขึ้นมาเอง โดยการกำหนดคุณสมบัติ (Properties)

ให้กับออบเจกต์ ให้มีลักษณะแตกต่างกันออกไป เช่น การสร้างชีท

- ฟอรัม (Form) เป็นการสร้างบล็อกสำหรับแสดงหน้าต่างของโปรเจกต์ที่ทำการสร้างขึ้น
- โมดูล (Module) มีหน้าที่สำหรับเก็บชุดคำสั่ง VBA หรือการทำงานของแมโครที่ทำการบันทึก

การเขียนชุดคำสั่ง VBA จำเป็นต้องเรียกใช้เมนู Visual Basic Editor (VBE) ที่มีอยู่ในไมโครซอฟต์เอกเซล ดังรูป ภาพที่ 16



ภาพที่ 16 เมนู Visual Basic Editor บนไมโครซอฟต์เอกเซล

ส่วนประกอบของ VBE ในการเขียนชุดคำสั่ง VBA ดังแสดงในรูป ภาพที่ 17 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. Menu Bar
 - a. แสดงแถบเมนูที่มีอยู่ในโปรแกรม VBE
2. Toolbars
 - a. เครื่องมือช่วยในการใช้โปรแกรม VBE ให้สะดวกยิ่งขึ้น
3. Object List Box
 - a. แสดงรายการของออบเจกต์ที่มีอยู่ในโปรเจกต์
4. Procedure List Box
 - a. แสดงรายชื่อฟังก์ชัน หรือชุดคำสั่งที่มี

5. Code Window

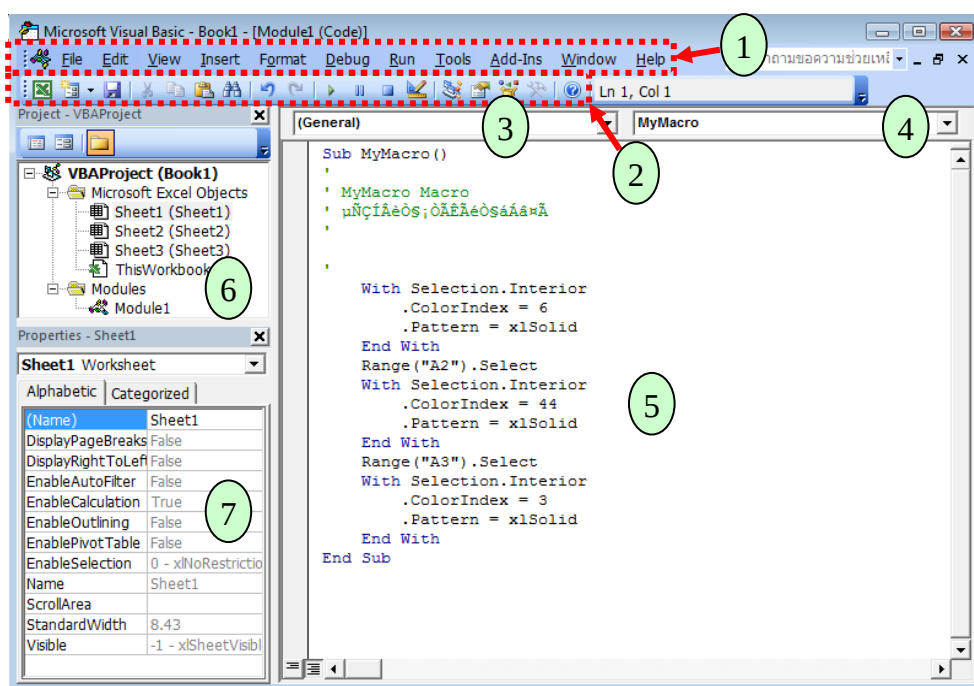
- a. สำหรับเขียนชุดคำสั่ง VBA

6. Project Explorer

- a. แสดงรายการโปรเจกต์ทั้งหมด

7. Properties Window

- a. แสดงคุณสมบัติของออบเจกต์



ภาพที่ 17 ส่วนประกอบของ VBE

เนื่องจากโปรแกรม VBA เป็นโปรแกรมประยุกต์ใช้งานควบคู่กับโปรแกรมอื่น ชุดคำสั่งจึงถูกเก็บไว้ในไฟล์ของโปรแกรมที่เรียกใช้งาน VBA เท่านั้น ไม่สามารถเปิดกับโปรแกรมอื่นได้ เช่น โปรแกรม VBA ใน Microsoft Office Excel จะเรียกใช้งานผ่านโปรแกรม Microsoft Office Excel ได้เท่านั้น

4. เขียนฟังก์ชัน Add-Ins บน Microsoft Office Excel 2003

การแก้ปัญหาโดยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เหมาะกับรูปแบบปัญหาการคำนวณ ผลลัพธ์ขั้นพื้นฐาน เนื่องจากฟังก์ชันการคำนวณที่มีอยู่ในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เป็น ฟังก์ชันที่มีการใช้งานโดยทั่วไป มีผลให้การทำงานที่ต้องการหาผลลัพธ์จากสูตรหรือฟังก์ชันเฉพาะ ทำได้ค่อนข้างยาก เพื่อแก้ปัญหาคำนวณยุ่งยากในการสร้างสูตรหรือฟังก์ชันเฉพาะ จึงมีการพัฒนา โปรแกรมประยุกต์ให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยการเขียนชุดคำสั่งจากโปรแกรม VBA เป็น รูปแบบฟังก์ชัน Add-Ins เพื่อให้สามารถเรียกใช้งานบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ได้สะดวกยิ่งขึ้น

โปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลมีรูปแบบฟังก์ชัน Add-Ins ด้วยกัน 3 ชนิดดังนี้

1. Add-Ins ของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เขียนชุดคำสั่งโดยใช้โปรแกรม VBA
2. Component Object Model (COM) Add-Ins เป็น โปรแกรมเพิ่มเติมที่ช่วยในการใช้ ภาษาเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย เช่น ภาษา Visual Basic, Visual C++ และ Visual J++
3. Add-ins โดยอัตโนมัติ เป็นการ Add-Ins อัตโนมัติจากการโปรแกรมสำเร็จรูปเมื่อทำการติดตั้งโปรแกรม ลักษณะของฟังก์ชัน Add-Ins เป็นแบบ COM Add-Ins

งานวิจัยนี้ได้ใช้รูปแบบการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins ของโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล โดย จัดทำให้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป

ฟังก์ชัน Add-Ins เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อยที่พัฒนามาจากผู้ที่ใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์ เอกเซล รูปแบบการทำงานมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับโครงสร้างการเขียนชุดคำสั่ง เพียงแต่ชุด คำสั่งที่ใช้ทั้งหมดของฟังก์ชัน Add-Ins จะถูกเก็บรวบรวมไว้ในส่วนเดียวกัน คือ ไฟล์นามสกุล .xla

5. ทดสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาได้

5.1 การตรวจสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์ในการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงต่างๆ เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ทางด้านสถิติของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และฮิสโตแกรม ของ VBA ซอฟต์แวร์กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นของการแจกแจงนั้น ดังแสดงในภาคผนวก ก

5.2 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่ของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools Version 3.0.6 เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ทางด้านสถิติของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน ของการสร้างตัวแปรสู่ที่มีค่าพารามิเตอร์ลักษณะเดียวกัน

5.3 การทดสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์ เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ทางด้านสถิติของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยการสร้างแบบจำลองปัญหาจากปัญหาตัวอย่างที่รู้คำตอบบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล อ้างอิงแบบจำลองปัญหาจากหนังสือของ Banks *et al.* (2004) แบ่งประเภทของแบบจำลองปัญหาเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอย (Simulation of Queueing Systems)

กำหนดปัญหาให้เป็นระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทาง (Single-Channel Queue: G/G/1) มีข้อกำหนดสำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ดังนี้

- ลักษณะการให้บริการลูกค้าครั้งละ 1 คน โดยคนที่เข้ามาในระบบก่อนจะสามารถใช้บริการได้ก่อน (First-In-First-Out : FIFO)
- ระบบแถวคอยของตัวแบบปัญหาสมมติให้สามารถรองรับลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการได้ไม่จำกัด
- ระยะห่างของเวลาที่ลูกค้าเข้าสู่ระบบ (Interarrival Time) เป็นการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่องมีช่วงเวลากันน้อยที่สุด 1 นาที และ มากที่สุด 8 นาที

- ระยะเวลาการให้บริการลูกค้า (Service Time) ของระบบแถวคอยเป็นการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) ระยะเวลาการให้บริการลูกค้ามีความน่าจะเป็นตั้งแต่ 1 ถึง 6 นาที แสดงดังตารางที่ 1
- จำลองสถานการณ์ระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทาง เพื่อประเมินผลลัพธ์ของระยะเวลาที่ลูกค้าเข้ามาต่อแถวรอรับบริการในระบบ (Waiting Time in Queue)

ตารางที่ 1 ความน่าจะเป็นของเวลาการให้บริการลูกค้าในระบบแถวคอย

เวลาการให้บริการลูกค้า (นาที)	ความน่าจะเป็น (Probability)	ความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability)
1	0.10	0.10
2	0.20	0.30
3	0.30	0.60
4	0.25	0.85
5	0.10	0.95
6	0.05	1.00

- สมมติให้มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการในระบบเป็นจำนวน 100 คน
- ทำการจำลองสถานการณ์เป็นจำนวน 400 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ลูกค้าต่อแถวรอรับบริการในระบบ (Average Waiting Time in Queue)

แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอยจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ปัจจัยที่ใช้ในการการวิเคราะห์การทำงานของระบบแถวคอย พิจารณาจากระยะเวลาการให้บริการลูกค้าของระบบแถวคอย (Service Time) ระยะเวลาที่ลูกค้าต่อแถวคอยอยู่ในระบบ ระยะเวลารวมที่ลูกค้าแต่ละคนอยู่ในระบบ (Time Customer Spends in System) และเวลาที่ระบบไม่มีลูกค้ารอรับบริการ (Idle Time of Server)

B1 Example 2.1: Single-Channel Queue									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Example 2.1: Single-Channel Queue								
2	Click the button, or hit the F9 key, to recalculate the spreadsheet and generate a new trial.								
3									
4	Service Times (Minutes)	Probability	Cumulative Probability			Interarrival Times (minutes)			
5						Minimum	1		
6						Maximum	8		
7						You may change the Example by changing any of the values in green.			
8									
9									
10									
11									
12	1	0.10	0.10						
13	2	0.20	0.30						
14	3	0.30	0.60						
15	4	0.25	0.85						
16	5	0.10	0.95						
17	6	0.05	1.00						
18	Seed for Random Numbers						12345	Reset Seed	
19	Number of Customers = 100								
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									

ภาพที่ 18 ตัวแบบปัญหาแถวคอยของปัญหาตัวอย่างบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล

2. แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอยแบบ M/M/1 (M/M/1 Queue)

กำหนดปัญหาให้เป็นระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทาง เช่นเดียวกับแบบจำลองปัญหาตัวอย่างที่ 1 โดยการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดในการสร้างตัวแบบดังนี้

- ระยะห่างของเวลาที่ลูกค้าเข้าสู่ระบบเป็นการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30 นาที ($\lambda = 2$ per hour)
- ระยะเวลาการให้บริการลูกค้าของระบบแถวคอยเป็นการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20 นาที ($\mu = 3$ per hour)
- จำลองสถานการณ์ระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทาง เพื่อประเมินผลลัพธ์ของระยะเวลาที่ลูกค้าเข้ามาต่อแถวรอรับบริการในระบบ

- กำหนดให้มีลูกค้าเข้ามาใช้บริการในระบบเป็นจำนวน 100 คน
- ทำการจำลองสถานการณ์เป็นจำนวน 100 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลาที่ลูกค้าต่อแถวรอรับบริการในระบบ (Average Waiting Time in Queue: W_q)

3. แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบสินค้าคงคลัง (Simulation of Inventory Systems)

กำหนดปัญหาของระบบสินค้าคงคลังในการจัดเก็บหนังสือพิมพ์ สำหรับจัดจำหน่าย เพื่อหาผลกำไรจากการขายหนังสือพิมพ์ มีข้อกำหนดสำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ดังนี้

- กำหนดให้เป็นระบบสินค้าคงคลังสำหรับจัดเก็บหนังสือพิมพ์ เพื่อรอการจัดจำหน่าย มีระยะเวลาในการจัดเก็บและจำหน่ายเป็นเวลา 20 วัน
- ต้นทุนหนังสือพิมพ์ 0.33 เหรียญต่อฉบับ (\$/paper) และจำหน่ายในราคา 0.50 เหรียญต่อฉบับ
- สำนักพิมพ์จะจำหน่ายหนังสือพิมพ์คงที่เป็นจำนวน 70 ฉบับต่อวัน
- กำหนดให้ต้นทุนหนังสือพิมพ์คงที่ เท่ากับ 23.10 เหรียญต่อวัน
- ความน่าจะเป็นที่จะจำหน่ายหนังสือพิมพ์ได้แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ขายดี (Good) ขายปานกลาง (Fair) และขายไม่ดี (Poor) แสดงดังตารางที่ 2
- ปริมาณความต้องการหนังสือพิมพ์เป็นการแจกแจงข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง ที่มีความต้องการ ตั้งแต่ 40 ถึง 100 ฉบับต่อวัน
- กรณีปริมาณความต้องการซื้อน้อยกว่า 70 ฉบับ ทางสำนักพิมพ์จะนำหนังสือพิมพ์ส่วนที่เหลือไปขาย เป็นรายรับคิดเป็นมูลค่า 0.05 เหรียญต่อฉบับ

ตารางที่ 2 ความน่าจะเป็นของปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์

ความต้องการซื้อ หนังสือพิมพ์ (Demand)	ความน่าจะเป็น (Probabilities)			ช่วงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probabilities)		
	Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor
40	0.03	0.10	0.44	0.03	0.10	0.44
50	0.05	0.18	0.22	0.08	0.28	0.66
60	0.15	0.40	0.16	0.23	0.68	0.82
70	0.20	0.20	0.12	0.43	0.88	0.94
80	0.35	0.08	0.06	0.78	0.96	1.00
90	0.15	0.04	0.00	0.93	1.00	1.00
100	0.07	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00

B1

Example 2.3: The News Dealer's Inventory Problem

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Example 2.3: The News Dealer's Inventory Problem											
2	Click the button to recalculate the spreadsheet and generate a new trial.										Generate New	
3												
4	Distribution of Newspapers Demanded										Type of Newsday	
5	Demand	Demand Probabilities			Cumulative Probabilities			Type	Probability	Cumulative Probability		
6		Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor					
7	40	0.03	0.10	0.44	0.03	0.10	0.44	Good	0.35	0.35		
8	50	0.05	0.18	0.22	0.08	0.28	0.66	Fair	0.45	0.80		
9	60	0.15	0.40	0.16	0.23	0.68	0.82	Poor	0.20	1.00		
10	70	0.20	0.20	0.12	0.43	0.88	0.94					
11	80	0.35	0.08	0.06	0.78	0.96	1.00					
12	90	0.15	0.04	0.00	0.93	1.00	1.00					
13	100	0.07	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00					
14												
15	Seed for Random Numbers				12345	Reset Seed						
16												
17												
18	Day	Type of Newsday	Demand	Revenue from Sales	Lost Profit from Excess Demand	Salvage from Sale of Scrap	Daily Cost	Daily Profit				
19	1	Fair	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20				
20	2	Good	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20				
21	3	Good	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90				
22	4	Fair	50	\$25.00	\$0.00	\$1.00	\$23.10	\$2.90				
23	5	Fair	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20				
24	6	Fair	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90				
25	7	Good	90	\$35.00	\$3.40	\$0.00	\$23.10	\$8.50				
26	8	Fair	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40				
27	9	Poor	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60				
28	10	Good	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60				
29	11	Poor	50	\$25.00	\$0.00	\$1.00	\$23.10	\$2.90				
30	12	Fair	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20				
31	13	Fair	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40				

ภาพที่ 19 ตัวแบบปัญหาสินค้าคงคลังของปัญหาตัวอย่างบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล

- กรณีความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์มากกว่า 70 ฉบับ จะถือว่าสูญเสียผลกำไรเป็นมูลค่า 0.17 เหรียญต่อฉบับ
- ทำการจำลองสถานการณ์เป็นจำนวน 400 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลกำไรจากการจำหน่ายหนังสือพิมพ์ในระยะเวลา 20 วัน

แบบจำลองระบบสินค้าคงคลังของปัญหาตัวอย่าง ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์การทำงานของระบบสินค้าคงคลัง พิจารณาจากปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์ต่อวัน รายรับจากการขายหนังสือพิมพ์ต่อวัน มูลค่าที่สูญเสียผลกำไรและผลกำไรโดยรวมต่อวัน

ตัวแบบปัญหาทั้ง 2 ระบบเป็นการแสดงการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น และแสดงให้เห็นว่า VBA ซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถนำไปสร้างตัวแบบจำลองสถานการณ์ได้ โดยมีขั้นตอนในการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ ดังแสดงในภาคผนวก ค

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลงานวิจัยจากการพัฒนา VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล โดยการเขียนชุดคำสั่งผ่านโปรแกรม VBA ให้อยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป ทำให้สามารถเรียกใช้โปรแกรมสำหรับสร้างตัวแปรสุ่มที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ และสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ได้

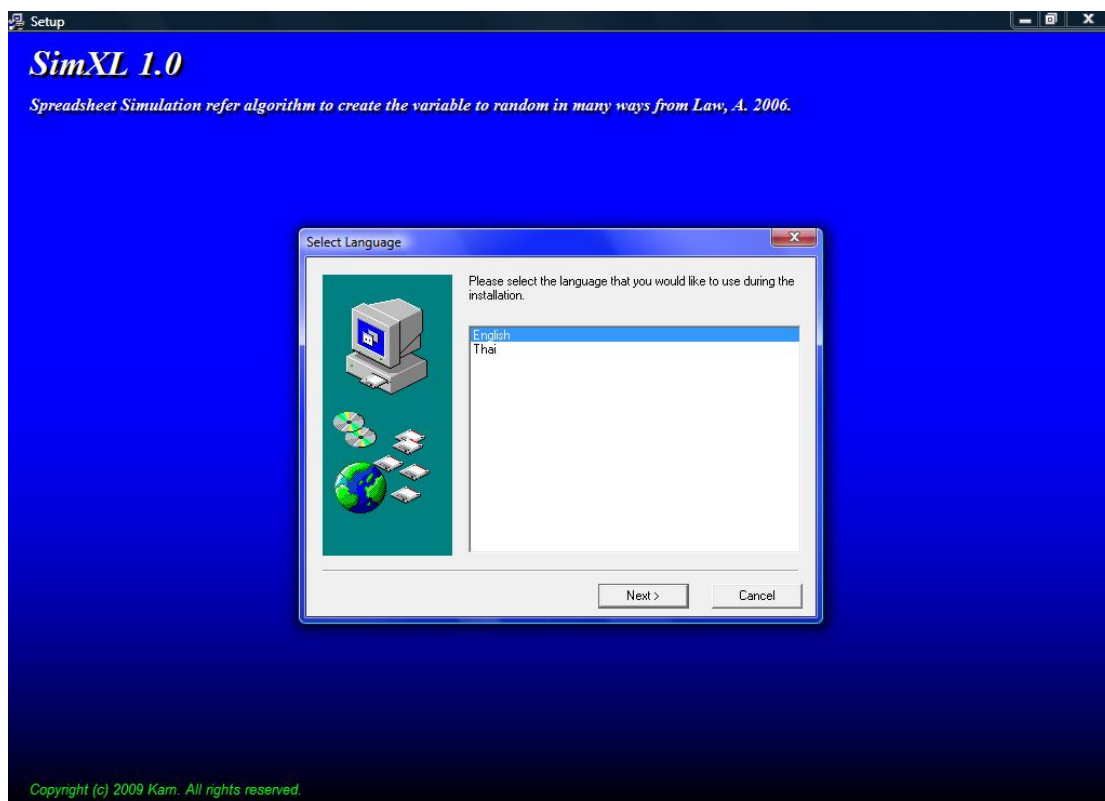
ผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองปัญหา และเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์กับปัญหาที่รู้คำตอบแล้ว พบว่าการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์กับปัญหาดังกล่าว ผลของการจำลองสถานการณ์มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

การวิเคราะห์ผลการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของงานวิจัยนี้ได้พิจารณาค่าพารามิเตอร์ที่แสดงการจำลองสถานการณ์ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน ช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ที่นัยสำคัญ 95% และจำนวนรอบทำซ้ำ (Number of replication)

ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างการใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแปรสุ่ม Interarrival Time ของปัญหาระบบแถวคอย กำหนดให้เป็นการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่องมีช่วงเวลาที่ห่างกันน้อยที่สุด 1 นาที และมากที่สุด 8 นาที จำนวน 100 ค่า

1. ตัวอย่างการใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์

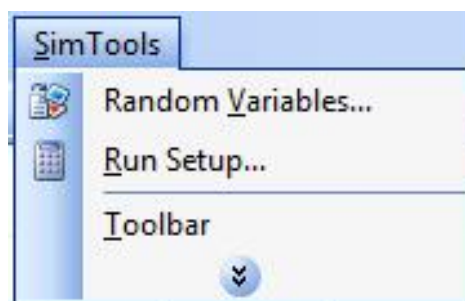
1.1 ติดตั้งโปรแกรมสำเร็จรูป VBA ซอฟต์แวร์



ภาพที่ 20 ตัวอย่างการติดตั้งโปรแกรม SimXL

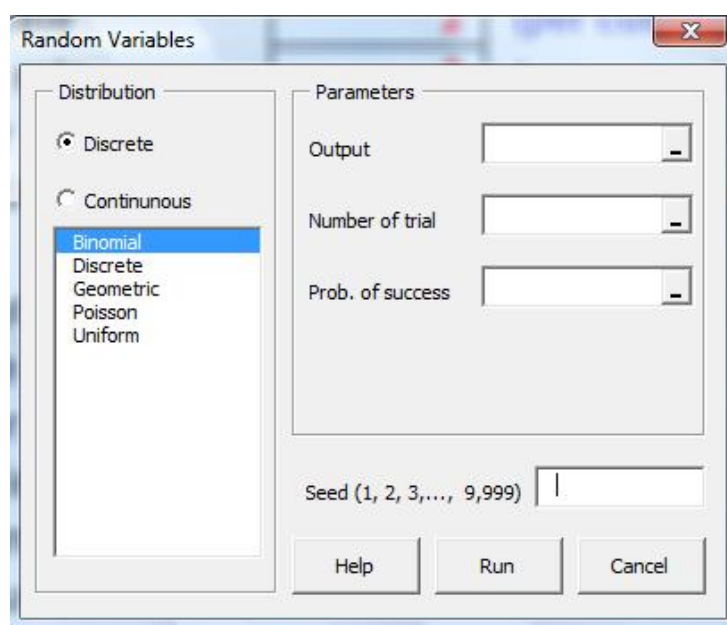
1.2 เปิดโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล

1.3 เรียกใช้งานโปรแกรม Add-Ins



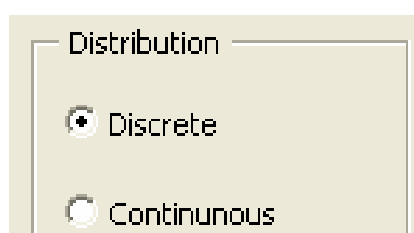
ภาพที่ 21 เมนูบาร์เมื่อเรียกใช้ VBA ซอฟต์แวร์

1.4 เรียก VBA ซอฟต์แวร์ เพื่อใช้สร้างตัวแปรสุ่มสำหรับจำลองสถานการณ์ หรือใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์โดยการใช้สูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซล ดังแสดงในภาคผนวก ก



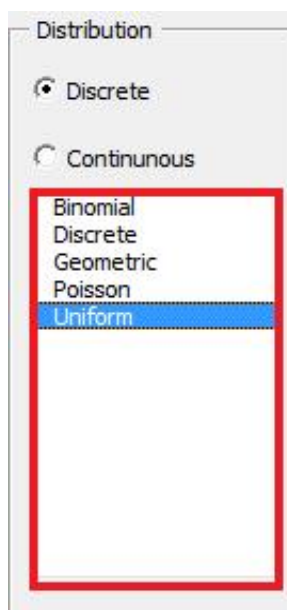
ภาพที่ 22 ฟอรั่มสำหรับสร้างตัวแปรสุ่ม

1.5 เลือกชนิดของการแจกแจง



ภาพที่ 23 ตัวเลือกชนิดการแจกแจง

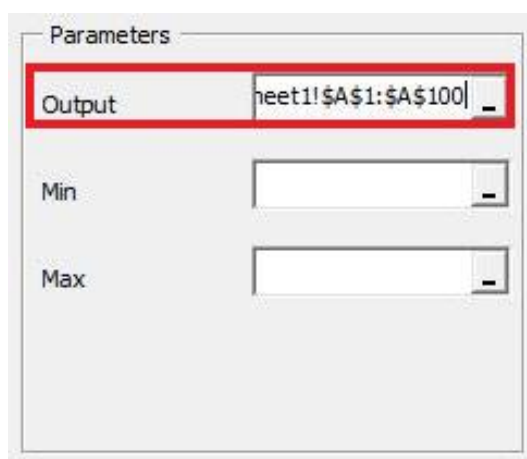
1.6 เลือกการแจกแจงที่ต้องการ



ภาพที่ 24 ตัวเลือกการแจกแจงที่ต้องการสร้างตัวแปรสุ่ม

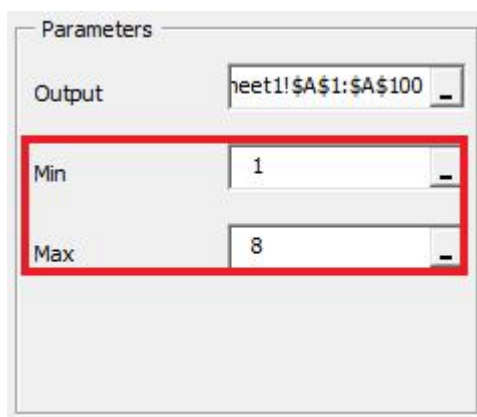
1.7 เลือกเซลล์สำหรับแสดงผลการสร้างตัวแปรสุ่มในช่อง Output

a. เลือกเซลล์บนชีทงานที่ต้องการสร้างตัวแปรสุ่มเป็นจำนวน 100 ค่า



ภาพที่ 25 การกำหนดเซลล์สำหรับแสดงผล

1.8 เลือกค่าพารามิเตอร์จากเซลล์อ้างอิง หรือ กำหนดค่าพารามิเตอร์ลงในฟอร์ม



Parameters

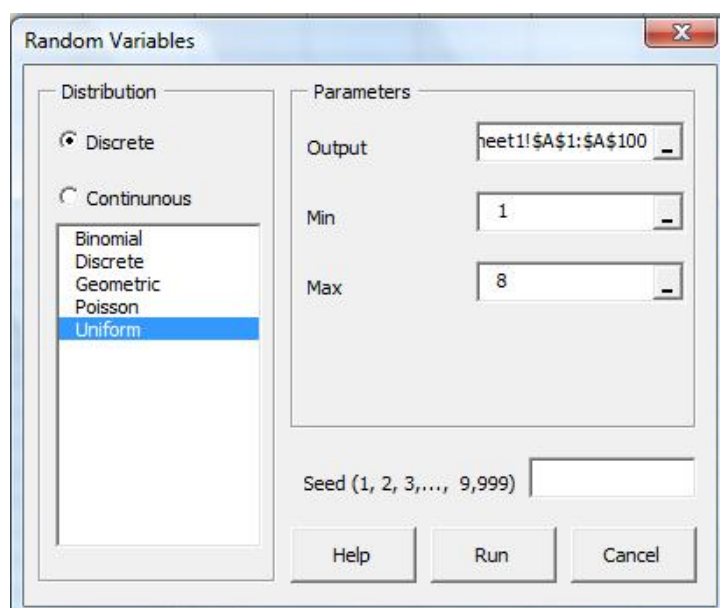
Output: heet1!\$A\$1:\$A\$100

Min: 1

Max: 8

ภาพที่ 26 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟอร์ม

- 1.9 การกำหนดค่า Seed เพื่อกำหนดตำแหน่งของ MWC256() ให้มีค่าคงที่ โดย VBA ซอฟต์แวร์สามารถกำหนดค่า Seed ได้ตั้งแต่ 1 – 9999



Random Variables

Distribution: ☒ Discrete ☐ Continuous

Parameters:

Output: heet1!\$A\$1:\$A\$100

Min: 1

Max: 8

Seed (1, 2, 3,..., 9,999):

Help Run Cancel

ภาพที่ 27 การกำหนดค่า Seed ในฟอร์ม

- 1.10 กด Run เพื่อให้ VBA ซอฟต์แวร์สร้างตัวแปรสุ่ม

	A
1	4
2	3
3	7
4	4
5	5
6	2
7	3
8	3
9	3
10	1
11	6
12	8
13	7
14	8
15	1
16	3
17	7
18	5
19	6
20	8

ภาพที่ 28 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง

2. ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชัน Run Setup

ฟังก์ชัน Run Setup เป็นการจำลองสถานการณ์เดิมที่สนใจเป็นจำนวนรอบทำซ้ำ เพื่อนำผลการจำลองสถานการณ์มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ผู้วิจัยแสดงตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชัน Run Setup เพื่อจำลองสถานการณ์ของการสร้างตัวแปรสุ่ม Interarrival Time ของปัญหาระบบแถวคอยจากค่าเฉลี่ยของข้อมูล

2.1 กำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการจำลองสถานการณ์ (Simulation output cells)

- เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบปัญหาเริ่มต้น เช่น ค่าเฉลี่ย ผลรวมของระบบ เป็นต้น

2.2 กำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ (Number of replicates)

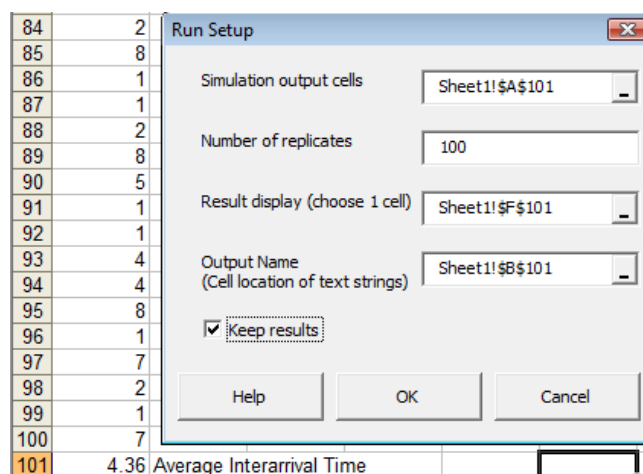
- จำนวนในการจำลองสถานการณ์ กำหนดรอบทำซ้ำเริ่มต้นที่ 100

2.3 เลือกเซลล์ที่ต้องการแสดงผลจากการจำลองสถานการณ์

- เป็นการแสดงผลการจำลองสถานการณ์ของฟังก์ชัน Run Setup โดยเลือกเซลล์บนสเปรดชีตเพียงเซลล์เดียว

2.4 หากต้องการเก็บผลของการจำลองสถานการณ์ให้คลิกเลือก Keep results

- a. คลิกตรงช่อง ☐ หน้า Keep results



ภาพที่ 29 ตัวอย่างการใช้งานฟังก์ชัน Run Setup

Summary statistics of simulation results					
Output	Mean	Standard deviation	Lower Bound of 95% CI	Upper Bound of 95% CI	Number of replication
Average Interarrival Time	4.521	0.236029873	4.474166554	4.567833446	100

ภาพที่ 30 ตัวอย่างผลการจำลองสถานการณ์จำนวน 100 รอบ

3. การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools

ผู้วิจัยได้ทดสอบการสร้างตัวแปรสุ่มของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงต่างๆ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสุ่มให้มีลักษณะเดียวกันและมีสมมติฐานดังนี้

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Paired T-Test (ประไพศรี และ พงษ์ชนัน, 2549)

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกัน (49)

H_1 : ค่าเฉลี่ยของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools แตกต่างกัน (50)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบตัวแปรสุ่มที่มีใน VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools

การแจกแจง	VBA ซอฟต์แวร์	ซอฟต์แวร์ PopTools
1.การแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
2.การแจกแจงทวินาม	✓	✓
3.การแจกแจงเรขาคณิต	✓	✓
4.การแจกแจงปัวส์ซอง	✓	✓
5.การแจกแจงข้อมูลคิบบแบบไม่ต่อเนื่อง	✓	✓
6.การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	✓	✓
7.การแจกแจงปกติ	✓	✓
8.การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	✓	✓
9.การแจกแจงเกมมา	✓	✓
10.การแจกแจงเออร์แลงค์	✓	ไม่มีฟังก์ชัน
11.การแจกแจงไวบูลล์	✓	ไม่มีฟังก์ชัน
12.การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	✓	✓
13.การแจกแจงลอการิทึม	✓	✓
14.การแจกแจงเบต้า	✓	✓
15.การแจกแจงข้อมูลคิบบแบบต่อเนื่อง	✓	ไม่มีฟังก์ชัน

หมายเหตุ: ✓ คือ มีฟังก์ชันสำหรับสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงนั้น

ตารางที่ 4 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	min	2
	max	5

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Paired T-Test

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	3.56000	1.12205	0.11220
SimXL	100	3.44000	1.13991	0.11399
Difference	100	0.120000	1.465289	0.146529
95% CI for mean difference: (-0.170745, 0.410745)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.82 P-Value = 0.415				

ภาพที่ 31 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 31 ค่า P-value เท่ากับ 0.415 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงทวินาม	number of trial	10
	probability of success	0.3

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	2.96000	1.39928	0.13993
SimXL	100	3.22000	1.58005	0.15801
Difference	100	-0.26000	1.97264	0.19726
95% CI for mean difference: (-0.651415, 0.131415)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.32 P-Value = 0.191				

ภาพที่ 32 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 32 ค่า P-value เท่ากับ 0.191 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินามของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงเรขาคณิต	probability of success	0.5

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	0.40000	0.58603	0.05860
SimXL	100	0.90000	1.18492	0.11849
Difference	100	-0.50000	1.23501	0.12350
95% CI for mean difference: (-0.745053, -0.254947)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -4.05 P-Value = 0.000				

ภาพที่ 33 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 33 ค่า P-value เท่ากับ 0.0 ซึ่งน้อยกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเรขาคณิตของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปัวส์ซอง

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงปัวส์ซอง	Mean	5

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	5.14000	2.33558	0.23356
SimXL	100	4.97000	2.22681	0.22268
Difference	100	0.170000	3.143231	0.314323
95% CI for mean difference: (-0.453685, 0.793685)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.54 P-Value = 0.590				

ภาพที่ 34 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปัวส์ซอง

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 34 ค่า P-value เท่ากับ 0.590 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปัวส์ซองของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	value	1
		2
		3
		4
	probability	0.1
		0.2
		0.3
		0.4

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	3.09000	0.94383	0.09438
SimXL	100	2.94000	1.00323	0.10032
Difference	100	0.150000	1.438117	0.143812
95% CI for mean difference: (-0.135354, 0.435354)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1.04 P-Value = 0.299				

ภาพที่ 35 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 35 ค่า P-value เท่ากับ 0.299 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 9 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่อง

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่อง	min	2
	max	5

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	3.54658	0.90810	0.09081
SimXL	100	3.56546	0.89577	0.08958
Difference	100	-0.018886	1.342020	0.134202
95% CI for mean difference: (-0.285172, 0.247400)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.14 P-Value = 0.888				

ภาพที่ 36 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่อง

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 36 ค่า P-value เท่ากับ 0.888 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 10 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติ

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงปกติ	mean	10
	std	2

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	9.79520	2.05912	0.20591
SimXL	100	9.89515	1.79007	0.17901
Difference	100	-0.099950	2.922112	0.292211
95% CI for mean difference: (-0.679760, 0.479861)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.34 P-Value = 0.733				

ภาพที่ 37 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติ

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 37 ค่า P-value เท่ากับ 0.733 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 11 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	Mean	10

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	9.7838	9.4963	0.9496
SimXL	100	11.9318	10.4678	1.0468
Difference	100	-2.14802	13.80975	1.38097
95% CI for mean difference: (-4.88817, 0.59213)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.56 P-Value = 0.123				

ภาพที่ 38 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 38 ค่า P-value เท่ากับ 0.123 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 12 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแกมมา

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงแกมมา	beta	1
	alpha	2

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	101	5.96004	2.24107	0.22299
SimXL	101	5.92245	4.51439	0.44920
Difference	101	0.037590	5.056216	0.503112
95% CI for mean difference: (-0.960571, 1.035750)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.07 P-Value = 0.941				

ภาพที่ 39 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแกมมา

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 39 ค่า P-value เท่ากับ 0.941 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแกมมาของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 13 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติ

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงลอกปกติ	LogMean	10
	LogStd	1

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	10.3722	4.9566	0.4957
SimXL	100	9.7297	4.8814	0.4881
Difference	100	0.642514	6.909328	0.690933
95% CI for mean difference: (-0.728447, 2.013475)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.93 P-Value = 0.355				

ภาพที่ 40 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติ

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 40 ค่า P-value เท่ากับ 0.355 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 14 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	min	4
	mode	6
	max	12

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	4.22485	1.29395	0.12939
SimXL	100	4.21076	1.30881	0.13088
Difference	100	0.014085	1.983847	0.198385
95% CI for mean difference: (-0.379554, 0.407723)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.07 P-Value = 0.944				

ภาพที่ 41 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 41 ค่า P-value เท่ากับ 0.944 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแบบสามเหลี่ยมของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 15 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้า

การแจกแจง	พารามิเตอร์	
การแจกแจงเบต้า	shape1	2
	shape2	2

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (49) และ (50) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T for PopTools - SimXL				
	N	Mean	StDev	SE Mean
PopTools	100	0.627491	0.187568	0.018757
SimXL	100	0.566968	0.296144	0.029614
Difference	100	0.060523	0.368420	0.036842
95% CI for mean difference: (-0.012580, 0.133625)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1.64 P-Value = 0.104				

ภาพที่ 42 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้า

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 42 ค่า P-value เท่ากับ 0.104 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้าของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 16 สรุปผลการเปรียบเทียบการสร้างตัวแปรสู่ของ VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์

PopTools

การแจกแจง	VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools
1.การแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง	✓
2.การแจกแจงทวินาม	✓
3.การแจกแจงเรขาคณิต	แตกต่างกัน
4.การแจกแจงปัวส์ซอง	✓
5.การแจกแจงข้อมูลคิบบแบบไม่ต่อเนื่อง	✓
6.การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง	✓
7.การแจกแจงปกติ	✓
8.การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล	✓
9.การแจกแจงแกมมา	✓

ตารางที่ 16 (ต่อ)

การแจกแจง	VBA ซอฟต์แวร์กับซอฟต์แวร์ PopTools
1.การแจกแจงสมมติแบบไม่ต่อเนื่อง	✓
10.การแจกแจงเออร์แลงค์	ไม่มีฟังก์ชัน
11.การแจกแจงไวบูลล์	ไม่มีฟังก์ชัน
12.การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม	✓
13.การแจกแจงลอกลปกติ	✓
14.การแจกแจงเบต้า	✓
15.การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง	ไม่มีฟังก์ชัน

หมายเหตุ: ✓ คือ ค่าเฉลี่ยของ VBA ซอฟต์แวร์ กับซอฟต์แวร์ PopTools ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. การทดสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์

ผู้วิจัยทดสอบความถูกต้องโดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Paired T-Test และ T-Test ของผลการจำลองสถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างกับการจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นจาก VBA ซอฟต์แวร์ เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของตัวแปรสุ่มให้มีลักษณะเดียวกันกับปัญหาตัวอย่าง ดังนี้

4.1 แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอยแบบ G/G/1

จำลองระบบแถวคอยที่มีช่องบริการเพียง 1 ช่องทาง โดยใช้ระบบ FIFO ที่ลูกค้าเข้ามาในระบบก่อนจะได้รับบริการก่อน ใช้การแจกแจงสมมติแบบต่อเนื่องในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับระยะห่างของเวลาที่ลูกค้าเข้าสู่ระบบ และการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับระยะเวลาการให้บริการลูกค้าของระบบมีค่าพารามิเตอร์ เพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรอคอยในระบบแถวคอยของลูกค้า ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การแจกแจงที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับปัญหาระบบแถวคอยแบบ G/G/1

การแจกแจง	รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Empirical Distribution)	DiscreteRV(value,prob)	value	1
			2
			3
			4
			5
			6
		probability	0.10
			0.20
			0.30
			0.25
			0.10
			0.05
การแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง (Discrete Uniform Distribution)	UniformRV(min,max)	min	1

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Paired T-Test

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมมติฐาน

H_0 : ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างกับ VBA ซอฟต์แวร์
ไม่แตกต่างกัน (51)

H_1 : ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างกับ VBA ซอฟต์แวร์
แตกต่างกัน (52)

Paired T-Test and CI: Queueing Systems, VBA Software				
Paired T for Queueing Systems - VBA Software				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Queueing Systems	400	1.40618	0.62385	0.03119
VBA Software	400	1.40248	0.68492	0.03425
Difference	400	0.003700	0.906184	0.045309
95% CI for mean difference: (-0.085375, 0.092775)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.08 P-Value = 0.935				

ภาพที่ 43 การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบแถวคอยแบบ G/G/1 กับปัญหาตัวอย่าง

จากภาพที่ 43 แสดงผลเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์ปัญหาในระบบแถวคอยแบบ G/G/1 ของปัญหาตัวอย่างกับการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์ โดยแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของเวลาที่ลูกค้ารอในระบบแถวคอย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (StDev) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE Mean) ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% CI for mean difference)

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 43 ค่า P-value เท่ากับ 0.935 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างกับ VBA ซอฟต์แวร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการจำลองสถานการณ์ปัญหาในระบบแถวคอยของปัญหาตัวอย่าง กับการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์ ค่าที่ได้จากตัวแบบทั้งสองพบว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน 0.26%

4.2 แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอยแบบ M/M/1

จำลองระบบแถวคอยที่มีช่องบริการเพียง 1 ช่องทาง โดยการกำหนดระยะระยะห่างของเวลาที่ลูกค้าเข้าสู่ระบบ และระยะเวลาการให้บริการลูกค้าของระบบ เป็นการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลมีค่าพารามิเตอร์ เพื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของระยะเวลาการรอคอยในระบบแถวคอยของลูกค้า ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 การแจกแจงที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับปัญหาระบบแถวคอยแบบ M/M/1

การแจกแจง	รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential Distribution)	ExponentialRV(mean)	mean (λ)	30
		mean (μ)	20

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยแบบ M/M/1 สามารถใช้สูตรสำหรับวิเคราะห์ระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้ารอคอยในระบบแถวคอยดังนี้

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (53)$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (54)$$

$$W = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (55)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (56)$$

L คือ จำนวนลูกค้าเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ (คนต่อนาที)

L_q คือ จำนวนลูกค้าที่อยู่ในแถวคอย (คนต่อนาที)

W คือ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในระบบ (นาทีต่อคน)

W_q คือ เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในแถวคอย (นาทีต่อคน)

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี T-Test (ประไพศรี และ พงษ์ชนัน, 2549)

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$ และเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในแถวคอยเท่ากับ 32.5 นาทีต่อคน

สมมติฐาน

$$H_0 : \text{เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในแถวคอยเท่ากับ 32.5 นาทีต่อคน} \quad (57)$$

H_1 : เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในแถวคอยไม่เท่ากับ 32.5 นาทีต่อคน (58)

One-Sample T: Avg.Waiting Time in Queue						
Test of $\mu = 32.5$ vs not = 32.5						
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
Avg.Waiting Time	100	33.2479	21.2288	2.1229	(29.0357, 37.4602)	0.35
Variable	P					
Avg.Waiting Time	0.725					

ภาพที่ 44 การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบแถวคอยแบบ M/M/1 กับปัญหาตัวอย่าง

จากภาพที่ 44 แสดงผลเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์ปัญหาในระบบแถวคอยแบบ M/M/1 ของปัญหาตัวอย่างกับการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์ โดยแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของเวลาที่ลูกค้ารอในระบบแถวคอย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (StDev) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE Mean) ช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% CI)

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 44 ค่า P-value เท่ากับ 0.725 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า เวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าอยู่ในแถวคอยเท่ากับ 32.5 นาทีต่อคน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบสินค้าคงคลัง

จำลองระบบสินค้าคงคลังในการจัดเก็บหนังสือพิมพ์เพื่อรอการจำหน่ายในอัตราคงที่ 70 ฉบับต่อวัน เป็นระยะเวลา 20 วัน ใช้การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับจำลองสถานการณ์ของการจำหน่ายหนังสือพิมพ์ แบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

4.3.1 จำลองเหตุการณ์ที่จะขายหนังสือพิมพ์

ตารางที่ 19 การแจกแจงตัวแปรนำเข้าของปัญหาระบบสินค้าคงคลัง

การแจกแจง	รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Empirical Distribution)	DiscreteRV(value,prob)	value	Good
			Fair
			Poor
		probability	0.35
			0.45
			0.20

จากตารางที่ 19 เหตุการณ์ของปัญหาระบบสินค้าคงคลังที่อาจเกิดขึ้นได้แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ หนังสือพิมพ์ขายดี (Good) ขายปานกลาง (Fair) ขายไม่ดี (Poor)

4.3.2 จำลองปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์

จากตารางที่ 20 แสดงปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์ในแต่ละเหตุการณ์ของปัญหาระบบสินค้าคงคลัง เป็นการจำลองปริมาณความต้องการหนังสือพิมพ์ในแต่ละวัน

ตารางที่ 20 การแจกแจงของปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์

การแจกแจง	รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์			
การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง	DiscreteRV(value,prob)	value	prob		
			Good	Fair	Poor
		40	0.03	0.10	0.44
		50	0.05	0.18	0.22
		60	0.15	0.40	0.16
		70	0.20	0.20	0.12
		80	0.35	0.08	0.06
		90	0.15	0.04	0.00
		100	0.07	0.00	0.00

การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Paired T-Test

กำหนดให้ $\alpha = 0.05$

สมการที่ (51) และ (52) แสดงสมมติฐานที่ทดสอบ

Paired T-Test and CI: Inventory Systems, VBA Software				
Paired T for Inventory Systems - VBA Software				
	N	Mean	StDev	SE Mean
Inventory System	400	135.488	19.116	0.956
VBA Software	400	135.443	20.308	1.015
Difference	400	0.044750	27.164449	1.358222
95% CI for mean difference: (-2.625417, 2.714917)				
T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 0.03 P-Value = 0.974				

ภาพที่ 45 การเปรียบเทียบผลการจำลองระบบสินค้าคงคลังกับปัญหาตัวอย่าง

จากภาพที่ 45 แสดงผลเปรียบเทียบการจำลองสถานการณ์ปัญหาในระบบสินค้าคงคลังของปัญหาตัวอย่างกับการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์ โดยแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของผลกำไรทั้งหมด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (StDev) ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE Mean) ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในช่วงความเชื่อมั่น 95% (95% CI for mean difference)

ผลการวิเคราะห์จากภาพที่ 45 ค่า P-value เท่ากับ 0.974 ซึ่งมากกว่าค่า α ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ของปัญหาตัวอย่างกับ VBA ซอฟต์แวร์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการจำลองสถานการณ์ปัญหาในระบบสินค้าคงคลังของปัญหาตัวอย่าง กับการจำลองสถานการณ์จาก VBA ซอฟต์แวร์ ค่าที่ได้จากตัวแบบทั้งสองพบว่า ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน 0.33%

วิจารณ์

ผลของการจำลองสถานการณ์ของ VBA ซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นแตกต่างจากปัญหาตัวอย่าง มีปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการจำลองสถานการณ์ คือ อัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) เพราะเป็นตัวแปรพื้นฐานในการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงอื่นๆ ดังนั้นการสร้างตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำอย่างมีประสิทธิภาพ และให้มีคุณสมบัติทางสถิติที่ดี

เนื่องจากปัญหาตัวอย่างที่แสดงผลนั้นมีค่าคงไม่ว่าจะจำลองสถานการณ์กี่ครั้งก็ตาม เพราะในตัวแบบของปัญหาตัวอย่างมีการกำหนดค่า Seed ให้กับฟังก์ชันที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่ม โดยใช้ค่าเริ่มต้นที่ 12345 เหมือนกันทุกตัวแบบ ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดค่า Seed ผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ปัญหาเดิมหลายๆ ครั้ง อาจจะเปลี่ยนแปลงได้หลายกรณี ขึ้นอยู่กับตัวแปรสุ่ม Uniform(0,1) และการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่มสำหรับการจำลองสถานการณ์ ดังนั้นผู้ใช้งานควรกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้ครบถ้วนและเหมาะสมกับรูปแบบของปัญหา

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงต่างๆ เพื่อใช้ในการพัฒนา VBA ซอฟต์แวร์สำหรับสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ให้สามารถสร้างตัวแปรสุ่มที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์ได้ เพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้งานโปรแกรมสเปรดชีตซิมมูลชันสามารถใช้งานได้ โดยไม่เสียค่าลิขสิทธิ์ ผลของงานวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. งานวิจัยนี้ใช้ MWC256() เป็นตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) ที่เป็นพื้นฐานในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงอื่นๆ โดยอัลกอริทึมที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่ม คือ Multiply with Carry Pseudorandom Number Generator ซึ่งมีประสิทธิภาพ และคุณสมบัติทางสถิติที่ดี โดยสามารถสร้างตัวแปรสุ่มได้เป็นจำนวน 2^{8222} ตัวแปร

2. VBA ซอฟต์แวร์สามารถสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงต่างๆ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตัวแปรสุ่มชนิดไม่ต่อเนื่อง และตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่อง รวมทั้งสิ้น 15 ชนิดการแจกแจง ดังนี้
1.การแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง 2.การแจกแจงทวินาม 3.การแจกแจงเรขาคณิต 4.การแจกแจงปัวส์ซอง 5.การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง 6.การแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง 7.การแจกแจงปกติ 8.การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล 9.การแจกแจงแกมมา 10.การแจกแจงเออร์แลงค์ 11.การแจกแจงไวบูลล์ 12.การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม 13.การแจกแจงลอกปกติ และ 14.การแจกแจงเบต้า 15.การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

3. สามารถสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลได้ ซึ่งแสดงการสร้างแบบจำลองปัญหาเป็น 3 ประเภท คือ ปัญหาระบบแถวคอยแบบ G/G/1 และแบบ M/M/1 และปัญหาระบบสินค้าคงคลัง ผลของการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ของ VBA ซอฟต์แวร์กับผลการจำลองสถานการณ์ของปัญหาดังกล่าว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ข้อเสนอแนะ

ในการทำงานวิจัยนี้พัฒนาฟังก์ชัน Add-Ins ให้สามารถตัวแบบการจำลองสถานการณ์ได้ ผู้วิจัยเห็นว่า จุดที่ควรพัฒนาเพื่อช่วยในการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์ มีดังต่อไปนี้

1. เนื่องจากการสร้างตัวแบบปัญหาขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์ ทำให้ผู้ใช้อาจจะสร้างตัวแบบปัญหาเดียวกันแต่มีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยมีความเห็นว่าควรจัดทำแบบฟอร์มสำหรับการจำลองสถานการณ์ของปัญหาแต่ละรูปแบบเพิ่มเติม เช่น การสร้างฟอร์มสำหรับกรอกข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองปัญหา
2. ควรมีส่วนแสดงผลทางด้านกราฟิกเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจระบบการทำงานของตัวแบบปัญหาได้ง่าย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ธีระศักดิ์ อู๋จันทนนท์. 2546. **ความน่าจะเป็นและสถิติประยุกต์เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สกายบุ๊กส์, กรุงเทพฯ.

ประไพศรี สุทัศน์ ณ อยุธยา และ พงษ์ชนัน เหลืองไพบูลย์. 2549. **สถิติวิศวกรรม**. ท้อป, กรุงเทพฯ.

อำนาจ นุตะมาน. 2550. **เขียนโปรแกรมและพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย VBA บน Excel ฉบับโปรแกรมเมอร์**. ซีเอ็ดดูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

Banks, J., J. S. Carson II, B.L. Nelson and D.M. Nicol. 2004. **Discrete-Event System Simulation**. 4th ed. Prentice Hall International, Inc.

Brown, A.M. 1999. A methodology for simulating biological systems using Microsoft Excel. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**. 58: 181-190.

Couture, R. and P. L'Ecuyer. 1997. Distribution properties of multiply-with-carry random number generators. **Mathematics of Computation**. 66(218): 591—607.

El-Hajj, A. and M. Hazim. 1998. On using spreadsheets for logic networks simulation. **IEEE Transactions on Education**. 41: 311-319.

Galassi, M., J. Davies, J. Theiler, B. Gough, G. Jungman, M. Booth and F. Rossi. 2006. **GNU Scientific Library Reference Manual**, 2nd Ed., London: Network Theory Ltd.
Downloadable from <<http://www.gnu.org/software/gsl>>.

Goldman, L.I. 2002. Crystal Ball professional introductory tutorial. In the **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, ed. E. Yucesan, C.-H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, 1539-1545. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey, USA.

Heiser, D. A. 2008. **Note AC: Marsaglia's MWC256() RNG**. Downloadable from www.daheiser.info/excel/notes/noteac.pdf Accessed on February 29, 2008.

Irannajad, M., A. Farzanegan and S.M. Razavian. 2006. Spreadsheet-based simulation of closed ball milling circuits. **Minerals Engineering**. 19: 1495-1504.

Keeling, K.B. and R.J. Pavur. 2004. Numerical accuracy issues in using Excel for simulations studies. **Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference**, ed. R. G. Ingalls, M. D. Rossetti, J. S. Smith, and B. A. Peters, 1513-1518. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Piscataway, New Jersey, USA.

Korn, G.A. 2005. Model replication techniques for parameter-influence studies and Monte Carlo simulation with random parameters. **Mathematics and Computers in Simulation**. 67: 501-513.

Law, A. 2006. **Simulation Modeling & Analysis**. 4th ed. McGraw-Hill, Inc.

Marsaglia, G. 1994. **Yet another RNG**. Posted to electronic bulletin board sci. stat. math., Aug. 1.

Ravichandran, N. 2007. A finite horizon inventory model: An operational framework. **International Journal of Production Economics**. 108: 406-415.

Seila, A. F., V. Ceric and P. Tadikamalla. 2003. **Applied Simulation Modeling**, Thomson Learning.

Thiriez, H. 2001. Improved OR education through the use of spreadsheet models.

European Journal of Operational Research. 135: 461-476.

Togo, D.F. 2004. Risk analysis for accounting models: A spreadsheet simulation approach.

Journal of Accounting Education. 22: 153-163.

Winston, W. L. 2000. **Simulation Modeling Using @RISK: Updated for Version 4.**

Duxbury Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์โดยการใช้สูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซล

การใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์โดยใช้สูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซล

รูปแบบฟังก์ชันการแจกแจงที่มีใน VBA ซอฟต์แวร์ โดยสามารถพิมพ์สูตรลงบนไมโครซอฟต์เอกเซลได้ทั้ง 15 ชนิด

1. การแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง
 - a. UniformRV(min,max, Optional Seed)
 - b. min = ค่าขอบเขตต่ำที่สุด
 - c. max = ค่าขอบเขตสูงที่สุด
 - d. Optional Seed = กำหนดค่า Seed หรือไม่ก็ได้
2. การแจกแจงทวินาม
 - a. BinomialRV (number, Prob, Optional Seed)
 - b. number = จำนวนครั้งที่ทำการทดลอง (Number of trials)
 - c. Prob = ความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (Probability of success)
3. การแจกแจงเรขาคณิต
 - a. GeometricRV (Prob, Optional Seed)
 - b. Prob = ความน่าจะเป็นของความสำเร็จ
4. การแจกแจงปัวส์ซอง
 - a. PoissonRV (Mean, Optional Seed)
 - b. Mean = ค่าเฉลี่ยของจำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตที่สนใจ
5. การแจกแจงข้อมูลคิบบแบบไม่ต่อเนื่อง
 - a. DiscreteRV (Value, Prob Optional Seed)
 - b. Value = ช่วงของข้อมูล
 - c. Prob = ช่วงความน่าจะเป็นของข้อมูล

6. การแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง
 - a. UniformCRV (min, max, Optional Seed)
 - b. min = ค่าขอบเขตต่ำที่สุด
 - c. max = ค่าขอบเขตสูงที่สุด
7. การแจกแจงปกติ
 - a. NormalRV (Mean, std, Optional Seed)
 - b. Mean = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร
 - c. std = ค่าความแปรปรวน
8. การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล
 - a. ExponentialRV (mean, Optional Seed)
 - b. mean = ค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อช่วงเวลา (Scale parameter)
9. การแจกแจงแกมมา
 - a. GammaRV (beta,alpha, Optional Seed)
 - b. β = สเกลพารามิเตอร์ (Scale parameter)
 - c. α = เชฟพารามิเตอร์ (Shape parameter)
10. การแจกแจงเออร์แลงค์
 - a. ErlangRV (beta,alpha, Optional Seed)
 - b. λ = Rate parameter
 - c. m = Shape parameter
11. การแจกแจงไวบูลล์
 - a. WeibullRV (beta,alpha, Optional Seed)
 - b. β = Scale parameter
 - c. α = Shape parameter

12. การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

- a. TriangularRV (min, mode, max, Optional Seed)
- b. min = ขอบเขตต่ำสุดของข้อมูล
- c. mode = ค่าส่วนมากของข้อมูล
- d. max = ขอบเขตสูงสุดของข้อมูล

13. การแจกแจงลอกลปกติ

- a. LognormalRV (mean,std, Optional Seed)
- b. LogMean = ค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากรของฟังก์ชันลอกลปกติ
- c. LogStd = ค่าความแปรปรวนของฟังก์ชันลอกลปกติ

14. การแจกแจงเบต้า

- a. BetaRV (beta,alpha, Optional Seed)
- b. beta = เชฟพารามิเตอร์ตัวที่ 1 (shape parameter1)
- c. alpha = เชฟพารามิเตอร์ตัวที่ 2 (shape parameter2)

15. การแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

- a. ContinuousRV (value,prob)
- b. Value = ช่วงของข้อมูล
- c. Prob = ช่วงความน่าจะเป็นของข้อมูล

ภาคผนวก ข
ชุดคำสั่งการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins

ชุดคำสั่งการเขียนฟังก์ชัน Add-Ins

ชุดคำสั่งในการสร้างตัวแปรสุ่ม

1. การประกาศตัวแปรที่ใช้หลายฟังก์ชันจะประกาศด้วยคำสั่ง Public

Public MWC256 As Double (กำหนดให้มีค่าทศนิยมได้)

Public MWC256Seed As Double

Public iBeta As Double

Public iGamma As Double

Public iAlpha , iNormal As Double

Public inix As Integer (กำหนดให้มีค่าเป็นจำนวนเต็ม)

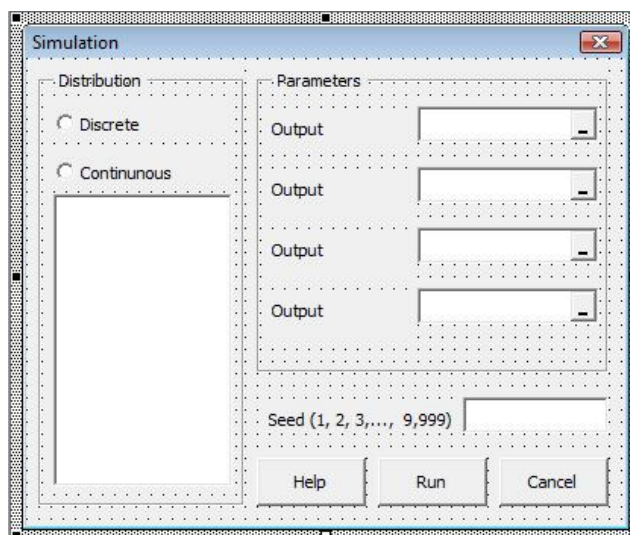
Public numseed As Integer

คำสั่งเรียกใช้ฟอร์มในการสร้างตัวแปรสุ่ม

Sub SetCriteria()

Random_Dist.Setup

End Sub



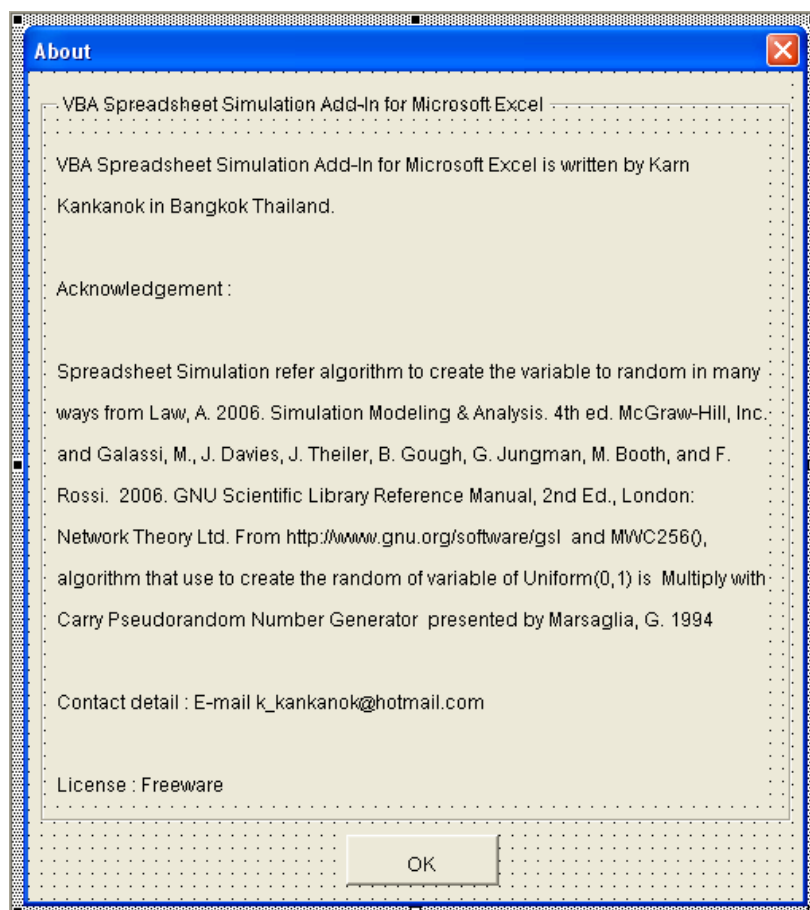
ภาพผนวกที่ ข1 ฟอร์มของ Random_Dist ก่อนเรียกใช้งาน VBA ซอฟต์แวร์

คำสั่งเรียกใช้ฟอร์มของ About

```
Sub SetAbout()
```

```
About.Setup
```

```
End Sub
```



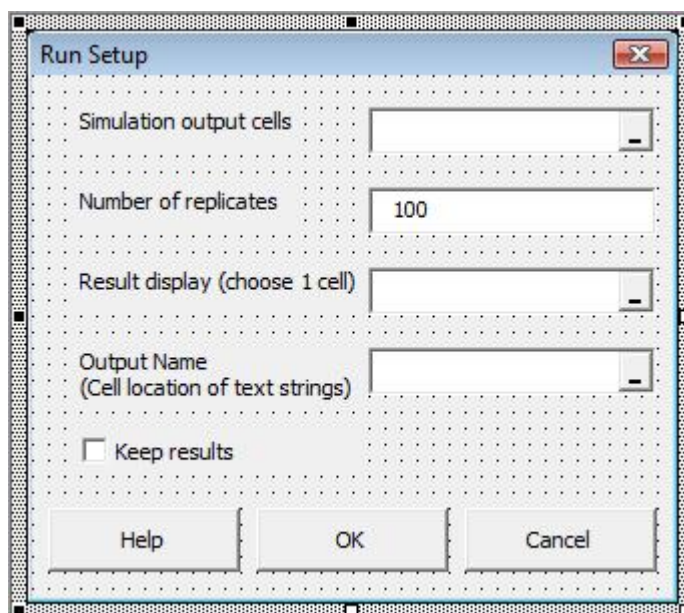
ภาพผนวกที่ ข2 ฟอร์มของ About

คำสั่งเรียกใช้ฟอร์มของ Run_Setup

```
Sub SetRunsetup()
```

```
Run_Setup.Setup
```

```
End Sub
```



ภาพผนวกที่ ข3 ฟอรัมของ Run_Setup

2. การสร้างตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) ด้วยวิธี Multiply with Carry Pseudorandom Number Generator ที่เรียกว่า MWC256()

Static Function Random()

Application.Volatile True (ทำให้ชุดคำสั่งทำงานใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงบนชีทงาน)

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim r As Integer

การประกาศตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณ

Dim init, inix As Integer

Dim xj, xa, xc, xcarry, ya, reg, upper, block As Double

Dim qv(1 To 256) As Double

Dim t, TU, tl, tld, tldu, xb, xd, U2, u3, u4 As Double

Dim xhu, x1 As Double

กำหนดค่าคงที่ของตัวแปรก่อนการคำนวณ

If init = 0 Then

xj = 123456789#

xa = 69069#

xc = 12345#

xcarry = 362436#

ya = 809430660#

reg = 4294967296#

upper = 281474976710656#

block = 65536#

เก็บผลการคำนวณในรูปแบบ array จำนวน 1 ถึง 256

For i = 1 To 256

xhu = xa * xj + xc

x1 = xhu / reg

xj = Fix(xhu - reg * Fix(x1))

qv(i) = x1

Next i

init = 10

i = 0

End If

If init > 0 Then

i = i + 1

If i > 256 Then

i = 1

End If

t = ya * qv(i) + xcarry

TU = Fix(t / reg)

```

If t > upper Then
    tld = t - reg * TU
    tldu = Fix(tld / block)
    xb = ya - block * (Fix(ya / block))
    xd = qv(i) - block * (Fix(qv(i) / block))
    U2 = xd * xb + xcarry
    u3 = Fix(U2 / block)
    u4 = U2 - block * u3
    tl = tldu * block + u4
Else
    tl = t - reg * TU
End If
End If
xcarry = TU
qv(i) = tl
MWC256 = tl / reg

```

End Function

3. การสร้างตัวแปรสุ่มแบบ Uniform(0,1) สำหรับการกำหนดค่า Seed

Static Function Randomseed(Seed)

Application.Volatile True

Dim S As Long

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim r As Integer

Dim xj1, xa1, xc1, xcarry1, ya1, reg1, upper1, block1 As Double

Dim qv1(1 To 30000) As Double

Dim qv2(1 To 256) As Double

```
Dim t1, TU1, t11, tld1, tldu1, xb1, xd1, U21, u31, u41 As Double
```

```
Dim xhu1, x11 As Double
```

```
S = Seed
```

ถ้าใส่ค่า Seed น้อยกว่า 0 จะขึ้นบล็อกลูกเต๋า

```
If Seed < 0 Then
```

```
    MsgBox "Please check parameter"
```

```
End If
```

```
If inix = 0 Then
```

```
    xj1 = 123456789#
```

```
    xa1 = 69069#
```

```
    xc1 = 12345#
```

```
    xcarry1 = 362436#
```

```
    ya1 = 809430660#
```

```
    reg1 = 4294967296#
```

```
    upper1 = 281474976710656#
```

```
    block1 = 65536#
```

ทำการคำนวณเป็นจำนวน 30000 รอบเพื่อเก็บค่า Seed

```
For j = 1 To 30000
```

```
    xhu1 = xa1 * xj1 + xc1
```

```
    x11 = xhu1 / reg1
```

```
    xj1 = Fix(xhu1 - reg1 * Fix(x11))
```

```
    qv1(j) = x11
```

```
Next j
```

```
inix = 10
```

```
j = 0
```

```
End If
```

```

If inix > 0 Then
    If S > 30000 Then
        S = S - 29999
    End If
    t1 = ya1 * qv1(S) + xcarry1
    TU1 = Fix(t1 / reg1)

    If t1 > upper1 Then
        tld1 = t1 - reg1 * TU1
        tldu1 = Fix(tld1 / block1)
        xb1 = ya1 - block1 * (Fix(ya1 / block1))
        xd1 = qv1(j) - block1 * (Fix(qv1(j) / block1))
        U21 = xd1 * xb1 + xcarry1
        u31 = Fix(U21 / block1)
        u41 = U21 - block1 * u31
        tl1 = tldu1 * block1 + u41
    Else
        tl1 = t1 - reg1 * TU1
    End If
End If

xcarry1 = TU1
MWC256Seed = tl1 / reg1
End Function

4. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสม่ำเสมอแบบไม่ต่อเนื่อง
Function UniformRV(min As Integer, max As Integer, Optional Seed As Integer) As Integer
Application.Volatile True
Dim r As Integer

If Seed = "" Then (กรณีที่ไม่มีการกำหนดค่า Seed)

```

Call Random

$r = \text{Int}(\text{min} + ((\text{max} - \text{min} + 1) * \text{MWC256}))$

Else (กรณีที่มีการกำหนดค่า Seed)

Call Randomseed(Seed)

$r = \text{Int}(\text{min} + ((\text{max} - \text{min} + 1) * \text{MWC256Seed}))$

End If

UniformRV = r

End Function

5. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม

Function BinomialRV(number As Integer, Prob As Double, Optional Seed As Integer) As Integer

Application.Volatile True

Dim r As Double

Dim t, j As Integer

Dim x As Integer

On Error Resume Next

t = 0

If Seed = "" Then

For j = 1 To number (ทำการวน For จนถึงค่าพารามิเตอร์ number ที่กำหนด)

Call Random

r = MWC256

If r < Prob Then

x = 1

t = t + 1

Else: x = 0

End If

Next j

Else

Seed = Seed * 21

```

For j = 1 To number
    Call Randomseed(Seed)
    r = MWC256Seed
    If r < Prob Then
        x = 1
        t = t + 1
    Else: x = 0
    End If
    Seed = Seed + 1
Next j
End If

```

```
BinomialRV = t
```

```
End Function
```

6. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต

```
Function GeometricRV(Prob As Double, Optional Seed As Integer) As Integer
```

```
Application.Volatile True
```

```
Dim r As Double
```

```
Dim t As Double
```

```
On Error Resume Next
```

```
If Seed = "" Then
```

```
    Call Random
```

```
    r = MWC256
```

```
    If Prob = 1 Then
```

```
        t = 1
```

```
    Else: t = Int(Log(r) / Log(1 - Prob))
```

```
    End If
```

```
Else
```

```

    Call Randomseed(Seed)
    r = MWC256Seed
    If Prob = 1 Then
        t = 1
    Else: t = Int(Log(r) / Log(1 - Prob))
    End If
End If

```

```

GeometricRV = t
End Function

```

7. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซง

```

Function PoissonRV(Mean As Double, Optional Seed As Integer) As Integer

```

```

Application.Volatile True

```

```

Dim a, b, j, r As Double

```

```

Dim t, Sum As Double

```

```

On Error Resume Next

```

```

If Seed = "" Then

```

```

    a = Exp(-Mean)

```

```

    b = 1

```

```

    j = 0

```

```

    Sum = 0

```

```

    Do

```

```

        Call Random

```

```

        r = MWC256

```

```

        b = b * r

```

```

        If b < a Then

```

```

            Sum = j

```

```

        Else

```

```

        j = j + 1
    End If
    Loop Until Sum = j
    t = Sum
Else
    a = Exp(-Mean)
    b = 1
    j = 0
    Sum = 0
    Seed = Seed * 21
    Do
        Call Randomseed(Seed)
        r = MWC256Seed
        b = b * r
        If b < a Then
            Sum = j
        Else
            j = j + 1
        End If
        Seed = Seed + 1
    Loop Until Sum = j
    t = Sum
End If

PoissonRV = t
End Function

```

8. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลคิบบแบบไม่ต่อเนื่อง

Function DiscreteRV(Value As Range, Prob As Range, Optional Seed As Integer) As Integer

Dim lRow As Long, lCol As Long, lRowLast As Long, row As Long

```
Dim UpperLimit As Double, U As Double, Limit As Double
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim sum As Double
```

```
Dim lCountCalls As Integer
```

```
Application.Volatile (True)
```

```
On Error Resume Next
```

```
sum = 0
```

```
If Seed = "" Then
```

```
    Call Random
```

```
    U = MWC256
```

```
Else
```

```
    Call Randomseed(Seed)
```

```
    U = MWC256Seed
```

```
End If
```

```
With Prob
```

```
    lRow = .row
```

```
    lCol = .Column
```

```
    lRowLast = .Rows.Count
```

```
End With
```

```
For i = 1 To lRowLast
```

```
    sum = sum + Prob.Cells(i, 1).Value
```

```
Next i
```

```
If sum = 1 Then
```

```
    For row = 1 To lRowLast
```

```
        UpperLimit = UpperLimit + Prob.Cells(row, 1).Value
```

```
        If U <= UpperLimit Then
```

```
            lCountCalls = lCountCalls + 1
```

```
            DiscreteRV = Value.Cells(row, 1).Value
```

```

Exit Function
End If
Next row
Else
End If

```

```

DiscreteRV = 0
End Function

```

9. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสม่ำเสมอแบบต่อเนื่อง

```

Function UniformCRV(min As Double, max As Double, Optional Seed As Integer) As Double
Application.Volatile True
Dim mins As Double
Dim maxs As Double
Dim r As Double
On Error Resume Next

mins = min
maxs = max
If Seed = "" Then
    Call Random
    r = (mins + ((maxs - mins) * MWC256))
Else
    Call Randomseed(Seed)
    r = (mins + ((maxs - mins) * MWC256Seed))
End If

UniformCRV = r
End Function

```

10. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปกติ

Function NormalRV(Mean As Double, std As Double, Optional Seed As Integer) As Double

Application.Volatile True

Dim v1, v2, w, y As Double

Dim r, d As Double

Dim t As Double

On Error Resume Next

If Seed = "" Then

Do

Call Random

r = MWC256

Call Random

d = MWC256

v1 = (2 * r) - 1

v2 = (2 * d) - 1

w = (v1 ^ 2) + (v2 ^ 2)

Loop Until w <= 1

y = v1 * Sqr(-2 * Log(w) / w)

t = Mean + (std * y)

Else

Seed = Seed * 21

Do

Call Randomseed(Seed)

r = MWC256Seed

Call Randomseed(Seed + 1)

d = MWC256Seed

v1 = (2 * r) - 1

v2 = (2 * d) - 1

w = (v1 ^ 2) + (v2 ^ 2)

```

Seed = Seed + 1
Loop Until w <= 1
y = v1 * Sqr(-2 * Log(w) / w)
t = Mean + (std * y)
End If

```

```

NormalRV = t
iNormal = t
End Function

```

11. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

Function ExponentialRV(Mean As Double, Optional Seed As Integer) As Double

Application.Volatile True

Dim r As Double

Dim t As Double

On Error Resume Next

If Seed = "" Then

Call Random

r = MWC256

t = -Mean * Log(r)

Else

Call Randomseed(Seed)

r = MWC256Seed

t = -Mean * Log(r)

End If

ExponentialRV = t

End Function

12. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแกมมา

Function GammaRV(beta As Double, alpha As Double, Optional Seed As String) As Double

Application.Volatile True

Dim v, w, y, a, b, y3 As Double

Dim r, d As Double

Dim t As Double

Dim na As Integer

On Error Resume Next

na = CInt(alpha)

If na = alpha Then

t = beta * Gammaint(alpha - 1, Seed)

ElseIf na = 0 Then

t = beta * Gammafrac(alpha, Seed)

Else

t = beta * Gammaint(alpha - 1, Seed) + Gammafrac(alpha - na, Seed)

End If

GammaRV = t

iGamma = t

End Function

Function Gammaint(alpha As Integer, Optional Seed As String) As Double

Application.Volatile True

Dim i As Integer

Dim prod As Double

Dim sqa, x, y, v As Double

If Seed = "" Then

If (alpha < 12) Then

prod = 1

```

For i = 0 To alpha
  Call Random
  prod = prod * MWC256
Next i
  Gammaint = -Log(prod)
Else
  sqa = Sqr(2 * alpha - 1)
Do
  Do
    Call Random
    y = Tan(3.142 * MWC256)
    x = sqa * y + alpha - 1
    Loop Until x <= 0
  Call Random
  v = MWC256
  Loop Until (v > (1 + y * y) * Exp((alpha - 1) * Log(x / (alpha - 1)) - sqa * y))
  Gammaint = x
End If
Else
  If (alpha < 12) Then
    prod = 1
  For i = 0 To alpha
    Call Randomseed(Seed)
    prod = prod * MWC256Seed
  Next i
  Gammaint = -Log(prod)
Else
  sqa = Sqr(2 * alpha - 1)
Do
  Do

```

```

    Call Randomseed(Seed)
    y = Tan(3.142 * MWC256Seed)
    x = sqa * y + alpha - 1
    Loop Until x <= 0
Call Randomseed(Seed)
v = MWC256Seed
Loop Until (v > (1 + y * y) * Exp((alpha - 1) * Log(x / (alpha - 1)) - sqa * y))
Gammaint = x
End If
End If
End Function

Function Gammafrac(alpha As Double, Optional Seed As String) As Double
Application.Volatile True
Dim p, q, x, u, v As Double
p = 2.71828 / (alpha + 2.71828)

If Seed = "" Then
Do
    Call Random
    u = MWC256
    Call Random
    v = MWC256
If (u < p) Then
    x = Exp((1 / alpha) * Log(v))
    q = Exp(-x)
Else
    x = 1 - Log(v)
    q = Exp((alpha - 1) * Log(x))
End If
End If

```

```

Loop Until MWC256 >= q
Gammafrac = x
Else
Do
    Call Randomseed(Seed)
    u = MWC256Seed
    Call Randomseed(Seed)
    v = MWC256Seed
If (u < p) Then
    x = Exp((1 / alpha) * Log(v))
    q = Exp(-x)
Else
    x = 1 - Log(v)
    q = Exp((alpha - 1) * Log(x))
End If
Loop Until MWC256 >= q
Gammafrac = x
End If
End Function

```

13. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเออร์แลงค์

```

Function ErlangRV(beta As Double, alpha As Double, Optional Seed As Integer) As Double
Application.Volatile True
Dim i, P As Double
Dim r, d As Double
Dim t As Double
On Error Resume Next

i = 1
P = 1

```

```

If Seed = "" Then
    If i > beta Then
         $t = (-\beta) * (\text{Log}(P))$ 
    Else
        Do
            Call Random
             $r = \text{MWC256}$ 
             $P = P * r$ 
             $i = i + 1$ 
        Loop Until i > alpha
         $t = -\beta * (\text{Log}(P))$ 
    End If
Else
    Seed = Seed * 21
    If i > alpha Then
         $t = (-\beta) * (\text{Log}(P))$ 
    Else
        Do
            Call Randomseed(Seed)
             $r = \text{MWC256Seed}$ 
             $P = P * r$ 
             $i = i + 1$ 
            Seed = Seed + 1
        Loop Until i > alpha
         $t = -\beta * (\text{Log}(P))$ 
    End If
End If

ErlangRV = t

End Function

```

14. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงไวบูลล์

Function WeibullRV(beta As Double, alpha As Double, Optional Seed As Integer) As Double

Application.Volatile True

Dim r, d As Double

Dim t As Double

On Error Resume Next

If Seed = "" Then

 Call Random

 r = MWC256

 t = beta * ((-Log(r)) ^ (1 / alpha))

Else

 Call Randomseed(Seed)

 r = MWC256Seed

 t = beta * ((-Log(r)) ^ (1 / alpha))

End If

WeibullRV = t

End Function

15. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

Function TriangularRV(min As Double, mode As Double, max As Double, Optional Seed As Integer) As Double

Application.Volatile True

Dim r, d As Double

Dim t As Double

On Error Resume Next

If Seed = "" Then

 Call Random

```

r = MWC256
If r < (mode - min) / (max - min) Then
    t = min + Sqr(r * (mode - min) * (max - min))
Else
    t = max - Sqr((1 - r) * (max - mode) * (max - min))
End If
Else
    Call Randomseed(Seed)
    r = MWC256Seed
    If r < (mode - min) / (max - min) Then
        t = min + Sqr(r * (mode - min) * (max - min))
    Else
        t = max - Sqr((1 - r) * (max - mode) * (max - min))
    End If
End If

TriangularRV = t
End Function

```

16. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงลอกลปกติ

Function LogNormalRV(Mean_log As Double, std_log As Double, Optional Seed As Integer) As

Double

Application.Volatile True

Dim y, std As Double

Dim r, Mean As Double

Dim t As Double

Dim m, st, n As Double

On Error Resume Next

m = Mean_log ^ 2

```

st = std_log ^ 2
Mean = Log(m / Sqr(m + st))
std = Log((m + st) / m)
If Seed = "" Then
    Call NormalRV(Mean, std)
    n = iNormal
    t = Exp(n)
Else
    Call NormalRV(Mean, std, Seed)
    n = iNormal
    t = Exp(n)
End If

LogNormalRV = t
End Function

```

17. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเบต้า

```

Function BetaRV(beta As Double, alpha As Double, Optional Seed As String) As Double
Application.Volatile True

Dim y1, y2, y3 As Double
Dim r, d As Double
Dim t, Seeds As Double
On Error Resume Next

If Seed = "" Then
    Call GammaRV(beta, 1)
    y1 = iGamma
    Call GammaRV(alpha, 1)
    y2 = iGamma

```

```

        t = y1 / (y1 + y2)
Else
Seeds = Seed
    Call GammaRV(beta, 1, Seed)
        y1 = iGamma
    Call GammaRV(alpha, 1, Seeds + 1)
        y2 = iGamma
        t = y1 / (y1 + y2)
End If
BetaRV = t
iBeta = t
End Function

```

18. ฟังก์ชันในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

```

Function ContinuousRV(Value As Range, Prob As Range, Optional Seed As Integer) As Double
Dim lRow As Long, lCol As Long, lRowLast As Long, row As Long
Dim UpperLimit, UpperLimits As Double, U As Double, Limit As Double, Sum1 As Double
Application.Volatile (True)
On Error Resume Next
Dim i As Integer
Dim sum As Double
Dim lCountCalls As Integer

sum = 0
If Seed = "" Then
    Call Random
    U = MWC256
Else
    Call Randomseed(Seed)
    U = MWC256Seed

```

```

End If

With Prob
    lRow = .row
    lCol = .Column
    lRowLast = .Rows.Count
End With

For i = 1 To lRowLast
    sum = sum + Prob.Cells(i, 1).Value
Next i

If sum = 1 Then
    For row = 1 To (lRowLast)
        UpperLimit = Prob.Cells(1, 1).Value
        UpperLimits = UpperLimits + Prob.Cells(row, 1).Value
        If U <= UpperLimit Then
            Sum1 = CDBl(Value.Cells(1, 1))
            ContinuousRV = Sum1
            Exit Function
        ElseIf U <= UpperLimits Then
            lCountCalls = lCountCalls + 1
            Sum1 = UniformCRV(Value.Cells(row - 1, 1).Value, Value.Cells(row, 1).Value,
                Seed)
            ContinuousRV = Sum1
            Exit Function
        End If
    Next row
Else
End If

ContinuousRV = 0

End Function

```

ภาคผนวก ค

การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล

การสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์บนไมโครซอฟต์เอกเซล

ตัวอย่างการสร้างตัวแบบการจำลองสถานการณ์

1. แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอย

มีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองปัญหาดังนี้

1. กำหนดปัญหาที่ต้องการจำลองสถานการณ์
 - a. กำหนดปัญหาให้เป็นระบบแถวคอยแบบ 1 ช่องทาง
2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการสร้างตัวแปรสุ่ม
 - a. ระยะเวลาที่ลูกค้าเข้าสู่ระบบเป็นตัวแปรสุ่มของการแจกแจงสมมาตรแบบต่อเนื่อง
 - UniformRV(min,max)
 - b. ระยะเวลาการให้บริการลูกค้าเป็นตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง
 - DiscreteRV (Range Value, Range Prob)
3. สร้างแบบจำลองบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล
 - a. กำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดสำหรับการจำลองสถานการณ์ลงในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ดังรูป ภาพผนวกที่ ค1

	A	B	C	D	E	F
	Service Times (Minutes)	Probability	Cumulative Probability		Interarrival Times (minutes)	
1						
2	1	0.10	=B2		Minimum	1
3	2	0.20	=C2+B3		Maximum	8
4	3	0.30	=C3+B4			
5	4	0.25	=C4+B5			
6	5	0.10	=C5+B6			
7	6	0.05	=C6+B7			

ภาพผนวกที่ ค1 ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองปัญหาทางด้านระบบแถวคอย

- b. สร้างตัวแบบการจำลองระบบแถวคอย ดังรูป ภาพผนวกที่ ค2
- c. กำหนดจำนวนลูกค้าเท่ากับ 100 คน

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Service Times (Minutes)	Probability	Cumulative Probability		Interarrival Times (minutes)				
2	1	0.10	0.10		Minimum	1			
3	2	0.20	0.30		Maximum	8			
4	3	0.30	0.60						
5	4	0.25	0.85						
6	5	0.10	0.95						
7	6	0.05	1.00						
8									
9									
10	Customer	Interarrival Time (Minutes)	Arrival Time	Service Time (Minutes)	Time Service Begins	Waiting Time in Queue (Minutes)	Time Service Ends	Time Customer Spends in System (Minutes)	Idle Time of Server (Minutes)

ภาพผนวกที่ ค2 ตัวอย่างตัวแบบการจำลองระบบแถวคอย

4. เรียกใช้ VBA ซอฟต์แวร์ สำหรับสร้างตัวแปรสุ่ม
 - a. สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มของ Interarrival Time
 - b. สำหรับสร้างตัวแปรสุ่มของ Service Time
5. กำหนดสูตรการคำนวณบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ดังรูป ภาพผนวกที่ ค3
 - a. Interarrival Time
 - ระบบจะเริ่มเมื่อมีลูกค้าคนแรกที่เข้ามาในระบบ
 - UniformRV (Sheet1!\$F\$2,Sheet1!\$F\$3)
 - b. Arrival Time
 - เวลาที่ลูกค้าเข้ามาในระบบเมื่อระบบเริ่มทำงาน
 - Interarrival Time ของลูกค้าคนก่อนหน้า + Interarrival Time คนปัจจุบัน
 - c. Service Time
 - เวลาการให้บริการลูกค้าแต่ละคน
 - DiscreteRV (Sheet1!\$A\$2:\$A\$7,Sheet1!\$B\$2:\$B\$7)
 - d. Time Service Begins

- เวลาที่เริ่มให้บริการลูกค้า สำหรับลูกค้าคนแรกให้บริการเมื่อระบบเริ่มทำงาน เท่ากับ ศูนย์

- $\text{MAX}(\text{Arrival Time}, \text{Time Service Ends})$

e. Waiting Time in Queue

- $\text{Time Service Begins} - \text{Arrival Time}$

f. Time Service Ends

- $\text{Time Service Begins} + \text{Service Time}$

g. Time Customer Spends in System

- $\text{Time Service Ends} - \text{Arrival Time}$

h. Idle Time of Server

- ตั้งสูตรโดยใช้ฟังก์ชัน IF

- ถ้า Arrival Time ของคนปัจจุบัน มากกว่า Time Customer Spends in System ของคนก่อนหน้า จะแสดงผลเท่ากับ Arrival Time - Time Customer Spends in System ของคนก่อนหน้า กรณีอื่นแสดงผล เท่ากับ ศูนย์

Customer	Interarrival Time (Minutes)	Arrival Time
1		0
2	=Uniform_Dist(Sheet1!\$F\$2,Sheet1!\$F\$3)	=C11+B12
3	=Uniform_Dist(Sheet1!\$F\$2,Sheet1!\$F\$3)	=C12+B13
4	=Uniform_Dist(Sheet1!\$F\$2,Sheet1!\$F\$3)	=C13+B14

Service Time (Minutes)
=Discrete_Dist(Sheet1!\$A\$2:\$A\$7,Sheet1!\$B\$2:\$B\$7)
=Discrete_Dist(Sheet1!\$A\$2:\$A\$7,Sheet1!\$B\$2:\$B\$7)
=Discrete_Dist(Sheet1!\$A\$2:\$A\$7,Sheet1!\$B\$2:\$B\$7)
=Discrete_Dist(Sheet1!\$A\$2:\$A\$7,Sheet1!\$B\$2:\$B\$7)

Time Service Begins	Waiting Time in Queue (Minutes)	Time Service Ends	Time Customer Spends in System (Minutes)	Idle Time of Server (Minutes)
=C11	=E11-C11	=E11+D11	=G11-C11	
=MAX(C12,G11)	=E12-C12	=E12+D12	=G12-C12	=IF(C12-G11>0,C12-G11,0)
=MAX(C13,G12)	=E13-C13	=E13+D13	=G13-C13	=IF(C13-G12>0,C13-G12,0)
=MAX(C14,G13)	=E14-C14	=E14+D14	=G14-C14	=IF(C14-G13>0,C14-G13,0)

ภาพผนวกที่ ค3 ตัวอย่างการกำหนดสูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซลของปัญหาทางด้านระบบแถวคอย

6. สร้างตัวแบบให้ครบตามจำนวนลูกค้า ดังรูป ภาพผนวกที่ ค4

a. หาค่าเฉลี่ยของ Waiting Time in Queue

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Service Times (Minutes)	Probability	Cumulative Probability		Interarrival Times (minutes)				
2	1	0.10	0.10		Minimum	1			
3	2	0.20	0.30		Maximum	8			
4	3	0.30	0.60						
5	4	0.25	0.85						
6	5	0.10	0.95						
7	6	0.05	1.00						
8									
9									
10	Customer	Interarrival Time (Minutes)	Arrival Time	Service Time (Minutes)	Time Service Begins	Waiting Time in Queue (Minutes)	Time Service Ends	Time Customer Spends in System (Minutes)	Idle Time of Server (Minutes)
98	88	5	388	2	388	0	390	2	0
99	89	8	396	4	396	0	400	4	6
100	90	3	399	2	400	1	402	3	0
101	91	1	400	4	402	2	406	6	0
102	92	6	406	4	406	0	410	4	0
103	93	6	412	2	412	0	414	2	2
104	94	4	416	6	416	0	422	6	2
105	95	4	420	2	422	2	424	4	0
106	96	6	426	2	426	0	428	2	2
107	97	2	428	1	428	0	429	1	0
108	98	1	429	2	429	0	431	2	0
109	99	6	435	4	435	0	439	4	4
110	100	3	438	4	439	1	443	5	0
111				Waiting Time in Queue (Minutes)		1.34			

ภาพผนวกที่ ค4 ตัวอย่างการสร้างตัวแบบการจำลองระบบแถวคอยที่มีลูกค้าจำนวน 100 คน

7. เรียกใช้เมนู Run Setup เพื่อจำลองสถานการณ์จำนวน 400 รอบ ดังรูป ภาพผนวกที่ ค5

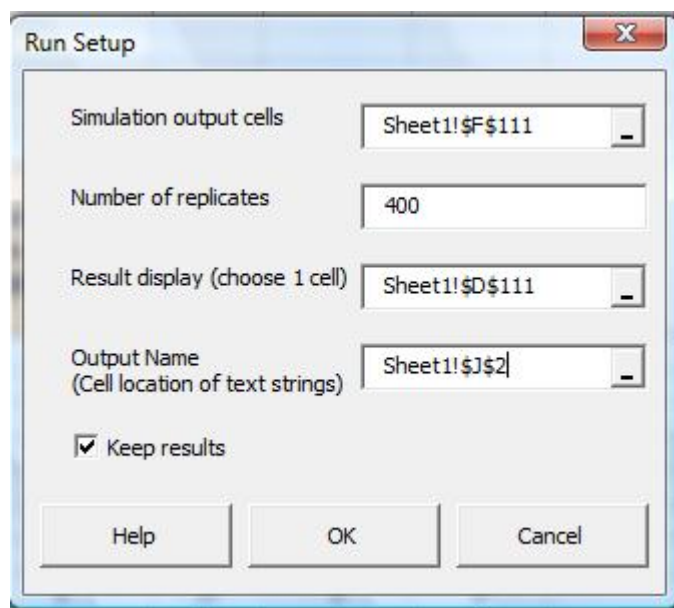
a. กำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการจำลองสถานการณ์ (Simulation output cells)

i. ค่า Waiting Time in Queue (เซลล์ F111) ในภาพผนวกที่ ค4 จากตัวแบบปัญหาาระบบแถวคอย

b. กำหนดจำนวนรอบทำซ้ำ (Number of replicates)

c. เลือกเซลล์ที่ต้องการแสดงผลจากการจำลองสถานการณ์

d. หากต้องการเก็บผลของการจำลองสถานการณ์ให้คลิกเลือก Keep results



ภาพผนวกที่ ค5 ตัวอย่างการจำลองปัญหาระบบแถวคอยจำนวน 400 รอบ

8. แสดงผลของการจำลองสถานการณ์ ดังรูป ภาพผนวกที่ ค6

Summary statistics of simulation results					
Output	Mean	Standard deviation	Lower Bound of 95% CI	Upper Bound of 95% CI	Number of replication
Avg. Waiting Time in Queue (Minutes)	1.40248	0.684915248	1.335150324	1.469799676	400

ภาพผนวกที่ ค6 ตัวอย่างผลการจำลองปัญหาระบบแถวคอยจำนวน 400 รอบ

2. แบบจำลองปัญหาทางด้านระบบสินค้าคงคลัง

มีขั้นตอนการสร้างแบบจำลองปัญหาดังนี้

1. กำหนดปัญหา

- a. กำหนดให้เป็นระบบสินค้าคงคลังสำหรับจัดเก็บหนังสือพิมพ์ เพื่อรอการจำหน่ายมีระยะเวลาในการจัดเก็บและจำหน่ายเป็นเวลา 20 วัน

2. กำหนดค่าพารามิเตอร์

a. ช่วงความน่าจะเป็นของการจำหน่ายหนังสือพิมพ์เป็นตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง

- Good = 0.35

- Fair = 0.45

- Poor = 0.20

- Discrete_Dist(Range Value, Range Prob)

b. กำหนดความน่าจะเป็นของปริมาณความต้องการซื้อหนังสือพิมพ์ดังตารางที่ 2

- Discrete_Dist(Range Value, Range Prob)

3. สร้างแบบจำลองบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล

a. กำหนดค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดสำหรับการจำลองสถานการณ์ลงในโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซล ดังรูป ภาพผนวกที่ ค7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Demand	Demand Probabilities			Cumulative Probabilities				Type	Probability	Cumulative Probabilities
2		Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor		Good	0.35	0.35
3	40	0.03	0.10	0.44	0.03	0.10	0.44		Fair	0.45	0.80
4	50	0.05	0.18	0.22	0.08	0.28	0.66		Poor	0.20	1.00
5	60	0.15	0.40	0.16	0.23	0.68	0.82				
6	70	0.20	0.20	0.12	0.43	0.88	0.94				
7	80	0.35	0.08	0.06	0.78	0.96	1.00		Purchase Price		0.33
8	90	0.15	0.04	0.00	0.93	1.00	1.00		Selling Price		0.50
9	100	0.07	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00		Scrap Value		0.05
10									Number Purchased by News Dealer		70

ภาพผนวกที่ ค7 ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับแบบจำลองปัญหาทางด้านระบบสินค้าคงคลัง

b. กำหนดต้นทุนหนังสือพิมพ์

- 0.33 เหรียญต่อฉบับ

c. กำหนดราคาขายหนังสือพิมพ์

- 0.50 เหรียญต่อฉบับ

d. ราคาขายหนังสือพิมพ์ที่เหลือ

- 0.05 เหรียญต่อฉบับ

- $\text{IF}(\text{C13} > \$\text{K}\$10, (\text{C13} - \$\text{K}\$10) * (\$ \text{K}\$8 - \$\text{K}\$7), 0)$

e. Salvage from Sale of Scrap

- รายรับจากการขายหนังสือพิมพ์ที่จำหน่ายไม่หมด

- $\text{IF}(\$ \text{K}\$10 - \text{C13} > 0, (\$ \text{K}\$10 - \text{C13}) * \$\text{K}\$9, 0)$

f. Daily Cost

- ต้นทุนหนังสือพิมพ์ 70 ฉบับ

- $\$ \text{K}\$10 * \$\text{K}\7

g. Daily Profit

- ผลกำไรต่อวัน

- Revenue from Sales - Lost Profit from Excess Demand + Salvage from Sale of Scrap - Daily Cost

	Day	Type of Newsday
12		
13	1	=Discrete_Dist(Sheet1!\$J\$2:\$J\$4, Sheet1!\$J\$2:\$J\$4)
14	2	=Discrete_Dist(Sheet1!\$J\$2:\$J\$4, Sheet1!\$J\$2:\$J\$4)
15	3	=Discrete_Dist(Sheet1!\$J\$2:\$J\$4, Sheet1!\$J\$2:\$J\$4)

Demand				
=IF(B13="Good", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$B\$3:\$B\$9), IF(B13="Fair", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$C\$3:\$C\$9), Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$D\$3:\$D\$9)))				
=IF(B14="Good", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$B\$3:\$B\$9), IF(B14="Fair", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$C\$3:\$C\$9), Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$D\$3:\$D\$9)))				
=IF(B15="Good", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$B\$3:\$B\$9), IF(B15="Fair", Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$C\$3:\$C\$9), Discrete_Dist(\$A\$3:\$A\$9, \$D\$3:\$D\$9)))				
Revenue from Sales	Lost Profit from Excess Demand	Salvage from Sale of Scrap	Daily Cost	Daily Profit
=MIN(C13, \$K\$10)*\$K\$8	=IF(C13 > \$K\$10, (C13 - \$K\$10)*(\$K\$8 - \$K\$7), 0)	=IF(\$K\$10 - C13 > 0, (\$K\$10 - C13)*\$K\$9, 0)	= \$K\$10*\$K\$7 = D13-E13+F13-G13	
=MIN(C14, \$K\$10)*\$K\$8	=IF(C14 > \$K\$10, (C14 - \$K\$10)*(\$K\$8 - \$K\$7), 0)	=IF(\$K\$10 - C14 > 0, (\$K\$10 - C14)*\$K\$9, 0)	= \$K\$10*\$K\$7 = D14-E14+F14-G14	
=MIN(C15, \$K\$10)*\$K\$8	=IF(C15 > \$K\$10, (C15 - \$K\$10)*(\$K\$8 - \$K\$7), 0)	=IF(\$K\$10 - C15 > 0, (\$K\$10 - C15)*\$K\$9, 0)	= \$K\$10*\$K\$7 = D15-E15+F15-G15	

ภาพผนวกที่ ๑๑ ตัวอย่างการกำหนดสูตรบนไมโครซอฟต์เอกเซลของปัญหาทางด้านระบบสินค้าคงคลัง

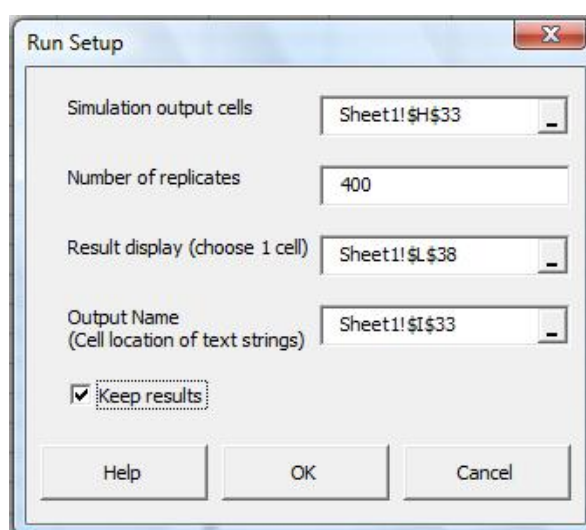
6. สร้างตัวแบบให้ครบ 20 วัน ดังรูป ภาพผนวกที่ ๑๑

a. หาผลกำไรรวม 20 วัน

	Day	Type of Newsday	Demand	Revenue from Sales	Lost Profit from Excess Demand	Salvage from Sale of Scrap	Daily Cost	Daily Profit	
12									
13	1	Poor	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
14	2	Good	50	\$25.00	\$0.00	\$1.00	\$23.10	\$2.90	
15	3	Good	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40	
16	4	Poor	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20	
17	5	Fair	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40	
18	6	Fair	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40	
19	7	Good	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60	
20	8	Fair	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
21	9	Fair	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
22	10	Good	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60	
23	11	Good	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60	
24	12	Good	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40	
25	13	Poor	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
26	14	Fair	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
27	15	Poor	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20	
28	16	Good	40	\$20.00	\$0.00	\$1.50	\$23.10	-\$1.60	
29	17	Good	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
30	18	Poor	80	\$35.00	\$1.70	\$0.00	\$23.10	\$10.20	
31	19	Fair	70	\$35.00	\$0.00	\$0.00	\$23.10	\$11.90	
32	20	Good	60	\$30.00	\$0.00	\$0.50	\$23.10	\$7.40	
33								\$147.40	Total Profit

ภาพผนวกที่ ค10 ตัวอย่างการสร้างตัวแบบการจำลองระบบสินค้าคงคลังเป็นเวลา 20 วัน

7. เรียกใช้เมนู Run Setup เพื่อจำลองสถานการณ์จำนวน 400 รอบ
 - a. กำหนดผลลัพธ์ที่ต้องการจำลองสถานการณ์
 - i. ค่า Total Profit (เซลล์ H33) ในภาพผนวกที่ ค10 จากตัวแบบปัญหาสินค้าคงคลัง



ภาพผนวกที่ ค11 ตัวอย่างการจำลองปัญหาาระบบสินค้าคงคลังจำนวน 400 รอบ

8. แสดงผลของการจำลองสถานการณ์ ดังรูป ภาพผนวกที่ ค12

Summary statistics of simulation results					
Output	Mean	Standard deviation	Lower Bound of 95% CI	Upper Bound of 95% CI	Number of replication
Total Profit	135.44275	20.30804123	133.4465434	137.4389566	400

ภาพผนวกที่ ค12 ตัวอย่างผลการจำลองปัญหาระบบสินค้าคงคลังจำนวน 400 รอบ

ภาคผนวก ง

การตรวจสอบความถูกต้องของ VBA ซอฟต์แวร์

การตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์

การตรวจสอบความถูกต้องของซอฟต์แวร์ในการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงต่างๆ โดยการสร้างตัวแปรสุ่มบนโปรแกรมไมโครซอฟต์เอกเซลเป็นจำนวน 10,000 ค่า เพื่อเปรียบเทียบผลของซอฟต์แวร์กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (pmf และ pdf) มีปัจจัยที่นำมาวิเคราะห์ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย
2. ค่าความแปรปรวน
3. อีสโตรแกรม

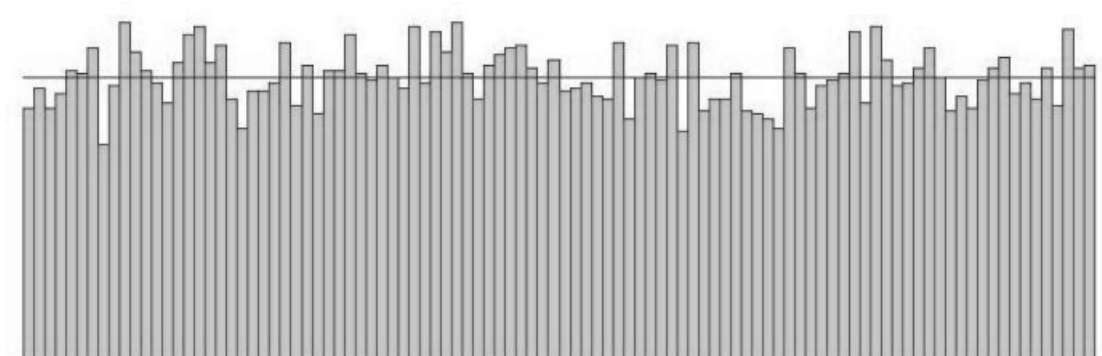
1. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง1

ตารางภาคผนวกที่ ง1 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
UniformRV(min,max)	min	1
	max	100

ตารางภาคผนวกที่ ง2 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่องกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	50.5000	833.2500
VBA ซอฟต์แวร์	50.3488	829.9643
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.2994 %	0.3943 %



ภาพภาคผนวกที่ ง1 ฮีสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง

จากตารางภาคผนวกที่ ง2 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงสมมาตรแบบไม่ต่อเนื่อง ของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.3488 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.2994 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 829.9643 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.3943 %

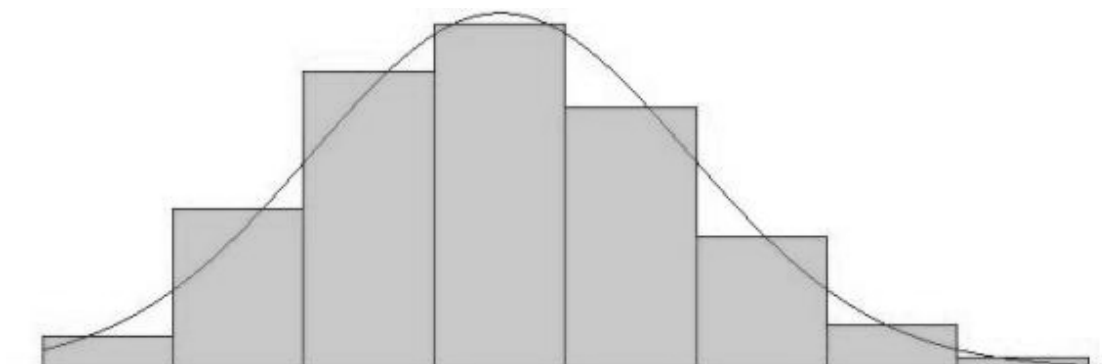
2. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงทวินาม กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง2

ตารางภาคผนวกที่ ง3 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงทวินาม

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
BinomialRV(min,max)	number of trial	10
	probability of success	0.3

ตารางภาคผนวกที่ ง4 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินามกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	3.0000	2.1000
VBA ซอฟต์แวร์	3.0009	2.0683
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.03 %	1.51 %



ภาพภาคผนวกที่ ง2 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินาม

จากตารางภาคผนวกที่ ง4 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงทวินามของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.009 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.03 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.0683 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 1.51 %

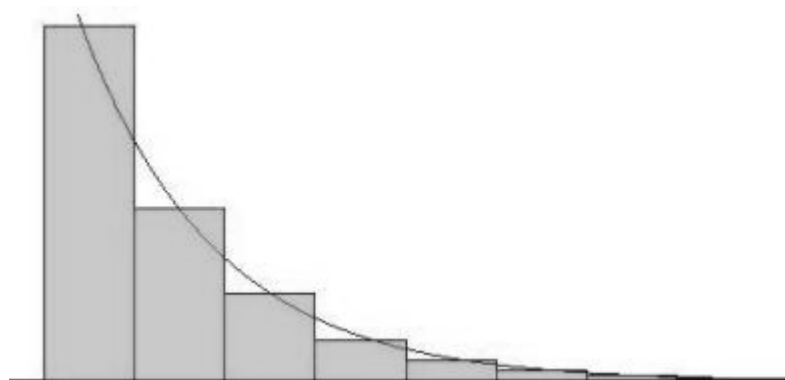
3. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเรขาคณิต กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตาราง ภาคผนวกที่ ง5

ตารางภาคผนวกที่ ง5 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเรขาคณิต

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
GeometricRV(prob)	probability of success	0.5

ตารางภาคผนวกที่ ง6 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิตกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	1.0000	2.0000
VBA ซอฟต์แวร์	0.9926	2.0582
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.74 %	2.91 %



ภาพภาคผนวกที่ 33 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิต

จากตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเรขาคณิตของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.9926 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.74 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 2.0582 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 2.91 %

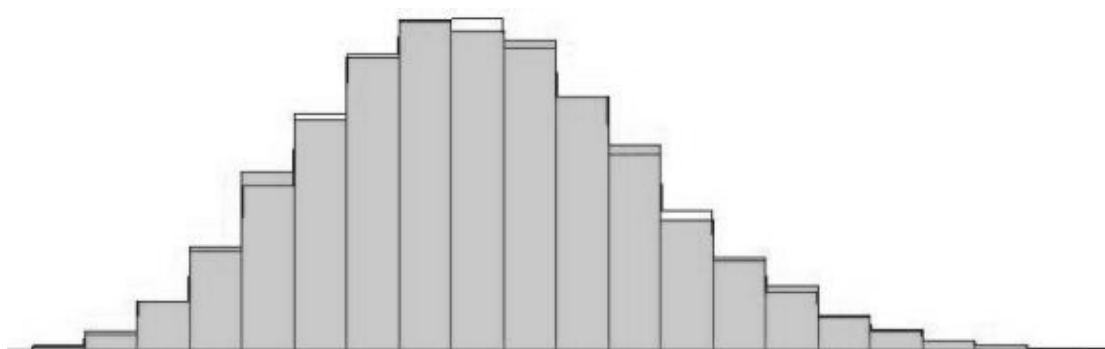
4. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงปัวส์ซอง กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตาราง ภาคผนวกที่ 37

ตารางภาคผนวกที่ 37 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงปัวส์ซอง

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
PoissonRV(Mean)	Mean	10

ตารางภาคผนวกที่ 38 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซองกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	10.0000	10.0000
VBA ซอฟต์แวร์	10.0356	10.0437
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.36 %	0.44 %



ภาพภาคผนวกที่ ๔4 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซอง

จากตารางภาคผนวกที่ ๖8 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงปัวส์ซองของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.0356 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.36 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 10.0437 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.44 %

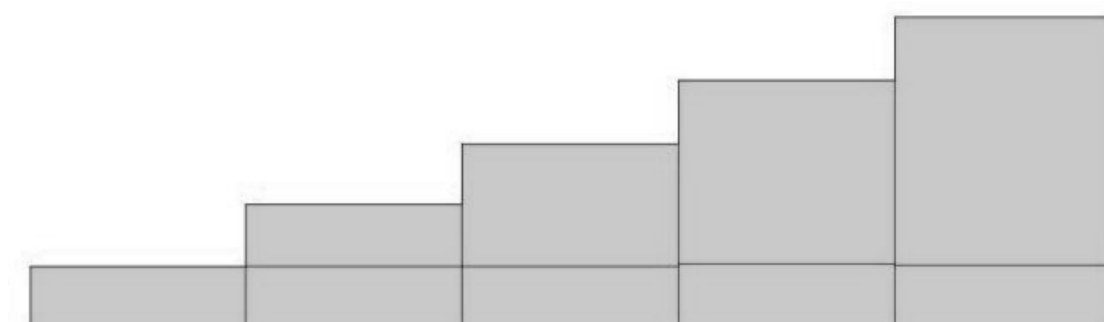
5. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง กำหนดค่าพารามิเตอร์ ดังตารางภาคผนวกที่ ๖9

ตารางภาคผนวกที่ ๖9 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
DiscreteRV(value,prob)	value	1
		2
		3
		4
		5
	probability	0.2
		0.2
		0.2
		0.2
		0.2

ตารางภาคผนวกที่ ง10 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบ
ไม่ต่อเนื่องกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	3.0000	2.0000
VBA ซอฟต์แวร์	3.0099	1.9990
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.33 %	0.05 %



ภาพภาคผนวกที่ ง5 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่อง

จากตารางภาคผนวกที่ ง10 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.0099 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.33 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.9990 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.05 %

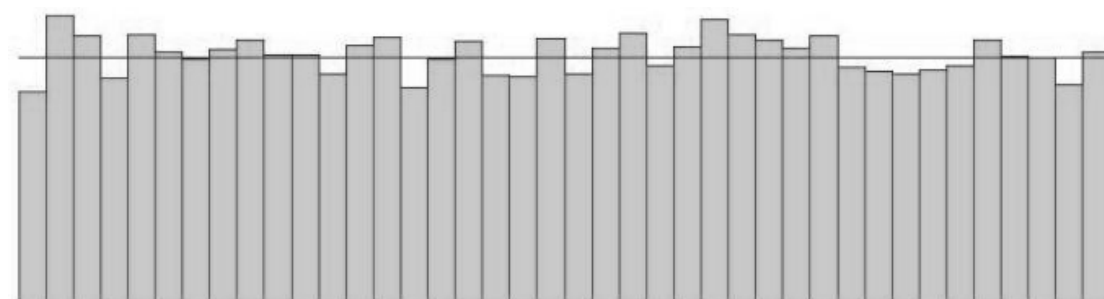
6. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่อง กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง11

ตารางภาคผนวกที่ ง11 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงสมำเสมอแบบต่อเนื่อง

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
UniformCRV(min,max)	min	1
	max	100

ตารางภาคผนวกที่ 12 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมมติแบบต่อเนื่อง กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	50.5000	816.7500
VBA ซอฟต์แวร์	50.2985	811.6019
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.34 %	0.63 %



ภาพภาคผนวกที่ 6 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสมมติแบบต่อเนื่อง

จากตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงข้อมูลดิบแบบไม่ต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.2985 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.34 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 811.6019 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.63 %

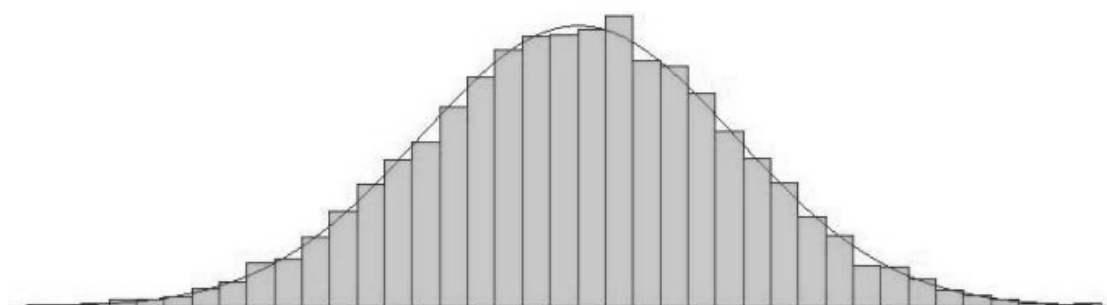
7. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงปกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ 13

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงปกติ

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
NormalRV(mean,std)	mean	10
	std	2

ตารางภาคผนวกที่ ง14 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	10.0000	4.0000
VBA ซอฟต์แวร์	9.9977	3.9989
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.024 %	0.028 %



ภาพภาคผนวกที่ ง7 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติ

จากตารางภาคผนวกที่ ง14 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงปกติของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.9977แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.024 % และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 3.9989 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.028 %

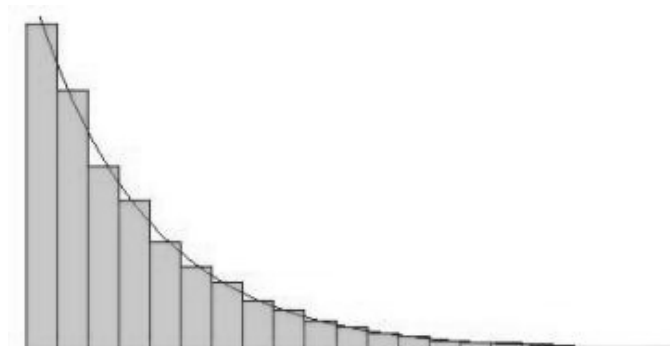
8. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง15

ตารางภาคผนวกที่ ง15 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
ExponentialRV(Mean)	Mean	10

ตารางภาคผนวกที่ 16 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล
กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	10.0000	100.0000
VBA ซอฟต์แวร์	9.9470	97.1244
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.53 %	2.88 %



ภาพภาคผนวกที่ 8 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียล

จากตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.9470 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.53 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 97.1244 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 2.88 %

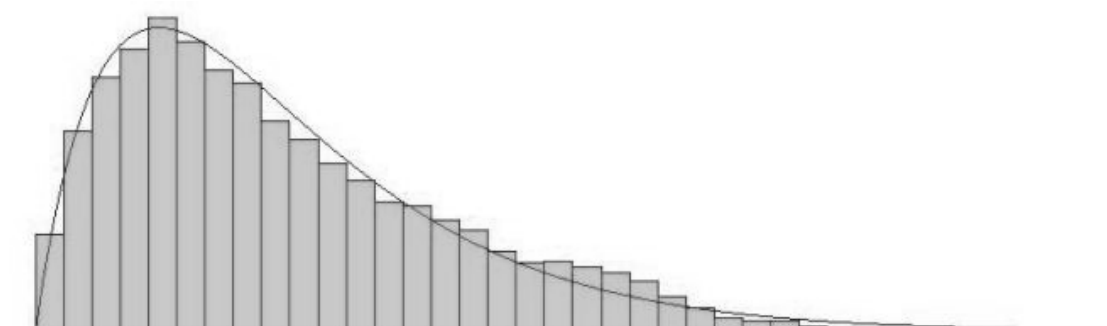
9. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงแกมมา กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตาราง
ภาคผนวกที่ 7

ตารางภาคผนวกที่ 17 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแกมมา

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
GammaRV(beta,alpha)	beta	1
	alpha	2

ตารางภาคผนวกที่ ง18 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแกมมา กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	2.0000	2.0000
VBA ซอฟต์แวร์	2.0003	1.8249
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.01 %	8.76 %



ภาพภาคผนวกที่ ง9 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงแกมมา

จากตารางภาคผนวกที่ ง18 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงเอกซ์โปเนนเชียลของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.0003 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.01 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.8249 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 8.76 %

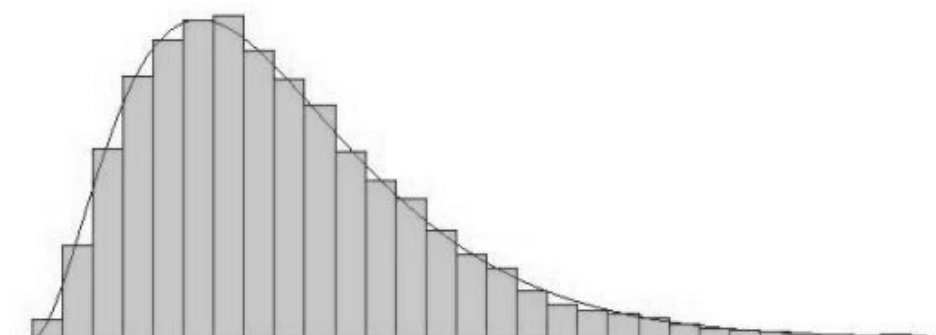
10. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงเออร์แลงค์ กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง19

ตารางภาคผนวกที่ ง19 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเออร์แลงค์

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
ErlangRV(beta,alpha)	λ (Rate parameter)	2
	m (Shape parameter)	3

ตารางภาคผนวกที่ ง20 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเออร์แลงค์กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	6.0000	12.0000
VBA ซอฟต์แวร์	5.9881	11.5372
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.20 %	3.86 %



ภาพภาคผนวกที่ ง10 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเออร์แลงค์

จากตารางภาคผนวกที่ ง20 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเออร์แลงค์ของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.9881 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.20 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 11.5372 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 3.86 %

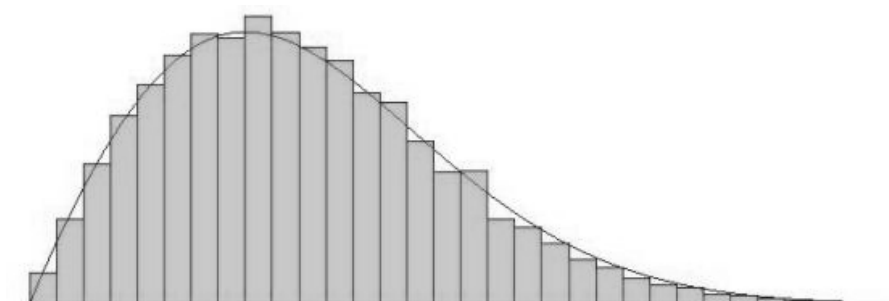
11. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงไวบูลล์ กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง21

ตารางภาคผนวกที่ ง21 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงไวบูลล์

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
WeibullRV(beta,alpha)	β (Scale parameter)	1
	α (Shape parameter)	2

ตารางภาคผนวกที่ ง22 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงไวบูลล์กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	0.8862	0.2146
VBA ซอฟต์แวร์	0.8816	0.214557
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.53 %	0.01 %



ภาพภาคผนวกที่ ง11 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงไวบูลล์

จากตารางภาคผนวกที่ ง22 ผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงไวบูลล์ของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8816 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.53 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.214557 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.01 %

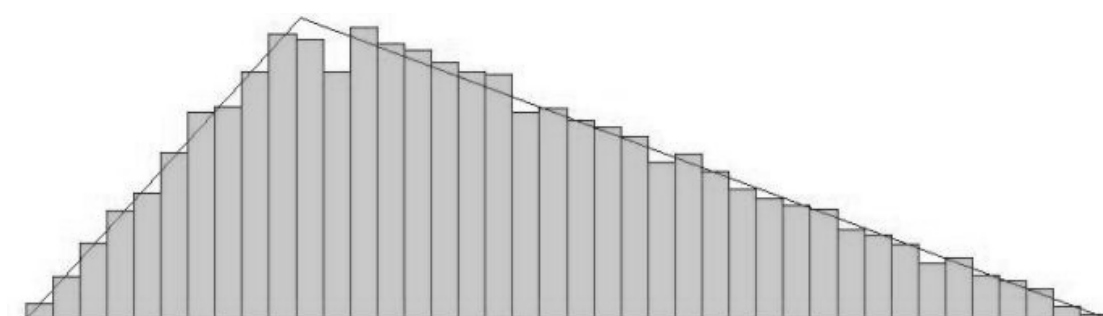
12. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง23

ตารางภาคผนวกที่ ง23 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
TriangularRV(min,mode,max)	min	4
	mode	6
	max	12

ตารางภาคผนวกที่ ง24 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงแบบสามเหลี่ยมกับ ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	7.3333	2.8889
VBA ซอฟต์แวร์	7.3423	2.8630
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.13 %	0.90 %



ภาพภาคผนวกที่ ง12 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสามเหลี่ยม

จากตารางภาคผนวกที่ ง24 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงสามเหลี่ยมของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8816 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.53 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.214557 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.01 %

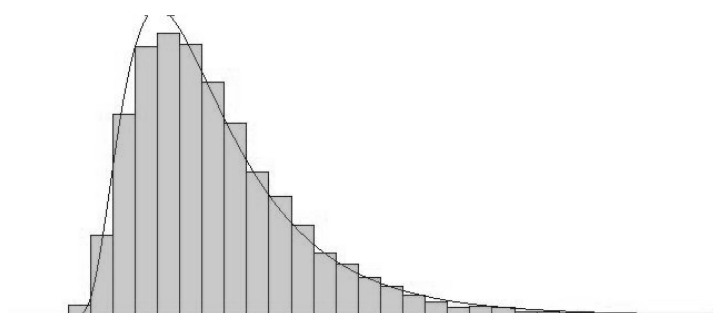
13. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงลอกปกติ กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตาราง ภาคผนวกที่ ง25

ตารางภาคผนวกที่ ง25 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงลอกปกติ

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
LognormalRV(mean,std)	LogMean	10
	LogStd	5

ตารางภาคผนวกที่ ง26 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติกับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	10.0000	5.0000
VBA ซอฟต์แวร์	8.8651	5.0937
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	11.35 %	1.87 %



ภาพภาคผนวกที่ ง13 ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติ

จากตารางภาคผนวกที่ ง26 ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงลอกปกติของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.831858 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 11.35 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.00018 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 1.87 %

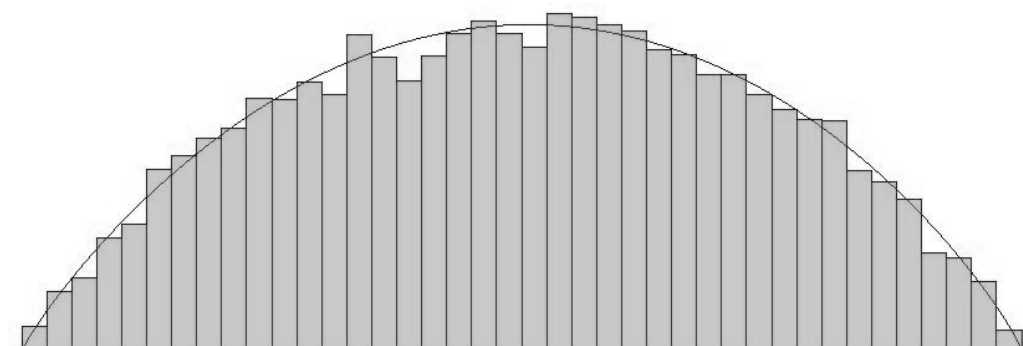
14. ผลการสร้างตัวแปรสู่ของการแจกแจงเบต้า กำหนดค่าพารามิเตอร์ดังตารางภาคผนวกที่ ง27

ตารางภาคผนวกที่ ง27 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงเบต้า

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
BetaRV(beta,alpha)	shape1	2
	shape2	2

ตารางภาคผนวกที่ ๒๘ การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้ากับฟังก์ชัน
ความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	0.5000	0.0500
VBA ซอฟต์แวร์	0.5029	0.0525
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.58 %	4.91 %



ภาพภาคผนวกที่ ๑๔ ฮิสโตแกรมของการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้า

จากตารางภาคผนวกที่ ๒๘ ผลการสร้างตัวแปรสู่การแจกแจงเบต้าของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5029 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.58 % และค่าความแปรปรวนเท่ากับ 0.0525 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 4.91 %

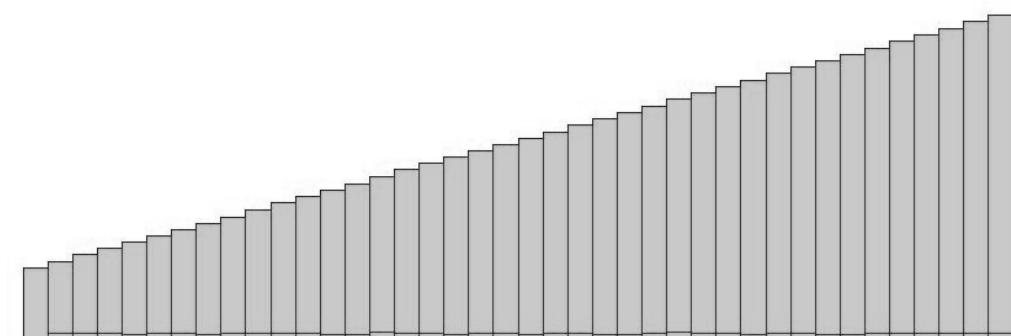
15. ผลการสร้างตัวแปรสุ่มของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่องกำหนดค่าพารามิเตอร์
ดังตารางภาคผนวกที่ ง29

ตารางภาคผนวกที่ ง29 ค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

รูปแบบฟังก์ชัน	พารามิเตอร์	
ContinuousRV(value,prob)	value	1
		2
		3
		4
		5
	probability	0.2
		0.2
		0.2
		0.2
		0.2

ตารางภาคผนวกที่ ง30 การเปรียบเทียบผลการสร้างตัวแปรสุ่มการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง
กับฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น

	ค่าเฉลี่ย	ค่าความแปรปรวน
ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น	2.6000	1.7108
VBA ซอฟต์แวร์	2.6001	1.7164
แตกต่างคิดเป็นเปอร์เซ็นต์	0.02 %	0.32 %



ภาพภาคผนวกที่ 15 ซีตโปรแกรมของการสร้างตัวแปรสุมการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่อง

จากตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการสร้างตัวแปรสุมการแจกแจงข้อมูลดิบแบบต่อเนื่องของ VBA ซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.6001 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.02 % และ ค่าความแปรปรวนเท่ากับ 1.7164 แตกต่างจากฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นเท่ากับ 0.32 %

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายกานต์ กานต์กนก
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 14 มีนาคม 2526
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน จังหวัดกรุงเทพฯ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (อุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยรามคำแหงฯ (พ.ศ.2549)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2550