บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยสำหรับข้อมูลที่มีค่าสังเกตเป็นแบบสมบูรณ์ โดยการประมาณด้วยวิธีคณิตศาสตร์ประกันภัย วิธีของแคพแลนและไมเออร์ วิธีของเนลสัน-แอเลน และวิธีของเซเชอร์ ซึ่งในแต่ละวิธีจะประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้ เมื่อขนาดตัวอย่างมี 6 ระดับคือ 50, 70, 100, 200, 300 และ 500 ตามลำดับ และการแจกแจงของข้อมูลที่ใช้มี 3 การแจกแจงคือ การแจกแจงแบบไวบูลล์ (Weibull Distribution) การแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล (Exponential Distribution)) และการแจกแจงแบบเรย์ลี (Rayleigh Distribution) โดยที่ในแต่ละสถานการณ์มีการทำซ้ำ 1,000 ครั้ง

การวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Technique) สร้างสถานการณ์ต่าง ๆ ดังนี้ เริ่มด้วยการกล่าวถึงวิธีการจำลองโดยใช้ เทคนิคมอนติคาร์โล แล้วจึงแสดงรายละเอียดของขั้นตอนการวิจัย และโปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยตามลำดับ

วิธีจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โล

เทคนิคที่ใช้แก้ปัญหาในการคำนวณทางคณิตศาสตร์นั้นมีอยู่หลายวิธี วิธีการจำลองโดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมมาใช้แก้ปัญหากันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งหลักการของการจำลองโดยใช้เทคนิคดังกล่าว จะใช้เลขสุ่ม (Random Numbers) มาช่วยในการหาคำตอบของปัญหาที่ต้องการศึกษา

ขั้นตอนของวิธีการจำลองด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลที่ใช้กันในปัจจุบัน แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้คือ

1. การสร้างตัวเลขสุ่ม การใช้ตัวเลขสุ่มเป็นสิ่งที่สำคัญมากในเทคนิคนี้ ทั้งนี้เพราะว่าหลักการของการจำลองแบบเทคนิคมอนติคาร์โลนั้น จะใช้ตัวเลขสุ่มมาช่วยในการหาคำตอบของปัญหา โดยลักษณะของตัวเลขสุ่มที่นำมาใช้ จะมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0,1) สำหรับวิธีการสร้างตัวเลขสุ่มมีผู้เสนอไว้หลายวิธี แต่วิธีที่ดีนั้นลักษณะของเลขสุ่มที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีการแจกแจงแบบสม่ำเสมอในช่วง (0,1) ตัวเลขสุ่มแต่ละตัวต้องเป็นอิสระต่อกัน และมีช่วงยาวก่อนจะเกิดเลขสุ่มซ้ำ (มีวัฏจักรยาว)

2. การนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้กับปัญหาที่ต้องการศึกษา ซึ่งขั้นตอนนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา บางปัญหาอาจจะไม่ใช้ตัวเลขสุ่มโดยตรง แต่จะนำไปผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบอื่นต่อไป

3. การทดลองกระทำ เมื่อนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ให้เข้ากับปัญหาที่ต้องการศึกษาได้แล้ว ขั้นต่อไปคือ การทดลองโดยใช้กระบวนการของการสุ่ม (Random Process) มากระทำในลักษณะซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อหาคำตอบที่ต้องการ

แผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ต้องการประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยสำหรับข้อมูลที่ค่าสังเกตเป็นแบบสมบูรณ์ โดยใช้วิธีในการประมาณฟังก์ชัน 4 วิธี การแจกแจงของข้อมูลแบบสมบูรณ์ที่ใช้ 3 แบบ ขนาดตัวอย่าง 6 ระดับ และแบ่งช่วงอายุออกเป็น 11 ช่วง รวมทั้งสิ้น 792 สถานการณ์ และค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยที่ประมาณได้ในแต่ละวิธีการจะนำมาทำการเปรียบเทียบหาค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าประมาณกับค่าจริง ในรูปของค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage of Error : MAPE) ของทั้ง 4 วิธีเพื่อที่จะหาวิธีที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ต่อไป โดยรายละเอียดแผนการทดลองมีดังนี้

1. กำหนดให้ข้อมูลของระยะเวลามีการแจกแจง 3 แบบคือ

1.1) การแจกแจงแบบไวบูลล์ ศึกษาที่ค่าเฉลี่ยของอายุต่าง ๆ ของการแจกแจง และที่พารามิเตอร์ β = 1.5 โดยค่าของ α จะเปลี่ยนไปตามช่วงอายุต่าง ๆ ดังนี้

1.1.1 ในช่วงอายุแรกเกิดจนถึง 6 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 71.958374

1.1.2 ในช่วงอายุ 7 - 11 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 66.423115

1.1.3 ในช่วงอายุ 12 - 17 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 60.518875

1.1.4 ในช่วงอายุ 18 - 22 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 55.352596

1.1.5 ในช่วงอายุ 23 - 28 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 49.817336

1.1.6 ในช่วงอายุ 29 - 33 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 44.282076

1.1.7 ในช่วงอายุ 34 - 39 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 38.931362

1.1.8 ในช่วงอายุ 40 - 45 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 33.027012

1.1.9 ในช่วงอายุ 46 - 51 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 27.491752

1.1.10 ในช่วงอายุ 52 - 57 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 22.141038

1.1.11 ในช่วงอายุ 58 - 65 ปี ค่า α มีค่าเท่ากับ 16.605778

1.2) การแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล ศึกษาที่ค่าเฉลี่ยของอายุต่าง ๆ ของการแจกแจง โดยค่าของพารามิเตอร์ θ จะเปลี่ยนไปตามช่วงอายุต่าง ๆ ดังนี้

1.2.1 ในช่วงอายุแรกเกิดจนถึง 6 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 65

1.2.2 ในช่วงอายุ 7 - 11 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 60

1.2.3 ในช่วงอายุ 12 - 17 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 54.67

1.2.4 ในช่วงอายุ 18 - 22 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 50

1.2.5 ในช่วงอายุ 23 - 28 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 45

1.2.6 ในช่วงอายุ 29 - 33 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 40

1.2.7 ในช่วงอายุ 34 - 39 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 35.17

1.2.8 ในช่วงอายุ 40 - 45 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 29.83

1.2.9 ในช่วงอายุ 46 - 51 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 24.83

1.2.10 ในช่วงอายุ 52 - 57 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 20

1.2.11 ในช่วงอายุ 58 - 65 ปี ค่า θ มีค่าเท่ากับ 15

1.3) การแจกแจงแบบเรย์ลี ศึกษาที่ค่าเฉลี่ยของอายุต่าง ๆ ของการแจกแจง โดยค่าของพารามิเตอร์ σ จะเปลี่ยนไปตามช่วงอายุต่าง ๆ ดังนี้

1.3.1 ในช่วงอายุแรกเกิดจนถึง 6 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 51.86

1.3.2 ในช่วงอายุ 7 - 11 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 47.87

1.3.3 ในช่วงอายุ 12 - 17 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 43.62

1.3.4 ในช่วงอายุ 18 - 22 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 39.89

1.3.5 ในช่วงอายุ 23 - 28 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 35.90

1.3.6 ในช่วงอายุ 29 - 33 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 31.92

1.3.7 ในช่วงอายุ 34 - 39 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 28.06

1.3.8 ในช่วงอายุ 40 - 45 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 23.80

1.3.9 ในช่วงอายุ 46 - 51 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 19.81

1.3.10 ในช่วงอายุ 52 - 57 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 15.96

1.3.11 ในช่วงอายุ 58 - 65 ปี ค่า σ มีค่าเท่ากับ 11.97

2. กำหนดขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็น 6 ระดับคือ 50, 70, 100, 200, 300 และ 500 ตามลำดับ

3. ลักษณะของข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลแบบสมบูรณ์ไม่มีการตัดปลาย นั่นคือเป็นการศึกษาแบบติดตามผลจนสิ้นสุดช่วงของการศึกษา

4. กำหนดให้มีการคำนวณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัย ณ เวลาที่มีค่าตั้งแต่ 0 - 65 ปี โดยช่วงอายุ 0 - 1 ปี จะแบ่งช่วงของการสังเกตเป็น 3 เดือน, 6 เดือน, 9 เดือน และ 12 เดือน ตามลำดับ จากนั้นจะศึกษาช่วงอายุเพิ่มขึ้นทีละ 1 ปี

5. วิธีที่ใช้ในการประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยมี 4 วิธีดังนี้คือ

5.1 วิธีคณิตศาสตร์ประกันภัย

5.2 วิธีของแคพแลนและไมเออร์

5.3 วิธีของเนลสัน-แอเลน

5.4 วิธีของเซเชอร์

ขั้นตอนในการวิจัย

ขั้นตอนของการวิจัย แบ่งเป็น 5 ขั้นตอนหลัก คือ

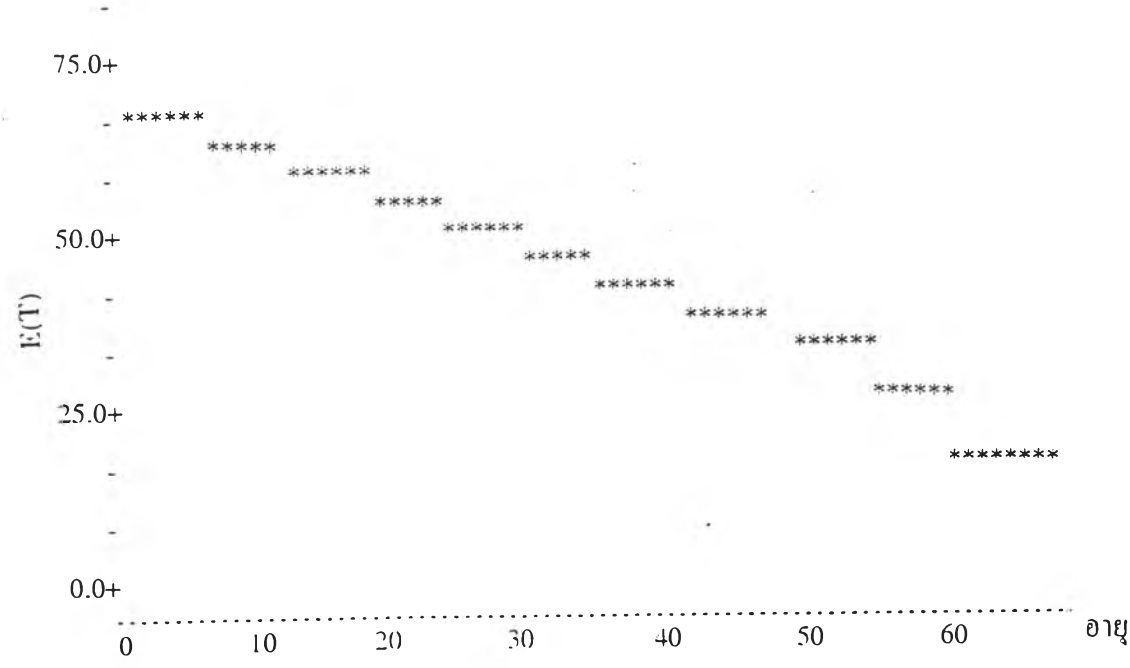
1. แบ่งช่วงของระยะเวลาที่ต้องการศึกษาออกเป็นช่วงสั้น ๆ ที่เหมาะสมโดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่จะอยู่รอดที่ได้จากตารางมรณะไทย 2529 ของแต่ละอายุเป็นตัวแบ่งซึ่งแสดงไว้ดังตารางที่ 3.1 และจัดช่วงอายุที่เหมาะสมเพื่อใช้หาค่าพารามิเตอร์ในการประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยที่จุดเวลาหนึ่ง ๆ โดยในการแบ่งช่วงอายุที่เหมาะสมจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (โปรแกรมมินิแทบ) ซึ่งโปรแกรมจะนำค่าเฉลี่ยของเวลาที่จะอยู่รอดที่อยู่ในช่วงเดียวกันมาจัดเป็นช่วง ๆ และเรียงกันไปตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาในการอยู่รอดของแต่ละอายุ

อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)
0	67	11	58	22	48	33	38	44	29	55	20
1	67	12	57	23	47	34	37	45	28	56	19
2	66	13	56	24	46	35	36	46	27	57	18
3	65	14	55	25	45	36	36	47	26	58	17
4	64	15	54	26	45	37	35	48	25	59	17
5	63	16	53	27	44	38	34	49	24	60	16
6	63	17	53	28	43	39	33	50	24	61	15
7	62	18	52	29	42	40	32	51	23	62	15
8	61	19	51	30	41	41	31	52	22	63	14

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) แสดงระยะเวลาในการอยู่รอดของแต่ละอายุ

อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)	อายุ	E(T)
9	60	20	50	31	40	42	30	53	21	64	13
10	59	21	49	32	39	43	29	54	20	65	13



รูปที่ 3.1 แสดงการแบ่งช่วงของระยะเวลาที่ต้องการศึกษาให้เหมาะสมโดยใช้ค่าเฉลี่ยของเวลาที่จะอยู่รอด

2. จำลองตัวแปรอิสระ X_i ให้มีการแจกแจงของระยะเวลาของการอยู่รอดเป็นแบบไวบูลล์ แบบเอกซโพเนนเชียล และแบบเรย์ลี

2.1 แบบไวบูลล์ (α , β) (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

2.2 แบบเอกซโพเนนเชียล (θ) (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

2.3 แบบเรย์ลี (σ) (รายละเอียดในภาคผนวก ก)

3. เรียงลำดับค่าของข้อมูลจากน้อยไปมาก

4. นำค่า T_i จากการแจกแจงแต่ละแบบมาหาค่าประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยด้วยวิธีการประมาณทั้ง 4 วิธี ซึ่งจะได้ค่าประมาณฟังก์ชันแต่ละวิธีดังนี้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 วิธีคณิตศาสตร์ประกันภัย

4.2 วิธีของแคพแลนและไมเออร์

4.3 วิธีของเนลสัน-แอเลน

4.4 วิธีของเซเชอร์

5. หาค่าความคลาดเคลื่อนจากการประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยสำหรับแต่ละการแจกแจงโดยเทียบกับค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยที่ได้จากการแจกแจงจริง เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ในแต่ละช่วงอายุ และเนื่องจากในการทดลองได้จำลองข้อมูลให้ซ้ำ ๆ กันจำนวน 1,000 ครั้ง ในแต่ละสถานการณ์ ให้ j แทนรอบที่ทำซ้ำ j = 1,...,1,000ดังนั้นค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยที่คำนวณได้ในแต่ละรอบจะนำมาหาค่าเฉลี่ยจากสูตรดังนี้

$$\hat{\lambda}^{*}(t) = \frac{\sum_{j=1}^{1000} \hat{\lambda}(t)}{1000}$$

จากนั้นนำค่า $\hat{\lambda}^{*}(t)$ ที่ได้จากการประมาณทั้ง 4 วิธี มาเปรียบเทียบเพื่อหาว่าวิธีการใดให้ค่า MAPE ของการประมาณค่าฟังก์ชันต่ำที่สุดจะเป็นวิธีที่ประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยของแต่ละสถานการณ์ได้ดีที่สุดจากสูตรในการคำนวณต่อไปนี้

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

$$APE(t) = \sum_{i=1}^{1000} \left| \frac{\lambda(t) - \hat{\lambda}^{*}(t)}{\lambda(t)} \right| \times 100\%$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} APE(t)}{n}$$

โดย n แทนจำนวนจุดเวลาที่ศึกษาในแต่ละช่วง

การคำนวณค่า MAPE ของการประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัย ทั้ง 4 วิธี ในการทดลองที่เวลาของตัวอย่างหนึ่ง จะเปลี่ยนการแจกแจง 3 แบบ และเปลี่ยนขนาดของตัวอย่างเป็น 6 ขนาด โดยแต่ละสถานการณ์จะทดลองซ้ำ ๆ จำนวน 1,000 ครั้ง จนครบทุกสถานการณ์

แต่ละขั้นตอนข้างต้นมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดช่วงที่เหมาะสมในการประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยโดยการแบ่งเป็นช่วงสั้น ๆ ในช่วงอายุที่ศึกษาคือ 0 - 65 ปีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ ได้ผลดังนี้คือ

1.1 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 0 - 6 ปี

1.2 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 7 - 11 ปี

1.3 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 12 - 17 ปี

1.4 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 18 - 22 ปี

1.5 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 23 - 28 ปี

1.6 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 29 - 33 ปี

1.7 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 34 - 39 ปี

1.8 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 40 - 45 ปี

1.9 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 46 - 51 ปี

1.10 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 52 - 57 ปี

1.11 ช่วงที่ 1 ประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัยในช่วงอายุ 58 - 65 ปี

2. การจำลองข้อมูลจากการแจกแจง 3 แบบคือ การแจกแจงแบบไวบูลล์ การแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเรย์ลี โดยที่การสร้างค่าตัวแปรสุ่มให้มีลักษณะการแจกแจงตามที่ต้องการได้นั้น จะมีวิธีการดังนี้

2.1 เมื่อระยะเวลาของการอยู่รอดมีการแจกแจงแบบไวบูลล์

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบไวบูลล์จะใช้เทคนิคการแปลงผกผัน (Inverse Transformation) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ให้ R ซึ่งเป็นตัวเลขสุ่ม (Random Number) ในช่วง (0, 1) มีค่าเท่ากับ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงที่ต้องการจำลองข้อมูล

$$R = F(t)$$

และจะได้ค่าตัวแปรสุ่ม

$$t = F^{-1}(R)$$

$$t = \alpha[-\ln(1-R)]^{1/\beta}$$

โดยที่ t เป็นค่าตัวแปรแบบสุ่มซึ่งถูกสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือเวลาที่คงอยู่

R เป็นตัวเลขสุ่มซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

α , β เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบไวบูลล์

2.2 เมื่อระยะเวลาของการอยู่รอดมีการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียลจะใช้เทคนิคการแปลงผกผัน (Inverse Transformation) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ให้ R ซึ่งเป็นตัวเลขสุ่ม (Random Number) ในช่วง (0, 1) มีค่าเท่ากับ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงที่ต้องการจำลองข้อมูล

$$R = F(t)$$

และจะได้ค่าตัวแปรสุ่ม $t = F^{-1}(R)$

$$t = -\theta \ln(1-R)$$

โดยที่ t เป็นค่าตัวแปรแบบสุ่มซึ่งถูกสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือเวลาที่คงอยู่

R เป็นตัวเลขสุ่มซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

θ เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล

2.3 เมื่อระยะเวลาของการอยู่รอดมีการแจกแจงแบบเรย์ลี

การสร้างตัวเลขสุ่มที่มีการแจกแจงแบบเรย์ลีจะใช้เทคนิคการแปลงผกผัน (Inverse Transformation) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ให้ R ซึ่งเป็นตัวเลขสุ่ม (Random Number) ในช่วง (0, 1) มีค่าเท่ากับ ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมของการแจกแจงที่ต้องการจำลองข้อมูล

$$R = F(t)$$

และจะได้ค่าตัวแปรสุ่ม $t = F^{-1}(R)$

$$t = \sqrt{-2\sigma^2 \ln(1-R)}$$

โดยที่ t เป็นค่าตัวแปรแบบสุ่มซึ่งถูกสร้างขึ้น ซึ่งในที่นี้คือเวลาที่คงอยู่

R เป็นตัวเลขสุ่มซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

σ เป็นพารามิเตอร์ของการแจกแจงแบบเรย์ลี

3. ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการประมาณฟังก์ชันจะมีลักษณะเป็นข้อมูลสมบูรณ์ คือ ไม่มีการตัดข้อมูลทิ้งจะศึกษาจนกระทั่งข้อมูลออกจากการสังเกตอันเนื่องมาจากการสูญเสีย หรือสิ้นสุดช่วงของการสังเกต

4. นำข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการในข้อ 1 และข้อ 2 มาเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมาก เพื่อใช้ในการคำนวณขั้นตอนต่อไป

5. การประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัย ด้วยวิธีการประมาณที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ทั้ง 4 วิธี โดยแต่ละวิธีมีขั้นตอนในการประมาณดังนี้

5.1 วิธีคณิตศาสตร์ประกันภัย

1. นำข้อมูลมาเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมาก เพื่อหาลำดับที่ของข้อมูล หรือนับจำนวนค่าสังเกตที่มีค่าอยู่ในแต่ละช่วงที่ต้องการประมาณค่า

2. หาค่าประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัย $\hat{\lambda}^*(t)$ จากสมการ (2.1)

5.2 วิธีของแคพแลนและไมเออร์

1. นำข้อมูลมาเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมาก เพื่อหาลำดับที่ของข้อมูล หรือนับจำนวนค่าสังเกตที่มีค่าอยู่ในแต่ละช่วงที่ต้องการประมาณค่า

2. หาค่าประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัย $\hat{\lambda}^*(t)$ จากสมการ (2.2)

5.3 วิธีของเนลสัน-แอเลน

1. นำข้อมูลมาเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมาก เพื่อหาลำดับที่ของข้อมูล หรือนับจำนวนค่าสังเกตที่มีค่าอยู่ในแต่ละช่วงที่ต้องการประมาณค่า

2. หาค่าประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัย $\hat{\lambda}^*(t)$ จากสมการ (2.3)

5.4 วิธีของเซเชอร์

1. นำข้อมูลมาเรียงลำดับค่าจากน้อยไปมาก เพื่อหาลำดับที่ของข้อมูล หรือนับจำนวนค่าสังเกตที่มีค่าอยู่ในแต่ละช่วงที่ต้องการประมาณค่า

2. หาค่าประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัย $\hat{\lambda}^*(t)$ จากสมการ (2.4)

6. ในการทดลองได้ทำการจำลองข้อมูลจะแบ่งรอบของการทำซ้ำออกเป็น 2 ช่วงคือ

6.1 ทำการจำลองข้อมูลซ้ำกันจำนวน 1,000 ครั้ง เมื่อกำหนดให้ i แทนรอบของการทำซ้ำ โดยที่ i = 1, 2, 3,..., 1,000 ดังนั้น

$$\hat{\lambda}^*(t) = \frac{1}{1000}\sum_{i=1}^{1000}\hat{\lambda}_i(t)$$

โดยที่ $\hat{\lambda}^*(t)$ เป็นค่าประมาณ $\lambda(t)$ สำหรับการทำซ้ำรอบที่ i และคำนวณค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (APE) ของแต่ละวิธีตามสมการต่อไปนี้

$$APE(t) = \left| \frac{\lambda(t) - \hat{\lambda}^{*}(t)}{\lambda(t)} \right| \times 100\%$$

จากนั้นคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAPE) ดังสมการต่อไปนี้

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n} APE_{t}(t)}{n}$$

โดย n แทนจำนวนจุดเวลาที่ศึกษาในแต่ละช่วง

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัย

โปรแกรมที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด เขียนด้วยภาษาฟอร์แทรน (FORTRAN) โดยใช้กับเครื่อง AMDAHL 5860 ซึ่งในแต่ละสถานการณ์ของการทดลอง ลักษณะของการทำงานของโปรแกรมจะเหมือนกัน สำหรับรายละเอียดของโปรแกรมจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งจะเป็นโปรแกรมการทำงานของการแจกแจงแบบไวบูลย์ การแจกแจงแบบเอกซโพเนนเชียล และการแจกแจงแบบเรย์ลี ซึ่งแต่ละการแจกแจงก็จะมีการประมาณฟังก์ชันอัตราภาวะภัยของแต่ละวิธีคือ วิธีคณิตศาสตร์ประกันภัย วิธีของแคพแลนและไมเออร์ วิธีของเนลสัน-แอเลน และวิธีของเซเชอร์

แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการประมาณค่าฟังก์ชันอัตราภาวะภัย