



**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**  
**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

**ปริญญา**

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้หลักการฟัซซี่

A Method to Estimate Parameters of Probabilistic Model of Power System Reliability from Electricity Records Using Fuzzy Principle

นามผู้วิจัย นายอัครา กิตติปฎิมาคุณ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์พิสุทธิ รพีศักดิ์, Ph.D. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์คุณชัย พิเศษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

( รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของระบบ  
ไฟฟ้ากำลังจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้หลักการฟัซซี่

A Method to Estimate Parameters of Probabilistic Model of Power System Reliability from  
Electricity Records Using Fuzzy Principle

โดย

นายอัครา กิตติปฏิมาคุณ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัครา กิตติปฏิมาคุณ 2556: วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้หลักการพีชชี ปริญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พิสุทธิ รพีศักดิ์, Ph.D. 119 หน้า

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเสนอการศึกษาวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์อันได้แก่อัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับของระบบไฟฟ้าจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ในเบื้องต้นทำการตั้งสมมติฐานให้ข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าอัตราความล้มเหลวมีการแจกแจงข้อมูลแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและข้อมูลที่ใช้ในการประมาณค่าระยะเวลาไฟดับมีการแจกแจงข้อมูลแบบล็อกนอร์มอล โดยทำการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวด้วยวิธีทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ ซึ่งผลทดสอบที่ได้นำไปใช้ในการพิจารณาวิธีการในการประมาณค่าพารามิเตอร์ทั้งสองของแต่ละช่วงสายป้อน พร้อมทั้งใช้ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นร่วมกับทฤษฎีพีชชีในการอธิบายความไม่แน่นอนของข้อมูล ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ได้นำมาคำนวณเป็นค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI และนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากทางสถิติ มีความคลาดเคลื่อน 14.39% สำหรับค่า SAIFI และ 6.72% สำหรับค่า SAIDI ค่าอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์หาความเชื่อถือได้สำหรับการวางแผนปรับปรุงสมรรถนะให้แก่ระบบไฟฟ้าต่อไป

Akara Kittipadimakun 2013: A Method to Estimate Parameters of Probabilistic Model of Power System Reliability from Electricity Records Using Fuzzy Principle. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Mr. Pisut Raphisak, Ph.D. 119 pages.

This thesis presents a method for estimating the parameters, namely failure rate and repair time of the power system from electricity interruption records. The electricity interruption data used to estimate failure rate and repair time are initially assumed to have the exponential distribution and the lognormal distribution, respectively. The Kolmogorov-Smirnov method is applied to test goodness-of-fit of the estimated parameters. The failure rate and repair time are estimated for each section of feeder using fuzzy theory to describe the uncertainty of the data. SAIFI and SAIDI are calculated from the estimated parameters to compare with SAIFI and SAIDI calculated directly from the electricity interruption data. The results show error of 14.39% for SAIFI and 6.72% for SAIDI. The failure rate and repair time can be used to analyze the reliability for the planning system to improve performance further.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ อ.ดร.พิสุทธิ์ รพีศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร.ดุลย์พิเชษฐ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนทำการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัวของข้าพเจ้าทุกท่าน ซึ่งได้ให้การสนับสนุนทุกด้านและให้กำลังใจเสมอมา ตลอดจนเพื่อนทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ทำให้งานวิจัยฉบับนี้บรรลุผลสำเร็จ

ท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอนำความรู้ความสามารถและประสบการณ์ที่มีค่าที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าไปใช้ให้เกิดประโยชน์ สูงสุดต่อสังคมต่อไป

อัครา กิตติปฏิมาคุณ  
มิถุนายน 2556

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	18
อุปกรณ์	18
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	24
ผล	24
วิจารณ์	112
สรุปและข้อเสนอแนะ	113
สรุป	113
ข้อเสนอแนะ	114
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	115
ภาคผนวก	117
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	119

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างข้อมูลคะแนนสอบของนักเรียน	11
2	ผลการทดสอบโคโมโกรอฟ-สมอรรนอฟของข้อมูลตัวอย่าง	13
3	ข้อมูลผู้ใช้ไฟและจำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของสายป้อน A02	24
4	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02B01	25
5	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F01	27
6	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F02	29
7	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F03	30
8	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F04	31
9	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F05	32
10	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F06	34
11	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F07	36
12	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F08	37
13	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F09	39
14	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F10	41

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F11	43
16	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F12	45
17	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02B01	46
18	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F01	47
19	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F02	49
20	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F03	50
21	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F04	51
22	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F05	52
23	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F06	54
24	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F07	55
25	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F08	57
26	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F09	59
27	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F10	61

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของ เซกชันหลังอุปกรณ์ A02F11	63
29	ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของ เซกชันหลังอุปกรณ์ A02F12	64
30	ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและ ระยะเวลาไฟดับ	91
31	ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI และ SAIDI ของแต่ละ เซกชัน	109
32	ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบน SAIFI และ SAIDI ของสายป้อน A02	110
33	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จริงของสายป้อน A02	110
34	ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่ากับค่าจริงของระบบสาย ป้อน A01,A03,A04 และ A05	111

## สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (PDF หรือ $f(t)$ )	8
2	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (CDF หรือ $F(t)$ )	8
3	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล (PDF หรือ $f(t)$ )	9
4	กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบลือกนอร์มอล (CDF หรือ $F(t)$ )	10
5	ตรรกะแบบจริงเท็จ(บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบพีชชี(พีชชีลอจิก)	15
6	กราฟคุณลักษณะของฟังก์ชันสามเหลี่ยม	17
7	ขั้นตอนวิธีการประมาณค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ	20
8	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02B01	26
9	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F01	28
10	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F02	29
11	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F03	30
12	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F04	32
13	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F05	33
14	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F06	35
15	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F07	36
16	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F08	38
17	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F09	41
18	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F10	42
19	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F11	44
20	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F12	45
21	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02B01	47
22	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F01	48
23	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F02	49
24	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F03	50
25	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F04	52
26	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F05	53

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F06	55
28	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F07	56
29	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F08	58
30	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F09	61
31	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F10	62
32	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F11	63
33	กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F12	65
34	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02B01	66
35	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F01	67
36	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F02	68
37	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F03	69
38	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F04	70
39	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F05	71
40	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F06	72
41	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F07	73
42	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F08	74
43	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F09	75
44	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F10	76
45	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F11	77
46	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซคชั่น A02F12	78
47	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02B01	79
48	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F01	80
49	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F02	81
50	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F03	82
51	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F04	83
52	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F05	84

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
53	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F06	85
54	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F07	86
55	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F08	87
56	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F09	88
57	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F10	89
58	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F11	90
59	ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาซ่อมของเซคชั่น A02F12	91

### คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PDF	=	ฟังก์ชันความหนาแน่นการแจกแจง
CDF	=	ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม
MTTF	=	ระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน
MTTR	=	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบจะกลับสู่สภาวะปกติหลังจากเกิดเหตุการณ์ไฟดับ
$\lambda_i$	=	ค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชัน $i$
$r_i$	=	ค่าระยะเวลาไฟดับของเซกชัน $i$
K	=	ค่าทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ
$\chi^2_{P,v}$	=	ค่าไคร้สแควร์ที่มีค่าความน่าจะเป็น $P$ และมีองศาอิสระ $v$
$t_{v,P}$	=	ค่าทีที่มีค่าความน่าจะเป็น $P$ และมีองศาอิสระ $v$
$\lambda_{L,i}$	=	ค่าขอบเขตล่างของค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชัน $i$
$\lambda_{P,i}$	=	ค่ายอดของค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชัน $i$
$\lambda_{U,i}$	=	ค่าขอบเขตบนของค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชัน $i$
$r_{L,i}$	=	ค่าขอบเขตล่างของค่าระยะเวลาไฟดับของเซกชัน $i$
$r_{P,i}$	=	ค่ายอดของค่าของค่าระยะเวลาไฟดับของเซกชัน $i$
$r_{U,i}$	=	ค่าขอบเขตบนของค่าระยะเวลาไฟดับของเซกชัน $i$
$SAIFI_{L,i}$	=	ค่าขอบเขตล่างของค่าดัชนี SAIFI ของเซกชัน $i$
$SAIFI_{P,i}$	=	ค่ายอดของค่าดัชนี SAIFI ของเซกชัน $i$
$SAIFI_{U,i}$	=	ค่าขอบเขตบนของค่าดัชนี SAIFI ของเซกชัน $i$
$SAIDI_{L,i}$	=	ค่าขอบเขตล่างของค่าดัชนี SAIDI ของเซกชัน $i$
$SAIDI_{P,i}$	=	ค่ายอดของค่าดัชนี SAIDI ของเซกชัน $i$
$SAIDI_{U,i}$	=	ค่าขอบเขตบนของค่าดัชนี SAIDI ของเซกชัน $i$

## วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความน่าจะเป็นของความน่าเชื่อถือได้ ของระบบไฟฟ้ากำลังจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยใช้หลักการฟัซซี่

### A Method to Estimate Parameter of Probabilistic Model of Power System Reliability from Electricity Records Using Fuzzy Principle

#### คำนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพมากขึ้นจากอดีต กล่าวคือในทางอุดมคติผู้บริโภคสามารถรับไฟฟ้าจากระบบจัดจำหน่ายได้อย่างต่อเนื่อง ไม่เกิดเหตุขัดข้องในระบบ จนส่งผลให้ไม่สามารถจัดจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้บริโภคได้ แต่ในความเป็นจริงการส่งจ่ายไฟฟ้าจากระบบจัดจำหน่ายไปยังผู้บริโภคย่อมต้องเกิดเหตุขัดข้องเป็นผลให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าดับของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเหตุขัดข้องดังกล่าวสามารถแบ่งสาเหตุการเกิดหลักๆ ได้ 3 สาเหตุคือ สาเหตุจากธรรมชาติ สาเหตุจากมนุษย์ และสาเหตุจากบกพร่องในระบบ

การเก็บรวบรวมสถิติเหตุขัดข้องที่เกิดขึ้นบนระบบไฟฟ้า ที่ดีทั้งในแง่คุณภาพและปริมาณ จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการประเมินค่าดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้า เนื่องจากการที่จะประเมินค่าดัชนีความน่าเชื่อถือโดยใช้วิธีทางสถิติของระบบไฟฟ้าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำนั้น จำเป็นที่จะต้องต้องมีข้อมูลสถิติเหตุขัดข้องที่ตรงกับความเป็นจริงและมีปริมาณข้อมูลที่มาก แต่ในความเป็นจริงเป็นไปได้ยาก ทั้งในแง่ปริมาณและในแง่คุณภาพ เนื่องจากการเก็บข้อมูลให้ได้ปริมาณมากจำเป็นที่จะต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมที่ยาวนาน และการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ถูกต้องแม่นยำทั้งหมดเป็นไปได้ยาก

ในงานวิจัยนี้ จะนำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองของความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลังโดยใช้วิธีทางสถิติและวิธีความน่าจะเป็น และแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินโดยวิธีทั้งสอง จากนั้นทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงความน่าเชื่อถือของระบบไฟฟ้าให้ดียิ่งขึ้น

## วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ เพื่อสร้างแบบจำลองความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากำลัง โดยใช้แบบจำลองความน่าจะเป็น และพัฒนาวิธีการประเมินค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองความน่าจะเป็น โดยอาศัยข้อมูลสถิติไฟฟ้าขัดข้อง



## การตรวจเอกสาร

### ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

Brown (2545) ความน่าเชื่อถือของระบบจัดจำหน่ายเกี่ยวข้องกับการทำงานของอุปกรณ์เพื่อทำการขจัดฟอลต์ที่เกิดขึ้นบนระบบไฟฟ้า และการที่ผู้ใช้ไฟฟ้าไม่สามารถรับไฟฟ้าได้ ในสภาพการทำงานปกติ อุปกรณ์ทุกตัวทำงานปกติและผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถใช้ไฟฟ้าได้เป็นปกติ เมื่อมีเหตุการณ์ขัดข้องที่มีวางแผนให้เกิดขึ้น (Scheduled event) และเหตุการณ์ขัดข้องที่ไม่ทราบว่าจะเกิดขึ้น (Unscheduled event) เหตุการณ์ดังกล่าวจะเข้ามารบกวนสภาพการทำงานปกติของระบบ และนำไปสู่การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและการขัดจังหวะการใช้ไฟของผู้ใช้ไฟฟ้า คำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับความน่าเชื่อถือของระบบจำหน่ายไฟฟ้าประกอบด้วย

Contingency – เหตุการณ์ที่ไม่คาดว่าจะเป็นเช่น ฟอลต์หรือการเปิดของวงจรและเหตุการณ์อื่นๆ จัดเป็นเหตุการณ์ขัดข้องที่ไม่ทราบว่าจะเกิด

Open Circuit – จุดในวงจรซึ่งขัดจังหวะการไหลของกระแสไหลโดยที่ไม่มีสาเหตุจากการกระแสฟอลต์เกิดขึ้นในระบบ ตัวอย่างเช่น การทำงานผิดพลาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์

Fault – การลัดวงจร ฟอลต์มีสาเหตุมาจากการสูญเสียความเป็นไดอิเล็กทริกของฉนวน และสามารถแบ่งเป็น temporary และ permanent temporary self-clearing คือการลัดวงจรที่จะดับถ้ามีการตัดจ่ายพลังงานและจากนั้นจะสามารถกลับมาส่งจ่ายพลังงานได้ การเกิดวาบไฟบนผิวฉนวนเนื่องจากฟ้าผ่า – หลังจากระบบทำการตัดจ่ายไฟ ประจุฟ้าผ่าจะสลายตัว ฉนวนจะฟื้นฟูกลับสู่สถานะเดิม ส่วน permanent self-clearing คือการลัดวงจรที่ยังคงอยู่ในระบบจนกระทั่งได้รับการซ่อมแซม

Outage – จะปรากฏเมื่อขึ้นส่วนของอุปกรณ์ตัดการจ่ายพลังงาน outage สามารถเป็นทั้งเหตุการณ์ขัดข้องที่มีวางแผนให้เกิดขึ้นและเหตุการณ์ขัดข้องที่ไม่ทราบว่าจะเกิด outage แบบที่มีวางแผนให้เกิดขึ้นเป็นที่รู้กันเพื่อปรับปรุงระบบ (outage เพื่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์) outage แบบที่ไม่ทราบว่าจะเกิดเป็นผลมาจาก contingencies

Momentary Interruption – คือ เหตุการณ์ที่ผู้ใช้ไฟถูกตัดการจ่ายไฟเป็นระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการรีโครสซึ่งหรือการเกิดสวิตซ์อัตโนมัติ การเกิดรีโครสซึ่งหลายครั้งส่งผลให้เกิด Momentary Interruption หลายครั้ง การทำงานของรีโครสเซอร์สองตัวเท่ากับการเกิด Momentary Interruption สองครั้งสำหรับผู้ใช้ไฟหลังรีโครสเซอร์

Momentary Interruption Event - Momentary Interruption Event ประกอบด้วยเหตุการณ์ Momentary Interruption หนึ่งเหตุการณ์หรือมากกว่า ภายในช่วงเวลาหลายนาที่ ถ้าเกิดการตัดวงจรของรีโครสเซอร์สามครั้ง จะส่งผลให้เกิด Momentary Interruption สามครั้งและหนึ่ง Momentary Interruption Event สำหรับผู้ใช้ไฟหลังรีโครสเซอร์

Sustained Interruption – คือเหตุการณ์ที่ผู้ใช้ไฟถูกตัดการจ่ายไฟเป็นระยะเวลานาน ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการเปิดวงจรและการเกิดฟอลต์

#### **Addition Interruption Indices**

Billinton (2539) ค่าดัชนีความน่าเชื่อถือสามารถประเมินได้โดยใช้แนวคิดแบบดั้งเดิม คือ ค่าเฉลี่ยอัตราความล้มเหลว, ค่าเฉลี่ยเวลาที่ระบบหยุดทำงาน และค่าเฉลี่ยที่ระบบไม่สามารถทำงานต่อปีหรือค่าเฉลี่ยเวลาไฟดับต่อปี ค่าดัชนีเหล่านี้จะถูกเรียกในชื่อว่าอัตราความล้มเหลว, ระยะเวลาการหยุดทำงาน และเวลาไฟดับต่อปี อย่างไรก็ตามค่าเหล่านี้ไม่ใช่ค่าที่กำหนดขึ้นแต่เป็นค่าที่คาดหวังกว่าจะเกิดหรือเป็นค่าเฉลี่ยของการกระจายความน่าจะเป็นพื้นฐานและเป็นตัวแทนของค่าเฉลี่ยระยะยาว ในทางเดียวกันคำว่า ค่าเฉลี่ยหรือค่าคาดหวังกจะได้รับการละไว้ในดัชนีอื่นๆแต่ควรสังเกตว่าคำดังกล่าวจะปรากฏเสมอ

ถึงแม้ว่าดัชนีทั้งสามจะมีความสำคัญมาก แต่ดัชนีเหล่านี้ก็ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมและการตอบสนองของระบบได้อย่างสมบูรณ์ เช่นการประเมินค่าดัชนีเดียวกันโดยไม่คำนึงถึงจำนวนผู้ใช้ไฟว่าเป็นหนึ่งรายหรือหนึ่งร้อยราย ซึ่งเชื่อมต่อไปยังจุดโหลดหรือค่าเฉลี่ยโหลดที่จุดโหลดคือ 10kW หรือ 100 MW เพื่อที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความรุนแรงหรือความสำคัญของการหยุดทำงานของระบบ การประเมินค่า Addition interruption indices สามารถพบได้เสมอ ค่า Addition interruption indices ที่นิยมนำมาใช้ประเมินมีดังนี้

System average interruption frequency index, SAIFI

$$SAIFI = \frac{\text{Total Number of Customer Interruptions}}{\text{Total Number of Customer Served}} = \frac{\sum \lambda_i \times N_i}{\sum N_i} / \text{yr} \quad (1)$$

โดย  $\lambda_i$  คืออัตราความล้มเหลวและ  $N_i$  คือจำนวนผู้ใช้ไฟของจุดโหลด  $i$

System average Interruption duration index, SAIDI

$$SAIDI = \frac{\text{Sum of Customer Interruptions Durations}}{\text{Total Number of Customer Served}} = \frac{\sum U_i \times N_i}{\sum N_i} \text{ hr / yr} \quad (2)$$

โดย  $U_i$  คือเวลาไฟดับต่อปี และ  $N_i$  คือจำนวนผู้ใช้ไฟของจุดโหลด  $i$

### ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น

Brown (2545) ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution Function) เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยอธิบายคุณลักษณะและพฤติกรรมของข้อมูลจำนวนมากด้วยพารามิเตอร์จำนวนน้อย

ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นมีฟังก์ชันความหนาแน่น (Probability Density Function),  $f(x)$  ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มที่ตัวแปรสุ่ม  $x$  จะมีโอกาสเกิดขึ้น เช่น ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของการถอยเหวี่ยงคือ

$$f(\text{หัว}) = 0.5$$

$$f(\text{ก้อย}) = 0.5$$

ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นมีคุณลักษณะที่สำคัญสองคุณลักษณะคือ หนึ่งแต่ละฟังก์ชันจะมีค่าอยู่ระหว่างศูนย์ถึงหนึ่ง กล่าวคือเหตุการณ์ที่มีค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นเท่ากับศูนย์บ่งบอกว่าเหตุการณ์นั้นไม่ได้เกิดขึ้น และเหตุการณ์ที่มีค่าฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นเท่ากับหนึ่งบ่งบอกว่าเหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นอย่างแน่นอน คุณลักษณะที่สองคือผลรวมความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง เนื่องจากแต่ละเหตุการณ์คู่จะมีผลอย่างแม่นยำเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้นจริง

$$f(x) \in [0,1] \quad (3)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1 \quad (4)$$

$f$  = ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น

ฟังก์ชันที่มีความใกล้ชิดกับฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นคือฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function),  $F(x)$ , ฟังก์ชันการแจกแจงสะสมคืออินทิกรัลของฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น และสะท้อนให้เห็นว่าความน่าจะเป็น  $f(x)$  จะมีเท่ากับหรือค่าน้อยกว่า  $x$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(y)dy \quad (5)$$

$F$  = ฟังก์ชันการแจกแจงสะสม

ฟังก์ชันที่มีความเกี่ยวข้องใกล้ชิดกับฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นและฟังก์ชันการแจกแจงสะสมคือฟังก์ชันความเสี่ยง (Hazard Function),  $\lambda(x)$  ฟังก์ชันความเสี่ยงช่วยอธิบายพฤติกรรมความล้มเหลวของอุปกรณ์จากฟังก์ชันการแจกแจงสะสมและฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็น ฟังก์ชันความเสี่ยงมีค่าเท่ากับความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะล้มเหลว เพราะฟังก์ชันความหนาแน่นคือค่าความน่าจะเป็นของอุปกรณ์ที่จะล้มเหลวและฟังก์ชันการแจกแจงสะสมคือความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์ล้มเหลวแล้ว ค่าอัตราความเสี่ยงสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$\lambda(x) = \frac{f(x)}{1 - F(x)} \quad (6)$$

$\lambda$  = ฟังก์ชันความเสี่ยง

ดังที่กล่าวมา ฟังก์ชันความเสี่ยงเปรียบเสมือนฟังก์ชันความล้มเหลว Bathtub curve เป็นตัวอย่างที่ดีของฟังก์ชันความเสี่ยง ซึ่งแสดงถึงอัตราความล้มเหลวของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ

อีกหนึ่งค่าที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันความหนาแน่นและฟังก์ชันการแจกแจงสะสมที่ได้รับการใช้เพื่อแสดงคุณลักษณะของอัตราความล้มเหลวอย่างแพร่หลายคือฟังก์ชันความอยู่รอด (Survivor Function),  $R(x)$  ฟังก์ชันความอยู่รอดคือค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะไม่เกิดความล้มเหลวจนถึงระยะเวลาหนึ่ง ในทางคณิตศาสตร์ ฟังก์ชันความอยู่รอดเป็นองค์ประกอบทางคณิตศาสตร์ของฟังก์ชันการแจกแจงความล้มเหลวสะสม ซึ่งแสดงถึงค่าความน่าจะเป็นที่อุปกรณ์จะเกิดความล้มเหลวก่อนเวลาที่กำหนด

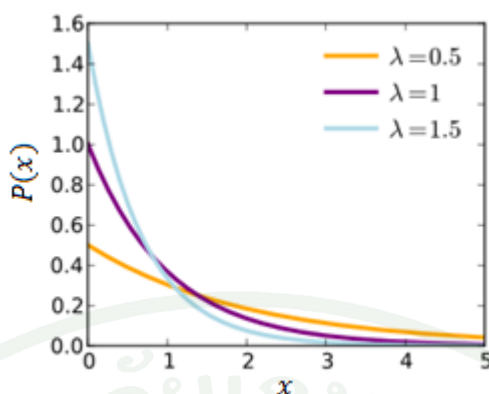
$$R(x) = 1 - F(x) \quad (7)$$

R = ฟังก์ชันความอยู่รอด

### การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

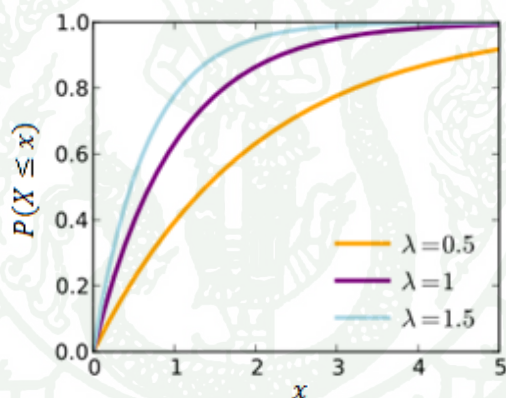
วรา (2545) ในทางทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติ สำหรับการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลจัดอยู่ในการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Probability Distribution) ซึ่งมีการใช้งานอย่างกว้างขวางเพื่อศึกษาระยะห่างหรือช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ที่สนใจ บางครั้งเรียกว่า การศึกษาอายุการใช้งานหรือช่วงเวลาในการพบข้อผิดพลาด “Time to Failure” เมื่อฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function, PDF) ถูกแสดงในสมการที่ (8) และฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (Cumulative Distribution Function, CDF) ถูกแทนด้วยสมการที่ (9) เมื่อ  $\lambda$  คือ พารามิเตอร์อัตรา (Rate Parameter) และมีค่าสเกลพารามิเตอร์ (Scale Parameter)

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad \text{เมื่อ } t > 0 \quad (8)$$



ภาพที่ 1 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (PDF หรือ  $f(t)$ )

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt = 1 - e^{-\lambda t} \quad \text{เมื่อ } t > 0 \quad (9)$$



ภาพที่ 2 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (CDF หรือ  $F(t)$ )

สำหรับความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงานไปจนถึงเวลา  $t$  คือ ฟังก์ชันความเชื่อถือได้  $R(t)$  ตามสมการที่ (10)

$$R(t) = \int_t^\infty f(t)dt = e^{-\lambda t} \quad \text{เมื่อ } t > 0 \quad (10)$$

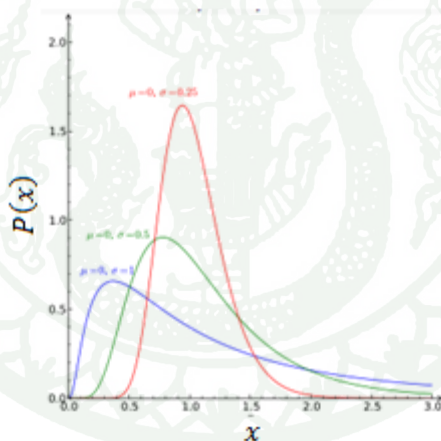
ระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ (MTTF) ซึ่งในทางวิศวกรรมมักเรียกว่า ระยะเวลาที่ระบบทำงานเฉลี่ย สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$MTTF = \int_0^{\infty} t \times f(t) dt = \int_0^{\infty} t \times \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \quad \text{เมื่อ } t > 0 \quad (11)$$

### การแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล

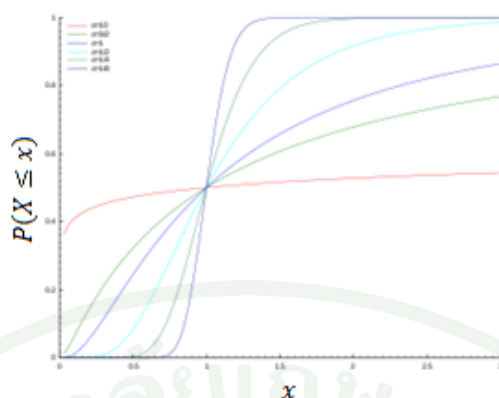
ชนิดของการแจกแจงข้อมูลที่นิยมใช้ในการอธิบายคุณลักษณะของระยะเวลาไฟดับของระบบคือการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล เพราะการแจกแจงดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงระยะเวลาไฟดับที่ส่วนใหญ่ควรมีระยะเวลาดั้ง โดยมีการกระจายความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (PDF) ถูกแสดงในสมการที่ (12) และฟังก์ชันการแจกแจงสะสม (CDF) ถูกแทนด้วยสมการที่ (13)

$$f(t) = \frac{1}{t * \sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (12)$$



ภาพที่ 3 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอล (PDF หรือ f(t))

$$F(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} * \text{erf} \left[ \frac{\ln t - \mu}{\sqrt{2\sigma^2}} \right] \quad (13)$$



ภาพที่ 4 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงสะสมแบบดิสทริบิวชันนอร์มอล (CDF หรือ F(t))

ระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย (MTTR) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (14)

$$MTTR = e^{\left(\bar{t}' + \frac{s^2}{2}\right)} \quad (14)$$

โดยที่  $\bar{t}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t'_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln t_i$  และ  $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t}')^2$

#### การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ

การทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ เป็นการทดสอบสารูปสถิติระหว่างการแจกแจงของค่าความถี่สะสมของตัวอย่างกับการแจกแจงความถี่สะสมที่คาดหวังในทางทฤษฎี ในกรณีที่ตัวอย่างถูกสุ่มมาจากประชากรที่มีสเกลการวัดแบบอันดับขึ้นไป เพื่อต้องการทดสอบว่าค่าสังเกตจากกลุ่มตัวอย่างมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบต่อเนื่องทางทฤษฎีชนิดหนึ่งหรือไม่ เช่น การแจกแจงของประชากรอาจเป็นการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) การแจกแจงยูนิฟอร์ม (uniform distribution) การแจกแจงปัวซอง (poisson distribution) หรือการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียล (exponential distribution) เป็นต้น

สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov คือค่าที่มากที่สุดของค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างความน่าจะเป็นสะสมที่ได้จากการสังเกตและความน่าจะเป็นสะสมเชิงทฤษฎีที่กำหนด

ข้อตกลงเบื้องต้น คือ กลุ่มตัวอย่างได้มาโดยการสุ่มและเป็นอิสระต่อกันที่ไม่ทราบฟังก์ชันของการแจกแจง  $G(x)$  ถ้าเรากำหนดให้  $F(x)$  แทนฟังก์ชันของการแจกแจงชนิดหนึ่งแล้วจะสามารถเขียนสมมติฐานของการทดสอบได้ดังนี้

$H_0 : G(x) = F(x)$  สำหรับทุกค่าของ  $x$

คู่กับ  $H_1 : G(x) \neq F(x)$  สำหรับค่าของ  $x$  อย่างน้อยที่สุด 1 ค่า

การคำนวณสถิติทดสอบคือ คำนวณค่าการแจกแจงความถี่สะสมของตัวอย่างให้แทนด้วย  $S(x)$  แล้วเปรียบเทียบกับค่าการแจกแจงของประชากรที่เป็นสมมติฐานของการทดสอบแทนด้วย  $F(x)$  สำหรับแต่ละค่าของ  $x$  แล้วหาความแตกต่างสัมบูรณ์ของการแจกแจงทั้ง 2 นี้คือ  $|S(x) - F(x)|$  ค่าสถิติทดสอบ  $K$  คือ ค่าที่มากที่สุดของความแตกต่างนี้ถ้าค่า  $K$  เข้าใกล้ 0 แสดงว่าการแจกแจงของตัวอย่างใกล้เคียงกับการแจกแจงที่กำหนดทำให้สรุปได้ว่ายอมรับ  $H_0$  ถ้าค่าสถิติทดสอบ  $K$  มีค่ามากพอจะสรุปว่าการแจกแจงของตัวอย่างแตกต่างจากการแจกแจงที่กำหนดในสมมติฐานอย่างน้อยที่สุด 1 จุด ทำให้สรุปได้ว่าปฏิเสธ  $H_0$

ตัวอย่างเช่น ในการสอบวิชาหลักการวางแผนการตลาด อยากทราบว่าคะแนนสอบของนักเรียนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ตัวอย่างคือคะแนนสอบของนักเรียนทั้งหมด 55 คน ที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 47.4 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.7 คะแนน ดังตารางที่ 1 แสดงคะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลคะแนนสอบของนักเรียน

36.3	31.3	35.0	43.0	41.7	50.0	43.0	45.0	50.3	38.3	38.3
56.3	45.3	49.3	61.7	42.0	41.3	54.3	57.0	42.3	51.3	51.0
59.7	40.3	53.7	41.3	44.3	43.3	52.0	54.7	49.3	40.7	38.3
50.7	44.0	43.7	58.3	56.3	37.3	42.7	65.7	35.7	46.7	52.3
52.7	43.0	44.7	45.3	44.0	44.0	57.3	55.3	57.0	50.0	61.0

สมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ  $H_0$  : คะแนนสอบมีการแจกแจงแบบปกติคู่กับ  $H_1$  : คะแนนสอบมีการแจกแจงไม่ใช่แบบปกติ

การคำนวณค่าสถิติทดสอบ  $K$  ทำได้โดยการสร้างตารางการคำนวณดังนี้

- 1) จัดข้อมูลแบ่งออกเป็นชั้นๆ โดยปกติจะให้มีความกว้างของข้อมูลในแต่ละชั้นเท่ากัน ในที่นี้ แบ่งข้อมูลออกเป็น 17 ชั้น แต่ละชั้นมีความกว้างเท่ากับ 2 คะแนน ดังตารางที่ 2
- 2) หาค่าความถี่สะสมที่สอดคล้องกับค่าของ  $x$  ในแต่ละชั้นของตาราง
- 3) หาค่าของสัดส่วนสะสม  $S(x)$  ของแต่ละค่าความถี่สะสมในชั้นตอนที่ 2
- 4) จากความถี่สะสมในชั้นตอนที่ 2 แปลงให้เป็นการแจกแจงที่กำหนดในสมมติฐาน ในตัวอย่างนี้คือ การแจกแจงแบบปกติที่มี  $\mu = 47.4$  คะแนน และ  $\sigma = 7.7$  คะแนน โดยการคำนวณเป็นค่าสถิติ  $Z$  ที่มีการแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน คำนวณค่า  $Z$  จากสูตรคือ

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

ตัวอย่างเช่นที่  $x = 31.5$ ,  $Z = \frac{31.5 - 47.4}{7.7} = -2.06$

5)  $F(Z_x)$  คือ ความน่าจะเป็นสะสมของการแจกแจงที่กำหนดในสมมติฐาน เมื่อ  $Z_x$  คือค่าปกติมาตรฐานที่คำนวณได้จากชั้นตอนที่ 4 ซึ่งในชั้นสุดท้ายของตารางจะได้ค่า  $F(Z_x)$  เท่ากับ 1 เสมอ ในกรณีนี้เปิดค่าได้จากตาราง Cumulative standard normal distribution ในตำราสถิติทั่วไป

6) คำนวณค่าสถิติจากความแตกต่างสัมบูรณ์ระหว่างการแจกแจงของตัวอย่างกับการแจกแจงที่กำหนดในสมมติฐาน ได้ค่าสถิติทดสอบคือ

$$K = \max |S(x) - F(Z_x)| \quad (15)$$

การคำนวณค่าสถิติทดสอบสำหรับตัวอย่างนี้แสดงอยู่ในตารางที่ 2 ได้ค่าสถิติทดสอบคือ

$$K = 0.150$$

ทำการทดสอบสมมติฐาน  $H_0$  โดยการเปรียบเทียบค่าสถิติ  $K$  ที่คำนวณได้กับค่าวิกฤตที่เปิดจากตาราง Critical values for the Kolmogorov-Smirnov test ที่ระดับนัยสำคัญ  $\alpha = 0.05$ ,  $n = 55$  ได้ค่าวิกฤตเท่ากับ 0.1798 ค่า  $K$  ที่คำนวณได้น้อยกว่าค่าวิกฤตจึงสรุปได้ว่ายอมรับ  $H_0$  นั่นคือ คะแนนสอบวิชาหลักการวางแผนการทดลองมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 47.4 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.7 คะแนน

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบโคโมโกรอฟ-สมอรรนอฟของข้อมูลตัวอย่าง

คะแนน	ความถี่	ความถี่สะสม	S(x)	$Z_x$	F( $Z_x$ )	S(x)-F( $Z_x$ )
31-32	1	1	0.018	-2.06	0.019	0.001
33-34	0	1	0.018	-1.81	0.035	0.017
35-36	2	3	0.055	-1.55	0.06	0.005
37-38	5	8	0.145	-1.29	0.098	0.047
39-40	2	10	0.182	-1.03	0.151	0.031
41-42	5	15	0.273	-0.77	0.22	0.053
43-44	10	25	0.455	-0.51	0.305	K = 0.150
45-46	4	29	0.527	-0.25	0.401	0.126
47-48	1	30	0.545	0.01	0.504	0.041
49-50	5	35	0.636	0.27	0.606	0.03
51-52	5	40	0.728	0.53	0.701	0.026
53-54	3	43	0.782	0.79	0.785	0.003
55-56	4	47	0.855	1.05	0.853	0.002
57-58	4	51	0.927	1.31	0.904	0.023
59-60	1	52	0.945	1.57	0.941	0.004
61-62	2	54	0.982	1.83	0.966	0.016
+∞	1	55	1	+∞	1	0

### ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่น

(Wiki) ในทางสถิติช่วงความเชื่อมั่น (CI) เป็นประเภทของประมาณการช่วงของพารามิเตอร์ของกลุ่มข้อมูลและถูกใช้เพื่อระบุความน่าเชื่อถือในการประมาณค่า มันเป็นส่วนหนึ่งของค่าสังเกตการณ์ (คือคำนวณได้จากค่าที่เก็บรวบรวมจากการสังเกตการณ์) ในหลักการที่แตกต่างกันจากกลุ่มตัวอย่างไปยังกลุ่มตัวอย่าง รวมถึงพารามิเตอร์ที่น่าสนใจหากการทดสอบซ้ำแล้วซ้ำอีกบ่อยครั้งที่ช่วงสังเกตการณ์มีพารามิเตอร์ที่จะถูกกำหนดโดยระดับความเชื่อมั่นหรือสัมประสิทธิ์

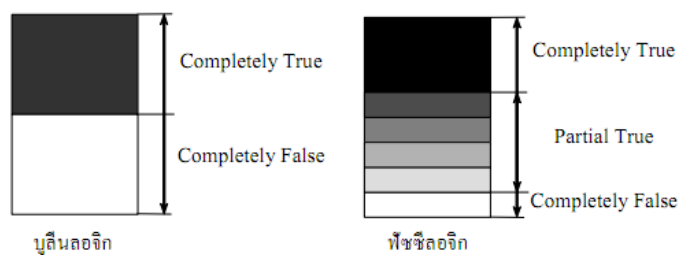
ความเชื่อมั่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งความหมายของคำว่า "ระดับความเชื่อมั่น" คือถ้าช่วงความเชื่อมั่น ถูกสร้างข้ามระหว่างข้อมูลหลายชุดที่แยกจากกันที่ได้จากการทดลองซ้ำแล้วซ้ำอีก (ซึ่งอาจจะแตกต่างกัน) สัดส่วนของช่วงดังกล่าวซึ่งมีค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์จะตรงกับระดับความเชื่อมั่น โดยมีการรับประกันระดับความเชื่อมั่นด้วยการให้เหตุผลต้นแบบในการสร้างช่วงความเชื่อมั่น

ช่วงความเชื่อมั่นประกอบด้วยช่วงของค่า (ช่วง) ที่ทำหน้าที่เป็นค่าประมาณการที่ดีของ พารามิเตอร์ของกลุ่มข้อมูลที่ไม่รู้จัก อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่มีกลุ่มข้อมูลมีประชากรน้อยค่าที่ ประมาณได้อาจไม่ครอบคลุมค่าของพารามิเตอร์ ระดับของความเชื่อมั่นของช่วงความเชื่อมั่นจะ แสดงความน่าจะเป็นที่ช่วงความเชื่อมั่นจะครอบคลุมค่าพารามิเตอร์จริงของกลุ่มข้อมูลซึ่งกระบวนการ แจกแจงของข้อมูล นั่นคือ ไม่สามารถอธิบายกลุ่มข้อมูลที่มีสมาชิกตัวเดียวได้ ค่าระดับความเชื่อมั่น จะถูกแสดงในลักษณะร้อยละ ดังนั้นเมื่อเรากล่าวว่า "เรามีระดับความเชื่อมั่น 99% ว่าค่าที่แท้จริง ของพารามิเตอร์จะอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นของเรา" จะหมายถึงว่า 99% ของช่วงความเชื่อมั่นที่สังเกต จะถือค่าที่แท้จริงของพารามิเตอร์ ระดับความเชื่อมั่นจะถูกกำหนดโดยผู้ใช้ (ไม่ได้กำหนดโดย ข้อมูล) ในกลุ่มข้อมูลที่มีค่าความแปรปรวนสูงจะมีค่าช่วงความเชื่อมั่นที่กว้างส่งผลให้ความแม่นยำ ในการประมาณค่าพารามิเตอร์มีความถูกต้องน้อย

ปัจจัยที่มีผลต่อความกว้างของช่วงความเชื่อมั่น ได้แก่ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง,ระดับของ ความเชื่อมั่นและความแปรปรวนของกลุ่มข้อมูล ขนาดของกลุ่มข้อมูลที่มีขนาดใหญ่โดยปกติจะ นำไปสู่การประมาณการที่ดีของพารามิเตอร์ของกลุ่มข้อมูล

### พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี่

ฟยุง(2553) แนวคิดแบบฟัซซี่เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน ของข้อมูล โดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อน ของมนุษย์แนวคิดแบบฟัซซี่มีลักษณะที่พิเศษกว่าแนวคิดแบบจริงแท้ (Boolean logic) เป็นแนวคิด ที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น แสดง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตรรกะแบบจริงเท็จ(บูลีนลอจิก) กับตรรกะแบบฟัซซี่(ฟัซซี่ลอจิก)

ที่มา : พยุง (2553)

### 1. ฟัซซี่เซต

ฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซี่เซตจะครอบคลุม ทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซี่เซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซี่ด้วย ฟัซซี่เซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซี่ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของกลุ่มแต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมดบางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อยแตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

นิยามของฟัซซี่เซต กำหนดให้  $U$  เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซี่เซต  $A$  จะสามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (16)$$

เมื่อ  $\mu_A(x)$  สามารถตีความเป็นค่าของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ  $x$  ในฟัซซี่เซต  $A$  สำหรับแต่ละ  $x \in U$  (อ่านว่า “ $x$  เป็นสมาชิกของ  $U$ ”) ฟัซซี่เซต  $A$  สามารถเขียนเป็นเซตของคู่อันดับ (tuples)

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in U\} \quad (17)$$

เมื่อ  $A$  หมายถึงฟัซซีเซต  $A$ ,  $x$  หมายถึงสมาชิกของเซต (set membership) ,  $\mu_A(x)$  หมายถึงฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function)  $\mu_A(x)$  บางครั้งแทนด้วย  $A(x)$  และ  $U$  หมายถึงเอกภพสัมพัทธ์ (universe) หรือประชากร

## 2. เซตระดับอัลฟาของฟัซซีเซต

เซตระดับอัลฟา ( $\alpha$ -level) ของฟัซซีเซต  $A$  คือเซต  $A$  (คริปเซต) ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบในเอกภพสัมพัทธ์  $U$  ที่มีค่าการเป็นสมาชิกใน  $A$  มากกว่าหรือเท่ากับอัลฟา ซึ่งสามารถแสดงดังสมการที่ (18)

$$A_\alpha = \{x \in U \mid \mu_A(x) \geq \alpha, \alpha \in [0,1]\} \quad (18)$$

## 3. ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

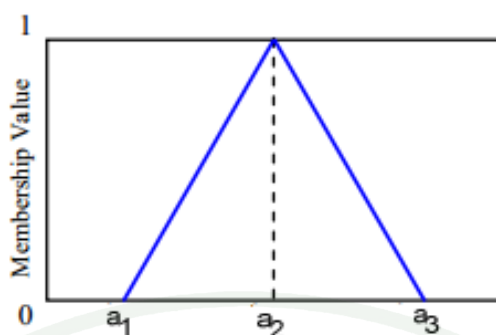
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอนและคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซีเพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบฟังก์ชันสามเหลี่ยมในการแสดงถึงความไม่แน่นอนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

### 3.1 ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function)

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีพารามิเตอร์องค์ประกอบทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ  $\{a,b,c\}$  และมีสมการคุณลักษณะตามสมการที่ (19) และมีกราฟคุณลักษณะแสดงดังภาพที่ 6

$$Triangular(x : a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x-a)/(b-a) & a \leq x < b \\ (c-x)/(c-b) & b \leq x < c \\ 0 & x \geq c \end{cases} \quad (19)$$



ภาพที่ 6 กราฟคุณลักษณะของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

#### 4. ดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification)

ดีฟัซซิฟิเคชันคือการแปลงค่าจากฟัซซีเซตกลับเป็นค่าเชิงเดี่ยว ซึ่งมีวิธีการคำนวณหลากหลาย แต่วิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือวิธีจุดศูนย์กลางมวลแสดงดังสมการที่ (20)

$$CM(A) = \frac{\int x \times \mu_A(x) dx}{\int \mu_A(x) dx} \quad (20)$$

ค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ

ใช้ในการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลอง (E) กับค่าได้จากการคำนวณตามทฤษฎี (T) ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ถูกต้อง ค่าคลาดเคลื่อนร้อยละมีค่าเท่ากับค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าได้จากการคำนวณตามทฤษฎีหารด้วยค่าได้จากการคำนวณตามทฤษฎีคูณด้วยหนึ่งร้อย แสดงดังสมการที่ (21)

$$\% Error = \left| \frac{T - E}{T} \right| \times 100 \quad (21)$$

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
3. โปรแกรม Microsoft Office 2007
4. โปรแกรม MatLab/Simulink

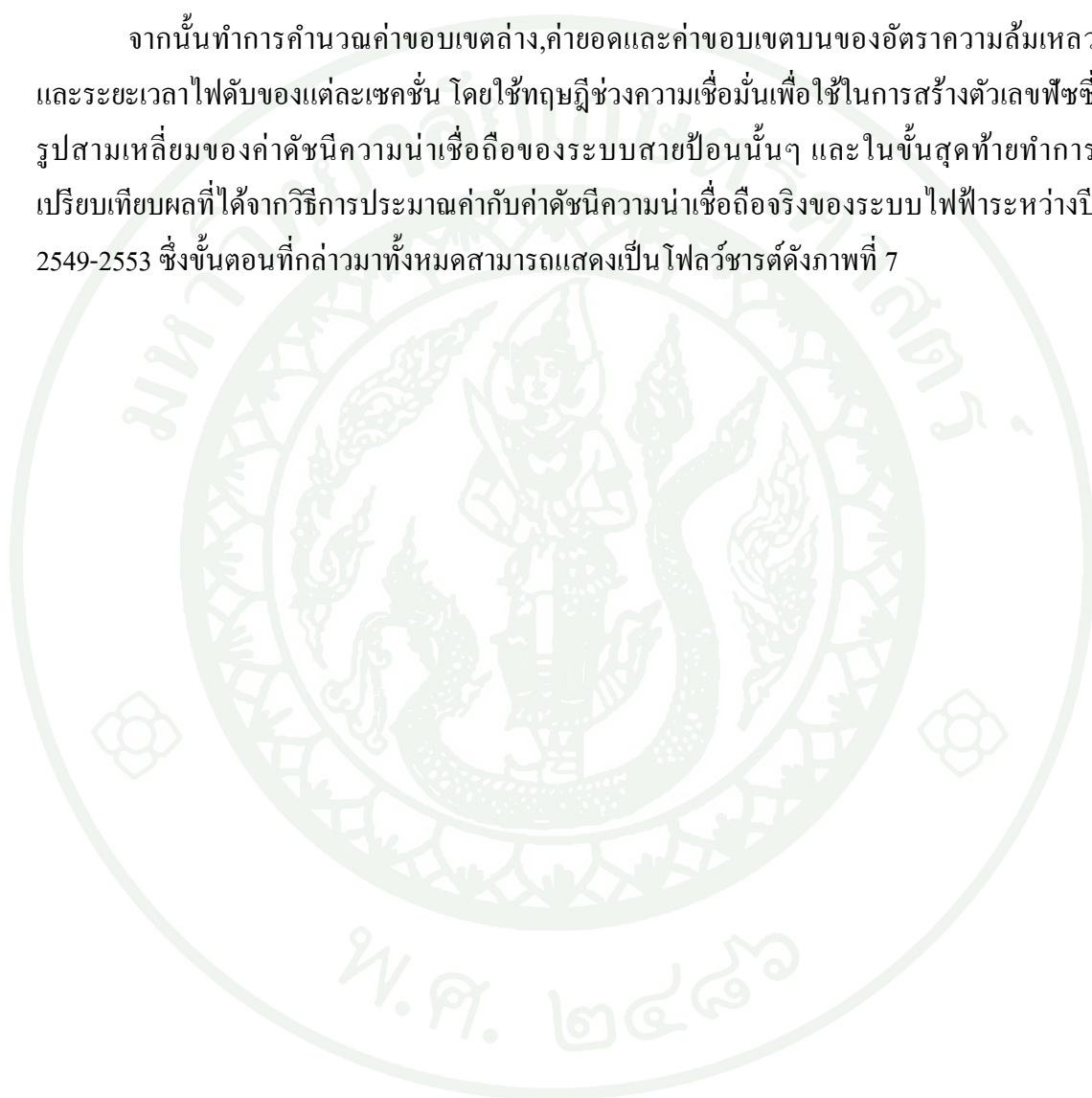
### วิธีการ

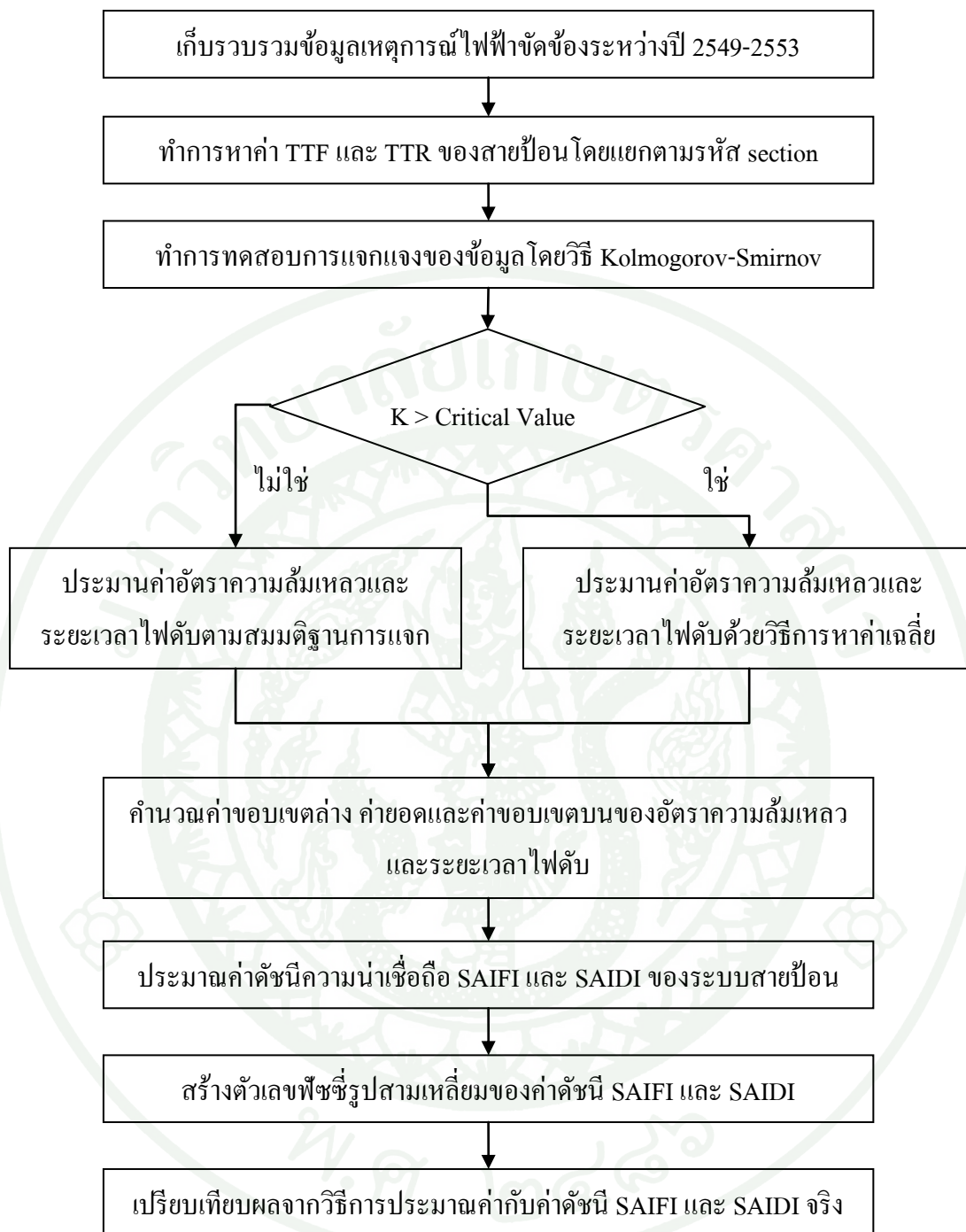
การคำนวณหาค่าอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับในวิทยานิพนธ์นี้ ใช้การแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและล็อกนอร์มอล และทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นร่วมกับทฤษฎีพีชชีในการประมาณค่าอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับของแต่ละเซกชันของสายป้อน เพื่อที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของสายป้อนนั้นๆ ซึ่งรายละเอียดได้แสดงดังภาพที่ 1 ในขั้นแรกทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างปี 2549-2553 ของสายป้อนที่สนใจจะทำการประมาณค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ จากนั้นทำการคำนวณหาระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งแรก (TTF) และระยะเวลาไฟดับ (TTR) โดยแยกตามเซกชันของสายป้อนนั้นๆ ต่อมาทำการหาระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ที่จะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งแรก (MTTF) และระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย (MTTR) เพื่อทำการคำนวณหาอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับตามสมมติฐานการแจกแจงเอ็กซ์โพเนนเชียลและล็อกนอร์มอลตามลำดับ ขั้นต่อมาทำการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลและรูปแบบการแจกแจง โดยวิธีทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ ถ้าเซกชันใดไม่ผ่านการทดสอบ จะทำการคำนวณอัตราความล้มเหลวหรือระยะเวลาไฟดับด้วยวิธีการเฉลี่ยตามสมการที่ (22) และ (23) ตามลำดับ

$$\lambda_i = \frac{\text{จำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง}}{\text{จำนวนปีที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง}} \quad (22)$$

$$r_i = \frac{\text{ระยะเวลาไฟดับรวมของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง}}{\text{จำนวนข้อมูลระยะเวลาไฟดับ}} \quad (23)$$

จากนั้นทำการคำนวณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว และระยะเวลาไฟดับของแต่ละเซกชัน โดยใช้ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นเพื่อใช้ในการสร้างตัวเลขพีชชีรูปสามเหลี่ยมของค่าดัชนีความน่าเชื่อถือของระบบสายป้อนนั้นๆ และในขั้นสุดท้ายทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการประมาณค่ากับค่าดัชนีความน่าเชื่อถือจริงของระบบไฟฟ้าระหว่างปี 2549-2553 ซึ่งขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถแสดงเป็น โพลีชาร์ตดังภาพที่ 7





ภาพที่ 7 ขั้นตอนวิธีการประมาณค่าดัชนีความน่าเชื่อถือ

## การคำนวณอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับ

### การคำนวณอัตราความล้มเหลว

จากการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลจะใช้สมการที่ (11) คำนวณหาระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ของแต่ละเซกชั้นได้ดังสมการที่ (24)

$$MTTF_i = \int_0^{\infty} t \times f(t) dt = \int_0^{\infty} t \times \lambda e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda_i} \quad (24)$$

จากสมการที่ (24) สามารถคำนวณอัตราความล้มเหลวของเซกชั้นที่  $i$  ได้จากสมการที่ (25)

$$\lambda_i = \frac{1}{MTTF_i} \quad (25)$$

### การคำนวณระยะเวลาไฟดับ

จากการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอลจะใช้สมการที่ (14) คำนวณหาระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย (MTTR) ของแต่ละเซกชั้นได้ดังสมการที่ (26)

$$MTTR_i = e^{\left(\bar{r}_i + \frac{s^2}{2}\right)} \quad (26)$$

จากสมการที่ (26) สามารถคำนวณระยะเวลาไฟดับของเซกชั้นที่  $i$  ได้จากสมการที่ (27)

$$r_i = MTTR_i \quad (27)$$

การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้และระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย

การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้

การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ (MTTF) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (28)

$$\left( \frac{2n \times MTF}{\chi_{\alpha/2, 2n}^2} < MTF < \frac{2n \times MTF}{\chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2} \right) \quad (28)$$

$\chi_{P,v}^2$  คือค่าไคร้สแควร์ที่มีค่าความน่าจะเป็น P และมีองศาอิสระ v  
n คือจำนวนข้อมูลทั้งหมด

การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของระยะเวลาไฟดับเฉลี่ย

การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่นของระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบ (MTTR) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (29)

$$\left( MTTR - t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} < MTTR < MTTR + t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (29)$$

$t_{v,P}$  คือค่าทีที่มีค่าความน่าจะเป็น P และมีองศาอิสระ v

วิธีการสร้างแบบจำลองความไม่แน่นอนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้พีชชีนัมเบอร์แบบสามเหลี่ยมในการอธิบายความไม่แน่นอนของข้อมูลอันได้แก่อัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับของระบบ ซึ่งสามารถกำหนดค่าขอบเขตล่าง ค่ายอด และค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับได้ดังนี้

### การสร้างแบบจำลองความไม่แน่นอนของอัตราความล้มเหลว

ค่าขอบเขตล่าง ค่ายอดและขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว สามารถคำนวณได้ดังนี้ ค่าขอบเขตล่าง ( $\lambda_L$ ) มีค่าเท่ากับส่วนกลับของค่าขอบเขตบนของ MTTF แสดงดังสมการที่ (30) ค่ายอด ( $\lambda_p$ ) มีค่าเท่ากับส่วนกลับของ MTTF แสดงดังสมการที่ (31) และ ค่าขอบเขตบน ( $\lambda_U$ ) มีค่าเท่ากับส่วนกลับของค่าขอบเขตล่างของ MTTF แสดงดังสมการที่ (32)

$$\lambda_L = \frac{1}{MTTF_U} = \frac{\chi^2_{1-(\alpha/2), 2n} \times \lambda_p}{2n} \quad (30)$$

$$\lambda_p = \frac{1}{MTTF} \quad (31)$$

$$\lambda_U = \frac{1}{MTTF_L} = \frac{\chi^2_{\alpha/2, 2n} \times \lambda_p}{2n} \quad (32)$$

### การสร้างแบบจำลองความไม่แน่นอนของระยะเวลาไฟดับ

ในส่วนของระยะเวลาไฟดับสามารถคำนวณได้จาก ค่าขอบเขตล่าง ( $r_L$ ) มีค่าเท่ากับค่าขอบเขตล่างของ MTTR แสดงดังสมการที่ (33) ค่ายอด ( $r_p$ ) มีค่าเท่ากับ MTTR แสดงดังสมการที่ (34) และค่าขอบเขตบน ( $r_U$ ) มีค่าเท่ากับค่าขอบเขตบนของ MTTR แสดงดังสมการที่ (35)

$$r_L = MTTR_L = r_p - t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (33)$$

$$r_p = MTTR \quad (34)$$

$$r_U = MTTR_U = r_p + t_{n-1, \alpha/2} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (35)$$

## ผลและวิจารณ์

### ผล

กรณีศึกษาสำหรับวิทยานิพนธ์นี้คือการประมาณค่าอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับของแต่ละเซกชันของระบบสายป้อน จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องอันเป็นผลมาจากการทำงานของอุปกรณ์ป้องกัน เพื่อให้ประมาณดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งผลทดสอบจะทำการแสดงแยกเป็น ขั้นตอนดังนี้

- ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ
- ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับ
- ผลการประมาณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของระบบ
- ผลการเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าดัชนีความเชื่อถือได้จริงของระบบ

สำหรับระบบสายป้อนที่ใช้ในการแสดงผลตัวอย่างคือสายป้อน A02 ซึ่งมีข้อมูลผู้ใช้ไฟและจำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องระหว่างปี 2549-2553 โดยแยกตามเซกชันแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลผู้ใช้ไฟและจำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของสายป้อน A02

เซกชัน	จำนวนผู้ใช้ไฟ	จำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแต่ละปี					รวม
		2549	2550	2551	2552	2553	
A02B001	3349	10	3	8	5	1	27
A02F001	110	0	0	0	2	6	8
A02F002	1	2	1	1	0	0	4
A02F003	101	0	2	3	4	9	18
A02F004	909	0	0	0	5	15	20
A02F005	93	0	0	0	2	5	7
A02F006	232	8	5	2	4	11	30
A02F007	589	1	2	0	2	25	30
A02F008	456	29	14	4	3	0	50
A02F009	288	25	24	11	4	0	64
A02F010	32	1	3	1	1	2	8

### ตารางที่ 3 (ต่อ)

เซกชัน	จำนวนผู้ใช้ไฟ	จำนวนเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแต่ละปี					รวม
		2549	2550	2551	2552	2553	
A02F011	446	1	2	1	1	6	11
A02F012	55	0	0	0	6	11	17

### ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธีโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ

ผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวจะใช้สมมติฐานการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ในส่วนระยะเวลาไฟดับจะใช้สมมติฐานการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ซึ่งจะแบ่งการทดสอบเป็น 2 ส่วนคือในส่วนแรกจะทำการทดสอบหาอัตราความล้มเหลว และในส่วนหลังจะทำการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับ โดยทั้ง 2 ส่วนจะทำการทดสอบแยกแต่ละเซกชันดังนี้

#### 1. ผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลว

##### 1.1 เซกชัน A02B01

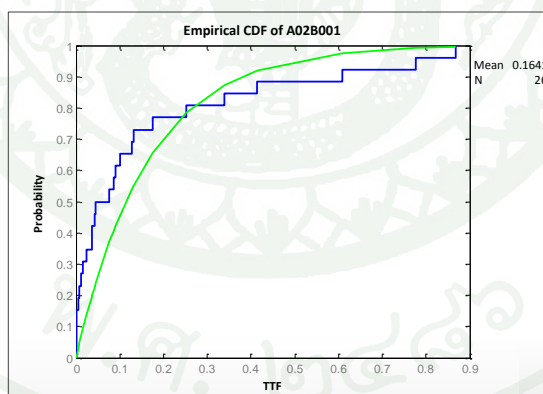
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชัน A02B01 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 27 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสาย ป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 26 ช่วง ดังนี้ 0 0.0001 0.0001 0.0007 0.0044 0.0081 0.0123 0.0164 0.0247 0.0353 0.0367 0.0418 0.0450 0.0764 0.0855 0.0902 0.0996 0.1269 0.1315 0.1752 0.2516 0.3396 0.4127 0.6078 0.7776 0.8674 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 4 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 8

### ตารางที่ 4 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชันหลังอุปกรณ์ A02B01

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0	0	0.0385	0.0385	14	0.0764	0.3722	0.5385	0.1663

## ตารางที่ 4 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
2	0.0001	0.0006	0.0769	0.0763	15	0.0855	0.406	0.5769	0.1709
4	0.0007	0.0043	0.1538	0.1495	17	0.0996	0.455	0.6538	0.1988
5	0.0044	0.0265	0.1923	0.1658	18	0.1269	0.5385	0.6923	0.1538
6	0.0081	0.0479	0.2308	0.1829	19	0.1315	0.5511	0.7308	0.1797
7	0.0123	0.0722	0.2692	0.197	20	0.1752	0.6561	0.7692	0.1131
8	0.0164	0.0952	0.3077	0.2125	21	0.2516	0.784	0.8077	0.0237
9	0.0247	0.1397	0.3462	0.2065	22	0.3396	0.8737	0.8462	0.0275
10	0.0353	0.1936	0.3846	0.191	23	0.4127	0.9191	0.8846	0.0345
11	0.0367	0.2002	0.4231	0.2229	24	0.6078	0.9753	0.9231	0.0522
12	0.0418	0.2249	0.4615	0.2366	25	0.7776	0.9912	0.9615	0.0297
13	0.045	0.2397	0.5	<b>0.2603</b>	26	0.8674	0.9949	1	0.0051



ภาพที่ 8 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั้น A02B01

จากตารางที่ 4 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2603 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.2591) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชั้นนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

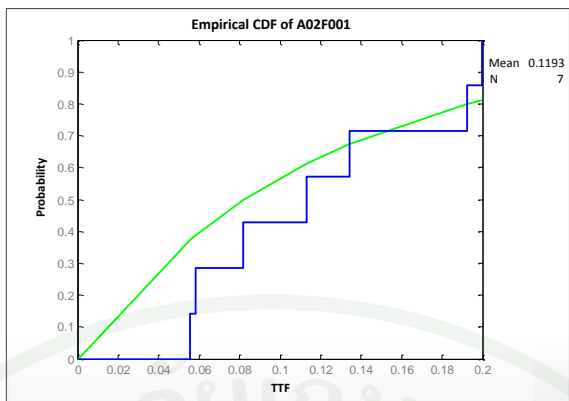
$$\lambda_{B01} = \frac{27}{1 \times 5} = 5.4 \text{ ครั้ง/ปี}$$

## 1.2 เซกชั่น A02F01

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F01 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 8 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 7 ช่วง ดังนี้ 0.0554 0.0583 0.0820 0.1133 0.1342 0.1924 0.1998 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 5 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 9

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F01

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0554	0.3716	0.1429	<b>0.2287</b>
2	0.0583	0.3865	0.2857	0.1008
3	0.082	0.4971	0.4286	0.0685
4	0.1133	0.613	0.5714	0.0416
5	0.1342	0.6751	0.7143	0.0392
6	0.1924	0.8005	0.8571	0.0566
7	0.1998	0.8125	1	0.1875



ภาพที่ 9 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F01

จากตารางที่ 5 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2287 ซึ่งมิต่ำกว่าค่าวิกฤติ (0.4834) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.1193 ปี และทำการคำนวณค่าอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F01 ได้ดังนี้

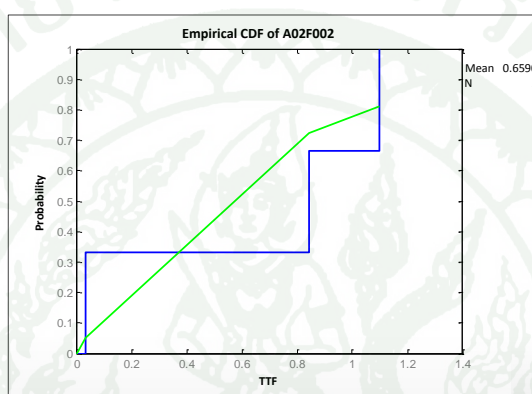
$$\lambda_{F01} = \frac{1}{MTTF_{F01}} = \frac{1}{0.1193} = 8.3799 \text{ ครั้ง/ปี}$$

1.3 เซคชั่น A02F02

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F02 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 4 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 3 ช่วง ดังนี้ 0.0336 0.8446 1.0987 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 6 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 10

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F02

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0336	0.0497	0.3333	<b>0.2836</b>
2	0.8446	0.7225	0.6667	0.0558
3	1.0987	0.8112	1	0.1888



ภาพที่ 10 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F02

จากตารางที่ 6 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2836 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.7076) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.6590 ปี และทำการคำนวณหาอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F02 ได้จากดังนี้

$$\lambda_{F02} = \frac{1}{MTTF_{F02}} = \frac{1}{0.6590} = 1.5175 \text{ ครั้ง/ปี}$$

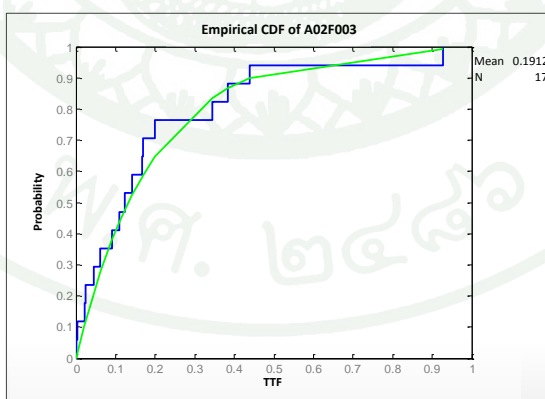
#### 1.4 เซคชั่น A02F03

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F03 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 18 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 17 ช่วง ดังนี้ 0.0009 0.0030 0.0219 0.0238 0.0441 0.0616 0.0919 0.1098 0.1235

0.1421 0.1667 0.1684 0.1993 0.3450 0.3838 0.4380 0.9270 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 7 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 11

ตารางที่ 7 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F03

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0009	0.0048	0.0588	0.054	10	0.1421	0.5244	0.5882	0.0638
2	0.003	0.0154	0.1176	0.1022	11	0.1667	0.5817	0.6471	0.0654
3	0.0219	0.1084	0.1765	0.0681	12	0.1684	0.5856	0.7059	<b>0.1203</b>
4	0.0238	0.117	0.2353	0.1183	13	0.1993	0.6474	0.7647	0.1173
5	0.0441	0.2058	0.2941	0.0883	14	0.345	0.8353	0.8235	0.0118
6	0.0616	0.2755	0.3529	0.0774	15	0.3838	0.8656	0.8824	0.0168
7	0.0919	0.3817	0.4118	0.0301	16	0.438	0.8988	0.9412	0.0424
8	0.1098	0.4369	0.4706	0.0337	17	0.927	0.9922	1	0.0078
9	0.1235	0.4757	0.5294	0.0537					



ภาพที่ 11 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั้น A02F03

จากตารางที่ 7 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1203 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.3180) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่า

ระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.1912 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซกชั้น A02F03 ได้จากดังนี้

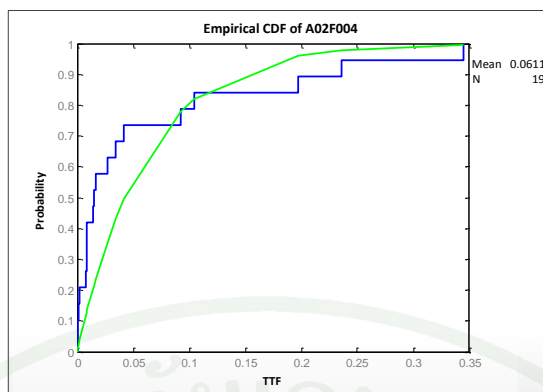
$$\lambda_{F03} = \frac{1}{MTTF_{F03}} = \frac{1}{0.1912} = 5.203 \text{ ครั้ง/ปี}$$

### 1.5 เซกชั้น A02F04

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 20 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 19 ช่วง ดังนี้ 0.0006 0.0006 0.0014 0.0024 0.0074 0.0083 0.0086 0.0089 0.0139 0.0145 0.0163 0.0267 0.0346 0.0417 0.0922 0.1045 0.1974 0.2357 0.3447 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 8 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 12

**ตารางที่ 8** ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F04

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0006	0.0091	0.0526	0.0435	11	0.0163	0.2343	0.5789	<b>0.3446</b>
2	0.0006	0.0093	0.1053	0.096	12	0.0267	0.3537	0.6316	0.2779
3	0.0014	0.0232	0.1579	0.1347	13	0.0346	0.4324	0.6842	0.2518
4	0.0024	0.0382	0.2105	0.1723	14	0.0417	0.495	0.7368	0.2418
5	0.0074	0.1144	0.2632	0.1488	15	0.0922	0.779	0.7895	0.0105
6	0.0083	0.1265	0.3158	0.1893	16	0.1045	0.8193	0.8421	0.0228
7	0.0086	0.1308	0.3684	0.2376	17	0.1974	0.9605	0.8947	0.0658
8	0.0089	0.135	0.4211	0.2861	18	0.2357	0.9789	0.9474	0.0315
9	0.0139	0.2042	0.4737	0.2695	19	0.3447	0.9965	1	0.0035
10	0.0145	0.2118	0.5263	0.3145					



ภาพที่ 12 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F04

จากตารางที่ 8 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.3446 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.3014) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าอัตราความล้มเหลวของเซคชั่นนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$\lambda_{F04} = \frac{20}{1 \times 2} = 10 \text{ ครั้ง/ปี}$$

#### 1.6 เซคชั่น A02F05

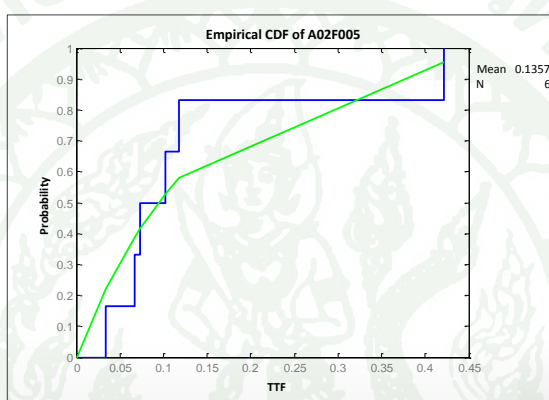
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F05 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 7 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 6 ช่วง ดังนี้ 0.0337 0.0664 0.0729 0.1021 0.1177 0.4213 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 9 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 1

ตารางที่ 9 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F05

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0337	0.22	0.1667	0.0533
2	0.0664	0.3869	0.3333	0.0536

## ตารางที่ 9 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
3	0.0729	0.4158	0.5	0.0842
4	0.1021	0.5289	0.6667	0.1378
5	0.1177	0.5798	0.8333	<b>0.2535</b>
6	0.4213	0.9552	1	0.0448



ภาพที่ 13 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F05

จากตารางที่ 9 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2535 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.5193) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.1357 ปี และทำการคำนวณหาอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F05 ได้จากดังนี้

$$\lambda_{F05} = \frac{1}{\text{MTTF}_{F05}} = \frac{1}{0.1357} = 7.3692 \text{ ครั้ง/ปี}$$

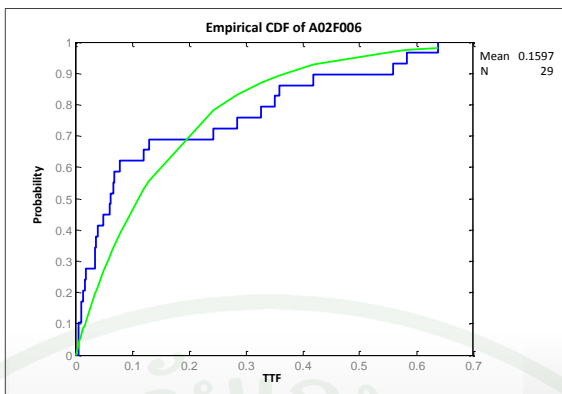
## 1.7 เซคชั่น A02F06

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F06 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 30 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 29 ช่วง ดังนี้ 0.0050 0.0059 0.0062 0.0105 0.0106 0.0142 0.0162 0.0183 0.0353

0.0354 0.0364 0.0389 0.0500 0.0600 0.0625 0.0671 0.0684 0.0782 0.1207 0.1302 0.2435  
 0.2843 0.3258 0.3504 0.3585 0.4182 0.5592 0.5838 0.6376 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจก  
 แจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 10 และกราฟความถี่สะสม  
 ของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 14

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงาน  
 ได้ของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F06

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.005	0.0308	0.0345	0.0037	16	0.0671	0.3432	0.5517	0.2085
2	0.0059	0.0361	0.069	0.0329	17	0.0684	0.3483	0.5862	<b>0.2379</b>
3	0.0062	0.0381	0.1034	0.0653	18	0.0782	0.3871	0.6207	0.2336
4	0.0105	0.0635	0.1379	0.0744	19	0.1207	0.5304	0.6552	0.1248
5	0.0106	0.0645	0.1724	0.1079	20	0.1302	0.5574	0.6897	0.1323
6	0.0142	0.0851	0.2069	0.1218	21	0.2435	0.7824	0.7241	0.0583
7	0.0162	0.0962	0.2414	0.1452	22	0.2843	0.8314	0.7586	0.0728
8	0.0183	0.1081	0.2759	0.1678	23	0.3258	0.87	0.7931	0.0769
9	0.0353	0.1982	0.3103	0.1121	24	0.3504	0.8885	0.8276	0.0609
10	0.0354	0.1988	0.3448	0.146	25	0.3585	0.8941	0.8621	0.032
11	0.0364	0.2036	0.3793	0.1757	26	0.4182	0.9271	0.8966	0.0305
12	0.0389	0.2164	0.4138	0.1974	27	0.5592	0.9699	0.931	0.0389
13	0.05	0.2686	0.4483	0.1797	28	0.5838	0.9742	0.9655	0.0087
14	0.06	0.3131	0.4828	0.1697	29	0.6376	0.9815	1	0.0185
15	0.0625	0.3238	0.5172	0.1934					



ภาพที่ 14 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F06

จากตารางที่ 10 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2379 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.2457) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.1597 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F06 ได้จากดังนี้

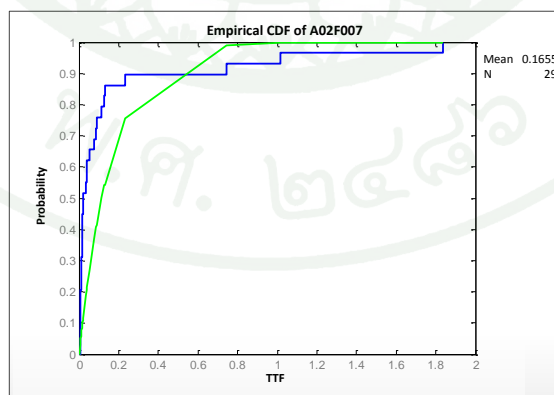
$$\lambda_{F06} = \frac{1}{MTTF_{F06}} = \frac{1}{0.1597} = 6.2617 \text{ ครั้ง/ปี}$$

### 1.8 เซคชั่น A02F07

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F07 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 30 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 29 ช่วง ดังนี้ 0.0054 0.0070 0.0079 0.0080 0.0080 0.0086 0.0095 0.0106 0.0135 0.0143 0.0163 0.0164 0.0180 0.0186 0.0201 0.0346 0.0379 0.0403 0.0513 0.0762 0.0870 0.0885 0.1148 0.1289 0.1292 0.2327 0.7425 1.0171 1.8372 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 11 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 15

ตารางที่ 11 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงาน  
ได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F07

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0054	0.0319	0.0345	0.0026	16	0.0346	0.1887	0.5517	0.363
2	0.007	0.0415	0.069	0.0275	17	0.0379	0.2048	0.5862	0.3814
3	0.0079	0.0468	0.1034	0.0566	18	0.0403	0.2162	0.6207	<b>0.4045</b>
4	0.008	0.047	0.1379	0.0909	19	0.0513	0.2665	0.6552	0.3887
5	0.008	0.0473	0.1724	0.1251	20	0.0762	0.3689	0.6897	0.3208
6	0.0086	0.0506	0.2069	0.1563	21	0.087	0.4089	0.7241	0.3152
7	0.0095	0.0556	0.2414	0.1858	22	0.0885	0.4141	0.7586	0.3445
8	0.0106	0.062	0.2759	0.2139	23	0.1148	0.5002	0.7931	0.2929
9	0.0135	0.0782	0.3103	0.2321	24	0.1289	0.541	0.8276	0.2866
10	0.0143	0.0827	0.3448	0.2621	25	0.1292	0.5419	0.8621	0.3202
11	0.0163	0.094	0.3793	0.2853	26	0.2327	0.7548	0.8966	0.1418
12	0.0164	0.0941	0.4138	0.3197	27	0.7425	0.9887	0.931	0.0577
13	0.018	0.1028	0.4483	0.3455	28	1.0171	0.9979	0.9655	0.0324
14	0.0186	0.1061	0.4828	0.3767	29	1.8372	1	1	0
15	0.0201	0.1145	0.5172	0.4027					



ภาพที่ 15 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั้น A02F07

จากตารางที่ 11 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.4045 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.2457) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าอัตราความล้มเหลวของเซกชั้นนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$\lambda_{F07} = \frac{30}{1 \times 5} = 6 \text{ ครั้ง/ปี}$$

### 1.9 เซกชั้น A02F08

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553

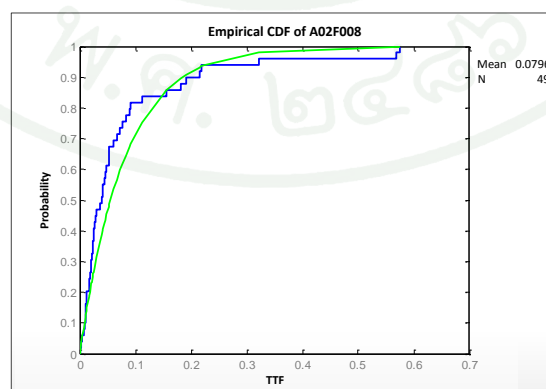
พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 50 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 49 ช่วง ดังนี้ 0.0004 0.0030 0.0046 0.0067 0.0083 0.0100 0.0100 0.0109 0.0118 0.0129 0.0164 0.0167 0.0178 0.0206 0.0209 0.0212 0.0229 0.0240 0.0243 0.0245 0.0260 0.0281 0.0299 0.0361 0.0389 0.0410 0.0412 0.0443 0.0452 0.0484 0.0517 0.0527 0.0529 0.0611 0.0664 0.0723 0.0767 0.0825 0.0892 0.0912 0.1115 0.1555 0.1813 0.1908 0.2148 0.2191 0.3218 0.5682 0.5753 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 12 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 16

ตารางที่ 12 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F08

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0004	0.0048	0.0204	0.0156	26	0.041	0.4024	0.5306	0.1282
2	0.003	0.0374	0.0408	0.0034	27	0.0412	0.404	0.551	0.147
3	0.0046	0.0565	0.0612	0.0047	28	0.0443	0.4266	0.5714	0.1448
4	0.0067	0.0802	0.0816	0.0014	29	0.0452	0.4334	0.5918	0.1584
5	0.0083	0.0987	0.102	0.0033	30	0.0484	0.4552	0.6122	0.157
6	0.01	0.1179	0.1224	0.0045	31	0.0517	0.4778	0.6327	0.1549
7	0.01	0.1182	0.1429	0.0247	32	0.0527	0.4843	0.6531	0.1688
8	0.0109	0.1281	0.1633	0.0352	33	0.0529	0.4854	0.6735	<b>0.1881</b>

## ตารางที่ 12 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
9	0.0118	0.1377	0.1837	0.046	34	0.0611	0.5356	0.6939	<b>0.1583</b>
11	0.0164	0.1865	0.2245	0.038	36	0.0723	0.5966	0.7347	0.1381
12	0.0167	0.1891	0.2449	0.0558	37	0.0767	0.6184	0.7551	0.1367
13	0.0178	0.2008	0.2653	0.0645	38	0.0825	0.6449	0.7755	0.1306
14	0.0206	0.228	0.2857	0.0577	39	0.0892	0.6736	0.7959	0.1223
15	0.0209	0.2309	0.3061	0.0752	40	0.0912	0.6817	0.8163	0.1346
16	0.0212	0.2334	0.3265	0.0931	41	0.1115	0.7535	0.8367	0.0832
17	0.0229	0.2496	0.3469	0.0973	42	0.1555	0.8581	0.8571	0.001
18	0.024	0.2605	0.3673	0.1068	43	0.1813	0.8974	0.8776	0.0198
19	0.0243	0.2629	0.3878	0.1249	44	0.1908	0.9089	0.898	0.0109
20	0.0245	0.2651	0.4082	0.1431	45	0.2148	0.9326	0.9184	0.0142
21	0.026	0.2788	0.4286	0.1498	46	0.2191	0.9362	0.9388	0.0026
22	0.0281	0.2969	0.449	0.1521	47	0.3218	0.9824	0.9592	0.0232
23	0.0299	0.3131	0.4694	0.1563	48	0.5682	0.9992	0.9796	0.0196
24	0.0361	0.3646	0.4898	0.1252	49	0.5753	0.9993	1	0.0007
25	0.0389	0.3862	0.5102	0.124					



ภาพที่ 16 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั่น A02F08

จากตารางที่ 12 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1881 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.1903) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.0796 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซกชั้น A02F08 ได้ดังนี้

$$\lambda_{F08} = \frac{1}{MTTF_{F08}} = \frac{1}{0.0796} = 12.5628 \text{ ครั้ง/ปี}$$

#### 1.10 เซกชั้น A02F09

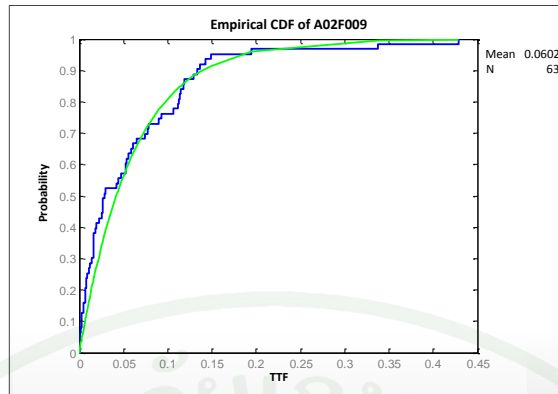
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 64 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 63 ช่วง ดังนี้ 0.0002 0.0006 0.0006 0.0007 0.0020 0.0022 0.0024 0.0029 0.0043 0.0044 0.0066 0.0069 0.0070 0.0073 0.0080 0.0085 0.0109 0.0115 0.0143 0.0157 0.0158 0.0158 0.0160 0.0161 0.0184 0.0192 0.0218 0.0257 0.0261 0.0264 0.0265 0.0287 0.0298 0.0424 0.0436 0.0473 0.0520 0.0524 0.0535 0.0552 0.0590 0.0606 0.0650 0.0740 0.0772 0.0778 0.0901 0.0927 0.1063 0.1116 0.1123 0.1139 0.1144 0.1179 0.1190 0.1291 0.1330 0.1361 0.1422 0.1484 0.1944 0.3377 0.4290 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 13 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 17

**ตารางที่ 13** ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F09

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0002	0.0032	0.0159	0.0127	33	0.0298	0.3907	0.5238	0.1331
2	0.0006	0.0101	0.0317	0.0216	34	0.0424	0.5056	0.5397	0.0341
3	0.0006	0.0104	0.0476	0.0372	35	0.0436	0.5158	0.5556	0.0398
4	0.0007	0.0123	0.0635	0.0512	36	0.0473	0.5442	0.5714	0.0272
5	0.002	0.033	0.0794	0.0464	37	0.052	0.5785	0.5873	0.0088
6	0.0022	0.0356	0.0952	0.0596	38	0.0524	0.5815	0.6032	0.0217

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
7	0.0024	0.0391	0.1111	0.072	39	0.0535	0.5893	0.619	0.0297
8	0.0029	0.0469	0.127	0.0801	40	0.0552	0.6003	0.6349	0.0346
9	0.0043	0.0688	0.1429	0.0741	41	0.059	0.6246	0.6508	0.0262
10	0.0044	0.0709	0.1587	0.0878	42	0.0606	0.6347	0.6667	0.032
11	0.0066	0.1039	0.1746	0.0707	43	0.065	0.6603	0.6825	0.0222
12	0.0069	0.1079	0.1905	0.0826	44	0.074	0.7077	0.6984	0.0093
13	0.007	0.1105	0.2063	0.0958	45	0.0772	0.7229	0.7143	0.0086
14	0.0073	0.1143	0.2222	0.1079	46	0.0778	0.7255	0.7302	0.0047
15	0.008	0.1239	0.2381	0.1142	47	0.0901	0.7763	0.746	0.0303
16	0.0085	0.1323	0.254	0.1217	48	0.0927	0.7856	0.7619	0.0237
17	0.0109	0.1654	0.2698	0.1044	49	0.1063	0.8291	0.7778	0.0513
18	0.0115	0.1744	0.2857	0.1113	50	0.1116	0.8436	0.7937	0.0499
19	0.0143	0.2108	0.3016	0.0908	51	0.1123	0.8453	0.8095	0.0358
20	0.0157	0.2299	0.3175	0.0876	52	0.1139	0.8492	0.8254	0.0238
21	0.0158	0.2303	0.3333	0.103	53	0.1144	0.8505	0.8413	0.0092
22	0.0158	0.2307	0.3492	0.1185	54	0.1179	0.859	0.8571	0.0019
23	0.016	0.2329	0.3651	0.1322	55	0.119	0.8615	0.873	0.0115
24	0.0161	0.2349	0.381	<b>0.1461</b>	56	0.1291	0.883	0.8889	0.0059
25	0.0184	0.2632	0.3968	0.1336	57	0.133	0.8903	0.9048	0.0145
26	0.0192	0.2731	0.4127	0.1396	58	0.1361	0.8958	0.9206	0.0248
27	0.0218	0.3039	0.4286	0.1247	59	0.1422	0.9058	0.9365	0.0307
28	0.0257	0.3478	0.4444	0.0966	60	0.1484	0.9151	0.9524	0.0373
29	0.0261	0.3523	0.4603	0.108	61	0.1944	0.9605	0.9683	0.0078
30	0.0264	0.3548	0.4762	0.1214	62	0.3377	0.9963	0.9841	0.0122
31	0.0265	0.3558	0.4921	0.1363	63	0.429	0.9992	1	0.0008
32	0.0287	0.3788	0.5079	0.1291					



ภาพที่ 17 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F09

จากตารางที่ 13 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1461 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.1682) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.0602 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F09 ได้จากดังนี้

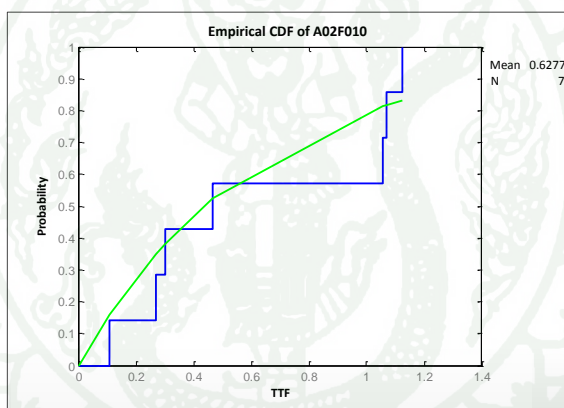
$$\lambda_{F09} = \frac{1}{MTTF_{F09}} = \frac{1}{0.0602} = 16.6113 \text{ ครั้ง/ปี}$$

#### 1.11 เซคชั่น A02F10

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 8 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 7 ช่วง ดังนี้ 0.1084 0.2708 0.3021 0.4659 1.0563 1.0679 1.1229 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 14 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 18

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงาน  
ได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F10

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.1084	0.1587	0.1429	0.0158
2	0.2708	0.3504	0.2857	0.0647
3	0.3021	0.3819	0.4286	0.0467
4	0.4659	0.5239	0.5714	0.0475
5	1.0563	0.8141	0.7143	0.0998
6	1.0679	0.8175	0.8571	0.0396
7	1.1229	0.8328	1	<b>0.1672</b>



ภาพที่ 18 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั้น A02F10

จากตารางที่ 14 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1672 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.4834) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้อนกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งแรก (MTTF) ได้เท่ากับ 0.6277 ปี และทำการคำนวณค่าอัตราการล้มเหลวของเซกชั้น A02F10 ได้จากดังนี้

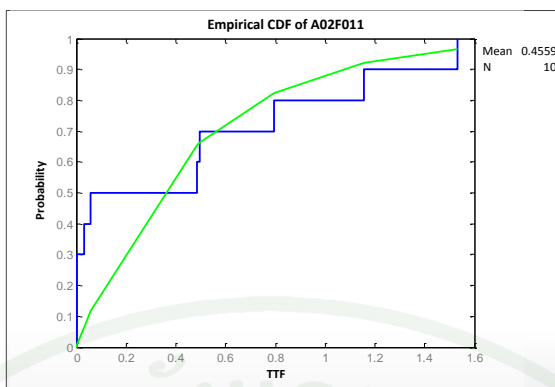
$$\lambda_{F10} = \frac{1}{MTTF_{F10}} = \frac{1}{0.6277} = 1.5931 \text{ ครั้ง/ปี}$$

## 1.12 เซกชั้น A02F11

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 11 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 10 ช่วง ดังนี้ 0.0023 0.0027 0.0027 0.0303 0.0571 0.4854 0.4954 0.7938 1.1567 1.5323 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ แสดงดังตารางที่ 15 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 19

ตารางที่ 15 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F11

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0023	0.0051	0.1	0.0949
2	0.0027	0.006	0.3	0.294
3	0.0027	0.006	0.3	0.294
4	0.0303	0.0643	0.4	0.3357
5	0.0571	0.1177	0.5	<b>0.3823</b>
6	0.4854	0.6552	0.6	0.0552
7	0.4954	0.6627	0.7	0.0373
8	0.7938	0.8247	0.8	0.0247
9	1.1567	0.9209	0.9	0.0209
10	1.5323	0.9653	1	0.0347



ภาพที่ 19 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซคชั่น A02F11

จากตารางที่ 15 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.3823 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.4093) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.4559 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซคชั่น A02F11 ได้จากดังนี้

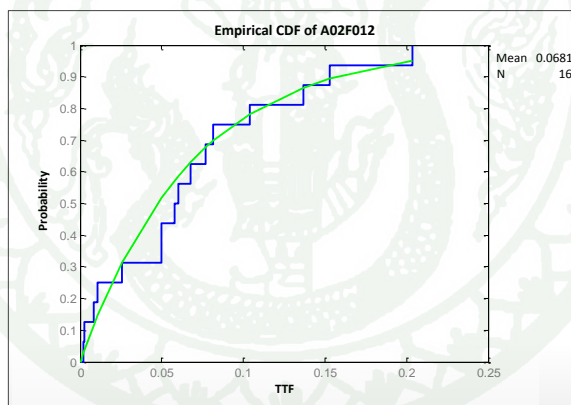
$$\lambda_{F11} = \frac{1}{\text{MTTF}_{F11}} = \frac{1}{0.4559} = 2.1935 \text{ ครั้ง/ปี}$$

### 1.13 เซคชั่น A02F12

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 17 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่อุปกรณ์ป้องกันจะทำงาน (ทริป) โดยนับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (TTF) ของอุปกรณ์ ป้องกันของสายป้อน (ปี) ของแต่ละช่วง ทั้งหมด 16 ช่วง ดังนี้ 0.0021 0.0025 0.0083 0.0108 0.0254 0.0495 0.0496 0.0576 0.0600 0.0679 0.0769 0.0814 0.1039 0.1368 0.1530 0.2034 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงานได้แสดงดังตารางที่ 16 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 20

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยของระบบที่จะทำงาน  
ได้ของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F12

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	0.0021	0.0301	0.0625	0.0324	9	0.06	0.5859	0.5625	0.0234
2	0.0025	0.0361	0.125	0.0889	10	0.0679	0.6312	0.625	0.0062
3	0.0083	0.1142	0.1875	0.0733	11	0.0769	0.677	0.6875	0.0105
4	0.0108	0.1465	0.25	0.1035	12	0.0814	0.6975	0.75	0.0525
5	0.0254	0.3116	0.3125	0.0009	13	0.1039	0.7825	0.8125	0.03
6	0.0495	0.517	0.375	<b>0.142</b>	14	0.1368	0.8659	0.875	0.0091
7	0.0496	0.5173	0.4375	0.0798	15	0.153	0.8944	0.9375	0.0431
8	0.0576	0.5712	0.5	0.0712	16	0.2034	0.9496	1	0.0504



ภาพที่ 20 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานของเซกชั้น A02F12

จากตารางที่ 16 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.142 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.3273) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาเฉลี่ยของอุปกรณ์ ป้องกันที่จะทำงาน (ทริป) นับจากเวลาเริ่มจ่ายไฟครั้งก่อน (MTTF) ได้เท่ากับ 0.0681 ปี และทำการคำนวณหาค่าอัตราการล้มเหลวของเซกชั้น A02F10 ได้จากดังนี้

$$\lambda_{F12} = \frac{1}{\text{MTTF}_{F12}} = \frac{1}{0.0681} = 14.6843 \text{ ครั้ง/ปี}$$

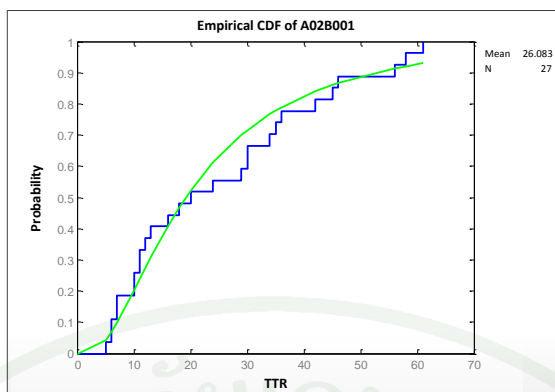
## 2. ผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับ

### 2.1 เซกชั่น A02B01

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02B01 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 27 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 27 ช่วงดังนี้ 5 6 6 7 7 10 10 11 11 12 13 16 18 20 24 29 30 30 34 35 36 42 45 46 56 58 61 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 17 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 21

ตารางที่ 17 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02B01

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	5	0.0429	0.037	0.0059	15	24	0.6123	0.5556	0.0567
2	6	0.0688	0.1111	0.0423	16	29	0.7009	0.5926	<b>0.1083</b>
3	6	0.0688	0.1111	0.0423	17	30	0.7157	0.6667	0.049
4	7	0.0988	0.1852	0.0864	18	30	0.7157	0.6667	0.049
5	7	0.0988	0.1852	0.0864	19	34	0.7673	0.7037	0.0636
6	10	0.2025	0.2593	0.0568	20	35	0.7785	0.7407	0.0378
7	10	0.2025	0.2593	0.0568	21	36	0.789	0.7778	0.0112
8	11	0.2385	0.3333	0.0948	22	42	0.8413	0.8148	0.0265
9	11	0.2385	0.3333	0.0948	23	45	0.8617	0.8519	0.0098
10	12	0.2743	0.3704	0.0961	24	46	0.8678	0.8889	0.0211
11	13	0.3093	0.4074	0.0981	25	56	0.9142	0.9259	0.0117
12	16	0.408	0.4444	0.0364	26	58	0.921	0.963	0.042
13	18	0.4673	0.4815	0.0142	27	61	0.9301	1	0.0699
14	20	0.5209	0.5185	0.0024					



ภาพที่ 21 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02B01

จากตารางที่ 17 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1083 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.2544) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบสีกอนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 26.083 นาที

$$r_{B01} = MTTR_{B01} = 26.083 \text{ นาที}$$

## 2.2 เซคชั่น A02F01

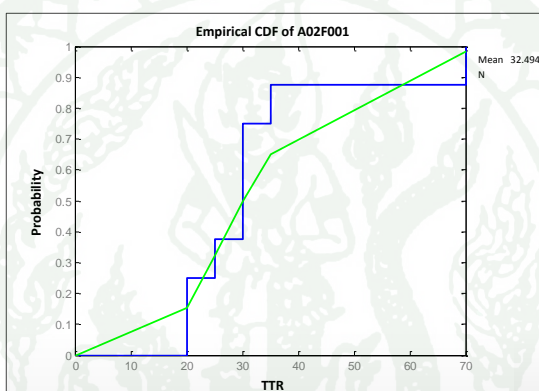
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F01 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 8 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด ค ช่วงดังนี้ 20 20 25 30 30 30 35 70 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 18 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 22

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F01

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.153	0.25	0.097
2	20	0.153	0.25	0.097
3	25	0.3221	0.375	0.0529

## ตารางที่ 18 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
4	30	0.499	0.75	<b>0.251</b>
5	30	0.499	0.75	0.251
6	30	0.499	0.75	0.251
7	35	0.6501	0.875	0.2249
8	70	0.9835	1	0.0165



ภาพที่ 22 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F01

จากตารางที่ 18 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.251 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.4543) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 32.4941 นาที

$$r_{F01} = MTTR_{F01} = 32.4941 \text{ นาที}$$

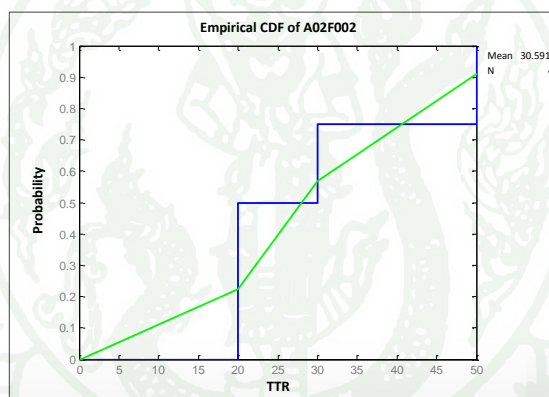
## 2.3 เซกชั่น A02F02

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F02 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 4 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 4 ช่วงดังนี้ 20 20 30 50 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจก

แจกของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 19 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 23

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั้นหลังอุปกรณ์ A02F02

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.2236	0.5	<b>0.2764</b>
2	20	0.2236	0.5	0.2764
3	30	0.5685	0.75	0.1815
4	50	0.9111	1	0.0889



ภาพที่ 23 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F02

จากตารางที่ 19 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2764 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.6239) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 30.5911 นาที

$$r_{F02} = MTTR_{F02} = 30.5911 \text{ นาที}$$

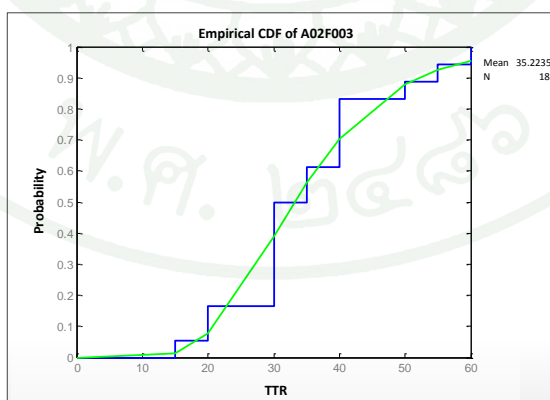
#### 2.4 เซกชั้น A02F03

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F03 ระหว่างปี 2549-2553

พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 18 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 18 ช่วงดังนี้ 15 20 20 30 30 30 30 30 30 35 35 40 40 40 50 55 60 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 20 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 24

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลัง อุปกรณ์ A02F03

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	15	0.0126	0.0556	0.043	10	35	0.563	0.6111	0.0481
2	20	0.0771	0.1667	0.0896	11	35	0.563	0.6111	0.0481
3	20	0.0771	0.1667	0.0896	12	40	0.7042	0.8333	<b>0.1291</b>
4	30	0.3907	0.5	0.1093	13	40	0.7042	0.8333	0.1291
5	30	0.3907	0.5	0.1093	14	40	0.7042	0.8333	0.1291
6	30	0.3907	0.5	0.1093	15	40	0.7042	0.8333	0.1291
7	30	0.3907	0.5	0.1093	16	50	0.8786	0.8889	0.0103
8	30	0.3907	0.5	0.1093	17	55	0.9247	0.9444	0.0197
9	30	0.3907	0.5	0.1093	18	60	0.9539	1	0.0461



ภาพที่ 24 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F03

จากตารางที่ 20 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1291 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.3094) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลึอกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 35.2235 นาที

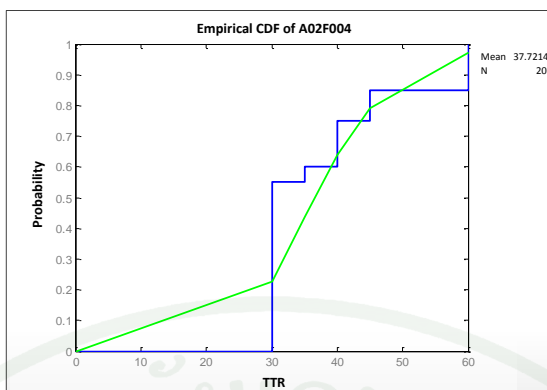
$$r_{F03} = MTTR_{F03} = 35.2235 \text{ นาที}$$

## 2.5 เซกชั่น A02F04

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F04 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 20 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 20 ช่วงดังนี้ 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 35 40 40 40 45 45 60 60 60 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 21 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 25

**ตารางที่ 21** ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F04

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	30	0.2257	0.55	<b>0.3243</b>	11	30	0.2257	0.55	0.3243
2	30	0.2257	0.55	0.3243	12	35	0.4369	0.6	0.1631
3	30	0.2257	0.55	0.3243	13	40	0.639	0.75	0.111
4	30	0.2257	0.55	0.3243	14	40	0.639	0.75	0.111
5	30	0.2257	0.55	0.3243	15	40	0.639	0.75	0.111
6	30	0.2257	0.55	0.3243	16	45	0.791	0.85	0.059
7	30	0.2257	0.55	0.3243	17	45	0.791	0.85	0.059
8	30	0.2257	0.55	0.3243	18	60	0.9725	1	0.0275
9	30	0.2257	0.55	0.3243	19	60	0.9725	1	0.0275
10	30	0.2257	0.55	0.3243	20	60	0.9725	1	0.0275



ภาพที่ 25 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F04

จากตารางที่ 21 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.3243 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.2941) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบบลิอิกนอร์มอลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซคชั่นนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$r_{F04} = \frac{755}{20} = 37.75 \text{ นาที}$$

## 2.6 เซคชั่น A02F05

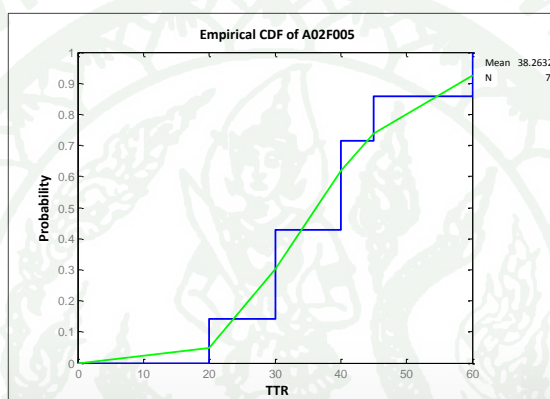
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F05 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 7 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 7 ช่วงดังนี้ 20 30 30 40 40 45 60 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 22 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 26

ตารางที่ 22 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F05

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.048	0.1429	0.0949
2	30	0.3035	0.4286	<b>0.1251</b>
3	30	0.3035	0.4286	0.1251

## ตารางที่ 22 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
4	40	0.6187	0.7143	0.0956
5	40	0.6187	0.7143	0.0956
6	45	0.7378	0.8571	0.1193
7	60	0.9269	1	0.0731



ภาพที่ 26 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F05

จากตารางที่ 22 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1251 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.4834) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลึอกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 38.2632 นาที

$$r_{F05} = MTTR_{F05} = 38.2632 \text{ นาที}$$

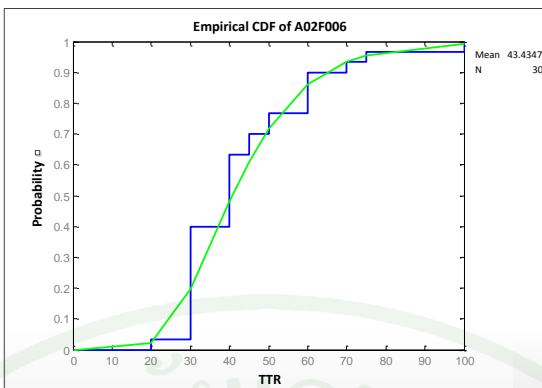
## 2.7 เซกชั้น A02F06

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั้น A02F06 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 30 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 30 ช่วงดังนี้ 20 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 40 40 40 40 40 40 45 45 50 50 60 60 60 60 70 75 100 ผลการทดสอบสมมติฐาน

การแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 23 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 27

ตารางที่ 23 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซคชั่นหลัง  
อุปกรณ์ A02F06

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.0234	0.0333	0.0099	16	40	0.4795	0.6333	0.1538
2	30	0.1962	0.4	<b>0.2038</b>	17	40	0.4795	0.6333	0.1538
3	30	0.1962	0.4	0.2038	18	40	0.4795	0.6333	0.1538
4	30	0.1962	0.4	0.2038	19	40	0.4795	0.6333	0.1538
5	30	0.1962	0.4	0.2038	20	45	0.6094	0.7	0.0906
6	30	0.1962	0.4	0.2038	21	45	0.6094	0.7	0.0906
7	30	0.1962	0.4	0.2038	22	50	0.7164	0.7667	0.0503
8	30	0.1962	0.4	0.2038	23	50	0.7164	0.7667	0.0503
9	30	0.1962	0.4	0.2038	24	60	0.8603	0.9	0.0397
10	30	0.1962	0.4	0.2038	25	60	0.8603	0.9	0.0397
11	30	0.1962	0.4	0.2038	26	60	0.8603	0.9	0.0397
12	30	0.1962	0.4	0.2038	27	60	0.8603	0.9	0.0397
13	40	0.4795	0.6333	0.1538	28	70	0.9348	0.9333	0.0015
14	40	0.4795	0.6333	0.1538	29	75	0.9559	0.9667	0.0108
15	40	0.4795	0.6333	0.1538	30	100	0.994	1	0.006



ภาพที่ 27 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F06

จากตารางที่ 23 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2038 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.2417) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 43.4347 นาที

$$r_{F06} = MTTR_{F06} = 43.4347 \text{ นาที}$$

### 2.8 เซคชั่น A02F07

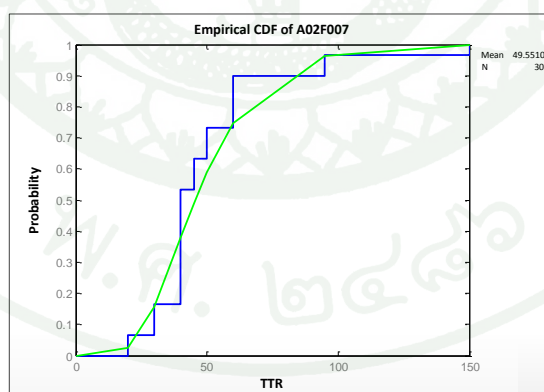
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซคชั่น A02F07 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 30 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 30 ช่วงดังนี้ 20 20 30 30 30 40 40 40 40 40 40 40 40 40 45 45 45 50 50 50 60 60 60 60 60 95 95 150 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 24 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 28

ตารางที่ 24 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซคชั่นหลังอุปกรณ์ A02F07

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.024	0.067	0.0431	16	40	0.378	0.5333	0.1551
2	20	0.024	0.067	0.0431	17	45	0.49	0.6333	0.1435

ตารางที่ 24 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
3	30	0.1574	0.1667	0.0093	18	45	0.4898	0.6333	0.1435
4	30	0.1574	0.1667	0.0093	19	45	0.4898	0.6333	0.1435
5	30	0.1574	0.1667	0.0093	20	50	0.5905	0.7333	0.1428
6	40	0.3782	0.5333	<b>0.1551</b>	21	50	0.5905	0.7333	0.1428
7	40	0.3782	0.5333	0.1551	22	50	0.5905	0.7333	0.1428
8	40	0.3782	0.5333	0.1551	23	60	0.7483	0.9	0.1517
9	40	0.3782	0.5333	0.1551	24	60	0.7483	0.9	0.1517
10	40	0.3782	0.5333	0.1551	25	60	0.7483	0.9	0.1517
11	40	0.3782	0.5333	0.1551	26	60	0.7483	0.9	0.1517
12	40	0.3782	0.5333	0.1551	27	60	0.7483	0.9	0.1517
13	40	0.3782	0.5333	0.1551	28	95	0.9624	0.9667	0.0043
14	40	0.3782	0.5333	0.1551	29	95	0.9624	0.9667	0.0043
15	40	0.3782	0.5333	0.1551	30	150	0.998	1	0.002



ภาพที่ 28 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F07

จากตารางที่ 24 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1551 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.2417) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 49.5510 นาที

$$r_{F07} = MTTR_{F07} = 49.5510 \text{ นาที}$$

## 2.9 เซกชั่น A02F08

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F08 ระหว่างปี 2549-2553

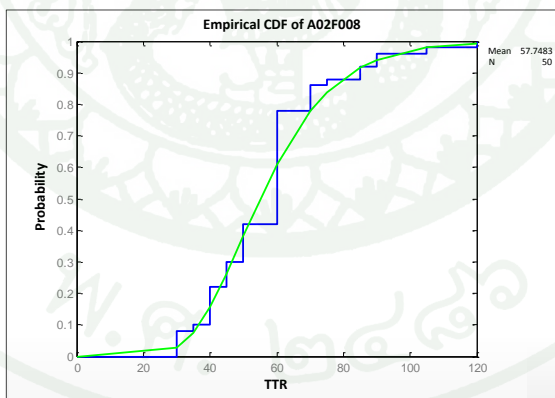
พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 50 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 50 ช่วงดังนี้ 30 30 30 30 35 40 40 40 40 40 45 45 45 45 50 50 50 50 50 50 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 60 70 70 70 70 75 85 85 90 90 105 120 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 25 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 29

ตารางที่ 25 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F08

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	30	0.0272	0.08	0.0528	26	60	0.6098	0.78	0.1702
2	30	0.0272	0.08	0.0528	27	60	0.6098	0.78	0.1702
3	30	0.0272	0.08	0.0528	28	60	0.6098	0.78	0.1702
4	30	0.0272	0.08	0.0528	29	60	0.6098	0.78	0.1702
5	35	0.0758	0.1	0.0242	30	60	0.6098	0.78	0.1702
6	40	0.1564	0.22	0.0636	31	60	0.6098	0.78	0.1702
7	40	0.1564	0.22	0.0636	32	60	0.6098	0.78	0.1702
8	40	0.1564	0.22	0.0636	33	60	0.6098	0.78	0.1702
9	40	0.1564	0.22	0.0636	34	60	0.6098	0.78	0.1702
10	40	0.1564	0.22	0.0636	35	60	0.6098	0.78	0.1702
11	40	0.1564	0.22	0.0636	36	60	0.6098	0.78	0.1702
12	45	0.2627	0.3	0.0373	37	60	0.6098	0.78	0.1702
13	45	0.2627	0.3	0.0373	38	60	0.6098	0.78	0.1702

ตารางที่ 25 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
14	45	0.2627	0.3	0.0373	39	60	0.6098	0.78	0.1702
15	45	0.2627	0.3	0.0373	40	70	0.779	0.86	0.081
16	50	0.3819	0.42	0.0381	41	70	0.779	0.86	0.081
17	50	0.3819	0.42	0.0381	42	70	0.779	0.86	0.081
18	50	0.3819	0.42	0.0381	43	70	0.779	0.86	0.081
19	50	0.3819	0.42	0.0381	44	75	0.8384	0.88	0.0416
20	50	0.3819	0.42	0.0381	45	85	0.9171	0.92	0.0029
21	50	0.3819	0.42	0.0381	46	85	0.9171	0.92	0.0029
22	60	0.6098	0.78	<b>0.1702</b>	47	90	0.9415	0.96	0.0185
23	60	0.6098	0.78	0.1702	48	90	0.9415	0.96	0.0185
24	60	0.6098	0.78	0.1702	49	105	0.9802	0.98	0.0002
25	60	0.6098	0.78	0.1702	50	120	0.9935	1	0.0065



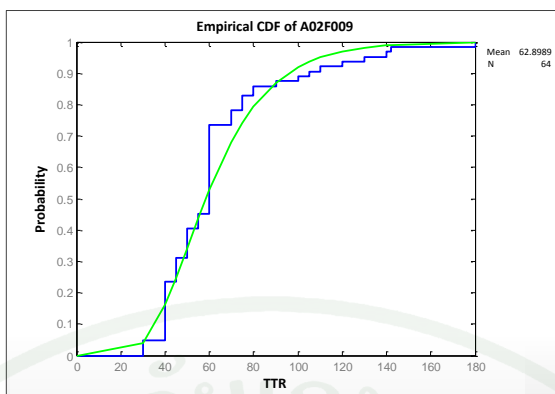
ภาพที่ 29 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F08

จากตารางที่ 25 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.1702 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.1690) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบบล็อกนอร์มอลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชันนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้



ตารางที่ 26 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
15	40	0.161	0.2344	0.0734	47	60	0.5272	0.7344	0.2072
16	45	0.2474	0.3125	0.0651	48	70	0.6811	0.7813	0.1002
17	45	0.2474	0.3125	0.0651	49	70	0.6811	0.7813	0.1002
18	45	0.2474	0.3125	0.0651	50	70	0.6811	0.7813	0.1002
19	45	0.2474	0.3125	0.0651	51	75	0.7424	0.8281	0.0857
20	45	0.2474	0.3125	0.0651	52	75	0.7424	0.8281	0.0857
21	50	0.3418	0.4063	0.0645	53	75	0.7424	0.8281	0.0857
22	50	0.3418	0.4063	0.0645	54	80	0.7937	0.8594	0.0657
23	50	0.3418	0.4063	0.0645	55	80	0.7937	0.8594	0.0657
24	50	0.3418	0.4063	0.0645	56	90	0.8701	0.875	0.0049
25	50	0.3418	0.4063	0.0645	57	100	0.9195	0.8906	0.0289
26	50	0.3418	0.4063	0.0645	58	105	0.9369	0.9063	0.0306
27	55	0.4369	0.4531	0.0162	59	110	0.9506	0.9219	0.0287
28	55	0.4369	0.4531	0.0162	60	120	0.9698	0.9375	0.0323
29	55	0.4369	0.4531	0.0162	61	130	0.9815	0.9531	0.0284
30	60	0.5272	0.7344	<b>0.2072</b>	62	140	0.9887	0.9688	0.0199
31	60	0.5272	0.7344	0.2072	63	142	0.9898	0.9844	0.0054
32	60	0.5272	0.7344	0.2072	64	180	0.9983	1	0.0017



ภาพที่ 30 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F09

จากตารางที่ 26 ค่า  $K$  สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2072 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ (0.1634) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้ไม่ได้มีการแจกแจงแบบลิกนอรัมอลตามสมมติฐาน ดังนั้นทำการหาค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นนี้สามารถคำนวณได้โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยดังนี้

$$r_{F09} = \frac{4,052}{64} = 63.31 \text{ นาที}$$

### 2.11 เซกชั่น A02F10

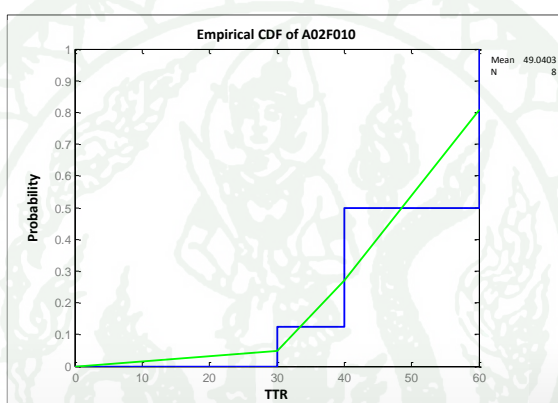
จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F10 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 8 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 8 ช่วงดังนี้ 30 40 40 40 60 60 60 60 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 27 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 31

ตารางที่ 27 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F10

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	30	0.0474	0.125	0.0776
2	40	0.2699	0.5	<b>0.2301</b>
3	40	0.2699	0.5	0.2301

## ตารางที่ 27 (ต่อ)

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
4	40	0.2699	0.5	0.2301
5	60	0.8099	1	0.1901
6	60	0.8099	1	0.1901
7	60	0.8099	1	0.1901
8	60	0.8099	1	0.1901



ภาพที่ 31 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F10

จากตารางที่ 27 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2301 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.4543) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 49.0403 นาที

$$r_{F10} = MTTR_{F10} = 49.0403 \text{ นาที}$$

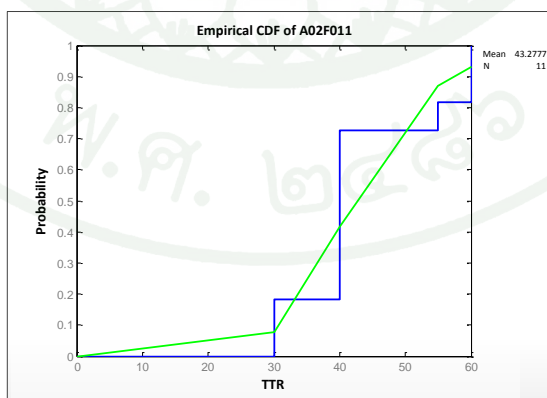
## 2.12 เซกชั่น A02F11

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F11 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 11 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 11 ช่วงดังนี้ 30 30 40 40 40 40 40 40 55 60 60 ผล

การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 28 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 32

ตารางที่ 28 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลัง อุปกรณ์ A02F11

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	30	0.078	0.1818	0.1038
2	30	0.078	0.1818	0.1038
3	40	0.4163	0.7273	<b>0.311</b>
4	40	0.4163	0.7273	0.311
5	40	0.4163	0.7273	0.311
6	40	0.4163	0.7273	0.311
7	40	0.4163	0.7273	0.311
8	40	0.4163	0.7273	0.311
9	55	0.8697	0.8182	0.0515
10	60	0.9319	1	0.0681
11	60	0.9319	1	0.0681



ภาพที่ 32 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F11

จากตารางที่ 28 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.311 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.3912) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลึอกนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 43.2777 นาที

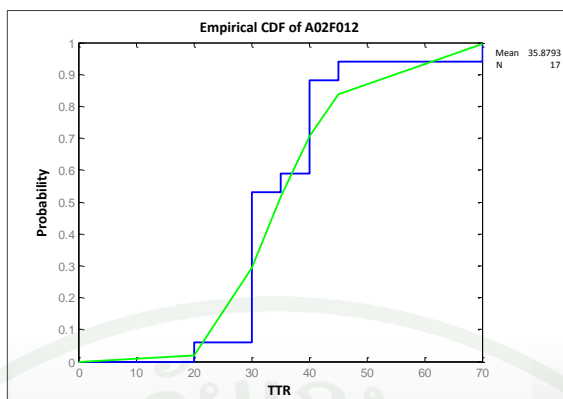
$$r_{F11} = MTTR_{F11} = 43.2777 \text{ นาที}$$

### 2.13 เซกชั่น A02F12

จากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของเซกชั่น A02F12 ระหว่างปี 2549-2553 พบว่าเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจำนวน 17 ครั้ง โดยมีระยะเวลาที่ระบบเริ่มขัดข้องจนกระทั่งระบบกลับสู่สภาวะปกติ (TTR) ทั้งหมด 17 ช่วงดังนี้ 20 30 30 30 30 30 30 30 30 35 40 40 40 40 40 70 ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของระบบแสดงดังตารางที่ 29 และกราฟความถี่สะสมของระยะเวลาทำงานแสดงดังภาพที่ 33

**ตารางที่ 29** ผลการทดสอบสมมติฐานการแจกแจงของข้อมูลระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยของเซกชั่นหลังอุปกรณ์ A02F12

ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K	ลำดับที่	ข้อมูล	S(x)	F(x)	K
1	20	0.0196	0.0588	0.0392	10	35	0.5159	0.5882	0.0723
2	30	0.2949	0.5294	<b>0.2345</b>	11	40	0.7059	0.8824	0.1765
3	30	0.2949	0.5294	0.2345	12	40	0.7059	0.8824	0.1765
4	30	0.2949	0.5294	0.2345	13	40	0.7059	0.8824	0.1765
5	30	0.2949	0.5294	0.2345	14	40	0.7059	0.8824	0.1765
6	30	0.2949	0.5294	0.2345	15	40	0.7059	0.8824	0.1765
7	30	0.2949	0.5294	0.2345	16	45	0.8374	0.9412	0.1038
8	30	0.2949	0.5294	0.2345	17	70	0.9959	1	0.0041
9	30	0.2949	0.5294	0.2345					



ภาพที่ 33 กราฟความถี่สะสมของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F12

จากตารางที่ 29 ค่า K สูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.2345 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติ (0.3180) ทำให้สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลชุดนี้มีการแจกแจงแบบลือกอนอร์มอล ตามสมมติฐาน ดังนั้นค่าระยะเวลาไฟดับเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 35.8793 นาที

$$r_{F12} = MTTR_{F12} = 35.8793 \text{ นาที}$$

ผลประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับ

ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (18)-(20) และในส่วนของระยะเวลาไฟดับสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (21)-(23) โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดให้ค่าความเสี่ยง ( $\alpha$ ) มีค่าเท่ากับ 0.1 ซึ่งผลการคำนวณจะแสดงโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือในส่วนแรกจะแสดงการคำนวณค่าของอัตราความล้มเหลว และในส่วนหลังจะแสดงการคำนวณค่าของระยะเวลาไฟดับ โดยทั้ง 2 ส่วนจะแสดงการคำนวณแยกแต่ละเซคชั่นดังนี้

1. ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว

1.1 เซคชั่น A02B01

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.1 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1852 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 26 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 52}^2 = 69.8322 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 52}^2 = 36.4371$$

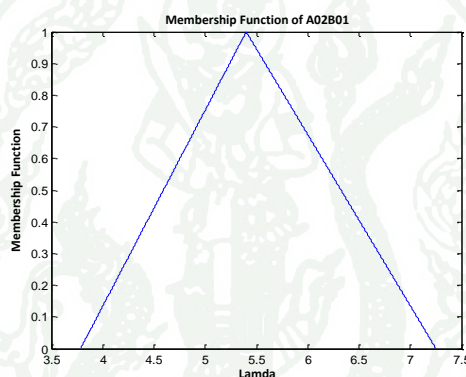
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02B01 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L,B01} = \frac{36.4371}{52 \times 0.1852} = 3.7836 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P,B01} = \frac{1}{0.1852} = 5.3996 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U,B01} = \frac{69.8322}{52 \times 0.1852} = 7.2512 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02B01 แสดงดังภาพที่ 34



ภาพที่ 34 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02B01

### 1.2 เซกชั้น A02F01

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.2 จะ ได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1193 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 14 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2,2n}^2 = \chi_{0.05,28}^2 = 23.6848 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2),2n}^2 = \chi_{0.95,28}^2 = 6.5706$$

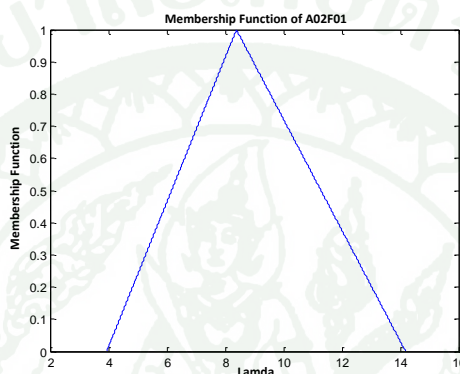
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F01 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L,F01} = \frac{6.5706}{14 \times 0.1193} = 3.9340 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P,F01} = \frac{1}{0.1193} = 8.3822 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U,F01} = \frac{23.6848}{14 \times 0.1852} = 14.1808 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F01 แสดงดังภาพที่ 35



ภาพที่ 35 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F01

### 1.3 เซกชั้น A02F02

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.3 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.6590 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 3 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2,2n}^2 = \chi_{0.05,6}^2 = 12.5916 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2),2n}^2 = \chi_{0.95,6}^2 = 1.6354$$

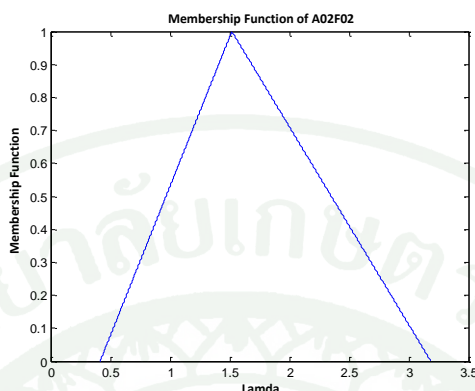
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F02 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L,F02} = \frac{1.6354}{6 \times 0.6590} = 0.4136 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P,F02} = \frac{1}{0.6590} = 1.5175 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U,F02} = \frac{12.5916}{6 \times 0.6590} = 3.1845 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F02 แสดงดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F02

#### 1.4 เซกชั้น A02F03

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.4 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1912 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 17 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n} = \chi_{0.05, 34}^2 = 48.6024 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n} = \chi_{0.95, 34}^2 = 21.1643$$

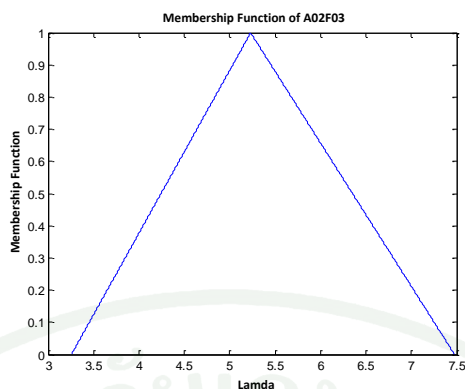
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F03 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F03} = \frac{21.1643}{34 \times 0.1912} = 3.2556 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F03} = \frac{1}{0.1912} = 5.2301 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F03} = \frac{12.5916}{34 \times 0.1912} = 7.4764 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F03 แสดงดังภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F03

### 1.5 เซกชั่น A02F04

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.5 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 19 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 38}^2 = 53.3835 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 38}^2 = 24.8839$$

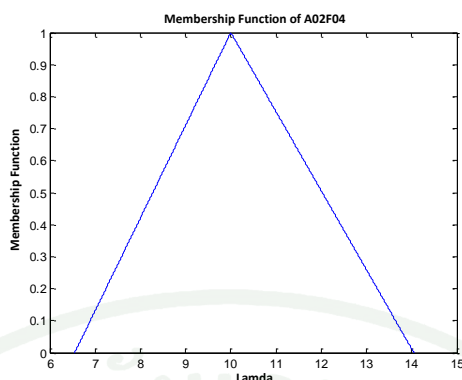
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F04 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F04} = \frac{24.8839}{38 \times 0.1} = 6.5484 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F04} = \frac{1}{0.1} = 10 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F04} = \frac{53.3835}{38 \times 0.1} = 14.0483 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F04 แสดงดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F04

#### 1.6 เซกชั้น A02F05

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.6 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1357 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 6 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 12}^2 = 21.0261 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 12}^2 = 5.226$$

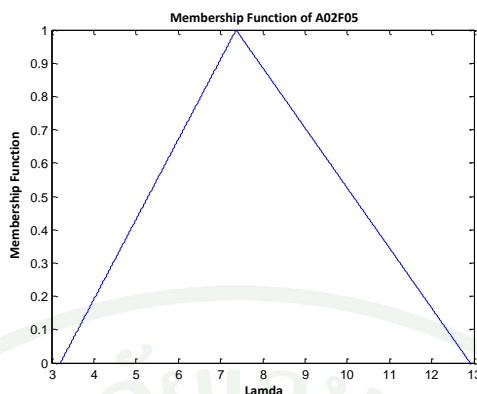
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่าขอบเขตบนและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F05 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F05} = \frac{5.2260}{12 \times 0.1357} = 3.2093 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F05} = \frac{1}{0.1357} = 7.3692 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F05} = \frac{21.0261}{12 \times 0.1357} = 12.9121 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F05 แสดงดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F05

### 1.7 เซกชั้น A02F06

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.7 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1597 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 29 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 58}^2 = 76.7778 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 58}^2 = 41.492$$

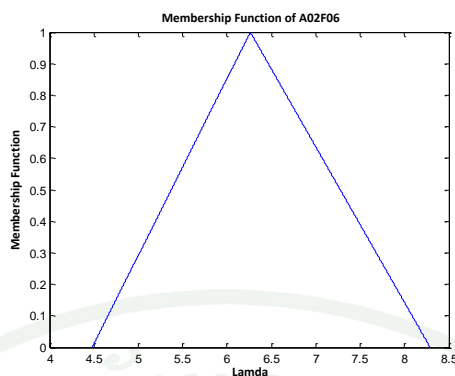
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่าขอบเขตและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F06 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F06} = \frac{41.4920}{58 \times 0.1597} = 4.4795 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F06} = \frac{1}{0.1597} = 6.2617 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F06} = \frac{76.7778}{58 \times 0.1597} = 8.2891 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F06 แสดงดังภาพที่ 40



ภาพที่ 40 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F06

### 1.8 เซกชั้น A02F07

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.8 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.1667 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 29 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 58}^2 = 76.7778 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 58}^2 = 41.492$$

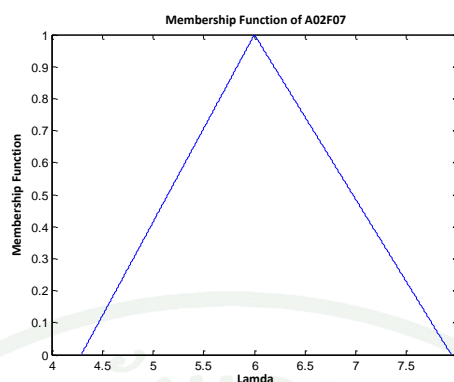
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F07 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F07} = \frac{41.4920}{58 \times 0.1667} = 4.2923 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F07} = \frac{1}{0.1667} = 6 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F07} = \frac{76.7778}{58 \times 0.1667} = 7.9425 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F07 แสดงดังภาพที่ 41



ภาพที่ 41 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F07

### 1.9 เซกชั้น A02F08

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.9 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.0796 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 49 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 98}^2 = 122.1077 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 98}^2 = 76.1638$$

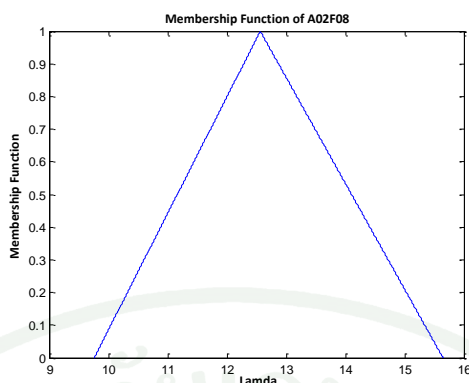
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่าขอบเขตและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F08 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F08} = \frac{76.1638}{98 \times 0.0796} = 9.7594 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F08} = \frac{1}{0.0796} = 12.5628 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F08} = \frac{122.1077}{98 \times 0.0796} = 15.6465 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F08 แสดงดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F08

#### 1.10 เซกชั้น A02F09

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.10 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.0602 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 63 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 126}^2 = 153.1979 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 126}^2 = 101.0742$$

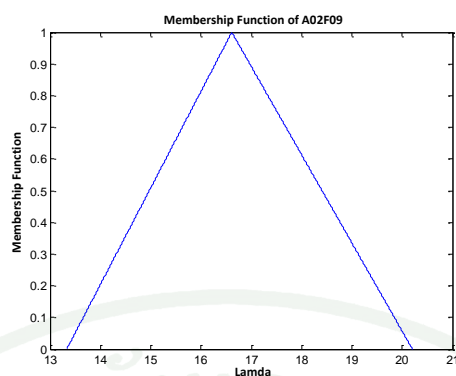
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F09 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F09} = \frac{101.0742}{126 \times 0.0602} = 13.3295 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F09} = \frac{1}{0.0602} = 16.6113 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F09} = \frac{153.1979}{126 \times 0.0602} = 20.2035 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F09 แสดงดังภาพที่ 43



ภาพที่ 43 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F09

### 1.11 เซกชั้น A02F10

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.11 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.6277 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 7 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 14}^2 = 23.6848 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 14}^2 = 6.5706$$

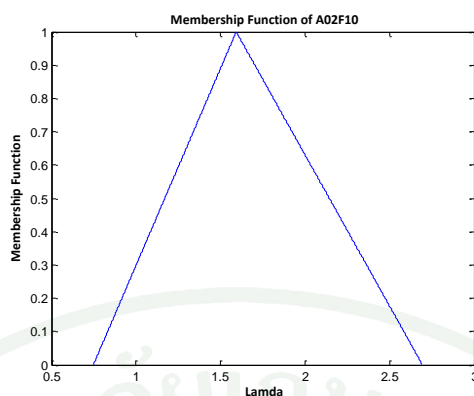
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F10 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F10} = \frac{6.5706}{14 \times 0.6277} = 0.7477 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F10} = \frac{1}{0.6277} = 1.5931 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F10} = \frac{23.6848}{14 \times 0.6277} = 2.6950 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F10 แสดงดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F10

### 1.12 เซกชั้น A02F11

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.12 จะได้ค่า MTF มีค่าเท่ากับ 0.4559 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 10 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2, 2n}^2 = \chi_{0.05, 20}^2 = 31.4104 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2), 2n}^2 = \chi_{0.95, 20}^2 = 10.8508$$

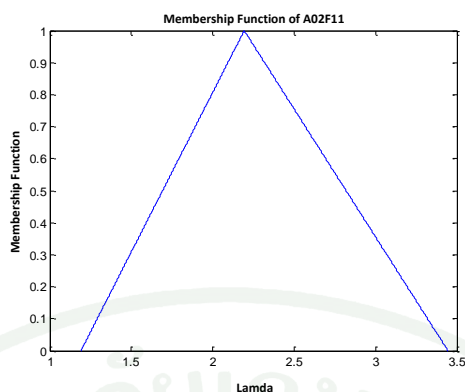
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่าขอบเขตและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F06 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L, F11} = \frac{10.8508}{20 \times 0.4559} = 1.1901 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P, F11} = \frac{1}{0.4559} = 2.1935 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U, F11} = \frac{31.4104}{20 \times 0.4559} = 3.4451 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั้น A02F11 แสดงดังภาพที่ 45



ภาพที่ 45 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F11

### 1.13 เซกชั่น A02F12

จากผลการทดสอบหาอัตราความล้มเหลวข้อ 1.13 จะได้ค่า MTTF มีค่าเท่ากับ 0.0681 ปี ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 16 ข้อมูล จากตารางค่าไคสแควร์จะได้

$$\chi_{\alpha/2,2n} = \chi_{0.05,32}^2 = 46.1943 \quad , \quad \chi_{1-(\alpha/2),2n} = \chi_{0.95,32}^2 = 20.0719$$

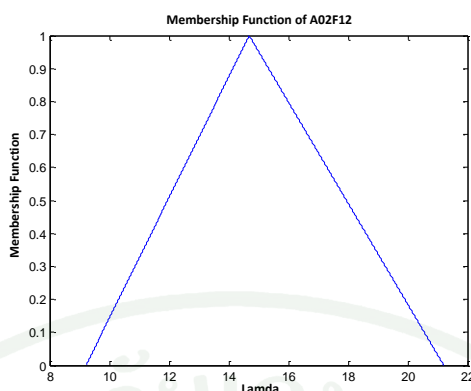
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F12 มีค่าดังนี้

$$\lambda_{L,F12} = \frac{20.0719}{32 \times 0.0681} = 9.2140 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{P,F12} = \frac{1}{0.0681} = 14.6843 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$\lambda_{U,F12} = \frac{46.1943}{32 \times 0.0681} = 21.2054 \text{ ครั้ง/ปี}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F12 แสดงดังภาพที่ 46



ภาพที่ 46 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของอัตราความล้มเหลวของเซกชั่น A02F12

2. ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ

2.1 เซกชั่น A02B01

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.1 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 26.0830 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 17.4584 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 27 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1,\alpha/2} = t_{26,0.05} = 1.7056$$

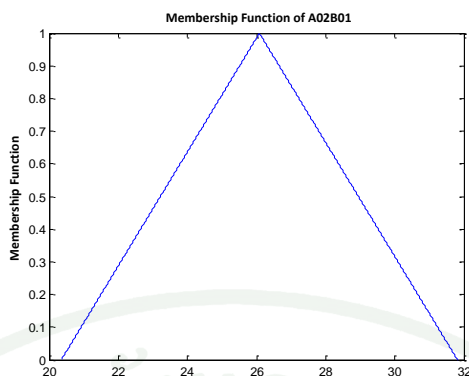
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02B01 มีค่าดังนี้

$$r_{L,B01} = 26.083 - (1.7056 \times \frac{17.4584}{\sqrt{27}}) = 26.083 - 5.7306 = 20.352 \text{ นาที}$$

$$r_{P,B01} = 26.083 \text{ นาที}$$

$$r_{U,B01} = 26.083 + (1.7056 \times \frac{17.4584}{\sqrt{27}}) = 26.083 + 5.7306 = 31.814 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02B01 แสดงดังภาพที่ 47



ภาพที่ 47 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02B01

### 2.2 เซคชั่น A02F01

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.2 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 32.4941 นาฬิกาและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 17.4584 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 7 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{7, 0.05} = 1.8946$$

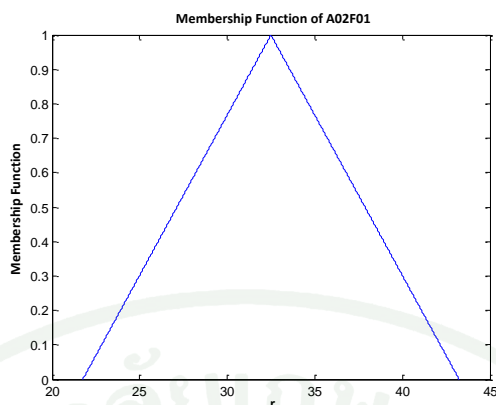
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F01 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F01} = 32.4941 - (1.8946 \times \frac{16.0357}{\sqrt{8}}) = 32.4941 - 10.7413 = 21.753 \text{ นาฬิกา}$$

$$r_{P,F01} = 32.494 \text{ นาฬิกา}$$

$$r_{U,F01} = 32.4941 + (1.8946 \times \frac{16.0357}{\sqrt{8}}) = 32.4941 + 10.7413 = 43.235 \text{ นาฬิกา}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F01 แสดงดังภาพที่ 48



ภาพที่ 48 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F01

### 2.3 เซกชั่น A02F02

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.3 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 30.5911 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 14.1421 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 4 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{3, 0.05} = 2.3534$$

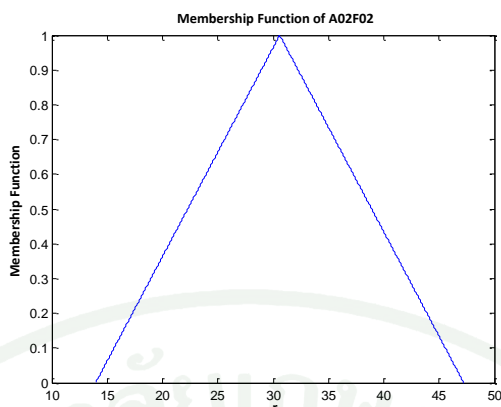
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F02 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F02} = 30.5911 - (2.3534 \times \frac{14.1421}{\sqrt{3}}) = 30.5911 - 16.6408 = 13.950 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F02} = 30.5911 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F02} = 30.5911 + (2.3534 \times \frac{14.1421}{\sqrt{3}}) = 30.5911 + 16.6408 = 47.232 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั่น A02F02 แสดงดังภาพที่ 49



ภาพที่ 49 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F02

#### 2.4 เซกชั้น A02F03

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.4 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 35.2235 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 11.7574 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 18 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{17, 0.05} = 1.7396$$

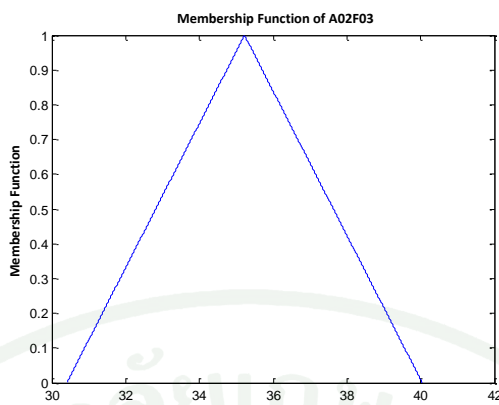
ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F03 มีค่าดังนี้

$$r_{L, F03} = 35.2235 - (1.7396 \times \frac{11.7574}{\sqrt{18}}) = 35.2235 - 4.8209 = 30.4026 \text{ นาที}$$

$$r_{P, F03} = 35.2235 \text{ นาที}$$

$$r_{U, F03} = 35.2235 + (1.7396 \times \frac{11.7574}{\sqrt{18}}) = 35.2235 + 4.8209 = 40.0444 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F03 แสดงดังภาพที่ 50



ภาพที่ 50 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F03

#### 2.5 เซกชั้น A02F04

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.5 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 37.7500 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 10.9394 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 20 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1,\alpha/2} = t_{19,0.05} = 1.7291$$

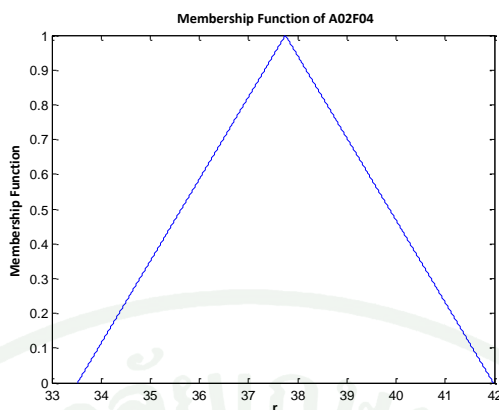
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F04 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F04} = 37.7500 - (1.7291 \times \frac{10.9394}{\sqrt{20}}) = 37.7500 - 4.2297 = 33.5203 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F04} = 37.7500 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F04} = 37.7500 + (1.7291 \times \frac{10.9394}{\sqrt{20}}) = 37.7500 + 4.2297 = 41.9797 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F04 แสดงดังภาพที่ 51



ภาพที่ 51 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F04

### 2.6 เซกชั้น A02F05

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 1.2.6 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 38.2632 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 12.8638 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 7 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{6, 0.05} = 1.9432$$

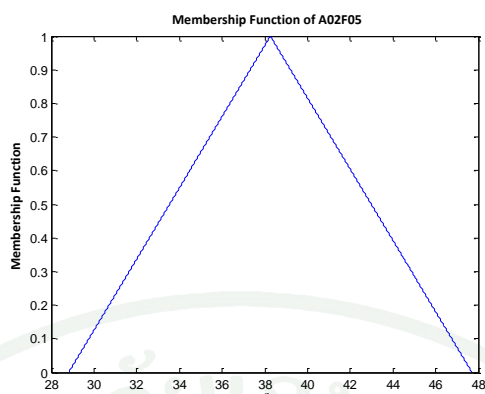
ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F05 มีค่าดังนี้

$$r_{L, F05} = 38.2632 - (1.9432 \times \frac{12.8638}{\sqrt{7}}) = 38.2632 - 9.4478 = 28.8154 \text{ นาที}$$

$$r_{P, F05} = 38.2632 \text{ นาที}$$

$$r_{U, F05} = 38.2632 + (1.9432 \times \frac{12.8638}{\sqrt{7}}) = 38.2632 + 9.4478 = 47.7110 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F05 แสดงดังภาพที่ 52



ภาพที่ 52 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F05

### 2.7 เซคชั่น A02F06

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.7 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 43.4347 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 17.3280 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 30 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{29, 0.05} = 1.6991$$

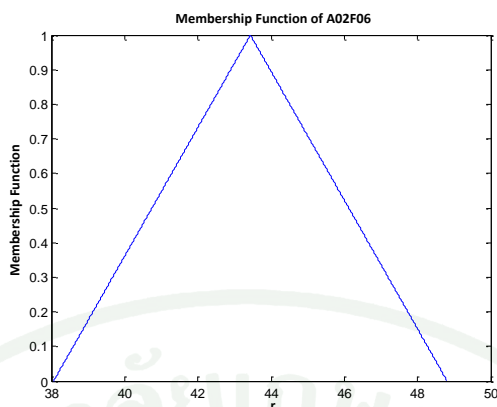
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F06 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F06} = 43.4347 - (1.6991 \times \frac{17.3280}{\sqrt{30}}) = 43.4347 - 5.3754 = 38.0593 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F06} = 43.4347 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F06} = 43.4347 + (1.6991 \times \frac{17.3280}{\sqrt{30}}) = 43.4347 + 5.3754 = 48.8101 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F06 แสดงดังภาพที่ 53



ภาพที่ 53 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F06

### 2.8 เซกชั้น A02F07

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.8 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 49.5510 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 25.4099 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 30 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{29, 0.05} = 1.6991$$

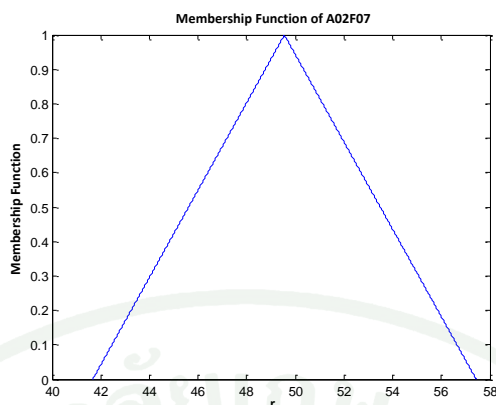
ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F07 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F07} = 49.5510 - (1.6991 \times \frac{25.4099}{\sqrt{30}}) = 49.5510 - 7.8826 = 41.6684 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F07} = 49.5510 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F07} = 49.5510 + (1.6991 \times \frac{25.4099}{\sqrt{30}}) = 49.5510 + 7.8826 = 57.4336 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F07 แสดงดังภาพที่ 54



ภาพที่ 54 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F07

### 2.9 เซคชั่น A02F08

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.9 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 57.7000 นาฬิกาและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 18.7140 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 50 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1,\alpha/2} = t_{49,0.05} = 1.6766$$

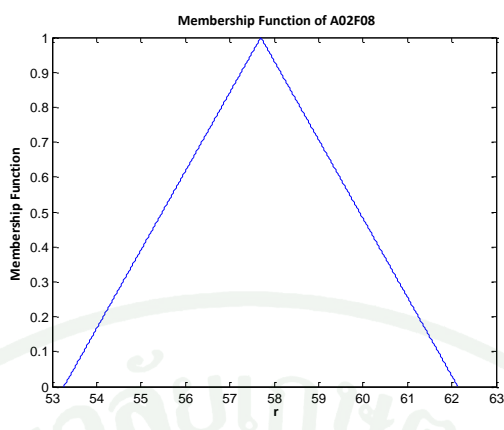
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F08 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F08} = 57.7000 - \left(1.6766 \times \frac{18.7140}{\sqrt{50}}\right) = 57.7000 - 4.4371 = 53.2629 \text{ นาฬิกา}$$

$$r_{P,F08} = 57.7000 \text{ นาฬิกา}$$

$$r_{U,F08} = 57.7000 + \left(1.6766 \times \frac{18.7140}{\sqrt{50}}\right) = 57.7000 + 4.4371 = 62.1371 \text{ นาฬิกา}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F08 แสดงดังภาพที่ 55



ภาพที่ 55 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F08

### 2.10 เซกชั้น A02F09

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.10 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 63.3125 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 29.1198 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 64 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{63, 0.05} = 1.6694$$

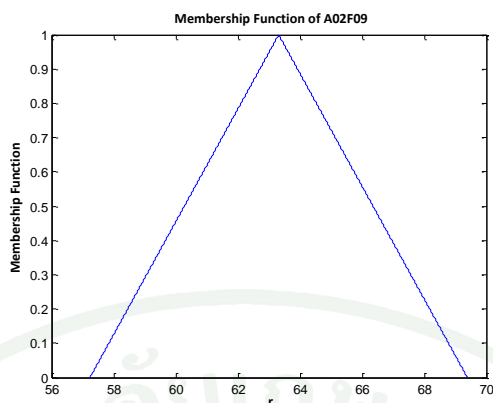
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F09 มีค่าดังนี้

$$r_{L, F09} = 63.3125 - \left(1.6694 \times \frac{29.1198}{\sqrt{64}}\right) = 63.3125 - 6.0766 = 57.2359 \text{ นาที}$$

$$r_{P, F09} = 63.3125 \text{ นาที}$$

$$r_{U, F09} = 63.3125 + \left(1.6694 \times \frac{29.1198}{\sqrt{64}}\right) = 63.3125 + 6.0766 = 69.3891 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F09 แสดงดังภาพที่ 56



ภาพที่ 56 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F09

### 2.11 เซกชั้น A02F10

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 1.2.11 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 49.0403 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 12.4642 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 8 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{7, 0.05} = 1.8946$$

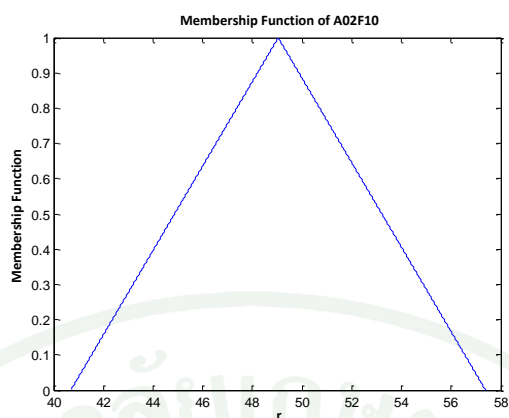
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F10 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F10} = 49.0403 - \left(1.8946 \times \frac{12.4642}{\sqrt{8}}\right) = 49.0403 - 8.3490 = 40.6913 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F10} = 49.0403 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F10} = 49.0403 + \left(1.8946 \times \frac{12.4642}{\sqrt{8}}\right) = 49.0403 + 8.3490 = 57.3893 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F10 แสดงดังภาพที่ 57



ภาพที่ 57 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F10

### 2.12 เซกชั้น A02F11

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.12 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 43.2777 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 10.5529 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 11 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1, \alpha/2} = t_{10, 0.05} = 1.8125$$

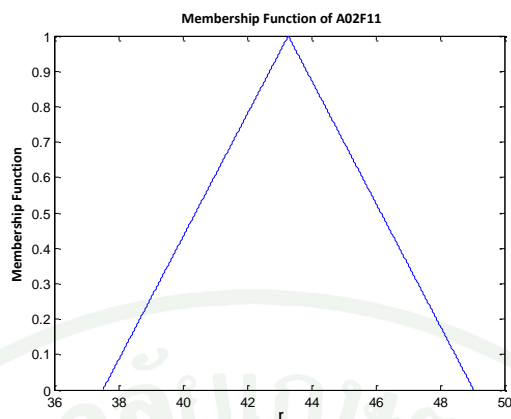
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F11 มีค่าดังนี้

$$r_{L, F11} = 43.2777 - (1.8125 \times \frac{10.5529}{\sqrt{11}}) = 43.2777 - 5.7669 = 37.5107 \text{ นาที}$$

$$r_{P, F11} = 43.2777 \text{ นาที}$$

$$r_{U, F11} = 43.2777 + (1.8125 \times \frac{10.5529}{\sqrt{11}}) = 43.2777 + 5.7669 = 49.0446 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชั้น A02F11 แสดงดังภาพที่ 58



ภาพที่ 58 ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F11

### 2.13 เซคชั่น A02F12

จากผลการทดสอบหาระยะเวลาไฟดับข้อ 2.13 จะได้ค่า MTTR มีค่าเท่ากับ 35.8793 นาทีและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s) เท่ากับ 10.7870 ซึ่งคำนวณจากข้อมูลจำนวน (n) 17 ข้อมูล จากตารางค่าที่จะได้

$$t_{n-1,\alpha/2} = t_{16,0.05} = 1.7459$$

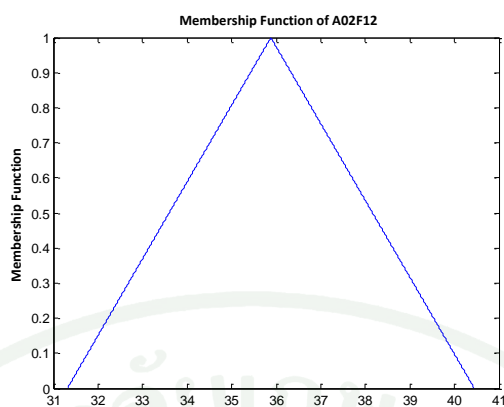
ดังนั้นค่าค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F12 มีค่าดังนี้

$$r_{L,F12} = 35.8793 - (1.7459 \times \frac{10.7870}{\sqrt{17}}) = 35.8793 - 4.5677 = 31.3116 \text{ นาที}$$

$$r_{P,F12} = 35.8793 \text{ นาที}$$

$$r_{U,F12} = 35.8793 + (1.7459 \times \frac{10.7870}{\sqrt{17}}) = 35.8793 + 4.5677 = 40.4469 \text{ นาที}$$

ค่าเมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซคชั่น A02F12 แสดงดังภาพที่ 59



ภาพที่ 59 ค่าสมาชิกฟังก์ชันของระยะเวลาไฟดับของเซกชัน A02F12

ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับแสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ค่าขอบเขตล่าง ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับ

เซกชัน	อัตราความล้มเหลว			ระยะเวลาไฟดับ		
	ขอบเขตล่าง	ค่ายอด	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	ค่ายอด	ขอบเขตบน
A02B001	3.7836	5.3996	7.2512	20.352	26.083	31.814
A02F001	3.934	8.3822	14.1808	21.753	32.494	43.235
A02F002	0.4136	1.5175	3.1845	13.95	30.5911	47.232
A02F003	3.2556	5.2301	7.4764	30.4026	35.2235	40.0444
A02F004	6.5484	10	14.0483	33.5203	37.75	41.9797
A02F005	3.2093	7.3692	12.9121	28.8154	38.2632	47.711
A02F006	4.4795	6.2617	8.2891	38.0593	43.4347	48.8101
A02F007	4.2923	6	7.9425	41.6684	49.551	57.4336
A02F008	9.7594	12.5628	15.6465	53.2629	57.7	62.1371
A02F009	13.3295	16.6113	20.2035	57.2359	63.3125	69.3891
A02F010	0.7477	1.5931	2.695	40.6913	49.0403	57.3893
A02F011	1.1901	2.1935	3.4451	37.5107	43.2777	49.0446
A02F012	9.214	14.6843	21.2054	31.3116	35.8793	40.4469

## ผลประมาณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของระบบ

ผลการประมาณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของระบบไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1) สำหรับค่าดัชนี SAIFI และ (2) สำหรับค่าดัชนี SAIDI ร่วมกับการคำนวณทางฟัซซี่ (Fuzzy Arithmetic) ซึ่งผลการคำนวณจะแสดงโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือในส่วนแรกจะแสดงการคำนวณค่าดัชนี SAIFI และในส่วนหลังจะแสดงการคำนวณค่าดัชนี SAIDI โดยทั้ง 2 ส่วนจะแสดงการคำนวณแยกแต่ละเซกชันดังนี้

### 1. ผลการประมาณค่าดัชนี SAIFI

#### 1.1 เซกชัน A02B01

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.1 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชัน A02B01 ดังนี้

$$\lambda_{L,B01} = 3.7836 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,B01} = 5.3996 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,B01} = 7.2512 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{B01} = 3,349 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชัน A02B01 มีค่าดังนี้

$$SAIFI_{L,B01} = \frac{\lambda_{L,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{3.7836 \times 3,349}{3,349} = 3.7836 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,B01} = \frac{\lambda_{P,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{5.3996 \times 3,349}{3,349} = 5.3996 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,B01} = \frac{\lambda_{U,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{7.2512 \times 3,349}{3,349} = 7.2512 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

#### 1.2 เซกชัน A02F01

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.2 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชัน A02F01 ดังนี้

$$\lambda_{L,F01} = 3.934 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F01} = 8.3822 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F01} = 14.1808 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F01} = 110 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F01 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F01} = \frac{\lambda_{L,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{3.934 \times 110}{3,349} = 0.1292 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F01} = \frac{\lambda_{P,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{8.3822 \times 110}{3,349} = 0.2753 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F01} = \frac{\lambda_{U,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{14.1808 \times 110}{3,349} = 0.4658 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

### 1.3 เซกชั่น A02F02

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.3 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F02 ดังนี้

$$\lambda_{L,F02} = 0.4136 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F02} = 1.5175 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F02} = 3.1845 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F02} = 1 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F02 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F02} = \frac{\lambda_{L,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{0.4136 \times 1}{3,349} = 0.0001 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F02} = \frac{\lambda_{P,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{1.5175 \times 1}{3,349} = 0.0005 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F02} = \frac{\lambda_{U,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{3.1845 \times 1}{3,349} = 0.001 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

#### 1.4 เซกชั่น A02F03

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.4 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F03 ดังนี้

$$\lambda_{L,F03} = 3.2556 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F03} = 5.2301 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F03} = 7.4764 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{FB} = 101 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F03 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F03} = \frac{\lambda_{L,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{3.2556 \times 101}{3,349} = 0.0982 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F03} = \frac{\lambda_{P,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{5.2301 \times 101}{3,349} = 0.1577 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F03} = \frac{\lambda_{U,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{7.4764 \times 101}{3,349} = 0.2255 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

#### 1.5 เซกชั่น A02F04

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.5 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F04 ดังนี้

$$\lambda_{L,F04} = 6.5484 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F04} = 10 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F04} = 14.0483 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F04} = 909 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F04 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F04} = \frac{\lambda_{L,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{6.5484 \times 909}{3,349} = 1.7774 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F04} = \frac{\lambda_{P,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{10 \times 909}{3,349} = 2.7142 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F04} = \frac{\lambda_{U,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{14.0483 \times 909}{3,349} = 3.8131 \text{ ครั้ง/รายปี}$$

### 1.6 เซกชั่น A02F05

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.6 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F05 ดังนี้

$$\lambda_{L,F05} = 3.2093 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F05} = 7.3692 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F05} = 12.9121 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F05} = 93 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F05 มีค่าดังนี้

$$SAIFI_{L,F05} = \frac{\lambda_{L,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{3.2093 \times 93}{3,349} = 0.0891 \text{ ครั้ง/รายปี}$$

$$SAIFI_{P,F05} = \frac{\lambda_{P,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{7.3692 \times 93}{3,349} = 0.2046 \text{ ครั้ง/รายปี}$$

$$SAIFI_{U,F05} = \frac{\lambda_{U,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{12.9121 \times 93}{3,349} = 0.3586 \text{ ครั้ง/รายปี}$$

### 1.7 เซกชั่น A02F06

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.7 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F06 ดังนี้

$$\lambda_{L,F06} = 4.4795 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F06} = 6.2617 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F06} = 8.2891 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F06} = 232 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F06 มีค่าดังนี้

$$\text{SAIFI}_{L,F06} = \frac{\lambda_{L,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{4.4795 \times 232}{3,349} = 0.3103 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIFI}_{P,F06} = \frac{\lambda_{P,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{6.2617 \times 232}{3,349} = 0.4338 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIFI}_{U,F06} = \frac{\lambda_{U,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{8.2891 \times 232}{3,349} = 0.5742 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

### 1.8 เซกชั่น A02F07

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.8 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F07 ดังนี้

$$\lambda_{L,F07} = 4.2923 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F07} = 6 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F07} = 7.9425 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F07} = 589 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F07 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIFI}_{L,F07} = \frac{\lambda_{L,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{4.2923 \times 589}{3,349} = 0.7549 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIFI}_{P,F07} = \frac{\lambda_{P,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{6 \times 589}{3,349} = 1.0552 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIFI}_{U,F07} = \frac{\lambda_{U,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{7.9425 \times 589}{3,349} = 1.3969 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

### 1.9 เซกชั่น A02F08

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.9 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F08 ดังนี้

$$\lambda_{L,F08} = 9.7594 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F08} = 12.5628 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F08} = 15.6465 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F08} = 456 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F08 มีค่า  
ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{SAIFI}_{L,F08} &= \frac{\lambda_{L,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{9.7594 \times 456}{3,349} = 1.3288 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \\ \text{SAIFI}_{P,F08} &= \frac{\lambda_{P,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{12.5628 \times 456}{3,349} = 1.7106 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \\ \text{SAIFI}_{U,F08} &= \frac{\lambda_{U,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{15.6465 \times 456}{3,349} = 2.1304 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \end{aligned}$$

### 1.10 เซกชั่น A02F09

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความ  
ล้มเหลวข้อ 1.10 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความ  
ล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F09 ดังนี้

$$\begin{aligned} \lambda_{L,F09} &= 13.3295 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F09} &= 16.6113 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F09} &= 20.2035 \text{ ครั้ง/ปี} \\ N_{F09} &= 288 \text{ ราย} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F09 มีค่า  
ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{SAIFI}_{L,F09} &= \frac{\lambda_{L,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{13.3295 \times 288}{3,349} = 1.1463 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \\ \text{SAIFI}_{P,F09} &= \frac{\lambda_{P,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{16.6113 \times 288}{3,349} = 1.4285 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \\ \text{SAIFI}_{U,F09} &= \frac{\lambda_{U,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{20.2035 \times 288}{3,349} = 1.7374 \text{ ครั้ง/ราย/ปี} \end{aligned}$$

### 1.11 เซกชั่น A02F10

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความ  
ล้มเหลวข้อ 1.11 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความ  
ล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F10 ดังนี้

$$\lambda_{L,F10} = 0.7477 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F10} = 1.5931 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F10} = 2.695 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F10} = 32 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซคชั่น A02F10 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F10} = \frac{\lambda_{L,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{0.7477 \times 32}{3,349} = 0.0071 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F10} = \frac{\lambda_{P,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{1.5931 \times 32}{3,349} = 0.0152 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F10} = \frac{\lambda_{U,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{2.695 \times 32}{3,349} = 0.0258 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

#### 1.12 เซคชั่น A02F11

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.12 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซคชั่น A02F11 ดังนี้

$$\lambda_{L,F11} = 1.1901 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F11} = 2.1935 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F11} = 3.4451 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F11} = 446 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซคชั่น A02F11 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F11} = \frac{\lambda_{L,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{1.1901 \times 446}{3,349} = 0.1585 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F11} = \frac{\lambda_{P,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{2.1935 \times 446}{3,349} = 0.2921 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F11} = \frac{\lambda_{U,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{3.4451 \times 446}{3,349} = 0.4588 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

### 1.13 เซกชั่น A02F12

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวข้อ 1.13 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลวและผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F12 ดังนี้

$$\lambda_{L,F12} = 9.214 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F12} = 14.6843 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F12} = 21.2054 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$N_{F12} = 55 \text{ ราย}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F12 มีค่า ดังนี้

$$SAIFI_{L,F12} = \frac{\lambda_{L,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{9.214 \times 55}{3,349} = 0.1513 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{P,F12} = \frac{\lambda_{P,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{14.6843 \times 55}{3,349} = 0.2412 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

$$SAIFI_{U,F12} = \frac{\lambda_{U,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{21.2054 \times 55}{3,349} = 0.3483 \text{ ครั้ง/ราย/ปี}$$

## 2. ผลการประมาณค่าดัชนี SAIDI

### 2.1 เซกชั่น A02B01

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับข้อ 2.1 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02B01 ดังนี้

$$\lambda_{L,B01} = 3.7836 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,B01} = 5.3996 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,B01} = 7.2512 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$r_{L,B01} = 20.352 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{P,B01} = 26.083 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{U,B01} = 31.814 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$N_{B01} = 3,349 \text{ ราย}$$

$$U_{L,B01} = \lambda_{L,B01} \times r_{L,B01} = 3.7836 \times 20.352 = 77.038 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,B01} = \lambda_{P,B01} \times r_{P,B01} = 5.3996 \times 26.083 = 140.8378 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,B01} = \lambda_{U,B01} \times r_{U,B01} = 7.2512 \times 31.814 = 230.6897 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02B01 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIDI}_{L,B01} = \frac{U_{L,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{77.038 \times 3,349}{3,349} = 77.0038 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{P,B01} = \frac{U_{P,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{140.8378 \times 3,349}{3,349} = 140.8378 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{U,B01} = \frac{U_{U,B01} \times N_{B01}}{N_T} = \frac{230.6897 \times 3,349}{3,349} = 230.6897 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

## 2.2 เซกชั่น A02F01

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.2 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟ ของเซกชั่น A02F01 ดังนี้

$$\lambda_{L,F01} = 3.934 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F01} = 8.3822 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F01} = 14.1808 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$r_{L,F01} = 21.753 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{P,F01} = 32.494 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{U,F01} = 43.235 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$N_{F01} = 110 \text{ ราย}$$

$$U_{L,F01} = \lambda_{L,F01} \times r_{L,F01} = 3.934 \times 21.753 = 85.5763 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F01} = \lambda_{P,F01} \times r_{P,F01} = 8.3822 \times 32.494 = 272.3712 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F01} = \lambda_{U,F01} \times r_{U,F01} = 14.1808 \times 43.235 = 613.1069 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F01 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIDI}_{L,F01} = \frac{U_{L,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{85.5763 \times 110}{3,349} = 2.8108 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{P,F01} = \frac{U_{P,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{272.3712 \times 110}{3,349} = 8.9462 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{U,F01} = \frac{U_{U,F01} \times N_{F01}}{N_T} = \frac{613.1069 \times 110}{3,349} = 20.1379 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

### 2.3 เซกชั่น A02F02

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.3 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F02 ดังนี้

$$\begin{aligned}\lambda_{L,F02} &= 0.4136 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F02} &= 1.5175 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F02} &= 3.1845 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F02} &= 13.95 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F02} &= 30.5911 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F02} &= 47.232 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F02} &= 1 \text{ ราย}\end{aligned}$$

$$U_{L,F02} = \lambda_{L,F02} \times r_{L,F02} = 0.4136 \times 13.95 = 5.7697 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F02} = \lambda_{P,F02} \times r_{P,F02} = 1.5175 \times 30.5911 = 46.422 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F02} = \lambda_{U,F02} \times r_{U,F02} = 3.1845 \times 47.232 = 150.4103 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F02 มีค่า ดังนี้

$$SAIDI_{L,F02} = \frac{U_{L,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{5.7697 \times 1}{3,349} = 0.0017 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F02} = \frac{U_{P,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{46.422 \times 1}{3,349} = 0.0139 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F02} = \frac{U_{U,F02} \times N_{F02}}{N_T} = \frac{150.4103 \times 1}{3,349} = 0.0449 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

### 2.4 เซกชั่น A02F03

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.4 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F03 ดังนี้

$$\begin{aligned}\lambda_{L,F03} &= 3.2556 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F03} &= 5.2301 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F03} &= 7.4764 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F03} &= 30.4026 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F03} &= 35.2235 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F03} &= 40.0444 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F03} &= 101 \text{ ราย}\end{aligned}$$

$$U_{L,F03} = \lambda_{L,F03} \times r_{L,F03} = 3.2556 \times 30.4026 = 98.9787 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F03} = \lambda_{P,F03} \times r_{P,F03} = 5.2301 \times 35.2235 = 184.2224 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F03} = \lambda_{U,F03} \times r_{U,F03} = 7.4764 \times 40.0444 = 299.388 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F03 มีค่า ดังนี้

$$SAIDI_{L,F03} = \frac{U_{L,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{98.9787 \times 101}{3,349} = 2.985 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F03} = \frac{U_{P,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{184.2224 \times 101}{3,349} = 5.5558 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F03} = \frac{U_{U,F03} \times N_{F03}}{N_T} = \frac{299.388 \times 101}{3,349} = 9.029 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

## 2.5 เซกชั่น A02F04

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.5 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟ ของเซกชั่น A02F04 ดังนี้

$$\begin{aligned} \lambda_{L,F04} &= 6.5484 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F04} &= 10 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F04} &= 14.0483 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F04} &= 33.5203 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F04} &= 37.75 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F04} &= 41.9797 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F04} &= 909 \text{ ราย} \end{aligned}$$

$$U_{L,F04} = \lambda_{L,F04} \times r_{L,F04} = 6.5484 \times 33.5203 = 219.5043 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F04} = \lambda_{P,F04} \times r_{P,F04} = 10 \times 37.75 = 377.5 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F04} = \lambda_{U,F04} \times r_{U,F04} = 14.0483 \times 41.9797 = 589.7434 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F04 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIDI}_{L,F04} = \frac{U_{L,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{219.5043 \times 909}{3,349} = 59.5788 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{P,F04} = \frac{U_{P,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{377.5 \times 909}{3,349} = 102.4627 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{U,F04} = \frac{U_{U,F04} \times N_{F04}}{N_T} = \frac{589.7434 \times 909}{3,349} = 160.0707 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

## 2.6 เซกชั่น A02F05

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.6 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไม่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F05 ดังนี้

$$\lambda_{L,F05} = 3.2093 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F05} = 7.3692 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F05} = 12.9121 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$r_{L,F05} = 28.8154 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{P,F05} = 38.2632 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{U,F05} = 47.711 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$N_{F05} = 93 \text{ ราย}$$

$$U_{L,F05} = \lambda_{L,F05} \times r_{L,F05} = 3.2093 \times 28.8154 = 92.4773 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F05} = \lambda_{P,F05} \times r_{P,F05} = 7.3692 \times 38.2632 = 281.9692 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F05} = \lambda_{U,F05} \times r_{U,F05} = 12.9121 \times 47.711 = 616.0492 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F05 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIDI}_{L,F05} = \frac{U_{L,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{92.4773 \times 93}{3,349} = 2.5681 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{P,F05} = \frac{U_{P,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{281.9692 \times 93}{3,349} = 7.8301 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$\text{SAIDI}_{U,F05} = \frac{U_{U,F05} \times N_{F05}}{N_T} = \frac{616.0492 \times 93}{3,349} = 17.1074 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

### 2.7 เซกชั่น A02F06

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.7 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F06 ดังนี้

$$\begin{aligned}\lambda_{L,F06} &= 4.4795 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F06} &= 6.2617 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F06} &= 8.2891 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F06} &= 38.0593 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F06} &= 43.4347 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F06} &= 48.8101 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F06} &= 232 \text{ ราย}\end{aligned}$$

$$U_{L,F06} = \lambda_{L,F06} \times r_{L,F06} = 4.4795 \times 38.0593 = 170.4866 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F06} = \lambda_{P,F06} \times r_{P,F06} = 6.2617 \times 43.4347 = 271.9751 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F06} = \lambda_{U,F06} \times r_{U,F06} = 8.2891 \times 48.8101 = 404.5918 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F06 มีค่า ดังนี้

$$SAIDI_{L,F06} = \frac{U_{L,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{170.4866 \times 232}{3,349} = 11.8104 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F06} = \frac{U_{P,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{271.9751 \times 232}{3,349} = 18.8409 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F06} = \frac{U_{U,F06} \times N_{F06}}{N_T} = \frac{404.5918 \times 232}{3,349} = 28.0279 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

### 2.8 เซกชั่น A02F07

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.8 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F07 ดังนี้

$$\begin{aligned}\lambda_{L,F07} &= 4.2923 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F07} &= 6 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F07} &= 7.9425 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F07} &= 41.6684 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F07} &= 49.551 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F07} &= 57.4336 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F07} &= 589 \text{ ราย}\end{aligned}$$

$$U_{L,F07} = \lambda_{L,F07} \times r_{L,F07} = 4.2923 \times 41.6684 = 178.8533 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F07} = \lambda_{P,F07} \times r_{P,F07} = 6 \times 49.551 = 297.306 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F07} = \lambda_{U,F07} \times r_{U,F07} = 7.9425 \times 57.4336 = 456.1664 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F07 มีค่า

$$SAIDI_{L,F07} = \frac{U_{L,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{178.8533 \times 589}{3,349} = 31.4555 \text{ นาที/รายปี}$$

$$SAIDI_{P,F07} = \frac{U_{P,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{297.306 \times 589}{3,349} = 52.2882 \text{ นาที/รายปี}$$

$$SAIDI_{U,F07} = \frac{U_{U,F07} \times N_{F07}}{N_T} = \frac{456.1664 \times 589}{3,349} = 80.2275 \text{ นาที/รายปี}$$

### 2.9 เซกชั่น A02F08

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.9 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F08 ดังนี้

$$\begin{aligned} \lambda_{L,F08} &= 9.7594 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F08} &= 12.5628 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F08} &= 15.6465 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F08} &= 53.2629 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F08} &= 57.7 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F08} &= 62.1371 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F08} &= 456 \text{ ราย} \end{aligned}$$

$$U_{L,F08} = \lambda_{L,F08} \times r_{L,F08} = 9.7594 \times 53.2629 = 519.8139 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F08} = \lambda_{P,F08} \times r_{P,F08} = 12.5628 \times 57.7 = 724.8736 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F08} = \lambda_{U,F08} \times r_{U,F08} = 15.6465 \times 62.1371 = 972.2281 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F08 มีค่า

$$\begin{aligned} \text{SAIDI}_{L,F08} &= \frac{U_{L,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{519.8139 \times 456}{3,349} = 70.7779 \text{ นาที/รายปี} \\ \text{SAIDI}_{P,F08} &= \frac{U_{P,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{724.8736 \times 456}{3,349} = 98.6988 \text{ นาที/รายปี} \\ \text{SAIDI}_{U,F08} &= \frac{U_{U,F08} \times N_{F08}}{N_T} = \frac{972.2281 \times 456}{3,349} = 132.3786 \text{ นาที/รายปี} \end{aligned}$$

## 2.10 เซกชัน A02F09

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.10 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ใช้ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชัน A02F09 ดังนี้

$$\begin{aligned} \lambda_{L,F09} &= 13.3295 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F09} &= 16.6113 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F09} &= 20.2035 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F09} &= 57.2359 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F09} &= 63.3125 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F09} &= 69.3891 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F09} &= 288 \text{ ราย} \end{aligned}$$

$$U_{L,F09} = \lambda_{L,F09} \times r_{L,F09} = 13.3295 \times 57.2359 = 762.9259 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F09} = \lambda_{P,F09} \times r_{P,F09} = 16.6113 \times 63.3125 = 1051.703 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F09} = \lambda_{U,F09} \times r_{U,F09} = 20.2035 \times 69.3891 = 1401.903 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง, ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชัน A02F09 มีค่า ดังนี้

$$\text{SAIDI}_{L,F09} = \frac{U_{L,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{762.9259 \times 288}{3,349} = 65.6084 \text{ นาที/รายปี}$$

$$\text{SAIDI}_{P,F09} = \frac{U_{P,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{1051.703 \times 288}{3,349} = 90.4421 \text{ นาที/รายปี}$$

$$\text{SAIDI}_{U,F09} = \frac{U_{U,F09} \times N_{F09}}{N_T} = \frac{1401.903 \times 288}{3,349} = 120.5578 \text{ นาที/รายปี}$$

## 2.11 เซกชั่น A02F10

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.11 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F10 ดังนี้

$$\begin{aligned}\lambda_{L,F10} &= 0.7477 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{P,F10} &= 1.5931 \text{ ครั้ง/ปี} & \lambda_{U,F10} &= 2.695 \text{ ครั้ง/ปี} \\ r_{L,F10} &= 40.6913 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{P,F10} &= 49.0403 \text{ นาที/ครั้ง} & r_{U,F10} &= 57.3893 \text{ นาที/ครั้ง} \\ N_{F10} &= 32 \text{ ราย}\end{aligned}$$

$$U_{L,F10} = \lambda_{L,F10} \times r_{L,F10} = 0.7477 \times 40.6913 = 30.4249 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F10} = \lambda_{P,F10} \times r_{P,F10} = 1.5931 \times 49.0403 = 78.1261 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F10} = \lambda_{U,F10} \times r_{U,F10} = 2.695 \times 57.3893 = 154.6642 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F10 มีค่า ดังนี้

$$SAIDI_{L,F10} = \frac{U_{L,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{30.4249 \times 32}{3,349} = 0.2907 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F10} = \frac{U_{P,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{78.1261 \times 32}{3,349} = 0.7465 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F10} = \frac{U_{U,F10} \times N_{F10}}{N_T} = \frac{154.6642 \times 32}{3,349} = 1.4778 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

## 2.12 เซกชั่น A02F11

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ข้อ 2.12 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F11 ดังนี้

$$\lambda_{L,F11} = 1.1901 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F11} = 2.1935 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F11} = 3.4451 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$r_{L,F11} = 37.5107 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{P,F11} = 43.2777 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{U,F11} = 49.0446 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$N_{F11} = 446 \text{ ราย}$$

$$U_{L,F11} = \lambda_{L,F11} \times r_{L,F11} = 1.1901 \times 37.5107 = 44.6415 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F11} = \lambda_{P,F11} \times r_{P,F11} = 2.1935 \times 43.2777 = 94.9296 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F11} = \lambda_{U,F11} \times r_{U,F11} = 3.4451 \times 49.0446 = 168.9636 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F11 มีค่าดังนี้

$$SAIDI_{L,F11} = \frac{U_{L,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{44.6415 \times 446}{3,349} = 5.9451 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F11} = \frac{U_{P,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{94.9296 \times 446}{3,349} = 12.6422 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F11} = \frac{U_{U,F11} \times N_{F11}}{N_T} = \frac{168.9636 \times 446}{3,349} = 22.5016 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

### 2.13 เซกชั่น A02F12

จากผลประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับข้อ 2.13 และตารางที่ 3 จะได้ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของอัตราความล้มเหลว ค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของระยะเวลาไฟดับ ค่าช่วงเวลาที่ไฟดับ (U) และผู้ใช้ไฟของเซกชั่น A02F12 ดังนี้

$$\lambda_{L,F12} = 9.214 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{P,F12} = 14.6843 \text{ ครั้ง/ปี} \quad \lambda_{U,F12} = 21.2054 \text{ ครั้ง/ปี}$$

$$r_{L,F12} = 31.3116 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{P,F12} = 35.8793 \text{ นาที/ครั้ง} \quad r_{U,F12} = 40.4469 \text{ นาที/ครั้ง}$$

$$N_{F12} = 55 \text{ ราย}$$

$$U_{L,F12} = \lambda_{L,F12} \times r_{L,F12} = 9.214 \times 31.3116 = 288.5051 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{P,F12} = \lambda_{P,F12} \times r_{P,F12} = 14.6843 \times 35.8793 = 526.8624 \text{ นาที/ปี}$$

$$U_{U,F12} = \lambda_{U,F12} \times r_{U,F12} = 21.2054 \times 40.4469 = 857.6927 \text{ นาที/ปี}$$

ดังนั้นค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI ของเซกชั่น A02F12 มีค่า  
ดังนี้

$$SAIDI_{L,F12} = \frac{U_{L,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{288.5051 \times 55}{3,349} = 4.7381 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{P,F12} = \frac{U_{P,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{526.8624 \times 55}{3,349} = 8.6526 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

$$SAIDI_{U,F12} = \frac{U_{U,F12} \times N_{F12}}{N_T} = \frac{857.6927 \times 55}{3,349} = 14.0857 \text{ นาที/ราย/ปี}$$

ผลการประมาณค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI และ SAIDI ของ  
แต่ละเซกชั่น แสดงดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ค่าขอบเขตล่าง ค่ายอดและค่าขอบเขตบนของดัชนี SAIFI และ SAIDI ของแต่ละ  
เซกชั่น

เซกชั่น	SAIFI			SAIDI		
	ขอบเขตล่าง	ค่ายอด	ขอบเขตบน	ขอบเขตล่าง	ค่ายอด	ขอบเขตบน
A02B001	3.7836	5.3996	7.2512	77.038	140.8378	230.6897
A02F001	0.1292	0.2753	0.4658	2.8108	8.9462	20.1379
A02F002	0.0001	0.0005	0.001	0.0017	0.0139	0.0449
A02F003	0.0982	0.1577	0.2255	2.985	5.5558	9.029
A02F004	1.7774	2.7142	3.8131	59.5788	102.4627	160.0707
A02F005	0.0891	0.2046	0.3586	2.5681	7.8301	17.1074
A02F006	0.3103	0.4338	0.5742	11.8104	18.8409	28.0279
A02F007	0.7549	1.0552	1.3969	31.4555	52.2882	80.2275
A02F008	1.3288	1.7106	2.1304	70.7779	98.6988	132.3786
A02F009	1.1463	1.4285	1.7374	65.6084	90.4421	120.5578
A02F010	0.0071	0.0152	0.0258	0.2907	0.7465	1.4778
A02F011	0.15845	0.2921	0.4588	5.9451	12.6422	22.5016
A02F012	0.1513	0.2412	0.3483	4.7381	8.6526	14.0857
รวม	9.7348	13.9285	18.787	335.6085	547.9577	836.3365

จากตารางที่ 31 สามารถสรุปค่าขอบเขตล่าง,ค่ายอดและค่าขอบเขตบน SAIFI และ SAIDI ของสายป้อน A02 แสดงดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ค่าขอบเขตล่าง ค่ายอดและค่าขอบเขตบน SAIFI และ SAIDI ของสายป้อน A02

	ขอบเขตล่าง	ค่ายอด	ขอบเขตบน
SAIFI	9.7348	13.9285	18.787
SAIDI	335.6085	547.9577	836.3365

จากตารางที่ 32 ทำการตีพิมพ์ซึ่งได้แก่ค่าดัชนีความเชื่อถือได้จริงของระบบ

$$SAIFI_{A02} = CM(SAIFI) = \frac{\int SAIFI \times \mu_{SAIFI}(SAIFI) dSAIFI}{\int \mu_{SAIFI}(SAIFI) dSAIFI} = 14.15 \text{ ครั้ง/รายปี}$$

$$SAIDI_{A02} = CM(SAIDI) = \frac{\int SAIDI \times \mu_{SAIDI}(SAIDI) dSAIDI}{\int \mu_{SAIDI}(SAIDI) dSAIDI} = 573.3 \text{ นาที/รายปี}$$

ผลเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าดัชนีความเชื่อถือได้จริงของระบบ

สำหรับค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จริงของสายป้อน A02 ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (ผ1) และ (ผ2) ตามลำดับ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จริงของสายป้อน A02

ปี	ค่าจริง	
	SAIFI	SAIDI
2549	12.08	465.03
2550	6.16	258.01
2551	10.39	211
2552	10	386.01
2553	12.37	537.2

ทำการเปรียบเทียบดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของระบบไฟฟ้าที่ได้จากวิธีการประมาณค่ากับค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI จริงของระบบของปี 2553 โดยใช้วิธีค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ ได้ผลดังนี้

$$\%Error_{SAIFI} = \frac{SAIFI_{T,A02,2553} - SAIFI_{E,A02}}{SAIFI_{T,A02,2553}} \times 100 = \frac{12.37 - 14.15}{12.37} \times 100 = 14.39\%$$

$$\%Error_{SAIDI} = \frac{SAIDI_{T,A02,2553} - SAIDI_{E,A02}}{SAIDI_{T,A02,2553}} \times 100 = \frac{537.2 - 573.3}{537.2} \times 100 = 6.72\%$$

ตารางที่ 34 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ของระบบไฟฟ้าที่ได้จากวิธีการประมาณค่ากับค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI จริงของระบบของปี 2553 ของสายป้อน A01,A03,A04 และ A05

ตารางที่ 34 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่ากับค่าจริงของระบบสายป้อน A01,A03,A04 และ A05

	ค่าคำนวณ	ค่าจริง	%คลาดเคลื่อน
A01			
SAIFI	16.24	19.65	17.35
SAIDI	421.62	450.24	6.36
A03			
SAIFI	14.41	16.58	13.09
SAIDI	755.38	682.2	10.73
A04			
SAIFI	4.63	5.28	12.31
SAIDI	86.17	73.68	16.95
A05			
SAIFI	7.92	8.65	8.44
SAIDI	335.93	344.01	2.35

## วิจารณ์

วิทยานิพนธ์นี้ การประมาณค่าอัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับจากข้อมูลเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ในเบื้องต้น ได้ตั้งสมมติฐานว่าชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมาณค่ามีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลสำหรับกรณีค่าอัตราความล้มเหลวและมีการแจกแจงแบบล็อกนอร์มอลสำหรับกรณีค่าระยะเวลาไฟดับ โดยทำการทดสอบสมมติฐานดังกล่าวด้วยวิธีทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ ซึ่งผลที่ได้พบว่าชุดข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงตามที่ตั้งสมมติฐานจริง

ในการอธิบายความไม่แน่นอนของข้อมูล วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นร่วมกับทฤษฎีฟิชชีในการอธิบาย โดยที่ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นเป็นการอธิบายว่าชุดข้อมูลน่าจะมีค่าอยู่ในช่วงๆหนึ่งบนระดับความมั่นใจระดับหนึ่ง ซึ่งช่วงค่าของชุดข้อมูลชุดนั้นจะกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น วิธีที่ใช้ในการประมาณค่า จำนวนข้อมูลในชุดข้อมูล ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล เป็นต้น จากผลการทดลองพบว่าในกรณีของการประมาณค่าอัตราความล้มเหลว ปัจจัยที่มีผลต่อความกว้างของช่วงได้แก่จำนวนข้อมูลของแต่ละชุดข้อมูล คือชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลมากจะมีค่าช่วงแคบ และชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลน้อยจะมีค่าช่วงกว้าง ส่วนในกรณีของการประมาณค่าระยะเวลาซ่อม ปัจจัยที่มีผลต่อความกว้างของช่วงได้แก่จำนวนข้อมูลของแต่ละชุดข้อมูลและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชุดข้อมูลนั้นๆ คือในกรณีที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากันชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลมากจะมีค่าช่วงที่แคบกว่า ชุดข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลน้อยจะมีค่าช่วงที่กว้างกว่า และในกรณีที่มีข้อมูลข้อมูลเท่ากันชุดข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าจะมีค่าช่วงที่กว้างกว่า และชุดข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าจะมีค่าช่วงที่แคบกว่า ส่วนทฤษฎีฟิชชีใช้ในการอธิบายถึงความเป็นไปได้ของค่าแต่ละค่าภายในช่วงข้อมูลว่ามีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้า อันได้แก่ อัตราความล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับเพื่อใช้ในการประมาณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ในเบื้องต้นได้ตั้งสมมติฐานว่าค่าอัตราความล้มเหลวมีการแจกแจงข้อมูลแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และค่าระยะเวลาไฟดับมีการแจกแจงข้อมูลแบบล็อกนอร์มอลตามลำดับ โดยตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าวด้วยวิธีทดสอบโคโมโกรอฟ-สเมอรนอฟ และใช้ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นร่วมกับทฤษฎีพีชซีในการอธิบายความไม่แน่นอนของข้อมูล ซึ่งในกรณีของค่าอัตราความล้มเหลวปริมาณของข้อมูลจะเป็นตัวแปรสำคัญที่จะส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าขอบเขตล่างและค่าขอบเขตบน คือชุดข้อมูลที่มีปริมาณข้อมูลจำนวนมากจะทำให้ค่าขอบเขตล่างและค่าขอบเขตบนมีค่าใกล้เคียงกับค่ายอดมากกว่าชุดข้อมูลที่มีปริมาณข้อมูลน้อย(มีความไม่แน่นอนของข้อมูลน้อย) ในส่วนกรณีของค่าระยะเวลาไฟดับนอกจากปริมาณของข้อมูลแล้วตัวแปรอีกหนึ่งตัวที่จะส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าขอบเขตล่างและค่าขอบเขตบนคือค่าความเบี่ยงเบนของข้อมูล คือชุดข้อมูลที่มีปริมาณข้อมูลเท่ากัน ชุดใดที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมากกว่าจะส่งผลให้ค่าขอบเขตล่างและค่าขอบเขตบนมีห่างจากค่ายอดมากกว่าชุดข้อมูลที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า(มีความไม่แน่นอนของข้อมูลมาก) ผลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์ประมาณค่าขอบเขตล่าง ค่ายอดและค่าขอบเขตบนความของดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า อันได้แก่ SAIFI และ SAIDI ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่าครอบคลุมค่าทุกค่าของค่าจริง จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าดัชนีที่ได้จากกระบวนการดีฟิชซิฟิเคชันกับค่าดัชนีจริงของระบบพบว่าค่าดัชนี SAIFI มีความคลาดเคลื่อนมากพอสมควร ส่วนค่าดัชนี SAIDI มีความคลาดเคลื่อนน้อย และผลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลส่วนหนึ่งเพื่อวางแผนงานปรับปรุงระบบจำหน่ายในอนาคตให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

### ข้อเสนอแนะ

ควรมีการคำนวณอัตราการล้มเหลวและระยะเวลาไฟดับของแต่ละเซกชันของสายป้อน โดยแยกตามสาเหตุที่ทำให้การส่งจ่ายไฟฟ้าเกิดขัดข้อง เพื่อที่นำไปวิเคราะห์และประมาณค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI ตามสาเหตุได้ เพื่อช่วยในการวางแผนปรับปรุงระบบสายป้อนนั้นๆให้มีคุณภาพการส่งจ่ายไฟฟ้าที่ดียิ่งขึ้น



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

นิรนาม. ม.ป.ป. การวิเคราะห์ในสถิติไม่อิงพารามิเตอร์: การทดสอบเกี่ยวกับค่าอื่นๆ

ผศ.ดร.พยุ่ง มีสัจ. 2553. **โครงข่ายประสาทเทียมและระบบฟัซซี่**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วรา วราวิทย์. 2545. **การประเมินความเชื่อถือได้เชิงปริมาณ**. แหล่งที่มา:  
<http://hpc.ee.kmutnb.ac.th/~vara/perf/node145.html>, 20 พฤษภาคม 2552.

เอกสิทธิ์ เจียมสกุล. 2554. **วิธีการหาอัตราการล้มเหลวเพื่อประเมินความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายกำลังของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Anonymous. n.d. **Statistical Estimation using Confidence Intervals**. Available Source:  
<http://www.pharmpress.com/files/docs/PharmStats.pdf>, 5 มิถุนายน 2555.

Billinton, R. and R. N. Allan. 1992. **Reliability Evaluation of Engineering Systems**. Second Edition. Plenum, New York.

Eckhard, L., A. S. Werner and A. Markus. 2001. Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues. **BioScience** 51(5): 341-352

Illinois State University. **Percent Difference-Percent Error**. Available Source:  
<http://www.phy.ilstu.edu/slh/percent%20difference%20error.pdf> June 5, 2012.

Johnson Space Center (JSC). 1994. **Mean Time to Repair Predictions**. Available Source:  
<https://oce.jpl.nasa.gov/practices/at2.pdf>, 12 กรกฎาคม 2555.

Katithummarugs, S., A. Apiwattananon, P. Labchareonwong, N. Sirisophonwattana,

- T. Prasapairin, N. Teera-achariyakul and D. Rerkpreedapong. 2010. Reliability Index Prediction Using Fuzzy Principle. **Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)**. Asia-Pacific.
- Parkin, T. D., S. T. Chester and J. A. Robinson. 1990. Calculating Confidence Intervals for the Mean of a Lognormally Distributed Variable. **Soil Scien Society of America Journal** 54: 321-326
- Palash, D., B. Hrishikesh and A. Tazid. 2011. Fuzzy arithmetic with and without using  $\alpha$ -cut method: a comparative study. **International Journal of Latest Trends in Computing** 2(1).
- Romeu, J.L. 2002. Empirical Assessment of Normal and Lognormal Distribution Assumptions. **Selected Topics in Assurance Related Technologic** START-9(6).
- Romeu, J.L. 2002. Statistical Assumptions of an Exponential Distribution. **Selected Topics in Assurance Related Technologies** START-9(2).
- Romeu, J.L. 2003. Kolmogorov-Simirnov : A Goodness of Fit Test for Small Samples. **Selected Topics in Assurance Related Technologies** START-10(6).
- Romeu, J.L. 2003. Reliability Estimations for the Exponential Life. **Selected Topics in Assurance Related Technologies** START-10(7).
- Sheldon, R. 2009. **Introduction to Probability and Statistics for Engineers and Scientists**. Fourth Edition. Elsevier Academic Press, California.
- Tippachon, W., R. Boonruang, S. Boonpun, C. Khamtang, N. Klairuang, D. Rerkpreedapong and J. Hokierti. 2006. Failure Analysis of Protective Devices in Power Distribution Systems for Reliability Purpose. **TENCON 2006. 2006 IEEE Region 10 Conference**



### วิธีการคำนวณค่าดัชนีความเชื่อถือได้จริง

ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ SAIFI และ SAIDI จริงของระบบที่ใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากวิธีการประมาณค่าสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (ผ1) และ (ผ2) แสดงดังนี้

$$SAIFI_T = \frac{\sum N_C}{N_T} \quad (ผ1)$$

$N_C$  คือ จำนวนผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลกระทบของเหตุการณ์แต่ละครั้ง

$N_T$  คือ จำนวนผู้ใช้ไฟทั้งหมดของสายป้อน

$$SAIDI_T = \frac{\sum (r_C \times N_C)}{N_T} \quad (ผ2)$$

$r_C$  คือ ระยะเวลาที่ไฟดับของเหตุการณ์แต่ละครั้ง

## ประวัติการศึกษา

ชื่อ –นามสกุล	นายอัศรา กิตติปฎิมาคุณ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	24 เมษายน 2531
สถานที่เกิด	จ.กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (ไฟฟ้ากำลัง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-
บทความวิจัยในระดับชาติ	