มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม ในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

โดย

นายระพีพร ภาสบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2553

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม ในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

โดย

นายระพีพร ภาสบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2553

Outage Cost of Industries in Thailand by considering Thailand Standard Industrial Classification

By

Mr.Rapeeporn Bhasabutra

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Thammasat University

2010

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นายระพีพร ภาสบุตร

เรื่อง

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
ในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2553

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กีรติ ชยะกุลคีรี)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร.วรณี แพ่งจันทึก)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโยม)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุยา วีสกุล)

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้เพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนและไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการเปรียบเทียบระหว่างวิธีประเมินจากค่าเฉลี่ยและใช้แบบจำลองด้วยวิธีฟัซซี่ ลอจิก จากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมจำนวน 1,088 โรงงาน แยกตาม ประเภทอุตสาหกรรม 9 ประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ, อุตสาหกรรมเคมีและยาง, อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ, อุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้, อุตสาหกรรมโลหะพื้นฐาน, อุตสาหกรรมสิ่งทอและผลิตภัณฑ์หนังสัตว์, อุตสาหกรรมอโลหะ, อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม และอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ โดยมีปัจจัย 10 ปัจจัย เช่น ระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้อง, จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้อง และประเภทอุตสาหกรรม ได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องด้วยวิธี ไค -สแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยปัจจัยทั้งหมดผ่านการทดสอบสมมติฐานและถูกนำมาใช้เป็นอินพุทของฟัซซี่ ลอจิก ซึ่งจากผลการทดลองฟังก์ชั่นฟัซซี่ ที่เหมาะสมในการใช้งานคือ ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม มีจำนวนกฎที่ใช้ทั้งหมดเท่ากับ 975 กฎและ 985 กฎ สำหรับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนและแบบไม่มีแผนตามลำดับ การประมาณค่าที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีฟัซซี่ ลอจิกมีความถูกต้องมากกว่าการประเมินด้วยวิธีค่าเฉลี่ยโดยเฉพาะในกรณีที่มีการนำปัจจัยที่ส่งผลกระทบกับมูลค่าความสูญเสียมาเกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ และผลการคำนวณโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกพบว่า มูลค่าความสูญเสียสูงสุดเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนมีค่าเท่ากับ 70,359.50 บาทต่อครั้งและ 45.18 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับอุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ยิ่งไปกว่านั้น กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนมีมูลค่าความสูญเสียสูงสุดถึง 208,956.52 บาทต่อครั้ง และ 94.92 บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง สำหรับอุตสาหกรรมเคมีและยาง และอุตสาหกรรมไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้ ตามลำดับ สุดท้ายนี้ผลของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบมีแผนและไม่มีแผนสามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการเงินและด้านเทคนิคเพื่อใช้ในการวางแผนการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Abstract

In this study, the proposed fuzzy logic model for the planned and unplanned outage costs of industries in Thailand by considering Thailand Standard Industrial Classification (TSIC) is evaluated to compare with the conventional average method. The random sample of 1,088 industries is represented of 9 industrial types, which are pulp, paper and paper product industries, chemical and rubber industries, fabricated metal industries, wood and wood product industries, basic material industries, textile and leather product industries, non metallic mineral industries, food, beverage and tobacco industries and other manufacturing industries. In addition, 10 factors, such as outage duration, outage frequency and type of industry, are tested for the correlations with the outage cost by using chi-square method at significant level of 0.05. According to the hypothesis test, all factors are set to be the input of fuzzy logic model. From the experimental results, the suitable fuzzy function is triangular and the number of rules is 975 rules and 985 rules to model the planned and unplanned outage cost respectively. The evaluated outage cost from fuzzy logic model is more accurate than the outage cost from the conventional average method in terms of parameter dependency. From the proposed fuzzy logic model, the highest planned outage cost is 70,359.50 Baht/event and 45.18 Baht/kilowatt-hour for wood and wood product industries. Furthermore, the highest unplanned outage cost is 208,956.52 Baht/event and 94.92 Baht/kilowatt-hour for chemical and rubber product industries and wood and wood product industries respectively. Finally, the simulation results of planned and unplanned outage cost are used for reliability improvement planning to enhance the financial and technical performance of Provincial Electricity Authority.

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาวิจัยมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรมฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายด้วยความร่วมมืออย่างดีจากคณะทำงานโครงการวิจัยเรื่องการกำหนดค่าเป้าหมายดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้า มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ให้การสนับสนุนข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาวิจัยและให้คำปรึกษาในการหาแนวทางวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วรรัตน์ ปัตรประกร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์จากภาควิชาวิศวกรรมเคมีที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ของผู้ทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ดร.วรณี แพ่งจันทึก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.กีรติ ชยะกุลคีรี จากภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีปทุม ที่ได้เป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์และได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจทานวิทยานิพนธ์ของผู้ทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.อาทิตย์ โสตรโยม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบุพการีและญาติพี่น้องทุกท่านที่ได้คอยเป็นกำลังใจในการศึกษาโดยตลอดมารวมทั้งผู้บังคับบัญชาในหน่วยงาที่ให้การสนับสนุน

จึงขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นายระพีพร ภาสบุตร

นักศึกษาระดับปริญาโท

สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (1)

กิตติกรรมประกาศ ..... (3)

สารบัญตาราง ..... (4)

สารบัญภาพประกอบ ..... (7)

บทที่

1. บทนำ 1

    1.1 ความสำคัญของปัญหา 1
    1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
    1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 6
    1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย 7
    1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ 7

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

    2.1 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง 9
    2.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากับการปรับปรุงระบบไฟฟ้า 17

3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 20

    3.1 การสุ่มตัวอย่าง 20
    3.2 การแจกแจงข้อมูลแบบปกติและการแจกแจงไค-สแควร์ 23

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2 ฟัซซี่ ลอจิก 26

4. วิธีการและขั้นตอนการศึกษา 44

4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 45
4.2 ออกแบบฟอร์มที่ในการสำรวจเพื่อจัดเก็บข้อมูล 45
4.3 จัดส่งแบบสำรวจไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมต่างๆ 47
4.4 รวบรวมข้อมูลและแจกแจงข้อมูล 48
4.5 ตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 50
4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียโดยวิธีหาค่าเฉลี่ยและ .....
วิธีฟัซซี่ ลอจิก 54

5. ผลการศึกษาวิจัย 70

5.1 การจัดกลุ่มข้อมูลของแบบสำรวจ 70
5.2 การทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง 72
5.3 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม .....
แยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ 74
5.4 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม .....
แยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิก 80

6. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 89

6.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย 89
6.2 ข้อเสนอแนะในศึกษาวิจัย 98

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง..... 99

ภาคผนวก

ก. ตัวอย่างแบบสอบถามมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของ
ผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม 102

ข. ผลการแจกแจงข้อมูลจากแบบสำรวจ..... 110

บทความผู้วิจัย 122
ประวัติการศึกษา..... 131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าและหน่วยจำหน่ายในพื้นที่การจ่ายไฟของ ..... การไฟฟ้านครหลวง.....	2
1.2	ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟในพื้นที่การจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	3
1.3	ข้อมูลหน่วยจำหน่ายในพื้นที่การจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.	4
2.1	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบมีแผนและไม่มีแผน ..... แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศศรีลังกา	10
2.2	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนแยกตามกลุ่ม ..... อุตสาหกรรมของประเทศบังคลาเทศ	11
2.3	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนแยกตามกลุ่ม ..... อุตสาหกรรมของประเทศบังคลาเทศ	12
2.4	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องสาเหตุจากงูต้นไม้สีน้ำตาล ..... ของเกาะกวม(ระหว่างปีค.ศ.1978-1997)	14
2.5	มูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าจากการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	16
2.6	มูลค่าความสูญเสียเนื่องจากไฟฟ้าดับแบบฟัซซี่ของผู้ใช้ไฟฟ้าจากการศึกษา ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	16
2.7	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ... ในประเทศอินเดียตอนเหนือจากการศึกษาเมื่อปี ค.ศ. 1990	17
4.1	สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบและรายละเอียดของสมมติฐาน	58
4.2	การจัดกลุ่มจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า	61
4.3	การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลสำหรับฟัซซี่ลอจิก	63
5.1	การใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมจากผลสำรวจ.....	71
5.2	แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี ไค-สแควร์ (χ^2).....	72
5.3	มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยบาทต่อครั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตาม ..... ประเภทอุตสาหกรรม	76
5.4	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องเปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่มีแผน .. กับกรณีมีแผนแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	77

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
5.5	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	78
5.6	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	79
5.7	การเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	80
5.8	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจากวิธีฟัซซี่ ลอจิก	84
5.9	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจากวิธีฟัซซี่ ลอจิก	84
5.10	มูลค่าความสูญเสียแบบไม่มีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยคำนวณจากฟัซซี่ ลอจิกแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก	85
5.11	มูลค่าความสูญเสียแบบมีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยคำนวณจากฟัซซี่ ลอจิกแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก	85
5.12	มูลค่าความสูญเสียแบบไม่มีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยคำนวณจากฟัซซี่ ลอจิกแบบถ่วงน้ำหนัก	86
5.13	มูลค่าความสูญเสียแบบมีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยคำนวณจากฟัซซี่ ลอจิกแบบถ่วงน้ำหนัก	86
5.14	เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมที่คิดมูลค่าความสูญเสียเป็นแบบ บาทต่อครั้ง	87
5.15	เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมที่คิดมูลค่าความสูญเสียเป็นแบบ บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง	88
6.1	สรุปมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อครั้ง)	92
6.2	สรุปมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	93
6.3	ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าตามรูปแบบการจ่ายไฟแต่ละแบบ	96

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.4	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม ..... การลงทุนและมูลค่ารวมรวมตามตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้า 3 แบบ	98
ข-1	รายละเอียดประเภทอุตสาหกรรมแยกตามที่ตั้ง	110
ข-2	รายละเอียดลักษณะการผลิตแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	111
ข-3	รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	112
ข-4	รายละเอียดจำนวนวันในการทำงานต่อสัปดาห์แยกตามประเภท ..... อุตสาหกรรม	113
ข-5	รายละเอียดจำนวนครั้งในการบำรุงรักษาเครื่องจักรหลักต่อปีแยกตาม ..... ประเภทอุตสาหกรรม	114
ข-6	รายละเอียดจำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องในรอบปีแยกตามประเภทอุตสาหกรรม .	115
ข-7	รายละเอียดระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องต่อครั้งแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	116
ข-8	รายละเอียดช่วงเวลาไฟฟ้าขัดข้องในรอบปีแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	117
ข-9	รายละเอียดการมีแผนรับมือหรือไม่เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแยกตามประเภท .... อุตสาหกรรม	118
ข-10	รายละเอียดการมีระบบไฟฟ้าสำรองในโรงงานเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ..... แยกตามประเภทอุตสาหกรรม	119
ข-11	รายละเอียดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน..... แยกตามประเภทอุตสาหกรรม	120
ข-12	รายละเอียดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน ..... แยกตามประเภทอุตสาหกรรม	121

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1	ความสัมพันธ์ของเงินลงทุนของการไฟฟ้ากับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิด ..... ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า	5
2.1	งูต้นไม้สีน้ำตาลที่ขึ้นไปตามลูกถ้วยของระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งเป็นสาเหตุ .... หลักที่ทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องที่เกาะกวม	13
2.2	สถิติปัญหาที่เกิดจากงูต้นไม้สีน้ำตาลของเกาะกวมในรอบ 20 ปี	13
2.3	ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปของระบบจำหน่ายไฟฟ้า	18
2.4	ค่า SAIFI ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนอัตโนมัติ .. ในระบบจำหน่าย (รีโคลสเซอร์).....	18
2.5	ค่า SAIDI ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนอัตโนมัติ . ในระบบจำหน่าย (รีโคลสเซอร์).....	19
3.1	การแจกแจงข้อมูลแบบปกติ	24
3.2	การแจกแจงแบบ ไค-สแควร์ ที่จำนวนชุดข้อมูลมีความแตกต่างกัน	25
3.3	แนวคิดระหว่างแบบบูลีนลอจิกกับฟัซซี่ ลอจิก.....	26
3.4	สัดส่วนของลักษณะการตัดสินใจของมนุษย์บนพื้นฐานความคิดของตนเอง ..	27
3.5	ลักษณะของกราฟที่แตกต่างระหว่างเซตแบบฉบับ(รูปขวา)..... กับฟัซซี่ เซต(รูปซ้าย).....	28
3.6	ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซตแบบวิยุค A.....	29
3.7	ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซตแบบต่อเนื่อง A	30
3.8	ยูเนียนของฟัซซี่เซต A และ B.....	31
3.9	อินเตอร์เซ็คชั่นของฟัซซี่เซต A และ B.....	31
3.10	คอมพลีเมนต์ของฟัซซี่เซต A.....	32
3.11	ตัวอย่างของตัวแปรภาษาของฟัซซี่ ลอจิก	35
3.12	กราฟของฟังก์ชั่นระฆังคว่ำ.....	36
3.13	กราฟของฟังก์ชั่นเกาส์เซียน.....	37
3.14	ปริภูมิรูปแบบ (Pattern space) การจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี่รูปแบบกฎฟัซซี่	37
3.15	โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่.....	38

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.16	ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี่ลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน	39
3.17	ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซี่การอินพุท	40
3.18	ขั้นตอนที่ 2 การนำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการหาตัดสินใจ.....	40
3.19	ขั้นตอนที่ 3 วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่าในรูปฟัซซี่ ลอจิก.	41
3.20	ขั้นตอนที่ 4 ค่าที่ได้มาใช้ตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ.....	42
4.1	ขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้า ..... ขัดข้องของผู้ใช้ฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม	44
4.2	จำนวนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทจากการสำรวจ	49
4.3	สัดส่วนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทจากการสำรวจ	49
4.4	จำนวนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทและสถานที่ตั้งจากการสำรวจ	50
4.5	การกระจายตัวของการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับ .. มูลค่าความสูญเสียรวมที่ได้จากการสำรวจ.....	52
4.6	จำแนกกลุ่มผู้ตอบแบบสำรวจในการศึกษาวิจัย.....	53
4.7	แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน	56
4.8	แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน	56
4.9	แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องรวมทุกกรณี	57
4.10	การแบ่งกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากแบบสำรวจ	62
4.11	รูปแบบของฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม	66
4.12	อินพุทเทียบกับมูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน	67
4.13	อินพุทเทียบกับมูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน	67
4.14	กฎของอินพุทและเอาท์พุทในรูปแบบฟัซซี่ ลอจิกของมูลค่าความสูญเสีย ..... กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน	68
4.15	กฎของอินพุทและเอาท์พุทในรูปแบบฟัซซี่ ลอจิกของมูลค่าความสูญเสีย ..... กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน	69
5.1	การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจากผลสำรวจ	71

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.2	มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยบาทต่อครั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตาม ..... ประเภทอุตสาหกรรม	75
5.3	จำนวนอินพุทและเอาท์พุทของการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้า..... ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบไม่มีแผน.....	81
5.4	จำนวนอินพุทและเอาท์พุทของการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้า..... ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบมีแผน.....	82
5.5	แบบจำลองของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้า..... อุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบไม่มีแผน	82
5.6	แบบจำลองของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้า..... อุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบมีแผน	83
6.1	การจ่ายไฟรูปแบบที่ 1.....	95
6.2	การจ่ายไฟรูปแบบที่ 2.....	96
6.3	การจ่ายไฟรูปแบบที่ 3.....	96
6.4	ความความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากับการลงทุน ..... ก่อสร้างระบบไฟฟ้า	98

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

หน่วยงานที่มีหน้าที่เป็นผู้รับผิดชอบด้านการจัดหาและ จัดส่งกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า ภายในประเทศไทยมี 3 หน่วยงานหลักได้แก่ 1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้รับผิดชอบด้านการจัดหาและ จัดส่งกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าโดยตรงให้แก่ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) เป็นหลัก 2. การไฟฟ้านครหลวงเป็นผู้รับผิดชอบด้านการจัดหาและ จัดส่งกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร, จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ 3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเป็นผู้รับผิดชอบด้านการจัดหาและ จัดส่งกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าให้แก่ ผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ 73 จังหวัด (ยกเว้นกรุงเทพมหานคร, จังหวัดนนทบุรีและจังหวัดสมุทรปราการ)

โดยสามารถแบ่งกลุ่มของการจ่ายไฟฟ้าแยกตามประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้านครหลวงและเขตพื้นที่ความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตามประเภทของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าและจำนวนของหน่วยการใช้ไฟฟ้าในผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละกลุ่มได้ตามตารางที่ 1.1 ถึง ตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.1 แสดงข้อมูลของจำนวนผู้ใช้ไฟและหน่วยจำหน่ายในพื้นที่การจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง เมื่อพิจารณาข้อมูลจากตารางที่ 1.1 ของการไฟฟ้านครหลวงปี พ.ศ. 2550 จะพบว่าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ คิดเป็น 81.07%, 17.50%, 0.74% และ 0.06% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจำนวนปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ จะคิดเป็น 21.96%, 14.63%, 18.93% และ 36.84% ตามลำดับและเมื่อนำมาพิจารณาการใช้ปริมาณไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยต่อรายต่อชั่วโมง(โดยพิจารณาที่จำนวนการใช้ไฟฟ้าที่ 8,760 ชั่วโมงต่อปี)ของแต่ละกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่แยกเป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ มีค่าเป็น 0.48, 1.48, 45.63 และ 1,104.75 หน่วยต่อรายต่อชั่วโมงตามลำดับ

ตารางที่ 1.1

ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟและหน่วยจำหน่ายในพื้นที่การจ่ายไฟของการฟ้านครหลวง

รายการ	ประจำปี พ.ศ.				
	2546	2547	2548	2549	2550
จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าสิ้นปีงบประมาณ (ราย)					
บ้านอยู่อาศัย	1,900,906	1,986,747	2,056,473	2,127,323	2,193,529
กิจการขนาดเล็ก	425,120	447,499	461,074	468,933	473,546
กิจการขนาดกลาง	19,303	19,478	19,815	19,850	19,910
กิจการขนาดใหญ่	1,328	1,411	1,456	1,554	1,600
กิจการเฉพาะอย่าง	1,923	1,995	2,080	2,122	2,251
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	9,863	9,734	9,902	10,255	10,798
ไฟสาธารณะและไฟถนน	4,059	4,188	4,180	4,106	4,169
รวม	2,362,502	2,471,052	2,554,980	2,634,143	2,705,803
หน่วยจำหน่าย (ล้านหน่วย)					
บ้านอยู่อาศัย	7,935.11	8,334.63	8,637.37	9,079.16	9,230.43
กิจการขนาดเล็ก	5,225.36	5,566.11	5,771.96	6,039.00	6,150.31
กิจการขนาดกลาง	7,864.16	8,050.86	8,045.11	8,061.22	7,959.27
กิจการขนาดใหญ่	13,085.41	14,120.77	14,605.93	15,189.57	15,484.14
กิจการเฉพาะอย่าง	1,604.44	1,658.92	1,693.78	1,729.67	1,773.67
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	1,216.05	1,200.01	1,151.71	1,175.48	1,214.71
ไฟสาธารณะและไฟถนน	180.95	188.10	194.10	208.18	222.88
รวม	37,111.48	39,119.40	40,099.96	41,482.28	42,035.41

ที่มา: “รายงานประจำปี 2550 ของการไฟฟ้านครหลวง” http://www.mea.co.th

ตารางที่ 1.2 และ ตารางที่ 1.3 พิจารณาที่ข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคปี พ.ศ. 2550 จะพบว่าจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าแยกตามประเภทที่เป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่จะคิดเป็น 91.08%, 6.88%, 0.25% และ 0.02% ตามลำดับ โดยจำนวนปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ จะคิดเป็น 21.33%, 8.19%, 16.73% และ 44.32% ตามลำดับ

เมื่อนำมาพิจารณาการใช้ปริมาณไฟฟ้าหน่วยต่อรายต่อชั่วโมง (โดยพิจารณาที่จำนวนการใช้ไฟฟ้าที่ 8,760 ชั่วโมงต่อปี) ของแต่ละกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่แยกเป็นบ้านอยู่อาศัย, กิจการ

ขนาดเล็ก, กิจการขนาดกลางและกิจการขนาดใหญ่ มีค่าเป็น 0.16, 0.84, 47.14 และ 1,406.57 หน่วยต่อรายต่อชั่วโมงตามลำดับ

ตารางที่ 1.2
ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟในพื้นที่การจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

รายการ	ปี พ.ศ. 2551	ปี พ.ศ. 2550	% เพิ่ม (ลด)
1. จำนวนผู้ใช้ไฟ (ราย)			
บ้านอยู่อาศัย(<150 หน่วย)	9,405,703	9,244,574	1.74
บ้านอยู่อาศัย(>150 หน่วย)	3,868,244	3,699,440	4.56
กิจการขนาดเล็ก	1,019,569	977,818	4.27
กิจการขนาดกลาง	37,529	35,526	5.64
กิจการขนาดใหญ่	3,331	3,155	5.58
กิจการเฉพาะอย่าง	6,215	5,710	8.84
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	127,327	120,959	5.26
สูบน้ำเพื่อการเกษตร	3,298	3,344	(1.38)
ไฟชั่วคราว	129,166	120,384	7.29
ไฟสำรอง	35	33	6.06
อัตราค่าไฟฟ้าประเภทงดจ่าย	3	3	0.00
รวมทั้งหมด	14,600,420	14,210,946	2.74

ที่มา: “รายงานประจำปี 2551 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค” http://www.pea.co.th

ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อเทียบจากสถิติจากตารางที่ 1.1 ถึง ตารางที่ 1.3 มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มอุตสาหกรรม ดังนั้นเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องขึ้นในระบบไฟฟ้าจะทำให้การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสูญเสียโอกาสในการขายไฟฟ้าในอุตสาหกรรมที่เป็นกิจการขนาดใหญ่ต่อชั่วโมงเป็น 1,104.75 และ 1,406.57 หน่วยตามลำดับ โดยยังไม่ได้พิจารณาถึงความเสียหายในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชำรุดเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งถ้ามองในด้านของผู้ใช้ไฟฟ้าผลกระทบก็ย่อมเกิดกับผู้ใช้ไฟฟ้าเหมือนกันซึ่งระดับความรุนแรงของแต่ละกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าย่อมมีความแตกต่างกันซึ่งปัจจัยที่ทำให้ค่านี้มากอาจขึ้นกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นกลุ่มอุตสาหกรรมจึงเป็นกลุ่มที่ควรนำมาพิจารณา

หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมว่ามีค่าเป็นเท่าใด โดยแยกตามประเภทของแต่ละอุตสาหกรรม เพราะขั้นตอนการผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมย่อมมีความแตกต่างกันประกอบกับเป็นการสอดคล้องกับทิศทางของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและภารกิจของการไฟฟ้าที่มีหน้าที่ในการปรับปรุงเสริมความมั่นคงในการจ่ายไฟให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า

ตารางที่ 1.3

ข้อมูลหน่วยจำหน่ายในพื้นที่การจ่ายไฟของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

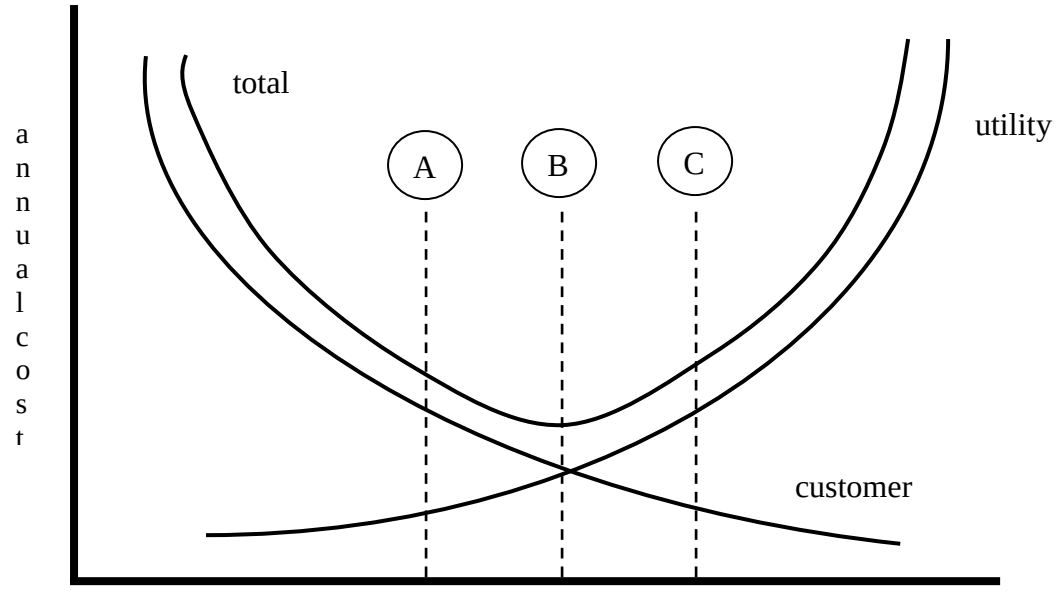
รายการ	ปี พ.ศ. 2551	ปี พ.ศ. 2550	% เพิ่ม (ลด)
2. หน่วยจำหน่ายไม่รวมไฟฟรี(ล้านหน่วย)			
บ้านอยู่อาศัย(<150 หน่วย)	7,404.74	7,347.39	0.78
บ้านอยู่อาศัย(>150 หน่วย)	11,905.02	11,359.90	4.80
กิจการขนาดเล็ก	7,476.57	7,182.13	4.10
กิจการขนาดกลาง	14,793.43	14,669.02	0.85
กิจการขนาดใหญ่	39,602.17	38,874.43	1.87
กิจการเฉพาะอย่าง	2,425.15	2,254.71	7.56
ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร	3,142.31	2,996.62	4.86
สูบน้ำเพื่อการเกษตร	281.46	267.90	5.06
ไฟชั่วคราว	689.33	648.70	6.26
ไฟสำรอง	92.85	38.17	143.25
อัตราค่าไฟฟ้าประเภทงดจ่าย	1,789.21	2,067.93	(13.48)
รวมทั้งหมด	89,602.24	87,706.90	2.16

ที่มา: “รายงานประจำปี 2551 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค” http://www.pea.co.th

โดยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคมุ่งเน้นการก้าวสู่ระดับสากลและการขยายธุรกิจ (บุกเบิกก่อสร้างไฟฟ้าให้ชุมชนใหญ่ ซึ่งภารกิจตั้งแต่เริ่มต้นใน ทศวรรษที่ 1 : พ.ศ. 2503-2513, เร่งรัดขยายไฟฟ้าสู่ชนบท ทศวรรษที่ 2 : พ.ศ. 2514 -2523, ส่งเสริมความเจริญทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทศวรรษที่ 3 : พ.ศ. 2524 – 2533, นำเทคโนโลยีชั้นสูงมาพัฒนามาตรฐานการบริการระดับ สากล ทศวรรษที่ 4 : พ.ศ. 2534-2543, ปรับโครงสร้าง

องค์กรและผลักดันการนำเทคโนโลยีชั้นสูงมาใช้และการขยายธุรกิจ ในช่วงปี พ.ศ. 2544 -ปัจจุบัน) ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีต่างๆเข้ามาช่วยในการพัฒนาระบบการจ่ายไฟฟ้าให้มีความมั่นคงเชื่อถือได้สูงขึ้น เช่นการติดตั้งระบบศูนย์ควบคุมการสั่งจ่ายไฟฟ้า, การนำระบบคอมพิวเตอร์ซอฟแวร์สำเร็จรูปมาใช้ทั่วทั้งองค์กร, ร่วมลงทุนพัฒนาโรงไฟฟ้าในแบบ Distributed Generator (DG) กับหน่วยงานเกี่ยวข้อง เป็นต้น ซึ่งถ้าการลงทุนดังกล่าวนำมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม มาพิจารณาเพื่อหาจุดเหมาะสมด้วยแล้วย่อมเพิ่มประสิทธิภาพของเงินลงทุนที่จำกัดให้ดีขึ้นดังภาพที่ 1.1

ภาพที่ 1.1
ความสัมพันธ์ของเงินลงทุนของการไฟฟ้ากับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 1.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเงินลงทุนของการไฟฟ้ากับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีผลต่อค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยจุด B คือจุดที่เหมาะสมในการลงทุนในการปรับปรุงระบบไฟฟ้า เพื่อให้ได้ผลรวมของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องรวมกับเงินลงทุนให้ได้จุดที่ต่ำที่สุดแต่ค่าความเชื่อถือได้ของระบบ

ไฟฟ้าอาจไม่ได้เป็นค่าที่ดีที่สุด ส่วนจุด A คือจุดที่การลงทุนในระบบไฟฟ้ามีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งจุดนี้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจะไม่ดีเมื่อเทียบกับจุด B และ จุด C ส่วนจุด C คือจุดที่การลงทุนในระบบไฟฟ้ามีค่ามากเกินจุดเหมาะสมเมื่อเทียบกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจะดีที่สุดเมื่อเทียบกันทั้งสามจุดแต่เงินลงทุนอาจจะสูงมากกว่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าหลายเท่าตัว นอกจากนี้ปัจจัยในการลงทุนในระบบไฟฟ้าก็ถูกจำกัดด้วยวงเงินงบประมาณในการลงทุนประจำปีของแต่ละการไฟฟ้าซึ่งผลของเงินลงทุนบางส่วนขึ้นอยู่กับรายได้จากการขายไฟฟ้าของแต่ละการไฟฟ้า ดังนั้นการพิจารณาจุดที่เหมาะสมในการลงทุนโดยการใช้มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมจึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณาในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีผลต่อมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม
2. เพื่อวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีการหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับวิธีการหาด้วย ฟัซซี่ ลอจิก
3. เพื่อวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1. ประเภทอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
2. ขนาดอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
3. กระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

4. ที่ตั้งของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่า ความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

5. ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าขัดข้องมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

6. ช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

7. ฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

8. ระบบการจัดการ ในโรงงาน เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

9. ชนิดของแหล่งพลังงานสำรอง ในโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

10. การบำรุงรักษาเครื่องจักร ในโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความ สูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

1.4 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

การวิจัยจะใช้ข้อมูลจากการสำรวจของกลุ่มอุตสาหกรรมจำนวน 1,088 แห่งครบทั้ง 9 ประเภท เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมโดยแยกตามกลุ่มประเภทอุตสาหกรรม โดยใช้วิธีการคำนวณโดยการหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยวิธี ฟัซซี่ ลอจิกเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มอุตสาหกรรมที่น่าเชื่อถือได้โดยใช้องค์ประกอบของค่าใช้ไฟฟ้ามาเป็นส่วนร่วมในการวิเคราะห์หาค่าดังกล่าว

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. วิธีการวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยและการหาโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิก

2. การไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประกอบการพิจารณาการลงทุนปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าดีขึ้นอย่างเหมาะสม

3. ส่วนเกี่ยวข้องสามารถนำมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ได้นี้ไปใช้ประกอบในการออกแบบกระบวนการผลิตหรือเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพเพื่อช่วยลดค่านี้ให้ต่ำลงทั้งจากผู้ขายไฟฟ้าและจากภายในโรงงานเอง

บทที่ 2

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่มีการนำเสนอมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม, กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทพาณิชกรรม, กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อการเกษตรกรรม รวมทั้งกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย ประกอบกับแนวทางการปรับปรุงระบบไฟฟ้าโดยการพิจารณากำหนดจุดติดตั้งและจำนวนอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความมั่นคงและความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าให้สอดคล้องกับเงินลงทุนในระบบไฟฟ้าเพื่อลดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

Priyantha D.C. Wijayatunga, M.S. Jayalath (2004) ทำการประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องในส่วนของภาคอุตสาหกรรมของประเทศศรีลังกาในช่วงปีค.ศ. 2001 โดยทำการ ศึกษาวิจัยหามูลค่าความ สูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศ ศรีลังกา จากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม 150 กลุ่มตัวอย่างของภาคอุตสาหกรรม โดยการพิจารณามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องจากมูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่เสียหาย, มูลค่าจากการที่ต้องเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง เป็นต้น

โดยแบ่งมูลค่าความ สูญเสียตามประเภท ของไฟฟ้าขัดข้อง เป็นแบบมีแผนล่วงหน้าและไม่มีแผนล่วงหน้า แยกตามประเภทอุตสาหกรรม 16 กลุ่มอุตสาหกรรม ย่อย (แบ่งตามการกำหนดของธนาคารกลางของประเทศศรีลังกา) จากการศึกษาวิจัยผลของ มูลค่าความ สูญเสียเฉลี่ย เมื่อเกิดไฟฟ้า ขัดข้อง กรณี แบบมีแผนล่วงหน้าอยู่ที่ประมาณ 0.66 US$/kWh ซึ่งอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้า ขัดข้อง มากที่สุดคืออุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะ สำหรับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ ไฟฟ้าขัดข้อง กรณีแบบไม่มีแผนล่วงหน้ามีค่าเท่ากับ 1.08 US$/kWh โดยอุตสาหกรรมประเภทยาสูบมีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องมีมูลค่ามากที่สุดแสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบมีแผนและไม่มีแผน

แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศศรีลังกา

Industrial category		Momentary (US$)	Unplanned (US$/h)	Planned (US$/h)
1	Food, beverage and tobacco products	302	153	363
1.1	Food and other	211	166	279
1.2	Liquor	3	7	7
1.3	Beverage	139	161	161
1.4	Tobacco product	4,363	16	4,378
2	Textile, wearing apparel and leather products	122	108	186
2.1	Apparel	121	82	161
2.2	Textile	110	134	199
2.3	Leather	158	248	354
3	Chemical, petroleum, rubber and plastic products	156	83	218
3.1	Chemicals,Paints and Fertilisers	221	316	316
3.2	Rubber	67	57	110
3.3	Plastic and PVC	187	110	288
3.4	Pharmaceuticals, detergent and other	180	5	200
3.5	Petroleum product	-	65	65
4	Non-metallic mineral products	169	108	267
4.1	Diamond processing	51	51	51
4.2	Ceramic products	100	98	172
4.3	Cement	782	582	1,636
4.4	Building materials and other	135	54	151
5	Fabricated metal products, machinery and transport Equipment	125	416	429
6	Tea industry	4	22	22
7	Coconut industry	1	75	131
8	Hotel industry	-	26	26

Priyantha D.C. Wijayatunga, M.S Jayalath (2003) ศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องในส่วนอุตสาหกรรมของประเทศบังคลาเทศ โดยศึกษาหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศบังคลาเทศจากการสำรวจด้วยแบบสอบถามช่วงปี ค.ศ. 2001-2003 จากการสำรวจของกลุ่ม อุตสาหกรรมจำนวน 188 แห่ง โดยหามูลค่าความสูญเสียแบ่งตามประเภทลักษณะของไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าและไม่มีแผนล่วงหน้า แยกตามประเภทอุตสาหกรรม 12 กลุ่มอุตสาหกรรม โดยมีมูลค่าความ สูญเสียเฉลี่ย รวม ของกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าอยู่ที่ประมาณ 0.34 US$/kWh และ 0.83 US$/kWh สำหรับกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนล่วงหน้า โดยมีรายละเอียดข้อมูลดังตารางที่ 2.2 และ ตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน
แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศบังคลาเทศ

Industry	Average unplanned interruption cost ($/kWh)	Maximum deviation with 95% confidence ($/kWh)
Food manufacturing	0.17	0.03
Tobacco manufacturing	2.75	0.33
Textile manufacturing	0.39	0.06
Wearing apparel	2.34	0.26
Leather products	9.60	1.16
Wood and cork	2.18	0.06
Printing	2.25	0.23
Pharmaceuticals	1.02	0.43
Chemicals	2.36	0.61
Non-metallic mineral	0.12	0.04
Iron and steel	1.27	0.19
Metal products	0.56	0.17
Industrial sector average	0.83	0.04

ตารางที่ 2.3
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน
แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรมของประเทศบังคลาเทศ

Industry	Average planned interruption cost ($/kWh)	Maximum deeviation with 95% confidence ($/kWh)
Food manufacturing	0.11	0.03
Tobacco manufacturing	0.00	0.00
Textile manufacturing	0.14	0.03
Wearing apparel	1.00	0.30
Leather products	0.94	0.51
Wood and cork	1.33	0.16
Printing	1.87	0.46
Pharmaceuticals	0.05	0.03
Chemicals	0.18	0.10
Non-metallic mineral	0.04	0.01
Iron and steel	1.06	0.20
Metal products	0.00	0.00
Industrial sector average	0.34	0.03

Thomas H. Fritts (2002) ทำการศึกษาวิจัยเพื่อประเมินผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องสาเหตุจากงูต้นไม้สีน้ำตาลซึ่งเป็นงูที่พบมากในบริเวณพื้นที่บนเกาะกวม โดยพิจารณาจากข้อมูลของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่เกิดขึ้นในรอบ 20 ปี (ช่วงปี ค.ศ. 1978 - 1997) สาเหตุจากงูต้นไม้สีน้ำตาล ส่งผลให้เกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องรวมถึง 1,600 ครั้ง โดยส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรม และมีการสูญเสียในด้านการผลิตของภาคอุตสาหกรรมเกินกว่า $3,000,000

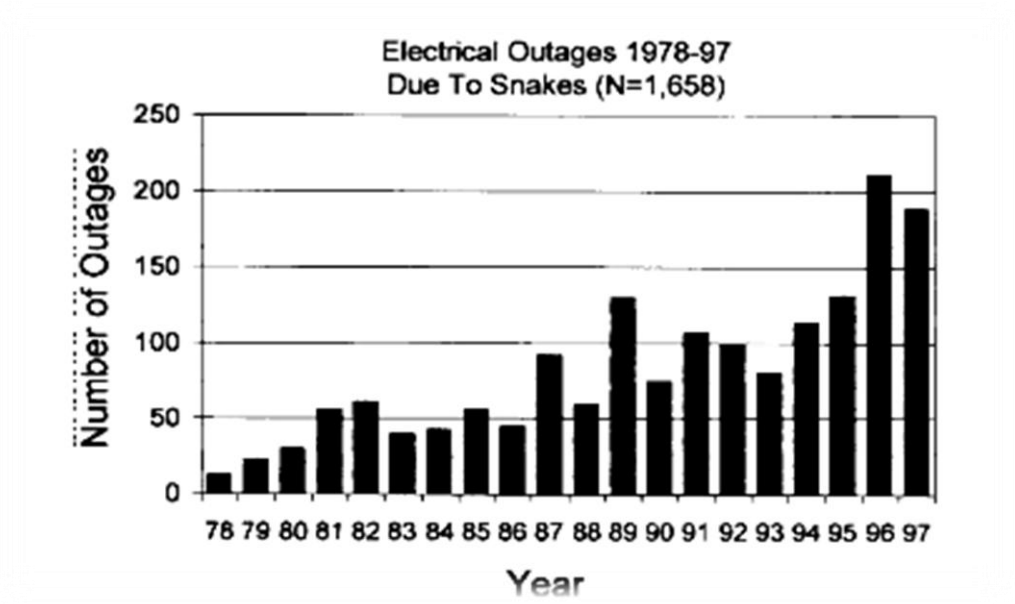
ภาพที่ 2.1

งูต้นไม้สีน้ำตาลที่ขึ้นไปตามลูกถ้วยของระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดไฟฟ้าขัดข้องที่เกาะกวม

ภาพที่ 2.2

สถิติปัญหาที่เกิดจากงูต้นไม้สีน้ำตาลของเกาะกวมในรอบ 20 ปี



ตารางที่ 2.4

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องสาเหตุจากงูต้นไม้สีน้ำตาล

ของเกาะกวม(ระหว่างปีค.ศ.1978 -1997)

Date	Transmission lines affected	Number of distribution lines affected	Approximate duration (h)	Estimated cost
10/07/95	2	14	>6	$2,250,000
12/01/95	8		>6	$562,500
12/03/95	Cabras /Macheche from news article	Large areas of island	?	$495,000
12/10/95	4		~1	
12/17/95	8		>1	
12/18/95	5		~3	
12/20/95	2		>3	
12/31/95	3	3	~1	$375,000
1/15/96	4	4	~1	$40,837
1/25/96	2	4	<1	
2/15/96	2		~1	
2/17/96	2		~2	
2/22/96	7		>1	
3/27/96	1		?	
3/28/96	2		?	
3/31/96	2		~1	
4/1/96	3	7	<1	
4/6/96	2		~1	
4/7/96	2		~1	
4/12/96	2		~1	
4/18/96	3		>1	
5/2/96	3	4	~1	$ 81,675
5/11/96	4		~2	
5/14/96	6		>2	
5/18/96	2		>1	
5/29/96	3		>2	

ตารางที่ 2.4(ต่อ)
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องสาเหตุจากงูต้นไม้สีน้ำตาล
ของเกาะกวม ซึ่งในรอบ 20 ปี (ระหว่างปีค.ศ.1978 -1997)

Date	Transmission lines affected	Number of distribution lines affected	Approximate duration (h)	Estimated cost
5/30/9	3		>1	
6/9/96	4		>2	
6/13/96	3		<1	
6/18/96	2	4	~3	$120,879
7/6/96	5		?	
7/18/96	2		?	
9/3/96	2		~12	
9/4/96	3	4	~1	$40,590
total 34 event 12 month	108	44	59	$3,966,481 for 8 outage

สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2001) ได้ทำการศึกษา ประเมินมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐกิจเนื่องจากไฟฟ้า ขัดข้องเมื่อปี ค.ศ. 2000 โดยจำแนกตามพื้นที่จ่ายไฟฟ้าตามเขตต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย โดยแบ่งเป็นมูลค่าความสูญเสียรวมทั้งประเทศ และมูลค่าความสูญเสียแยกตามพื้นที่การจ่ายไฟฟ้าอีก 5 พื้นที่คือ 1)พื้นที่การจ่ายไฟของ กฟน. 2)การไฟฟ้าเขตภาคเหนือ ของ กฟภ. 3) การไฟฟ้าเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของ กฟภ. 4) การไฟฟ้าเขตภาคกลางของ กฟภ. 5) การไฟฟ้าเขตภาคใต้ของ กฟภ. และได้ทำการพัฒนาแบบจำลอง เพื่อหามูลค่าความสูญเสียเนื่องจากไฟฟ้าขัดข้อง และการประเมินมูลค่าความสูญเสียเนื่องจากไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภทได้แก่ 1) ที่อยู่อาศัย 2) กิจการขนาดเล็ก 3) กิจการขนาดกลาง 4) กิจการขนาดใหญ่ 5) กิจการเฉพาะอย่าง 6) หน่วยงานราชการและองค์กรไม่แสวงผลกำไร 7) สูบน้ำเพื่อการเกษตร จากการดำเนินการสำรวจโดยการใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 7 ประเภทรวม 2,238 ราย ได้ผลสรุปมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้ารวมของ

การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและมูลค่าความสูญเสียรวมทั้งประเทศ โดยแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 2.5 และ ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5

มูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าจากการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การไฟฟ้า	IER* (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ICPE* (บาทต่อครั้ง)
กฟน.	53.799	147,500
กฟภ.	60.165	62,723
รวมทั้งประเทศ	60.348	64,991

* IER : Interrupted Energy Rate

ICPE : Interruption Cost Per Event

ตารางที่ 2.6

มูลค่าความสูญเสียเนื่องจากไฟฟ้าดับแบบฟัซซี่ของผู้ใช้ไฟฟ้า

จากการศึกษาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การไฟฟ้า	IER* (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)		ICPE* (บาทต่อครั้ง)	
	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด
กฟน.	35.559	69.739	97,493	119,190
กฟภ.	38.236	72.634	39,861	75,721
รวมทั้งประเทศ	38.524	73.637	41,489	79,303

Pablo Serra, Gabriel Fierro (1997) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิด เหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่ มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศชิลี เป็นการสำรวจกลุ่มตัวอย่าง 200 กลุ่มตัวอย่าง และจากผลการศึกษาได้ค่าของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยอยู่ที่ US¢ 7.7ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

Ashok Sarkar (1995) การศึกษาหามูลค่าความ สูญเสียเมื่อเกิด เหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง แบบมีแผนล่วงหน้า ของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ของประเทศอินเดียตอนเหนือ แยกตามกลุ่มอุตสาหกรรม , พาณิชกรรม , เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย โดยมี มูลค่าความ สูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าอยู่ที่ 2.3 Rupeesต่อkWh โดยรายละเอียดได้แสดงดังตารางที่ 2.7

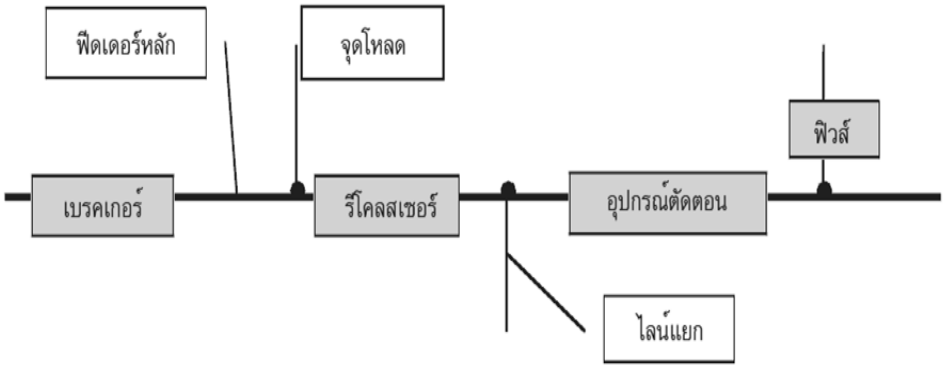
ตารางที่ 2.7
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าของผู้ใช้ไฟฟ้า
ในประเทศอินเดียตอนเหนือจากการศึกษาเมื่อปี ค.ศ. 1990

Outage Duration in mins.	Outage Cost in Rs./kW				Composite Outage Cost in Rs./kW
	Industrial	Commercial	Agricultural	Residential	
5	0.14	0.25	0.30	0.09	0.19
20	0.56	0.88	1.22	0.38	0.77
60	1.67	2.40	3.65	1.16	2.30
240	6.67	8.54	14.59	4.90	9.17
480	13.34	16.09	29.18	10.40	18.37

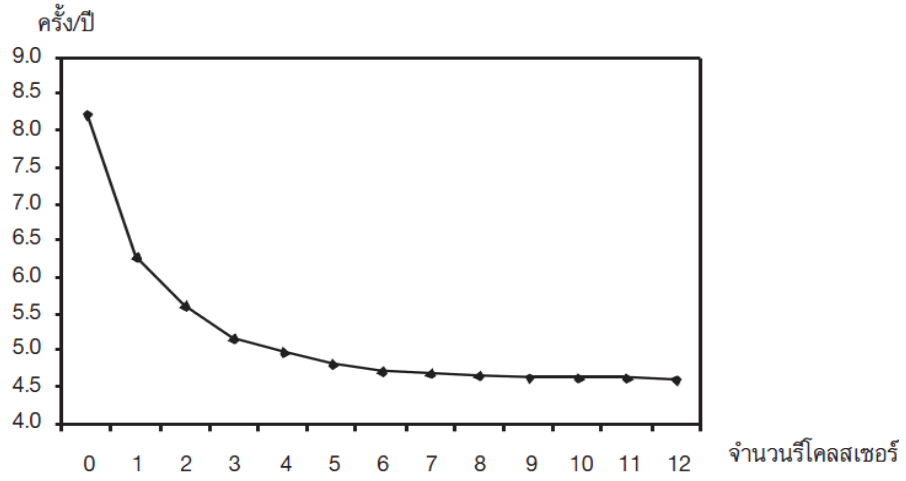
2.2 ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากับการปรับปรุงระบบไฟฟ้า

Rosawan Bupasiri, Naruemon Wattanapongsakorn (2004) ทำการศึกษาวิจัยเพื่อนำเสนอแนวทางในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อหาค่าที่ต่ำที่สุดของการสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกับมูลค่าของราคาตลอดอายุการใช้งานรวมทั้งราคาการลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า โดยการพิจารณาในการวางอุปกรณ์ป้องกันในตำแหน่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับข้อจำกัดของระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อแก้ปัญหาในระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้ลดลง ทำให้ได้ค่า SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) และ SAIDI (System Average Interruption Duration Index) ที่ดีที่สุด (ค่าตัวเลขต่ำสุด) โดยประยุกต์การแก้ปัญหาด้วยวิธีการไบนารีโปรแกรมมิ่ง แบบไม่เชิงเส้น ซึ่งจะให้ค่าของคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Results)

ภาพที่ 2.3
ลักษณะการจ่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปของระบบจำหน่ายไฟฟ้า



ภาพที่ 2.4
ค่า SAIFI ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนอัตโนมัติ
ในระบบจำหน่าย (รีโคลสเซอร์)

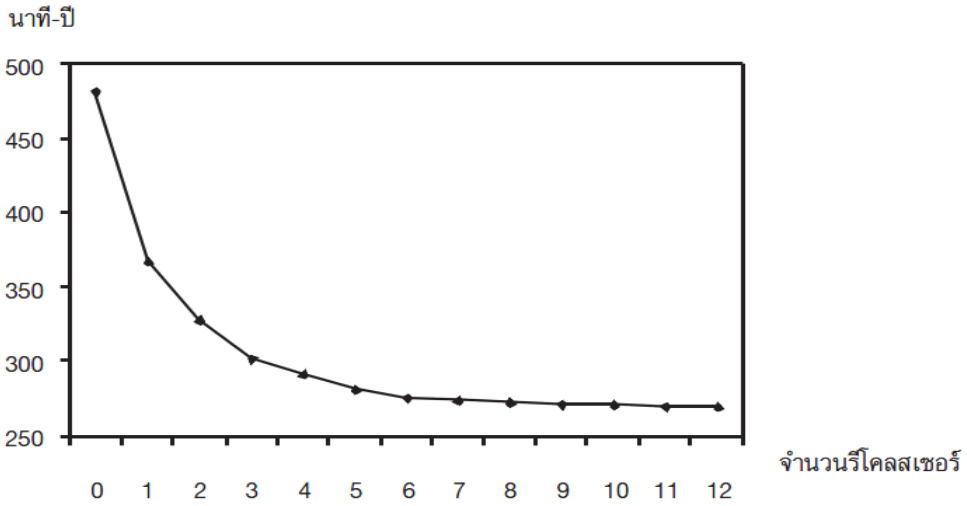


จากภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะการจ่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปของระบบจำหน่ายไฟฟ้าและนำมาจำลองหาค่าของการติดตั้งจำนวนอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนอัตโนมัติ ที่ทำการติดตั้งในระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อให้ได้ค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ามีค่าดีที่สุดดังรายละเอียดตามภาพที่ 2.4 และ ภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5

ค่า SAIDI ที่ขึ้นอยู่กับจำนวนของการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันตัดตอนอัตโนมัติ

ในระบบจำหน่าย (รีโคลสเซอร์)



บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 การสุ่มตัวอย่าง

การศึกษาวิจัยจำเป็นต้องอาศัยวิธี ทางวิทยาศาสตร์ในการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายที่จะทำการศึกษา ซึ่งสามารถทำได้โดยการอาศัยการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) การสุ่มตัวอย่างเป็นการคัดเลือก ข้อมูลจากประชากรทั้งหมด โดยสุ่มตัวอย่าง ข้อมูลมาเพียงส่วนหนึ่ง เพื่อใช้เป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมดเพื่อนำมาศึกษาองค์ความรู้จากการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย

3.1.1 ข้อมูลประชากร (Population)

ข้อมูลประชากร หมายถึง กลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษาทั้งหมด ซึ่งอาจจะเป็น คน สัตว์ พืช วัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ประชากรแบ่งออกได้ 2 ประเภทดังนี้

3.1.1.1 ประชากรที่มีจำนวนจำกัด (Finite Population) หมายถึงประชากรที่มีปริมาณซึ่งสามารถนับออกมาเป็นตัวเลขได้ครบถ้วนเช่น ประชากรนิสิต หรือนักศึกษา ของมหาวิทยาลัยทุกแห่ง ประชากรของเกษตรกรในภาคกลาง ฯลฯ

3.1.1.2 ประชากรที่มีจำนวนไม่จำกัด (Infinite Population) หมายถึงประชากรที่มีปริมาณซึ่งไม่สามารถนับจำนวนออกมาเป็นตัวเลขได้ครบถ้วน เช่น ประชากรเมล็ดถั่วเหลืองที่จำหน่ายในจังหวัดขอนแก่น เป็นต้น

3.1.2. ขนาดตัวอย่าง (Sample Size)

ขนาดตัวอย่างต้องมากพอที่จะเป็นตัวแทนได้ วิธีการประมาณขนาดตัวอย่าง โดยอาจใช้สูตรของ Taro Yamane เพื่อใช้ในการหาจำนวนปริมาณข้อมูลที่ต้องดำเนินการเพื่อสุ่มตัวอย่าง โดยมีสูตรดังนี้

$$n = \frac{N}{1 + Nd^2} \tag{3.1}$$

เมื่อ n = ขนาดของหน่วยตัวอย่างกลุ่มเป้าหมาย

N = ประชากรทั้งหมด

D = ระดับความมีนัยสำคัญ

3.1.3 ประเภทและวิธีการสุ่มตัวอย่าง

ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง มีการ แบ่ง ตาม ประเภท ตามวิธี การสุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

3.1.3.1 การสุ่มตัวอย่างในเชิงเป็นไปได้ (Probability Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบนี้สามารถกำหนดได้ว่าทุกภาคส่วนของประชากรมีโอกาสได้รับเลือกเป็นตัวอย่างเท่ากัน การสุ่มแบบนี้มีหลายวิธีดังนี้

3.1.3.1.1 การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) หมายถึง การสุ่มตัวอย่างที่ประชากรทุกภาคส่วนมีโอกาสเท่าเทียมกันที่จะได้รับการคัดเลือกเป็นตัวอย่าง โดยวิธีการใช้

1. ตารางเลขสุ่ม นำจำนวนขนาดตัวอย่างไปสุ่มในตารางสำเร็จรูปที่นักสถิติจัดทำไว้แล้ว เพียงแต่นักวิจัยกำหนดหลักที่จะใช้ว่ามีกี่หลัก และจะนับไปซ้ายขวา ขึ้นบน ลงล่างอย่างไรต้องกำหนดไว้และปฏิบัติอย่างนั้นตลอด สุ่มโดยการชี้ตัวเลขเริ่มต้น เมื่อชี้ตรงไหนก็บอกว่าเป็นเลขประจำตัวของประชากรหรือไม่ถ้าไม่ใช่ให้ข้ามไป ทำการคัดเลือกไปเรื่อยๆ จนได้ตามจำนวนที่ต้องการ

2. โดยวิธีการจับฉลากโดยการเขียนหมายเลขกำกับประชากรตัวอย่าง แต่ละรายการก่อนแล้วจึงจับฉลากขึ้นมา ซึ่งวิธีการจับฉลากอาจใช้ 2 แบบคือ

- ไม่สุ่มประชากรที่ถูกสุ่มแล้วขึ้นมาอีก (Simple Random Sampling without Replacement) คือหยิบแล้วเอาออกได้เลยไม่ต้องใส่กลับลงไปอีก

- สุ่มประชากรที่ถูกสุ่มแล้วขึ้นมาได้อีก (Sample Random Sampling with Replacement) คือ หยิบขึ้นมาแล้วก็ใส่ลงไปใหม่เพื่อให้โอกาสแก่ประชากรทุกหน่วย มีโอกาสถูกเลือกขึ้นมาเท่าเดิม

3.1.3.1.2 การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (Systematic Sampling) การสุ่มแบบนี้นักวิจัยจะต้องอาศัยบัญชีรายชื่อ เกี่ยวกับประชากรกลุ่มเป้าหมาย โดยเลือกตามเลขที่ที่กำหนดไว้

เช่น ประชากรจำนวน 1,000 นักวิจัยต้องการตัวอย่างจำนวน 100 นักวิจัยจะต้องคัดเลือกทุกหน่วยที่ 10 เป็นต้น

3.1.3.1.3 การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) การสุ่มตัวอย่างแบบนี้ต้องแยกประเภทของประชากรเป็นกลุ่มย่อยหรือชั้นก่อน แล้วจึงสุ่มตัวอย่างแยกกลุ่มโดยวิธี Simple Random Sampling หรือ Systematic Sampling ก็ได้ กลุ่มย่อยที่มีลักษณะเป็น Homogeneous คือมีลักษณะเหมือนกันภายในกลุ่มเช่น การแยกประเภทของประชากรตามสถานการณ์เป็นสมาชิกของกลุ่มเกษตรกร เป็นต้น

3.1.3.1.4 การสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Sampling) คือการสุ่มตัวอย่างประชากรโดยแบ่งประชากรออกเป็นกลุ่มๆ ให้แต่ละกลุ่มมีความเป็น Heterogeneous กัน คือมีความแตกต่างกันภายในกลุ่ม เช่น การสุ่มตัวอย่างโดยการแบ่งตามเขตการปกครอง เป็นต้น

3.1.3.1.5 การสุ่มตัวอย่างในทุกขั้นตอน (Multi Stage Sampling) เช่น ต้องการจะทำการวิจัยโดยการสุ่มตัวอย่างประชากร โดยทำการสุ่มจังหวัดที่เป็นตัวอย่างก่อน ต่อไปก็สุ่มอำเภอ ตำบล หมู่บ้าน และครัวเรือนที่เป็นตัวอย่างตามลำดับ

3.1.3.2 การสุ่มตัวอย่างในเชิงเป็นไปไม่ได้ (Non-Probability Sampling) คือ การสุ่มตัวอย่างโดยไม่อาจกำหนดได้ว่าทุกส่วนของประชากรมีโอกาสได้รับการคัดเลือกโดยเท่ากัน ซึ่งทำให้ไม่สามารถจะคาดคะเนหรือคำนวณหาความผิดพลาดในการสุ่มเลือกตัวอย่างได้ การสุ่มแบบนี้มีหลายวิธีคือ

3.1.3.2.1 การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental Sampling) เช่น พบใครก็สัมภาษณ์ตามความพอใจของผู้วิจัย เช่น สุ่มนักท่องเที่ยวที่จะเข้าประเทศไทยที่สนามบินสุวรรณภูมิ

3.1.3.2.2 การสุ่มตัวอย่างโดยวิธีการจัดสรรโควตา (Quota Sampling) การสุ่มตัวอย่างเหล่านี้ต้องแบ่งกลุ่มของประชากรแล้วจัดสรรโควตาตัวอย่างไปให้แต่ละกลุ่มตามสัดส่วนของปริมาณประชากรในกลุ่มนั้นๆ ที่มีอยู่ จากนั้นก็ทำการสุ่มจากแต่ละกลุ่มตามโควตาที่จัดสรร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ตัวแทนจากกลุ่มต่างๆ อย่างเหมาะสม เช่น ชาย 80 คน หญิง 80 คน

3.1.3.2.3 การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยจะเลือกศึกษาจากประชากรที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา เช่น เกษตรกรที่ปลูกหม่อน บร. 60 เป็นต้น

3.1.3.2.4 การสุ่มตัวอย่างพิจารณาตามความสะดวก (Convenience Sampling) โดยจะเลือกศึกษากลุ่มประชากรที่เห็นว่าง่ายต่อการศึกษา เช่น ไม่อยู่ในแดนของผู้ก่อการร้าย หรือเลือกเฉพาะผู้เป็นสมาชิกของกลุ่มทางการเกษตร กลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง เป็นต้น

3.1.4 ปัจจัยที่ทำให้สำเร็จในการสุ่มตัวอย่าง (Key Success Factor)

3.1.4.1 ฐานข้อมูล/ประชากรต้องเป็นปัจจุบัน (Update Population)

3.1.4.2 วิธีการสุ่ม ต้องมีความน่าเชื่อถือ (มีแหล่งที่มาอ้างอิงได้)

3.1.4.3 ขนาดตัวอย่างต้องมีการกระจายตัวและครอบคลุมประชากรเพื่อให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3.2 การแจกแจงข้อมูลแบบปกติและการแจกแจงไค–สแควร์

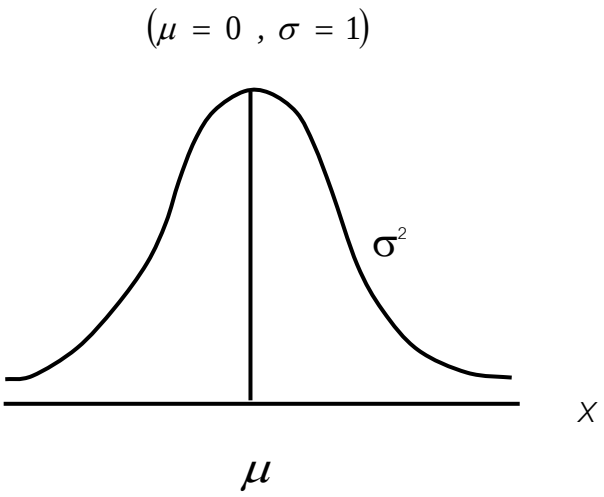
3.2.1 การแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution)

การแจกแจงปกติเป็นการแจกแจงของตัวแปรสุ่มชนิดต่อเนื่องที่นิยมใช้กันมาก โดยคุณสมบัติของการแจกแจงแบบปกติเป็นดังนี้

1. เป็นรูปโค้งระฆังคว่ำ
2. เป็นโค้งรูปสมมาตร
3. ค่าเฉลี่ย, มัธยฐาน, และฐานนิยมเป็นจุดเดียวกัน
4. มีจุดโค้งสูงสุดเพียงจุดเดียว
5. ปลายโค้งทั้งสองข้างไม่จรดกับฐาน
6. จุดที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ± 1 เป็นจุดเปลี่ยนโค้ง

โดยการแจกแจงข้อมูลแบบปกติพารามิเตอร์ μ และ σ^2 เป็นตัวที่ใช้ในการกำหนดลักษณะเฉพาะของการแจกแจงหนึ่ง ๆ ว่า มีศูนย์กลางอยู่ที่ค่าใด และมีการกระจายของค่าต่าง ๆ ในประชากรมากน้อยเพียงใด เส้นโค้งปกติจะมีพื้นที่ใต้โค้งโดยรวมเป็น 1 และสามารถกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่ตัวแปรสุ่ม X จะมีค่าอยู่รอบค่าเฉลี่ยแสดงได้ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1
การแจกแจงข้อมูลแบบปกติ



3.2.2 การแจกแจงไค–สแควร์

การแจกแจงแบบ ไค -สแควร์ใช้ในการแจกแจงของชุดข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบไม่ปกติเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานหาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1.ค่าเฉลี่ย $= \nu$

2.มัธยฐาน $= \nu - 2$

3.ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $= \sqrt{2\nu}$

4. $\chi^2_{\nu_1} + \chi^2_{\nu_2} = \chi^2_{\nu_1+\nu_2}$

5.เมื่อกลุ่มตัวอย่างใหญ่ขึ้นจะมีการแจกแจงใกล้การแจกแจงปกติ

จากข้อมูลชุดหนึ่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ย $= \mu$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $= \sigma$ ถ้าสุ่มเลือกข้อมูลมาทีละค่าหลาย ๆครั้ง โดยแต่ละครั้งนำมาคำนวณหาค่า Z ซึ่งจะได้ผลเป็นดังนี้

$$z_1 = \frac{x_1 - \mu}{\sigma} \quad \Rightarrow \quad z_1^2 = \left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)^2 \tag{3.2}$$

ดังนั้นการสุ่มเลือกดังกล่าวจะมี z_1^2 หลาย ๆ ค่า นำค่า z_1^2 ดังกล่าวมาแจกแจงเป็นโค้งความถี่ จะได้การแจก แจง ไค- สแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 1ในทำนอง

เดียวกัน ถ้าสุ่มเลือกข้อมูลมาทีละ 2 ค่า หลาย ๆ ครั้ง (จำนวนมาก) แต่ละครั้งนำมาคำนวณหาค่า Z ซึ่งจะได้ดังนี้

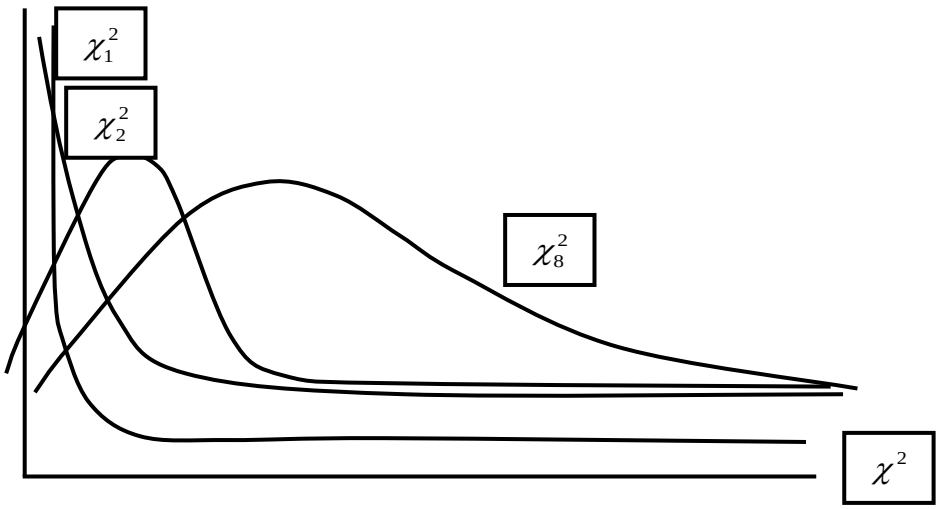
$$z_1 = \frac{(x_1 - \mu)}{\sigma} \Rightarrow z_1^2 = \frac{(x - \mu)^2}{\sigma}$$
$$z_2 = \frac{(x_2 - \mu)}{\sigma} \Rightarrow z_2^2 = \frac{(x - \mu)^2}{\sigma} \quad (3.3)$$

ดังนั้นการสุ่มเลือกดังกล่าวจะมี $z_1^2 + z_2^2$ หลาย ๆ ค่า นำค่า $z_1^2 + z_2^2$ ดังกล่าวมาแจกแจงเป็นโค้งความถี่ จะได้การแจกแจง ไค-สแควร์ ที่ชั้นแห่งความเป็นอิสระเท่ากับ 2 ซึ่งสามารถกล่าวโดยอนุมานว่า

$$\chi_\nu^2 = z_1^2 + z_2^2 + \ldots + z_\nu^2 \quad (3.4)$$

ภาพที่ 3.2

การแจกแจงแบบ ไค-สแควร์ ที่จำนวนชุดข้อมูลมีความแตกต่างกัน



3.3 ฟัซซี่ ลอจิก

ฟัซซี่ ลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งนับวันจะยิ่งมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป มีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดเยี่ยงมนุษย์ได้มากขึ้นซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ไม่เคยพบได้โดยอาศัยความรู้เก่าที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3.1 พื้นฐานแนวคิดแบบฟัซซี่ ลอจิก

ตรรกะแบบฟัซซี่ ลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายในใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ ใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเลียนแบบวิธีความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ฟัซซี่ ลอจิกมีลักษณะที่พิเศษกว่าตรรกะแบบจริงเท็จ (Boolean Logic) เป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (Partial True) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (Completely True) กับเท็จ (Completely False) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้นดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3
แนวคิดระหว่างแบบบูลีนลอจิกกับฟัซซี่ ลอจิก

ความเป็นฟัซซี่(Fuzziness) มีชื่อเรียกว่า มัลติวาลานซ์ (Multivalance) ซึ่งมีค่าความเป็นสมาชิกมากกว่า 2 ค่า และแตกต่างกับไบวาลานซ์ (Bivalance) ที่มีความเป็นสมาชิกเพียง 2 ค่า ฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่สื่อถึง ความไม่แน่นอน (Uncertainty) ในการตัดสินใจของปัญหาที่มีทั้งหมด โดยมากมีเพียงส่วนน้อยที่เป็นสิ่งที่แน่นอน (Certainty) ที่เหลือคือสิ่งที่ไม่แน่นอนซึ่งประกอบด้วยความไม่แน่นอนที่มีลักษณะแบบสุ่ม และความไม่แน่นอนที่มีลักษณะเป็นฟัซซี่ ลอจิก หรือคลุมเครือ ซึ่งมีมากกว่าร้อยละ 40 เพราะปัญหาส่วนมากเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งจะตัดสินใจตามพื้นฐานความคิดของตนเป็นหลักซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.4

ภาพที่ 3.4

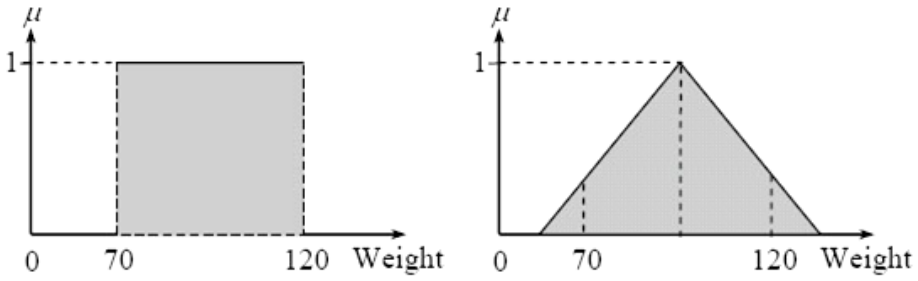
สัดส่วนของลักษณะการตัดสินใจของมนุษย์บนพื้นฐานความคิดของตนเอง

ฟัซซี่ ลอจิกจะสร้างวิธีทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงความคลุมเครือความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกของมนุษย์ เมื่อพิจารณาส่วนประกอบต่าง ๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตัดสินใจ (Decision Making) โดยอาศัยเซตของความเป็นสมาชิก (Set Membership)

ฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซี่เซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซี่เซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้นจะมีเซตแบบฟัซซี่ด้วย ฟัซซี่เซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซี่ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อย แตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมเซตแบบฉบับ

(Classical Set) หรือเซตทวินัย (Crisp Set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 {0, 1} เท่านั้นจึงไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างเกี่ยวกับความอ้วน นิยามคำว่าคนอ้วนในเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัมโดยนิยามแบบฟัซซี่เซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน ดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5
ลักษณะของกราฟที่แตกต่างระหว่างเซตแบบฉบับ(รูปขวา)กับฟัซซี่ เซต(รูปซ้าย)



3.3.2นิยามของฟัซซี่เซต

กำหนดให้ X เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซี่เซต A สามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้จากฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1] \tag{3.5}$$

เมื่อ μ_A สามารถตีความเป็นค่าของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ x ในฟัซซี่เซต $\underline{A}$ สำหรับแต่ละ (อ่านว่า "x เป็นสมาชิกของ X") ฟัซซี่เซต สามารถเขียนเป็นเซตของคู่ลำดับ (Tuples)

$$A = \{(x, \mu_A(x) \mid x \in X\} \tag{3.6}$$

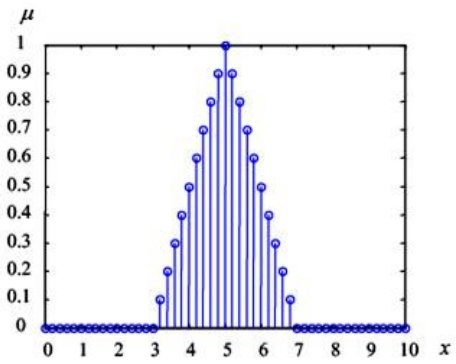
เมื่อ $\underline{A}$ หมายถึงฟัซซี่เซต $\underline{A}x$ หมายถึงสมาชิกของเซต (Set Membership) μ_A หมายถึง ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก (Membership Function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$ X หมายถึงเอกภพ

สัมพัทธ์ (Universe) หรือประชากร ถ้า X = {x_1,x_2,x_3,...,x_n}เป็นเซตจำกัด และ *A* เป็นฟัซซี่เซตใน *X* ซึ่งเป็นชนิดวิยุต (Discrete) และจำกัด สัญกรณ์ (Notation) ของฟัซซี่เซต เขียนได้เป็น

$$A = \{\frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + ... + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n}\} = \{\sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}\} \quad (3.7)$$

เมื่อพจน์ $\mu_A(x_i)/x_i \;\; i = 1, 2, ..., n$ หมายถึงค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x_i)$ ของ x_i ในเซท A และเครื่องหมาย “+” หมายถึงยูเนียน (Union)

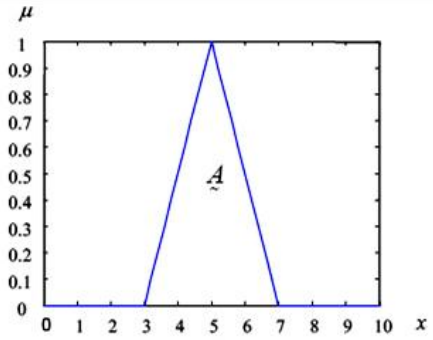
ภาพที่ 3.6
ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซตแบบวิยุค A



ถ้าเอกภพสัมพัทธ์ *X* เป็นต่อเนื่อง (Continuous) สัญกรณ์ (Notation) ของฟัซซี่เซต A เขียนได้เป็น

$$A = \left\{\int \frac{\mu_A(x)}{x}\right\} \quad (3.8)$$

ภาพที่ 3.7
ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของฟัซซี่ เซตแบบต่อเนื่อง A



ทฤษฎีฟัซซี่เซตสามารถแก้ปัญญาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซี่เซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ [0, 1], โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่างๆ โดยมีฟังก์ชั่นสมาชิก เป็นฟังก์ชั่นจัดเทียบ (Mapping Function) วัตถุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซี่เซตความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซี่เซตมีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัยของฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก

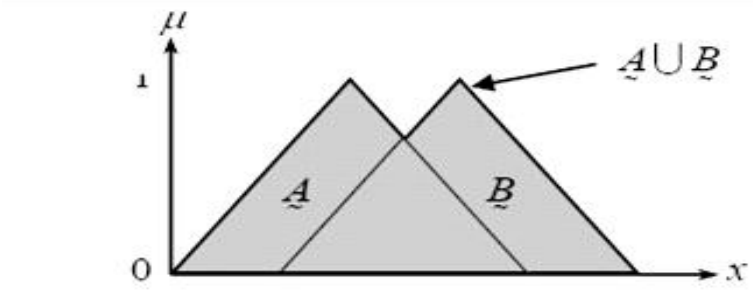
3.3.3 การดำเนินการทางฟัซซี่เซต

การดำเนินการของฟัซซี่เซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ (Operation) คือ Union Intersection และ Complement แสดงตัวอย่างในรูปของฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม

3.3.1. ยูเนียน (Union) ของฟัซซี่เซต จะเป็น OR operation ในสมการที่ 3.9 และภาพ ที่ 3.8

$$\mu_{A\cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \tag{3.9}$$

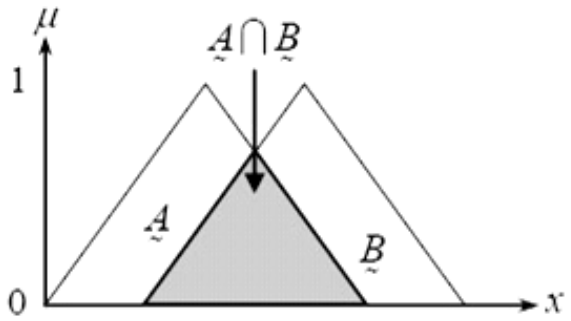
ภาพที่ 3.8
ยูเนียนของฟัซซี่เซต A และ B



3.3.2. อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซี่เซต จะเป็น AND Operation ในสมการที่ 3.10 และภาพที่ 3.9

$$\mu_{A\cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \tag{3.10}$$

ภาพที่ 3.9
อินเตอร์เซ็คชั่นของฟัซซี่เซต A และ B

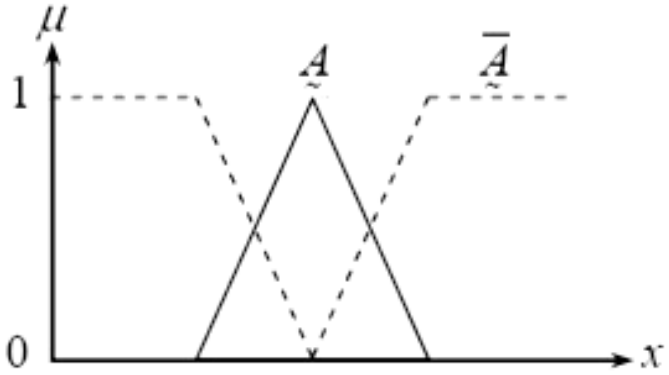


3.3.3. คอมพลีเมนต์ (Complement) ของฟัซซี่เซต ในสมการ 3.11และภาพที่ 3.10

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \tag{3.11}$$

ภาพที่ 3.10

คอมพลีเมนต์ของฟัซซี่เซต A



3.3.4 **คุณสมบัติของฟัซซี่เซต**

ฟัซซี่เซตมีคุณสมบัติตามเซตแบบฉบับ ได้แก่

Commutativity
$$A \cup B = B \cup A$$
$$A \cap B = B \cap A \quad (3.12)$$

Associativity
$$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C$$
$$A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C \quad (3.13)$$

Distributivity
$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$
$$A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C) \quad (3.14)$$

Idemptency
$$A \cup A = A \text{ และ } A \cap A = A \quad (3.15)$$

Identity
$$A \cup 0 = A \text{ และ } A \cap X = A$$
$$A \cap 0 = 0 \text{ และ } A \cup X = X \quad (3.16)$$

Transitivity
$$A \subset B, B \subset C \text{ แล้ว } A \subset C \quad (3.17)$$

3.3.5 **ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก**

ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกเป็นฟังก์ชั่นที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งานโดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี่ คือรูปร่างของฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ชนิดของฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิดแต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 6 ชนิดดังนี้

3.3.5.1. ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม (Triangular Membership Function)

ฟังก์ชั่นสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ {*a*, *b*, *c*}

$$\text{Triangular}\left(x:a,b,c\right)=\begin{vmatrix}0 & x<a\\ \left(x-a\right)/\left(b-a\right) & a\le x\le b\\ \left(c-x\right)/\left(c-b\right) & b\le x\le c\\ 0 & x>c\end{vmatrix} \tag{3.18}$$

3.3.5.2. ฟังก์ชั่นสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Membership Function)

ฟังก์ชั่นสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ {*a*, *b*, *c*, *d*}

$$\text{Trapezoidal }\left(x:a,b,c,d\right)=\begin{vmatrix}0 & x<a\\ \left(x-a\right)/\left(b-a\right) & a\le x<b\\ 1 & b\le x<c\\ \left(d-x\right)/\left(d-c\right) & c\le x<d\\ 0 & x\le d\end{vmatrix} \tag{3.19}$$

3.3.5.3. ฟังก์ชั่นเกาส์เซียน (Gaussian Membership Function)

ฟังก์ชั่นเกาส์เซียนมีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์คือ {*m*, σ} ซึ่ง *m* หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{Gaussian}\left(x:m,\sigma\right)=\exp\left[-\frac{\left(x-m^2\right)}{\sigma^2}\right] \tag{3.20}$$

3.3.5.4. ฟังก์ชั่นระฆังคว่ำ (Bell-shaped Membership Function)

ฟังก์ชั่นรูประฆังคว่ำมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ {*a*, *b*, *c*}

$$\text{Bell-shaped}\left(x:a,b,c\right)=\frac{1}{1+\left|\dfrac{x-c}{a}\right|^{2b}} \tag{3.21}$$

3.3.5.5. ฟังก์ชั่นตัวเอส (Smooth Membership Function)

ฟังก์ชั่นรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ {*a*, *b*}

$$\text{S}\left(x:a,b\right)=\begin{cases}0 & x<a\\ 2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2 & a\le x\le\dfrac{a+b}{2}\\ 1-2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2 & \dfrac{a+b}{2}\le x<b\\ 1 & x\ge b\end{cases} \tag{3.22}$$

3.3.5.6. ฟังก์ชั่นตัวแซด (Z-Membership Function)

ฟังก์ชั่นรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ {*a*, *b*}

$$Z\left(x:a,b\right)=\begin{cases}1 & x<a\\ 1-2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2 & a\le x\le\dfrac{a+b}{2}\\ 2\left(\dfrac{x-b}{b-a}\right)^2 & \dfrac{a+b}{2}\le x<b\\ 0 & x\ge b\end{cases} \tag{3.23}$$

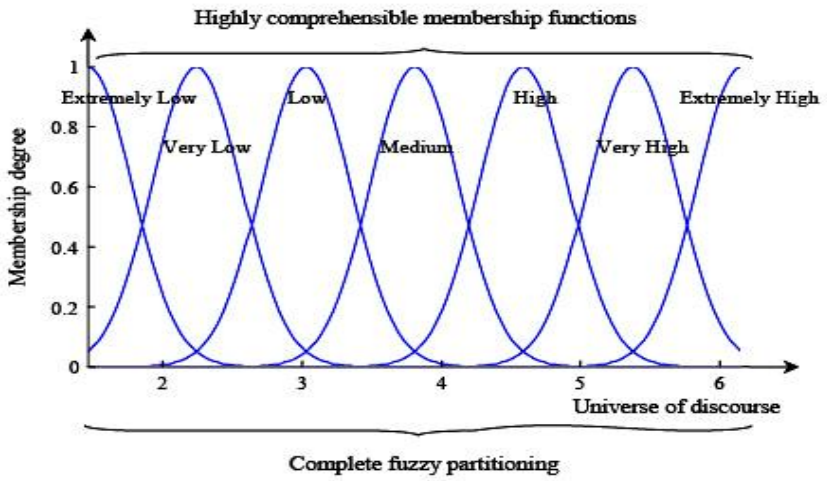
การเลือกฟังก์ชั่นของความเป็นสมาชิก จะต้องเลือกตามความเหมาะสม ความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ

ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้ และฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติหรือตามความต้องการ โดยในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเลือกฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม เป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในการหามูลค่าความสูญเสียเนื่องจากคุณสมบัติของฟังก์ชั่นมีคุณสมบัติสอดคล้องกับแบบสำรวจที่ได้ออกแบบไว้เป็นค่าสูงสุด, ค่ากลาง และค่าต่ำสุด

3.3.6 **ตัวแปรภาษา** (Linguistic Variable)

เซตแบบฟัซซี่สามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปรเช่นเดียวกับเซตแบบดั้งเดิม เช่น ประโยค “อุณหภูมิในห้องเย็น” คำว่า “เย็น” เป็นคำที่ใช้แสดงปริมาณอุณหภูมิในทางรูปนัย สามารถเขียนได้เป็น ปริมาณอุณหภูมิ ในห้องเย็นหรือTemperature Quantity is Cold ตัวแปร Temperature Quantity เป็นตัวแปรภาษาซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมากในตรรกะแบบฟัซซี่ ตัวแปรภาษาช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายทั้งในรูปคุณภาพโดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic Term) และในรูปปริมาณ โดยใช้ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ซึ่งแสดงความเป็นเซตแบบฟัซซี่ พจน์ภาษาใช้สำหรับแสดงแนวคิดและองค์ความรู้ในการสื่อสารของมนุษย์ ส่วนฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกมีประโยชน์ในการจัดการกับอินพุทที่เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข

ภาพที่ 3.11
ตัวอย่างของตัวแปรภาษาของฟัซซี่ ลอจิก

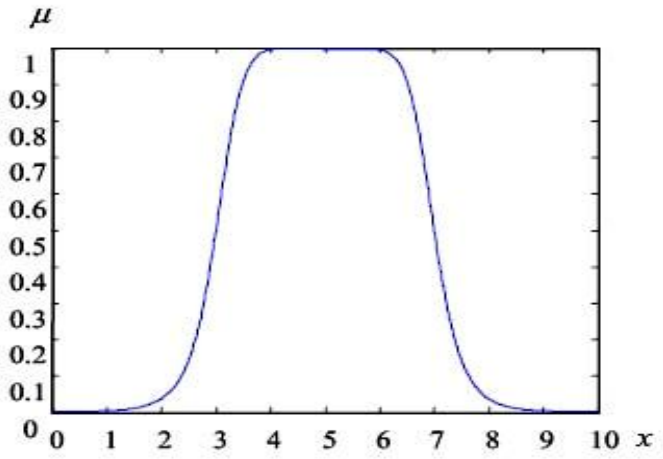


ตัวแปรภาษาเป็นการประกอบกัน (Composition) ของตัวแปรสัญลักษณ์ (Symbolic Variable) และตัวแปรเชิงเลข (Numerical Variable) ตัวอย่างตัวแปรสัญลักษณ์ เช่น “รูปร่าง เป็น ทรงกระบอก” (Shape = Cylinder) คำว่า “รูปร่าง” เป็นตัวแปรที่บอกถึงรูปร่างของวัตถุ ตัวอย่างตัวแปรเชิงเลข เช่น “ความสูงเท่ากับ 4 ฟุต” (Height = 4') ตัวแปรเชิงเลขจะมีใช้กันในสาขางานด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ การแพทย์ และอื่น ๆ ส่วนตัวแปรสัญลักษณ์มีความสำคัญในวิทยาการเกี่ยวกับปัญญาประดิษฐ์และการตัดสินใจ การใช้ตัวแปรภาษาเป็นการรวมตัวแปรเชิงเลขกับตัวแปรสัญลักษณ์เข้าด้วยกัน ภาพที่ 3.11 แสดงตัวอย่างเซตตัวแปรภาษาของเซตฟัซซี่ได้แก่ Extremely Low, Very Low, Low, Medium, High, Very High และ Extremely High

3.3.7 กฎฟัซซี่ (Fuzzy Rules)

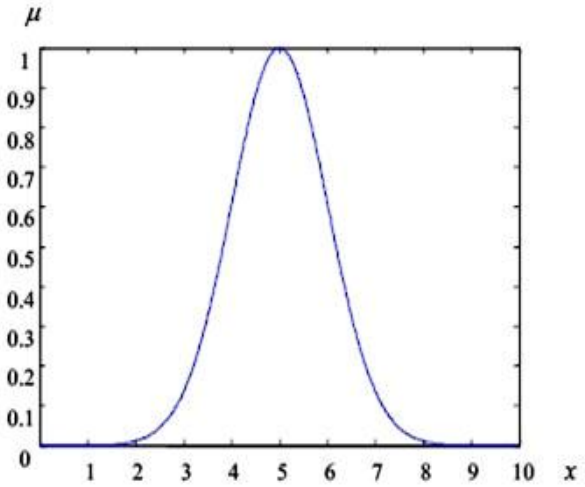
วิทยาการเกี่ยวกับฟัซซี่ลอจิกมีจำนวนมากแต่ที่นิยมและประยุกต์ใช้งานมากที่สุดเห็นจะได้แก่ กฎฟัซซี่แบบถ้า-แล้ว (Fuzzy if-then Rule) ตัวอย่างการใช้กฎในการแยกกลุ่มดังภาพที่ 3.12 และ 3.13 แสดงปริภูมิรูปแบบ (Pattern Space) การจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี่

ภาพที่ 3.12
กราฟของฟังก์ชั่นระฆังคว่ำ



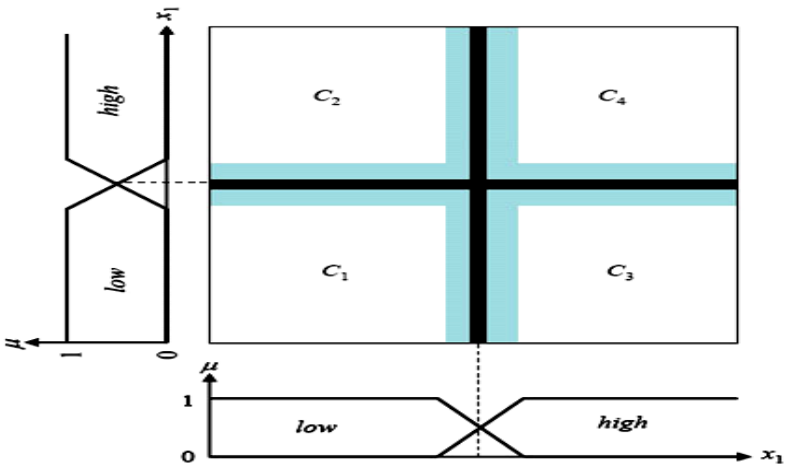
ภาพที่ 3.13

กราฟของฟังก์ชั่นเกาส์เซียน



ภาพที่ 3.14

ปริภูมิรูปแบบ (Pattern Space) การจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี่รูปแบบกฎฟัซซี่



กฎฟัซซี่

กฎข้อ 1: ถ้า x_1 มีค่า *low* และ x_2 มีค่า *low* แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_1

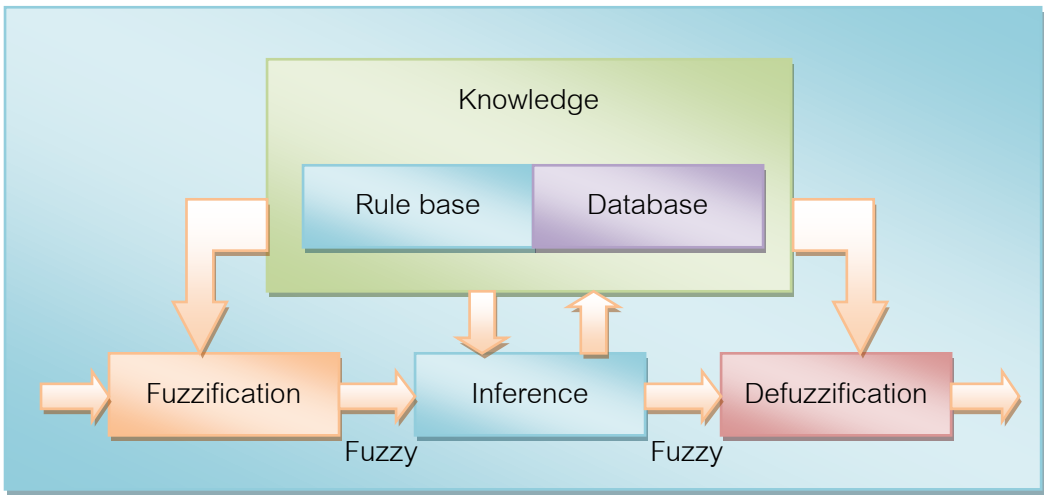
กฎข้อ 2: ถ้า x_1 มีค่า *low* และ x_2 มีค่า *high* แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_2

กฎข้อ 3: ถ้า x_1 มีค่า *high* และ x_2 มีค่า *low* แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_3

กฎข้อ 4: ถ้า x_1 มีค่า *high* และ x_2 มีค่า *high* แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_4

ในระบบฟัซซีองค์ความรู้สามารถแสดงในรูปประโยคถ้า ข้อตั้ง (ข้อนำ) ดังนั้น ข้อยุติ (ข้อตาม) IF premise (antecedent), THEN conclusion (consequent)ข้อความข้างต้นเป็นที่รู้จักกันดีในนาม “รูปแบบฐานกฎถ้า-ดังนั้น” (IF-THEN rule-based form) หรือ รูปแบบนิรนัย (Deductive Form) ในรูปแบบการแสดงอนุมาน หากทราบความจริง (ข้อตั้ง ข้อสมมุติฐาน หรือข้อนำ) แล้วสามารถอนุมาน หรือหาข้อสรุปความจริงอีกอย่างหนึ่งที่เรียกว่าข้อยุติหรือข้อตาม การแสดงรูปแบบองค์ความรู้นี้ เรียกว่า องค์ความรู้ตื้น (Shallow Knowledge) ซึ่งค่อนข้างมีความเหมาะสมในบริบทของภาษา เนื่องจากเป็นการแสดงประสบการณ์ของมนุษย์และองค์ความรู้เชิงศึกษาสำนัก(Heuristics) ในรูปแบบประโยคภาษามนุษย์ที่ใช้ในการสื่อสารทั่วไป แต่ไม่เป็นรูปแบบองค์ความรู้ที่ลึกล้ำแบบที่เป็นการรู้เองเป็นโครงสร้างเป็นฟังก์ชั่นหรือเป็นพฤติกรรมของวัตถุรอบๆตัว อย่างที่เรียกว่า อุปนัย(Inductive) ระบบกฎฟัซซี่เป็นสิ่งที่มีประโยชน์ในการจัดรูปแบบของระบบที่ซับซ้อนที่สามารถสังเก ตได้โดยมนุษย์ เพราะระบบเหล่านี้สามารถแสดงด้วยตัวแปรภาษาในข้อนำและข้อตามของกฎได้ตัวแปรภาษาสามารถนำแสดงเชิงธรรมชาติด้วยฟัซซี่เซตและตัวเชื่อมตรรกะของเซตเหล่านั้น โดยโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนดังนี้ ดังภาพที่ 3.15

ภาพที่ 3.15
โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่



- ส่วนที่แปลงการอินพุททั่วไปเปลี่ยนเป็นการอินพุทแบบตัวแปรฟัซซี่ (Fuzzification) หรือในรูปแบบเซตฟัซซี่หรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

-ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุม ประกอบ 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (Rule Base) และฐานข้อมูล (Database)

-ฐานกฎ ส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (Linguistic Rule)

-ฐานข้อมูล (Database) เป็นการจัดเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎการควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์ฟัซซี่

-เครื่องอนุมานหรือการตีความ (Inference Engine) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตรวจสอบข้อเท็จจริงและกฎ เพื่อใช้ในการตีความหาเหตุผล เหมือนกลไกสำหรับควบคุมการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา รวมทั้งการกำหนดวิธีการของการตีความเพื่อหาคำตอบ

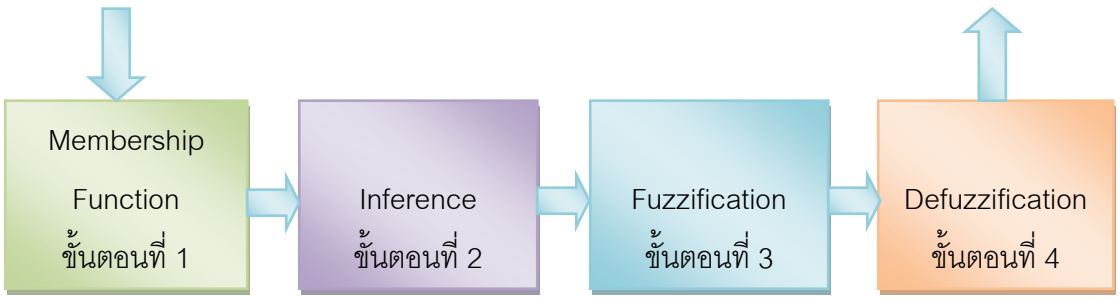
-ส่วนที่แปลงการเอาต์พุทให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม (Defuzzification) เป็นการทำการแปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบฟัซซี่ให้เป็นค่าที่สรุปผลหรือค่าการควบคุมระบบการประมวลผล

3.3.8 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี่ ลอจิก

ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี่ ลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วนจะแสดงดังภาพที่ 3.16

ภาพที่ 3.16

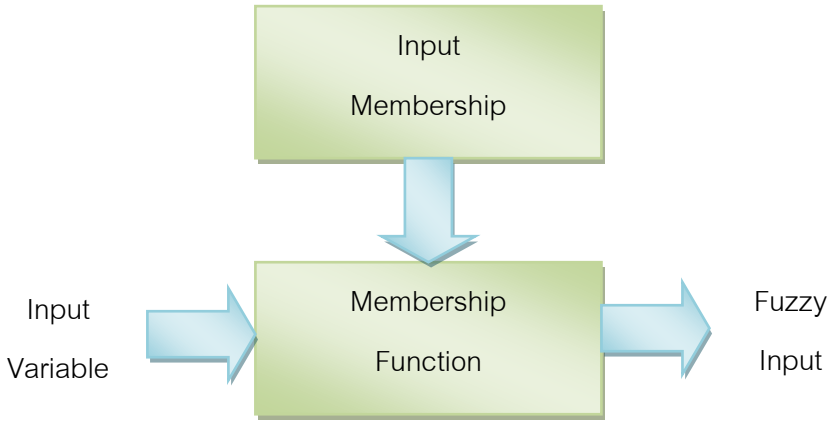
ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี่ ลอจิกมีรูปแบบการทำงานเป็น 4 ส่วน



ขั้นตอนที่ 1 เป็นการแปลงการอินพุ ทแบบทวินัยเปลี่ยนเป็นการอินพุท แบบตัวแปรฟัซซี่ โดยจะสร้างฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก โดยไม่จำเป็นต้องมีลักษณะเดียวกัน ขึ้นกับ

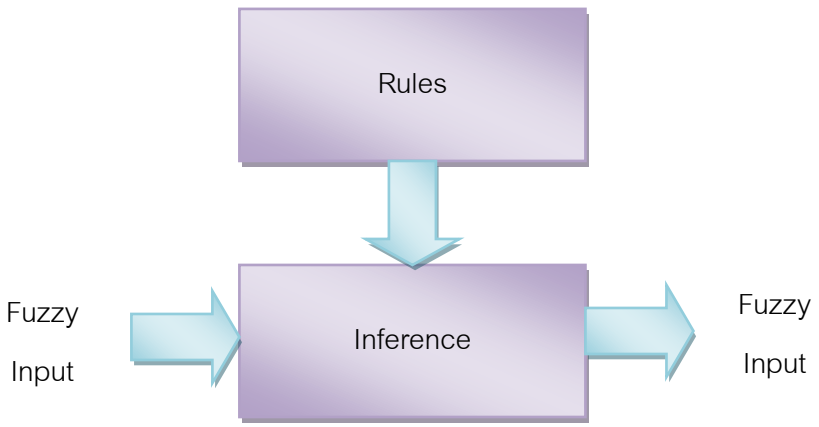
คุณลักษณะของแต่ละอินพุท (Input) และความสำคัญต่อเอาต์พุท (Output) ที่น่าสนใจโดยฟังก์ชั่นจะมีลักษณะเป็นการกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซี่การอินพุท ดังภาพที่ 3.17

ภาพที่ 3.17
ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดภาษาสามัญ เพื่อให้เป็นฟัซซี่การอินพุท



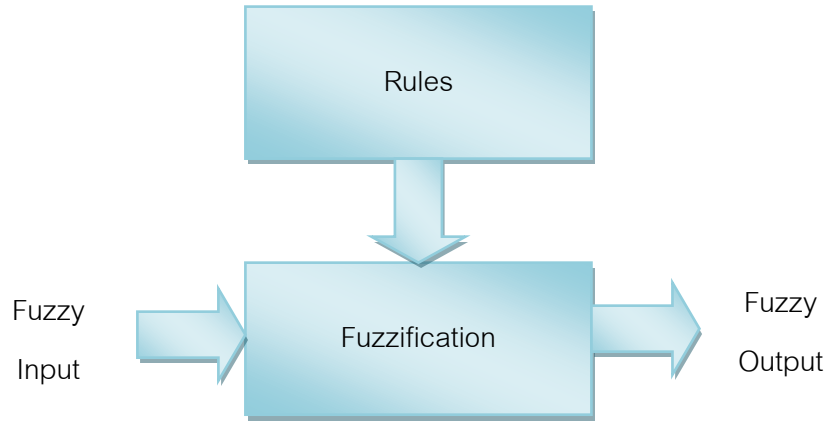
ขั้นตอนที่ 2 เป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการอินพุททั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเอาต์พุทที่อาศัยหลักการของการหาเหตุและผล อาจจะสร้างการเก็บข้อมูล การคาดการณ์จากการตัดสินใจของมนุษย์ หรือค่าจากการทดลอง โดยเขียนเป็นกฎการควบคุมระบบ ซึ่งจะมีลักษณะอยู่ในรูปแบบ ถ้า (If) และ (And) หรือ (Or) ซึ่งเป็นภาษาสามัญ นำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกันเพื่อการตัดสินใจที่เหมาะสม ดังภาพที่ 3.18

ภาพที่ 3.18
ขั้นตอนที่ 2 การนำกฎทั้งหมดมาประมวลผลรวมกัน เพื่อการตัดสินใจ



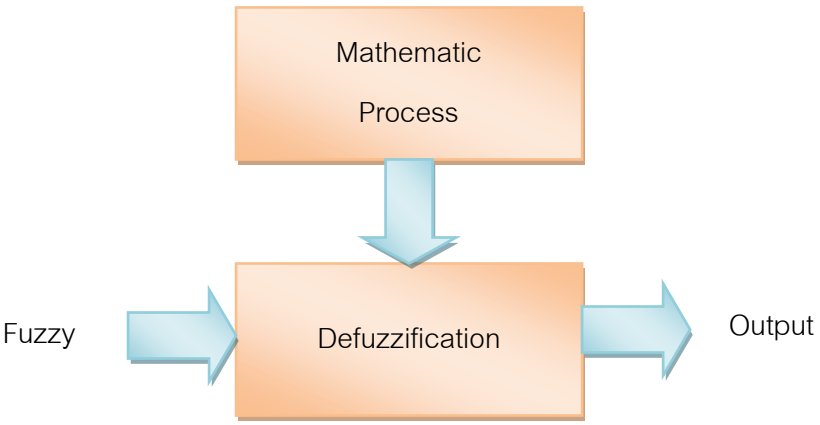
ขั้นตอนที่ 3 เป็นการหาฟัซซี่เอาต์พุท โดยการนำกฎการควบคุมที่สร้างขึ้น ในขั้นตอนที่ 2 มาประมวลผลกับฟัซซี่อินพุท โดยใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ประมวลผลวิธีการทำเป็นค่าคลุมเครือ (Fuzzification) วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความหาเหตุผลเลือกใช้ Max-Min Method และ Max-Dot Method

ภาพที่ 3.19
ขั้นตอนที่ 3 วิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำค่าที่ได้ไปหาค่าในรูปฟัซซี่ ลอจิก



ขั้นตอนที่ 4 เป็นขั้นตอนสุดท้ายหรือขั้นตอนการสรุปเหตุผลฟัซซี่ โดยจะเปลี่ยนฟัซซี่เอาต์พุทให้เป็นทวินัยเอาต์พุทตามรูปภาพที่ 3.20 และด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity) เพื่อนำค่าที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ

ภาพที่ 3.20
ขั้นตอนที่ 4 ค่าที่ได้มาใช้ตัดสินใจเพื่อควบคุมระบบในสถานการณ์นั้นๆ



วิธีการทำค่าฟัซซี่ให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุดหรือสรุปหาเหตุผลจากหลาย ๆ เซตมาเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิกจากการกระทำหลายๆ แบบ และเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว เช่นการใช้ วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจากการประมาณค่าจากสมการ (3.24)

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^{N} \alpha_i} \qquad (3.24)$$

N แทนค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทนค่าฟัซซี่ของเอาท์พุทในเซตฟัซซี่ตำแหน่งที่ i

w_i แทนพื้นที่ใต้โค้งของฟัซซี่ตำแหน่งที่ i

ส่วนวิธีการหาเหตุผลที่นิยมใช้กันเพื่อหาค่าเอาท์พุทจะใช้วิธีฟัซซี่ตามวิธีของ Mamdani คือการใช้กฎฟัซซี่ IF-THEN สองกฎที่อยู่ในรูป

Rule$_1$: if x is A_1 and y is B_1 then z is C_1

Rule$_2$: if x is A_2 and y is B_2 then z is C_2

สำหรับอินพุตใด ๆ x is x_0 and y is y_0 ดังนั้นผลสรุป z คือ C

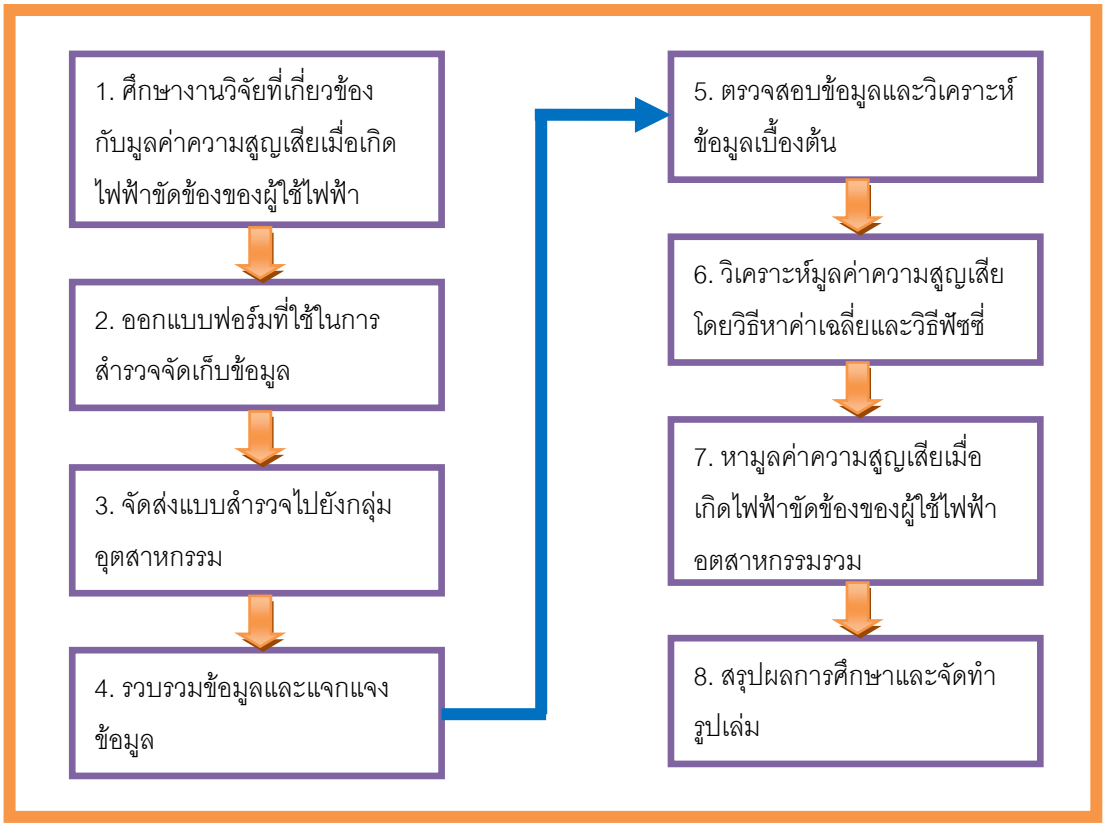
การหาผลสรุปฟัซซี่ในรูปแบบ Mamdani เป็นการใช้ตัวดำเนินการค่าต่ำสุด (Minimum Operator) สำหรับการเชื่อมประโยคแบบ “and” และใช้ตัวดำเนินการค่าสูงสุดสำหรับการเชื่อมประโยคแบบ “or” ซึ่งในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะใช้วิธีแบบ Mamdani โดยการเชื่อมประโยคแบบ “and” เพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่เป็นค่าต่ำที่สุดเพื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบสอบถามเพื่อเป็นทางเลือกในการนำค่านี้ไปใช้งานในมุมมองของค่าที่ต่ำที่สุดแล้วเกิดผลกระทบเป็นมูลค่าเท่าใดกับผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในภาพรวม

บทที่ 4

วิธีการและขั้นตอนการศึกษาวิจัย

วิธีการและขั้นตอนการศึกษาหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทย แยกตามประเภทอุตสาหกรรมสามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาวิจัยออกเป็น 8 ขั้นตอนหลักดังแสดงรายละเอียดขั้นตอนตามภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1
ขั้นตอนการดำเนินการศึกษามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรม



4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าเพื่อใช้ประกอบการศึกษาวิจัยเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในประเทศไทยแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบ่งออกได้เป็น 2 หัวข้อหลักได้แก่

4.1.1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิธีการหามูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้า (Outage Cost Methodologies)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิธีการหามูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้า เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องทั้งกรณีที่การไฟฟ้ามีการวางแผนการดับไฟฟ้าล่วงหน้า (Planned Outage Cost) และกรณีที่การไฟฟ้าไม่มีการวางแผนการดับไฟฟ้าล่วงหน้า (Unplanned Outage Cost) ของประเภทกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมและกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช่อุตสาหกรรม

4.1.2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า (Power Electric System Reliability)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ที่มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้ากับการวิเคราะห์ค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

4.2 ออกแบบฟอร์มที่ใช้ในการสำรวจเพื่อจัดเก็บข้อมูล

แนวคิดของการออกแบบฟอร์มที่ใช้ในการสำรวจเพื่อจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมได้มาจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มข้อมูลหลักที่ใช้ในแบบสอบถามออกเป็น 3 กลุ่มได้แก่

4.2.1 **ข้อมูลทั่วไปขององค์กร**

4.2.1.1 ประเภทของอุตสาหกรรมแยกตาม TSIC (Thailand Standard Industrial Classification)

4.2.1.2 สถานที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมเช่น ตั้งอยู่ในพื้นที่ นิคมอุตสาหกรรม เขตอุตสาหกรรม สวนอุตสาหกรรม หรือไม่ได้ตั้งอยู่ในพื้นที่จัดสรรเพื่อรองรับสำหรับอุตสาหกรรม

4.2.1.3 ขนาดของอุตสาหกรรมโดยพิจารณาจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละเดือนเป็นหลัก

4.2.2 **ข้อมูลลักษณะการผลิตและระบบการจ่ายไฟฟ้าของโรงงาน**

4.2.2.1 ลักษณะการดำเนินการผลิตของโรงงานเป็นแบบผลิตต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง

4.2.2.2 ช่วงเวลาในการทำงานการผลิตของโรงงานกี่วันต่อสัปดาห์

4.2.2.3 อายุเฉลี่ยของระบบจ่ายไฟฟ้าหลักของโรงงาน

4.2.2.4 ความถี่ในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟฟ้าหลัก

4.2.3 **ข้อมูลความสูญเสียจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง**

4.2.3.1 จำนวนครั้งเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในรอบปีที่ผ่านมา

4.2.3.2 ช่วงเดือนที่มีเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด

4.2.3.3 ระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง

4.2.3.4 มูลค่าความสูญเสียจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้งแยกตามลักษณะของไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนล่วงหน้าและไม่มีแผนล่วงหน้า

4.2.3.5 โรงงานมีระบบไฟฟ้าสำรองหรือไม่

จากข้อมูลที่มีในแบบสอบถามประกอบด้วยสมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 10 สมมติฐานดังนี้

สมมติฐานที่ 1. ประเภทอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 2, ขนาดอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 3. กระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 4. ที่ตั้งของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 5. ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าขัดข้องมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 6. ช่วงเวลาในการปฏิบัติงาน ของโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 7. ฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 8. ระบบการจัด ในโรงงานการเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 9. ชนิดของแหล่งพลังงานสำรอง ในโรงงาน มีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 10. การบำรุงรักษาเครื่องจักร หลักในโรงงาน มีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

4.3 จัดส่งแบบสำรวจไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมต่าง ๆ

การแบ่งประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าตามลักษณะปริมาณการใช้ไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่อยู่ในกลุ่มของกิจการขนาดกลางซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือนโดยผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว มีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ 37,529 ราย และกิจการขนาดใหญ่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือนโดยผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว โดยมีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ 3,331 ราย ซึ่งผลรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 ประเภทมีค่าประมาณ 40,860 ราย ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณหาค่าปริมาณจำนวนของแบบสอบถามที่จะใช้ในการสำรวจไปยังกลุ่มผู้ใช้ไฟโดยวิธี การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยจะเลือกศึกษาจากประชากรที่มีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ที่จะศึกษา ซึ่งได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมทั้ง 9 กลุ่มได้แก่ 1)อุตสาหกรรมประเภทอโลหะ 2)อุตสาหกรรมประเภทโลหะพื้นฐาน 3)อุตสาหกรรมประเภทเคมี 4)อุตสาหกรรมประเภท ไม้ 5)อุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ 6)อุตสาหกรรมประเภท

ผลิตภัณฑ์โลหะ 7)อุตสาหกรรมประเภทกระดาษ 8)อุตสาหกรรมประเภทอาหาร 9)อุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ

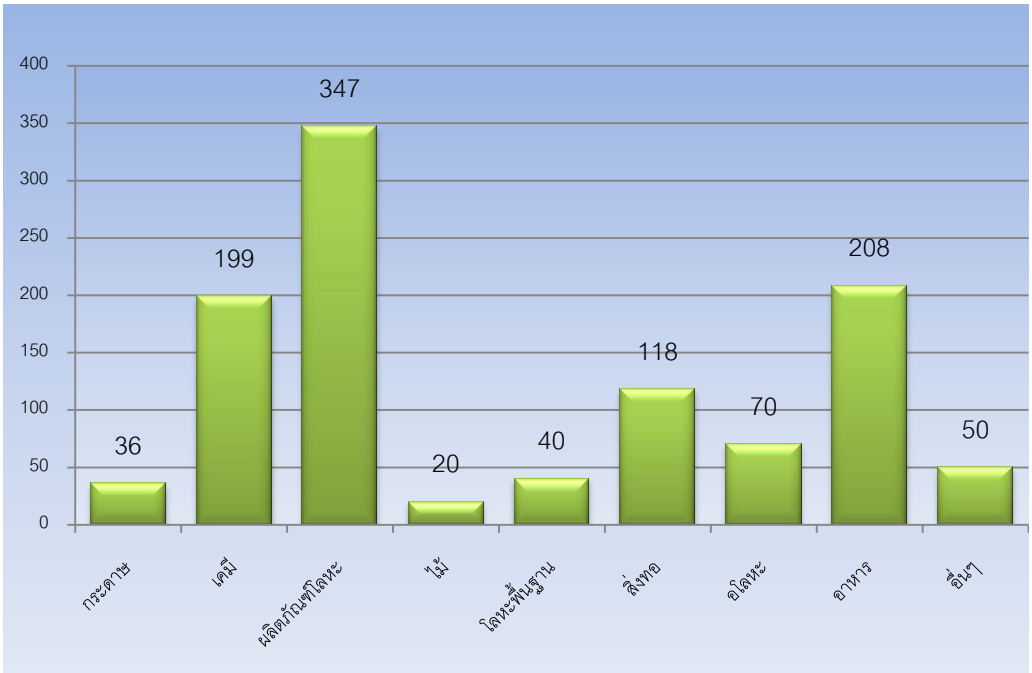
การกำหนดขนาดของตัวอย่างจะใช้หลักการทฤษฎีของ Taro Yamane ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และระดับความคลาดเคลื่อน ± 3 % จากการคำนวณจะต้องใช้ตัวอย่างจากการสำรวจประมาณ 1,081 ราย ซึ่งในการศึกษาวิจัยนี้จะมีการส่งแบบสำรวจไปยังกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเป้าหมายทางไปรษณีย์ประมาณ 5,000 รายเพื่อหวังผลให้ได้รับการตอบกลับจากกลุ่มตัวอย่างของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมให้อยู่ที่ระดับความเชื่อมั่นของการสุ่มตัวอย่างที่ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์และระดับความคลาดเคลื่อน ± 3 %

4.4 รวบรวมข้อมูลและแจกแจงข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลจากแบบสำรวจของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ได้รับการตอบกลับมาและจากการตรวจสอบความครบถ้วนถูกต้องของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแล้ว ได้จำนวนทั้งหมด 1,088 รายที่มีความครบถ้วนในการนำไปใช้วิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งสามารถแยกข้อมูลจำนวนของอุตสาหกรรมตามประเภทอุตสาหกรรม ที่มีการตอบแบบสำรวจกลับมาแล้วข้อมูลมีความครบถ้วนสามารถใช้ในการวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องได้ตามภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 โดยประเภทอุตสาหกรรมที่มีการสุ่มตัวอย่างได้มากที่สุดได้แก่ กลุ่มอุตสาหกรรมประเภท ผลิตภัณฑ์โลหะมีจำนวน 347 ราย คิดเป็น 31.89 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาได้แก่กลุ่มของอุตสาหกรรมประเภทอาหารมีจำนวน 208 ราย คิดเป็น 19.12 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ส่วนประเภทอุตสาหกรรมที่มีการตอบกลับมาน้อยได้แก่ อุตสาหกรรมประเภทไม้มีจำนวน 20 ราย คิดเป็น 1.84 เปอร์เซ็นต์ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

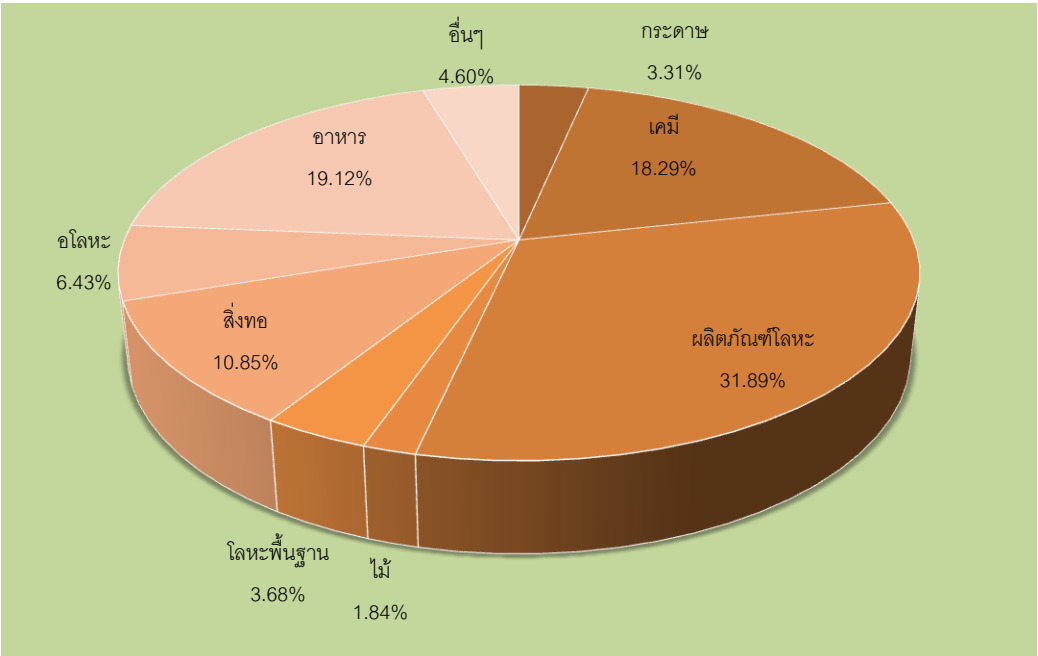
ภาพที่ 4.2

จำนวนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทจากการสำรวจ



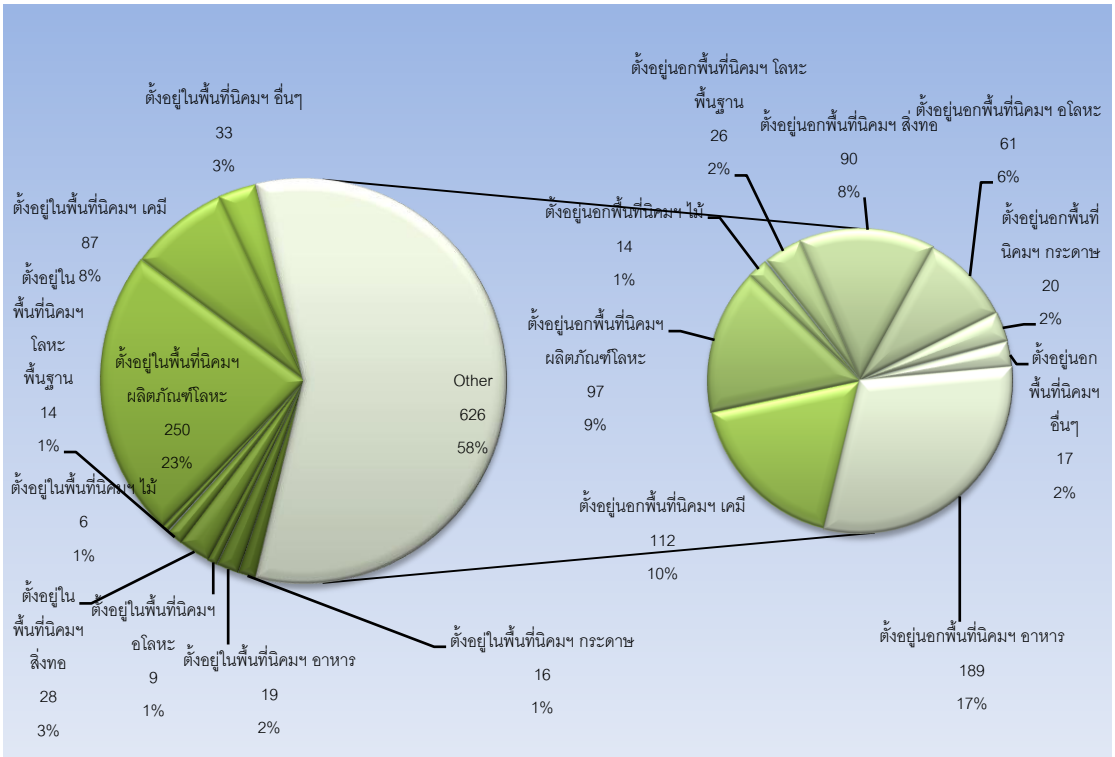
ภาพที่ 4.3

สัดส่วนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทจากการสำรวจ



ซึ่งตัวอย่างของการสำรวจในครั้งนี้มุ่งเน้นทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่จัดสรรไว้สำหรับอุตสาหกรรม เช่น นิคมอุตสาหกรรม, เขตอุตสาหกรรม และสวนอุตสาหกรรม และกลุ่มอุตสาหกรรมที่ไม่ได้มีที่ตั้งในพื้นที่ที่จัดสรรไว้เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมด้วยซึ่งสามารถจำแนกข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเป็นไปตามภาพที่ 4.4 ซึ่งจะพบว่าอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จากการสำรวจจะมีสถานที่ตั้งอยู่ภายนอกนิคมอุตสาหกรรมโดยคิดเป็นประมาณ 58% ของจำนวนอุตสาหกรรมทั้งหมดที่ได้จากทำการสำรวจ

ภาพที่ 4.4
จำนวนอุตสาหกรรมแยกตามประเภทและสถานที่ตั้งจากการสำรวจ



4.5 ตรวจสอบข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากแนวคิด และการศึกษาผลงานการวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง พบว่า ามูลค่าความสูญเสียของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม ต่อราย จะมีมูลค่าสูงกว่าในกลุ่ม พา ณิชยกรรม ต่อราย และกลุ่ม ที่อยู่อาศัย เทียบต่อ

รายเป็นอย่างมาก ซึ่งเมื่อเทียบมูลค่าความสูญเสียในการผลิตเมื่อไฟฟ้าดับกับราคาค่าไฟฟ้าที่ขาดหายไปในช่วงไฟฟ้าดับมีค่าแตกต่างกันมากเพราะมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้มูลค่าความสูญเสียของกลุ่มอุตสาหกรรมนี้สูง พอสรุปได้ดังนี้

4.5.1 มูลค่าความสูญเสียต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับ

4.5.1.1 มูลค่าความสูญเสียของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในสายการผลิตหรือเครื่องจักรที่ยังไม่แล้วเสร็จ

4.5.1.2 มูลค่าความสูญเสียของเครื่องจักรเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ค้างอยู่ในสายการผลิตหรือเครื่องจักร

4.5.1.3 มูลค่าระยะเวลาที่เสียไปในการนำผลิตภัณฑ์ที่ค้างอยู่ในสายการผลิตหรือเครื่องจักร

4.5.2 มูลค่าความสูญเสียต่อระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าดับ

4.5.2.1 มูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถผลิตได้ในช่วงระยะเวลาไฟฟ้าดับ

4.5.2.2 มูลค่าค่าจ้างแรงงานที่เสียไปในช่วงเวลาที่ไม่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้

4.5.2.3 มูลค่าการจ้างทำงานเพิ่มในช่วงนอกเวลาทำงานเพื่อทำจำนวนผลิตภัณฑ์ให้ได้ทันตามลูกค้าสั่งเพื่อชดเชยช่วงเวลาที่ไฟฟ้าดับ

4.5.3 มูลค่าความสูญเสียจากส่วนอื่นที่มีผลจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

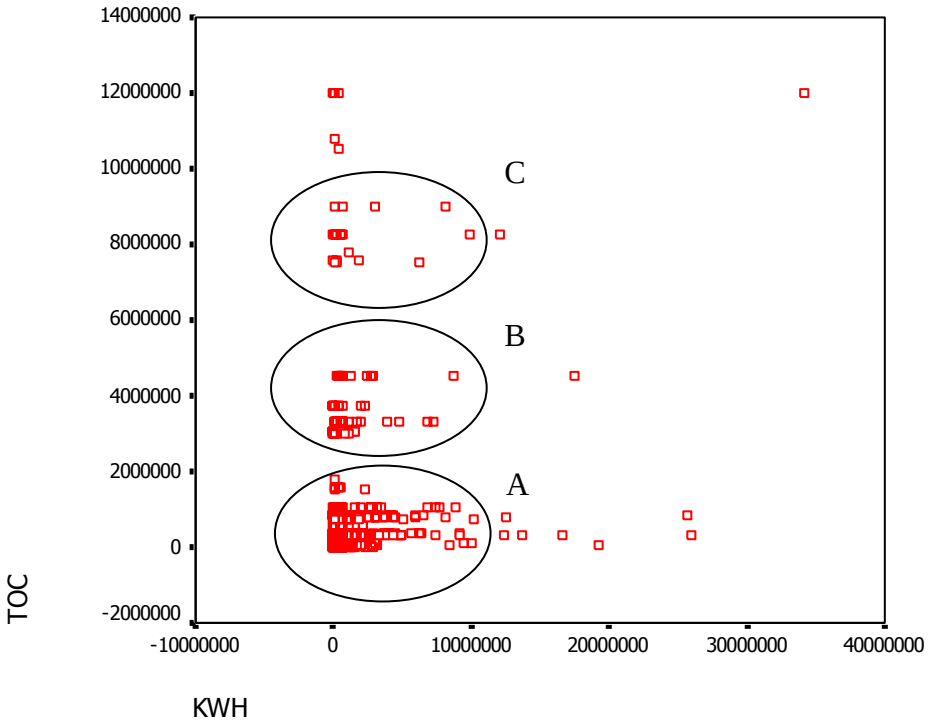
4.5.3.1 มูลค่าความเชื่อใจของผู้สั่งซื้อสินค้าจากโรงงานอุตสาหกรรม

4.5.3.2 มูลค่าที่สูญเสียในการแข่งขันในตลาดอุตสาหกรรม

ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจะขึ้นอยู่กับประเภทอุตสาหกรรม ส่วนอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันก็อาจจะแตกต่างกันในมุมของปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วย ซึ่งในการศึกษาวิจัยพิจารณาผลที่ได้รับการตอบกลับจากแบบสำรวจที่ได้ดำเนินการจัดส่งให้กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมออกเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางที่ 1 การตอบกลับจากผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมโดยที่ผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมใช้การ วิเคราะห์การหามูลค่าความสูญเสีย ที่กระทบกับ กระบวนการผลิตใน โรงงานอุตสาหกรรม ของผู้ใช้ไฟฟ้าเองเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง โดยมองในส่วนความเสียหายจาก

จำนวนครั้งไฟฟ้าดับและความเสียหายที่เกิดจากระยะเวลาไฟฟ้าดับ ที่มีผลกระทบกับกระบวนการผลิตเป็นหลัก แนวทางที่ 2 การตอบกลับจากผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมโดยที่ผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมใช้ การวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียจากสถิติการเกิดไฟฟ้าดับที่ผ่านมา ที่กระทบกับโรงงานอุตสาหกรรมของตนเองโดยการเก็บข้อมูลเป็นสถิติไว้ซึ่งมูลค่า ความสูญเสียในแต่ละครั้งจะไม่เท่ากันขึ้นจำนวนการสั่งของจากลูกค้าและรูปแบบการผลิต (กรณีที่โรงงานมีการผลิตผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 แบบ) แล้วตอบกลับมาในแบบสำรวจเป็นค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสีย เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง เมื่อนำข้อมูลที่ได้รับการตอบกลับมาทำการจัดกลุ่มข้อมูลของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องในภาพรวมของอุตสาหกรรมทุกประเภทเปรียบเทียบกับลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าจะได้ภาพที่ 4.5

ภาพที่ 4.5
การกระจายตัวของการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) เปรียบเทียบกับ
มูลค่าความสูญเสียรวมที่ได้จากการสำรวจ

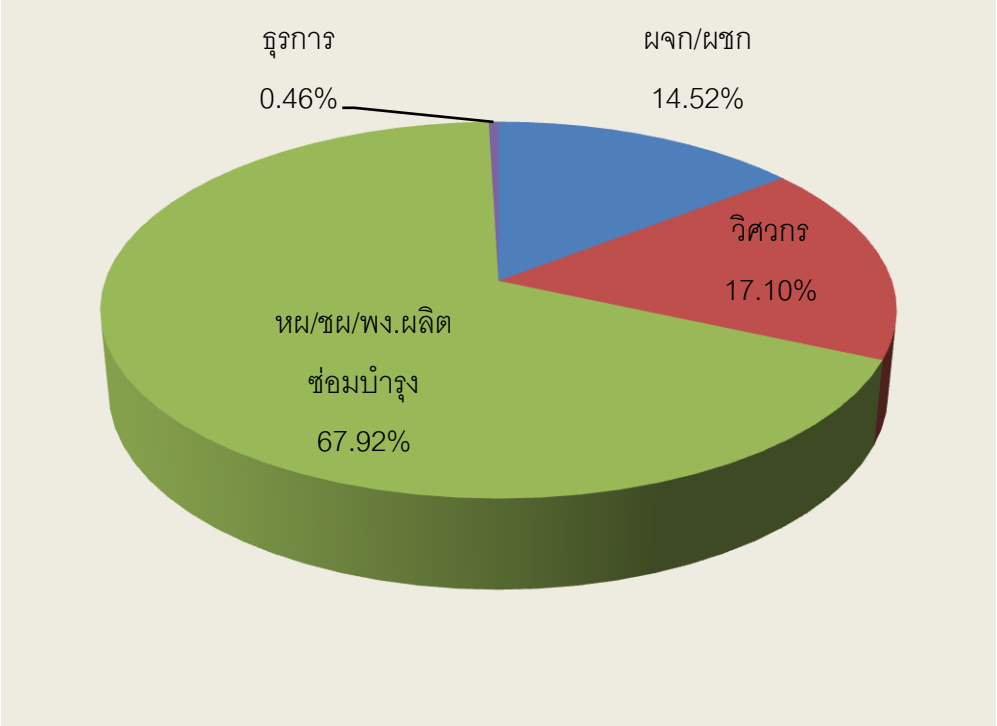


จากภาพที่ 4.5 ให้เห็นว่ามีการกระจายของกลุ่มข้อมูลของมูลค่าความสูญเสียกับการใช้ไฟฟ้าเป็น 3 กลุ่มใหญ่ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าใกล้เคียงกันได้แก่ กลุ่ม A เป็นกลุ่มที่มีระดับ

ของมูลค่าความสูญเสียต่ำเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง กลุ่ม B คือกลุ่มที่มีระดับของมูลค่าความสูญเสียปานกลางเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ส่วนกลุ่ม C คือกลุ่มที่มีระดับของมูลค่าความสูญเสียสูงเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง และจากการวิเคราะห์ข้อมูลจะเห็นได้ว่าแม้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีปริมาณน้อยแต่ไม่ได้หมายความว่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องจะมีค่าน้อย อาจเนื่องมาจากปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับชนิดของสินค้า กระบวนการผลิตที่ไม่ได้ออกแบบเพื่อรองรับกรณีเกิดไฟฟ้าขัดข้องทำให้ต้องใช้เวลาในการจัดการกับสินค้าที่เสียหายนาน หรือไม่มีระบบพลังงานสำรองเมื่อเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้องในโรงงาน เป็นต้น และจากแบบสำรวจที่ได้รับการตอบกลับมาจากผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่ผู้ที่ดำเนินการกรอกแบบสำรวจกลับมาเป็นพนักงานในภาคส่วนที่เกี่ยวข้องทางด้านการผลิต การตรวจสอบสินค้าเช่น ผู้จัดการ, กลุ่มงานวิศวกรและกลุ่มงานทางด้านเทคนิค ซึ่งอาจจะตั้งสมมติฐานเบื้องต้นว่าเป็นกลุ่มที่น่าจะให้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ในระดับหนึ่งเพราะผู้ใช้ไฟฟ้าย่อมต้องทราบปัญหาที่เกิดในระบบของตนเองได้ดีที่สุด

ภาพที่ 4.6

จำแนกกลุ่มผู้ตอบแบบสำรวจในการศึกษาวิจัย



จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ากลุ่มผู้ที่ตอบกลับแบบสำรวจกลุ่มใหญ่ได้แก่กลุ่มหัวหน้าแผนก ผู้ช่วยหัวหน้าแผนก พนักงานที่ทำงานด้านการผลิตและด้านซ่อมบำรุง ถึง 67.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกลุ่มพนักงานรองลงมาได้แก่กลุ่มวิศวกร 17.10 เปอร์เซ็นต์ ผู้จัดการและผู้ช่วยผู้จัดการ 14.52 เปอร์เซ็นต์ และจากข้อมูลตั้งต้นที่ได้รับการตอบกลับจากแบบสำรวจจำนวน 1,088 รายจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาดำเนินการในการตรวจสอบเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องที่ได้จากแบบสำรวจโดยตรงเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีฟัซซี่ ลอจิกเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือในการนำไปใช้งาน

4.6 ขั้นตอนการวิเคราะห์มูลค่าความสูญเสียโดยวิธีหาค่าเฉลี่ย และวิธีฟัซซี่ ลอจิก

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกแต่ละประเภท 2 วิธี

4.6.1 วิธีหาค่าเฉลี่ย

โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกแต่ละประเภทจากข้อมูลที่ได้รักการตอบกลับในแบบสอบถามโดยตรงซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าเฉลี่ยมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภท กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน และมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภท กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน แล้วนำมาหามูลค่าความสูญเสีย บาทต่อครั้งและ บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

สมการที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสีย บาทต่อครั้งคือ

$$\frac{\text{ผลรวมของมูลค่าความสูญเสียต่อครั้งทั้งหมด(แยกตามประเภทอุตสาหกรรม)}}{\text{จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด(แยกตามประเภทอุตสาหกรรม)}} \qquad (4.1)$$

สมการที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสีย บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง คือ

$$\frac{\text{ผลรวมมูลค่าความสูญเสียรวมทั้งปี(แยกตามประเภทอุตสาหกรรม)}}{\text{พลังงานรวมที่ไม่สามารถจ่ายได้ทั้งปี(ENS Energy Not Supply)}} \qquad (4.2)$$

โดยที่ ENS (ENS Energy Not Supply) หาได้จากสมการ 4.3

(พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ทั้งปี) - พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ทั้งปี (4.3)
เปอร์เซ็นต์ชั่วโมง ที่ใช้งานได้ทั้งปี

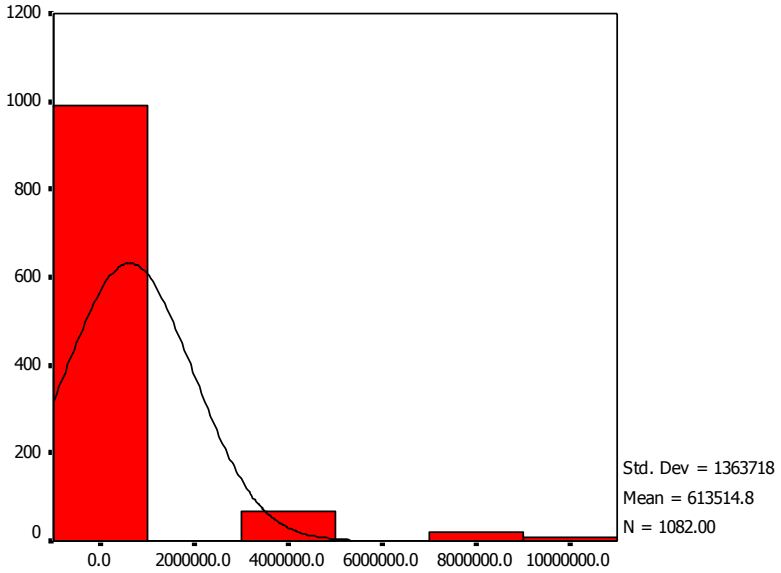
4.6.2 **วิธีฟัซซี่ ลอจิก**

โดยวิธีหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกแต่ละประเภทที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีฟัซซี่ ลอจิกแยกตามประเภทกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน และมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน โดยหามูลค่าความสูญเสีย บาทต่อครั้งและ บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.6.2.1 ทำการทดสอบสมมติฐานทั้ง 10 สมมติฐานด้วยวิธีทางสถิติเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้ตั้งไว้เป็นสมมติฐานเบื้องต้นว่ามีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องหรือไม่ โดยการเลือกวิธีการทดสอบต้องคำนึงถึงการกระจายตัวของข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งจากการแจกแจงข้อมูลการกระจายตัวของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมในภาพรวม แสดงตามภาพที่ 4.7 – 4.8 แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ จะใช้การทดสอบแบบ ไค -สแควร์ เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานพิจารณาความสัมพันธ์ของตัวแปรตามสมมติฐาน 10 สมมติฐาน ว่ามีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมหรือไม่ โดยพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

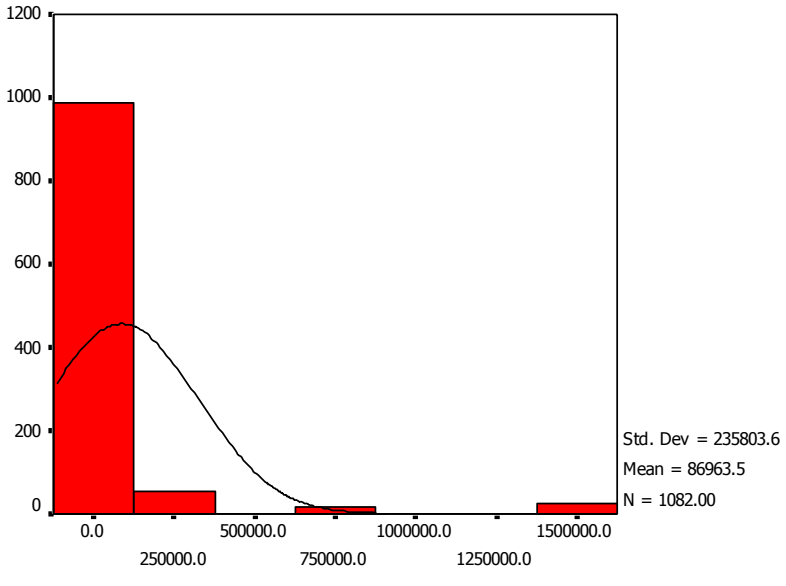
ภาพที่ 4.7

แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน

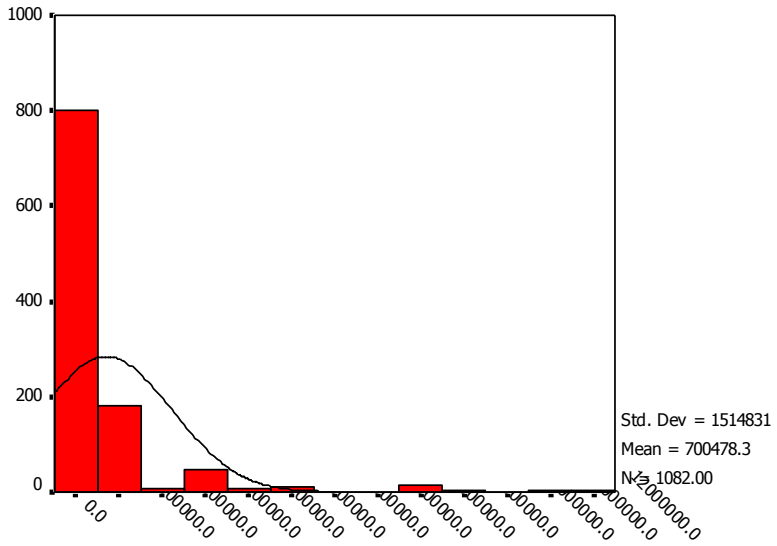


ภาพที่ 4.8

แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน



ภาพที่ 4.9
แจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องรวมทุกกรณี



การทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี ไค -สแควร์ จะต้องมีการจัดรูปแบบของข้อมูลให้มีรูปแบบการวัดเป็นแบบช่วง (Interval Scale) ของชุดข้อมูล ซึ่งในแบบสำรวจมีการจัดกลุ่มของข้อมูลเป็นรูปแบบของช่วงชุดข้อมูลเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามง่ายในการตอบกลับดังแสดงตามตารางที่ 4.1 ยกเว้นข้อมูลของปริมาณการใช้ไฟฟ้าซึ่งเป็นค่าที่เป็นตัวเลขการใช้ไฟฟ้าจริงของผู้ใช้ไฟฟ้าจำเป็นต้องมาดำเนินการจัดกลุ่มข้อมูลในอยู่ในรูปแบบของช่วงชุดข้อมูลเพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี ไค-สแควร์

ตารางที่ 4.1

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบและรายละเอียดของสมมติฐาน

สมมติฐาน	รายละเอียด
Industrial_Type	ชนิดของอุตสาหกรรมแยกตาม TSIC (9) 1 อาหาร 2 สิ่งทอ 3 ไม้ 4 กระดาษ 5 เคมี 6 อโลหะ 7 โลหะพื้นฐาน 8 ผลิตภัณฑ์โลหะ 9 อื่นๆ
Energy_Electric_Avg_Code	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (6) 1 น้อยกว่า 50,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน 2 50,000 – 100,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน 3 100,000 – 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน 4 250,000 – 1,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน 5 1,000,000 – 5,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน 6 มากกว่า 5,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน
Process_Type	กระบวนการผลิต (2) 1 ต่อเนื่อง 2 ไม่ต่อเนื่อง
L_Location	ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน (2) 1 ตั้งอยู่ในพื้นที่นิคมฯ 2 ตั้งอยู่นอกพื้นที่นิคมฯ

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบและรายละเอียดของสมมติฐาน

สมมติฐาน	รายละเอียด
Occur_Period_Rang	ระยะเวลาของไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง (8) 1 1 – 3 นาที 2 4 – 6 นาที 3 7 – 9 นาที 4 10 – 12 นาที 5 13 – 15 นาที 6 16 – 30 นาที 7 30 นาที – 1 ชั่วโมง 8 มากกว่า 1 ชั่วโมง
Working_Days_Week	จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ของฝ่ายผลิต (4) 1 4 วัน/สัปดาห์ 2 5 วัน/สัปดาห์ 3 6 วัน/สัปดาห์ 4 7 วัน/สัปดาห์
Contingency_Plan	องค์กรมีแผนรับมือหรือไม่เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (2) 1 ไม่มีแผนรับมือ 2 มีแผนรับมือ
Electric_Spare	องค์กรของท่านมีระบบไฟฟ้าสำรองหรือไม่ (2) 1 ไม่มี 2 มี

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

สมมติฐานที่ใช้ในการทดสอบและรายละเอียดของสมมติฐาน

สมมติฐาน	รายละเอียด
Electric_Maintainance_Frequency	ความถี่ในการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟหลัก(4) 1 1 ครั้ง/ปี 2 2 ครั้ง/ปี 3 3 ครั้ง/ปี 4 4 ครั้ง/ปี
Lost_Amount_Rang	มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน(9) 1 น้อยกว่า10,000 บาทต่อครั้ง 2 10,000-30,000 บาทต่อครั้ง 3 30,000-50,000 บาทต่อครั้ง 4 50,000-100,000 บาทต่อครั้ง 5 100,000-500,000 บาทต่อครั้ง 6 500,000-1,000,000 บาทต่อครั้ง 7 1,000,000-5,0000,000 บาทต่อครั้ง 8 5,000,000-10,000,000 บาทต่อครั้ง 9 มากกว่า10,000,000 บาทต่อครั้ง
Lost_Amount_Rang_7	มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน(7) 1 น้อยกว่า10,000 บาทต่อครั้ง 2 10,000-30,000 บาทต่อครั้ง 3 30,000-50,000 บาทต่อครั้ง 4 50,000-100,000 บาทต่อครั้ง 5 100,000-500,000 บาทต่อครั้ง 6 500,000-1,000,000 บาทต่อครั้ง 7 มากกว่า100,000 บาทต่อครั้ง

การพิจารณาจัดกลุ่มข้อมูลจะใช้หลักเกณฑ์การพิจารณาจากการแบ่งกลุ่มการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟตามที่การไฟฟ้าได้กำหนดไว้ โดยที่ กิจการขนาดเล็กและขนาดกลาง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน กิจการขนาดใหญ่ คือมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งสามารถจัดชุดข้อมูลเพื่อเตรียมเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ไค -สแควร์ ในส่วนของหน่วยการใช้ไฟฟ้า ได้เป็น 6 ชุดข้อมูล โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4.2

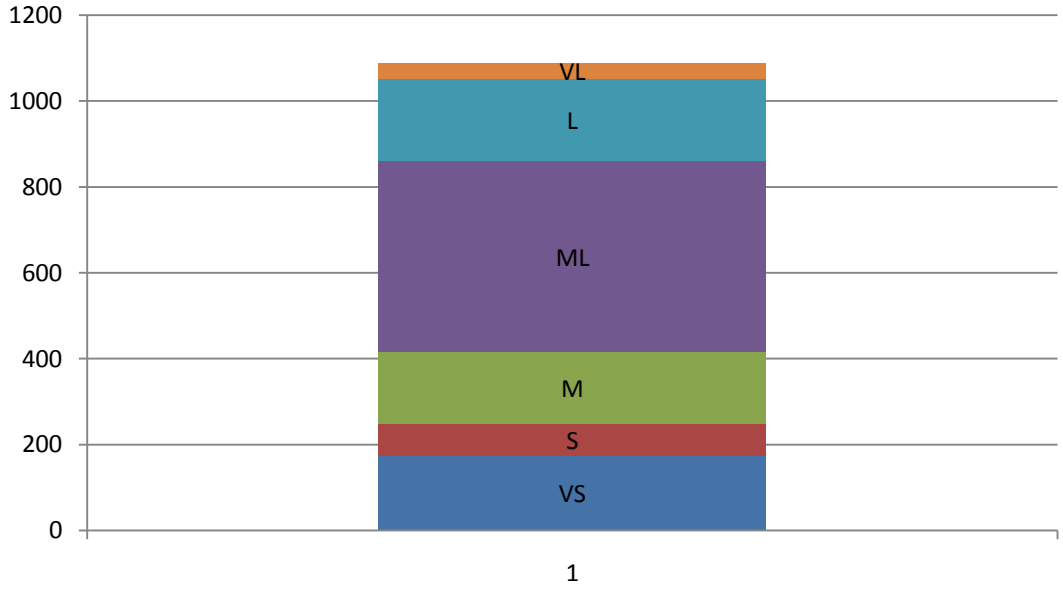
ตารางที่ 4.2

การจัดกลุ่มจากปริมาณการใช้ไฟฟ้า

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า(กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน)	รหัส
มากกว่า 5,000,000 (36)	VL (6)
1,000,000 – 5,000,000 (192)	L (5)
250,000 – 1,000,000 (443)	ML (4)
100,000 – 250,000 (169)	M (3)
50,000 – 100,000 (74)	S (2)
น้อยกว่า 50,000 (174)	VS (1)

ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมจากการสำรวจจำนวน 1,088 รายประกอบด้วยผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประกอบกิจการขนาดใหญ่ที่มีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยเกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน จำนวน 671 ราย (61.67%) และเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประกอบกิจการขนาดกลางและเล็กที่มีการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยไม่เกิน 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน จำนวน 417 ราย (38.33%) โดยที่โรงงานควบคุมตามกฎกระทรวงจะมีขนาดการติดตั้งหม้อแปลง 1,075 KVA ถ้าคิดการผลิตที่ 10 ช.ม. ต่อ วัน 30 วันต่อเดือน และการใช้พลังงานของหม้อแปลงติดตั้งที่ 80% การใช้พลังงานจะอยู่ที่ประมาณ 258,000 กิโลวัตต์ -ชั่วโมง ต่อเดือน ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลแล้ว สามารถแยกลักษณะการจัดกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามภาพที่ 4.10

ภาพที่ 4.10
การแบ่งกลุ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากแบบสำรวจ



4.6.2.2 ดำเนินการทดสอบสมมติฐานทั้ง 10 สมมติฐาน ด้วยวิธีแจกแจงแบบ ไค-สแควร์เพื่อพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่าง สมมติฐานทั้ง 10 สมมติฐานกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนว่าสมมติฐานแต่ละสมมติฐานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนหรือไม่ แล้วนำสมมติฐานที่มีความสัมพันธ์กันนั้นมาดำเนินการแปลงข้อมูลให้อยู่รูปแบบสำหรับนำไปใช้เป็นอินพุทและเอาท์พุท สำหรับการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแบบไม่มีแผนล่วงหน้าและแบบมีแผนล่วงหน้าโดยวิธีการแบบฟัซซี่ ลอจิก ซึ่งตารางที่ 4.3 แสดงถึงการตั้งค่าสมมติฐานทั้ง 10 สมมติฐานเพื่อใช้ในการกำหนดเป็นค่า อินพุทและค่าเอาท์พุทของ วิธีการคำนวณด้วย ฟัซซี่ ลอจิก โดยการกำหนดรูปแบบฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของ ค่าอินพุท และค่าเอาท์พุทเป็นแบบฟังก์ชั่น ซึ่งฟังก์ชั่นสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ {*a*, *b*, *c*} โดยมีลักษณะของรูปแบบของฟังก์ชั่นดังแสดงในรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.3

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลสำหรับฟัซซี่ลอจิก

ชนิดของอุตสาหกรรมแยกตาม TSIC	Fuzzy input	trimf
อาหาร	1	0 1 2
สิ่งทอ	2	1 2 3
ไม้	3	2 3 4
กระดาษ	4	3 4 5
เคมี	5	4 5 6
อโลหะ	6	5 6 7
โลหะพื้นฐาน	7	6 7 8
ผลิตภัณฑ์โลหะ	8	7 8 9
อื่นๆ	9	8 9 10
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	Fuzzy input	trimf
น้อยกว่า 50,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	1	0 1 2
50,000 – 100,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	2	1 2 3
100,000 – 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	3	2 3 4
250,000 – 1,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	4	3 4 5
1,000,000 – 5,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	5	4 5 6
มากกว่า 5,000,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	6	5 6 7
กระบวนการผลิต	Fuzzy input	trimf
ต่อเนื่อง	1	0 1 2
ไม่ต่อเนื่อง	2	1 2 3
ตำแหน่งที่ตั้งโรงงาน	Fuzzy input	trimf
ตั้งอยู่ในพื้นที่นิคมฯ	1	0 1 2
ตั้งอยู่นอกพื้นที่นิคมฯ	2	1 2 3

ตารางที่ 4.3(ต่อ)

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลสำหรับฟัซซี่ลอจิก

ระยะเวลาของไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง	Fuzzy input	trimf
1 – 3 นาที	1	0 1 2
4 – 6 นาที	2	1 2 3
7 – 9 นาที	3	2 3 4
10 – 12 นาที	4	3 4 5
13 – 15 นาที	5	4 5 6
16 – 30 นาที	6	5 6 7
30 นาที – 1 ชั่วโมง	7	6 7 8
มากกว่า 1 ชั่วโมง	8	7 8 9
จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ของฝ่ายผลิต	Fuzzy input	trimf
4 วัน/สัปดาห์	1	0 1 2
5 วัน/สัปดาห์	2	1 2 3
6 วัน/สัปดาห์	3	2 3 4
7 วัน/สัปดาห์	4	3 4 5
ช่วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด	Fuzzy input	trimf
มีนาคม – มิถุนายน	1	0 1 2
กรกฎาคม – ตุลาคม	2	1 2 3
พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์	3	2 3 4
องค์กรมีแผนรับมือหรือไม่เมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง	Fuzzy input	trimf
ไม่มีแผนรับมือ	1	0 1 2
มีแผนรับมือ	2	1 2 3

ตารางที่ 4.3(ต่อ)

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลสำหรับฟัซซี่ลอจิก

องค์กรของท่านมีระบบไฟฟ้าสำรองหรือไม่	Fuzzy input	trimf
ไม่มี	1	0 1 2
มี	2	1 2 3
ความถี่ในการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟหลัก	Fuzzy input	trimf
1 ครั้ง/ปี	1	0 1 2
2 ครั้ง/ปี	2	1 2 3
3 ครั้ง/ปี	3	2 3 4
4 ครั้ง/ปี	4	3 4 5
มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน	Fuzzy output	trimf
น้อยกว่า 10,000 บาทต่อครั้ง	1	0 1 2
10,000-30,000 บาทต่อครั้ง	2	1 2 3
30,000-50,000 บาทต่อครั้ง	3	2 3 4
50,000-100,000 บาทต่อครั้ง	4	3 4 5
100,000-500,000 บาทต่อครั้ง	5	4 5 6
500,000-1,000,000 บาทต่อครั้ง	6	5 6 7
1,000,000-5,0000,000 บาทต่อครั้ง	7	6 7 8
5,000,000-10,000,000 บาทต่อครั้ง	8	7 8 9
มากกว่า 10,000,000 บาทต่อครั้ง	9	8 9 10

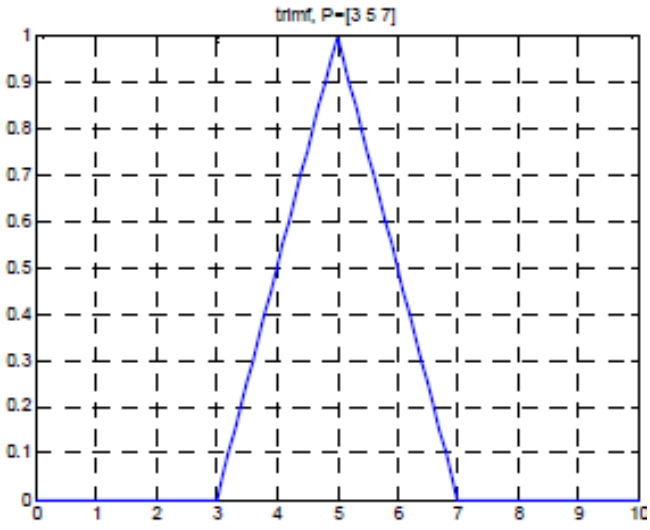
ตารางที่ 4.3(ต่อ)

การแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลสำหรับฟัซซี่ลอจิก

มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน	Fuzzy output	trimf
น้อยกว่า 10,000 บาทต่อครั้ง	1	0 1 2
10,000-30,000 บาทต่อครั้ง	2	1 2 3
30,000-50,000 บาทต่อครั้ง	3	2 3 4
50,000-100,000 บาทต่อครั้ง	4	3 4 5
100,000-500,000 บาทต่อครั้ง	5	4 5 6
500,000-1,000,000 บาทต่อครั้ง	6	5 6 7
มากกว่า 1,000,000 บาทต่อครั้ง	7	6 7 8

ภาพที่ 4.11

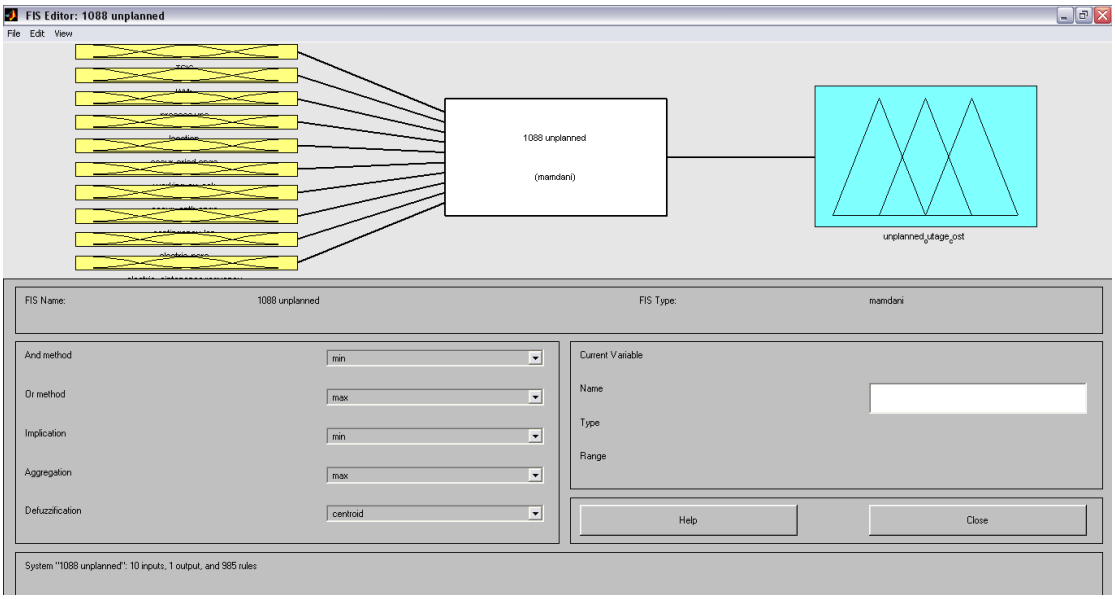
รูปแบบของฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม



ดำเนินการใส่ข้อมูลอินพุทและเอาท์พุทลงในโปรแกรมโดยแบ่งเป็นกลุ่มอินพุททั้ง 10 อินพุทเทียบกับค่าเอาท์พุทของ มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนดังภาพที่ 4.12 และ ภาพที่ 4.13

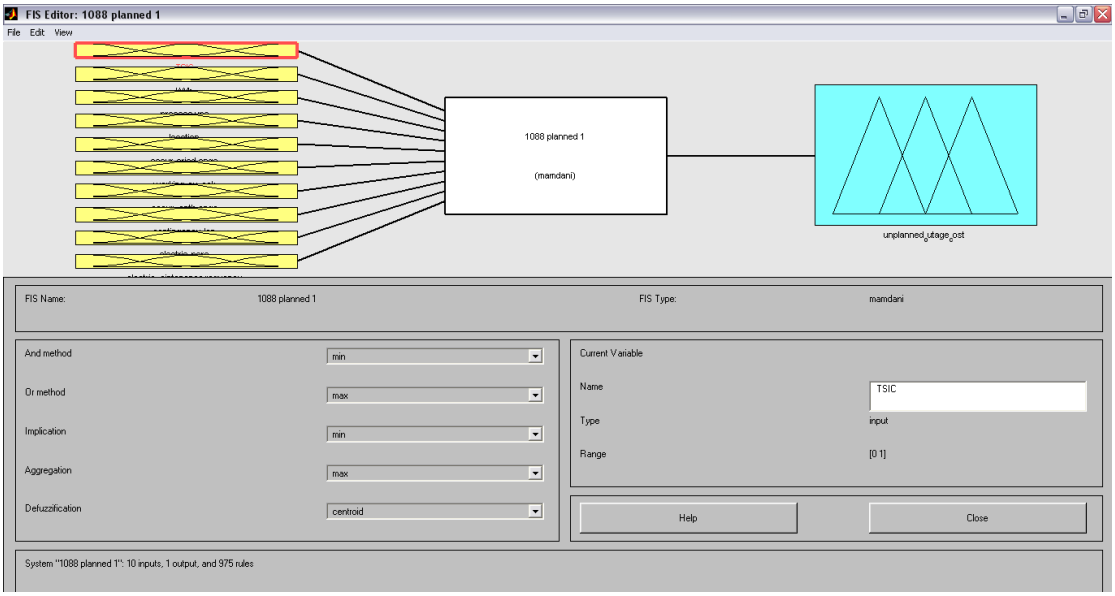
ภาพที่ 4.12

อินพุทเทียบกับมูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน



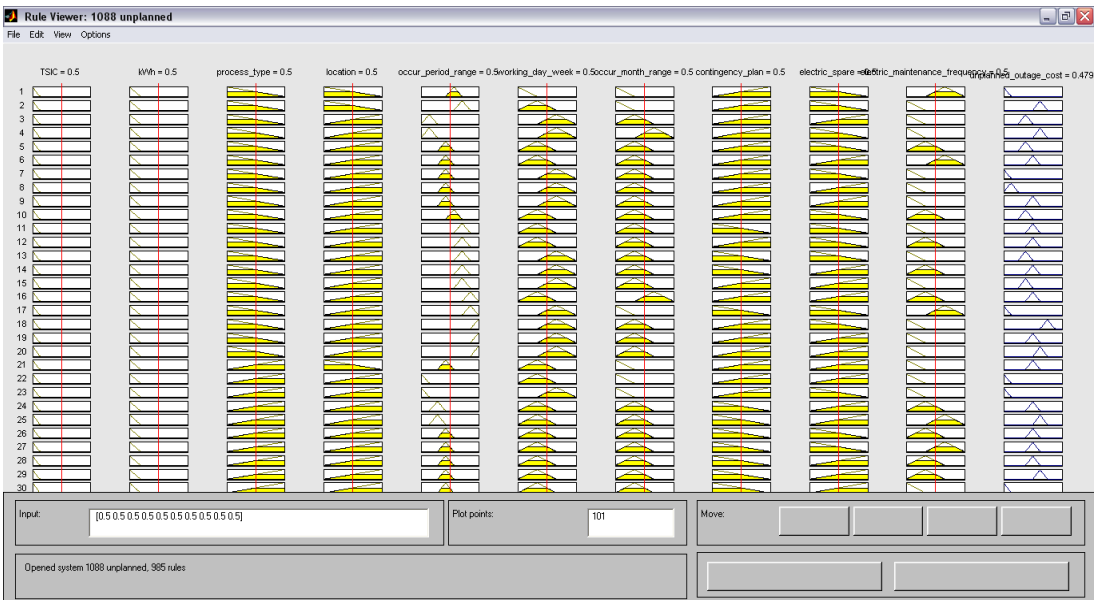
ภาพที่ 4.13

อินพุทเทียบกับมูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน

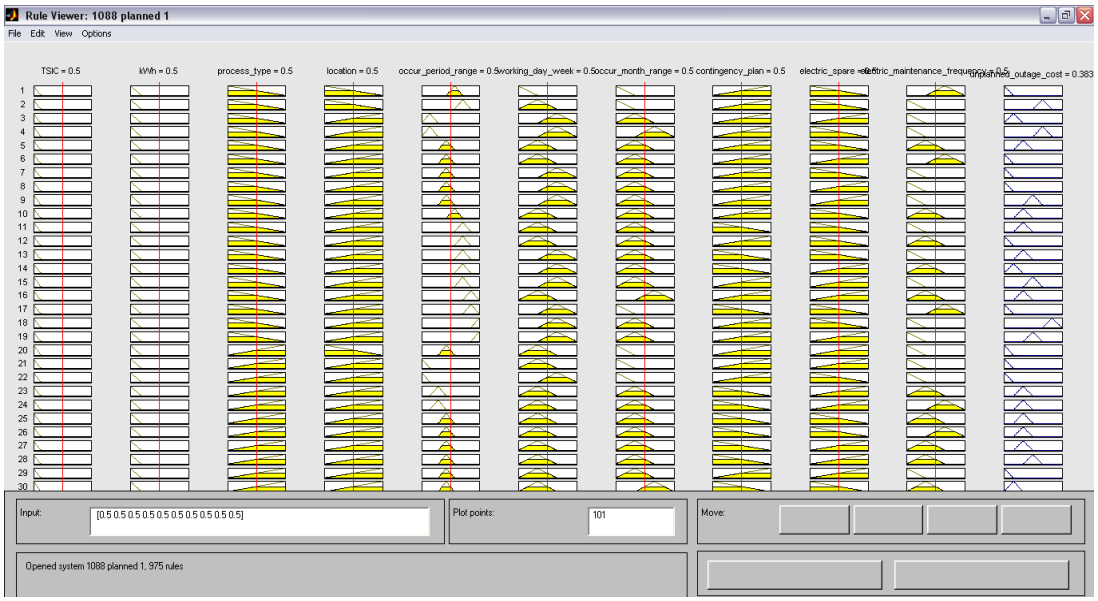


4.6.2.3 ดำเนินการพิจารณากฎที่ใช้ในวิธี ฟัซซี่ ลอจิกเพื่อใช้หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าของอินพุทและเอาท์พุทที่มีความแตกต่างกัน (กฎที่ไม่ซ้ำกัน) โดยการแยกพิจารณาความสัมพันธ์ของอินพุททั้ง 10 อินพุทกับ เอาท์พุทของ มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและความสัมพันธ์ของอินพุททั้ง 10 อินพุทกับ เอาท์พุทของ มูลค่าความสูญเสียกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนโดยความเป็นไปได้ของกฎทั้งหมดของกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนมีค่าเท่ากับ 2,985,984 กฎ และความเป็นไปได้ของกฎทั้งหมดของกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนมีค่าเท่ากับ 2,322,432 กฎ ซึ่งการหาค่าของกฎจะใช้การจัดกลุ่มของข้อมูลที่ไม่ซ้ำกันโดยใช้โปรแกรมฐานข้อมูล (MS ACCESS) ในการช่วยหาค่าและนำกฎที่ได้ใส่ในโปรแกรมซึ่งจะได้รูปอินพุทและเอาท์พุทฟัซซี่ ลอจิก ดังภาพที่ 4.14 และ 4.15

ภาพที่ 4.14
กฎของอินพุทและเอาท์พุทในรูปแบบฟัซซี่ ลอจิกของมูลค่าความสูญเสีย
กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน



ภาพที่ 4.15
กฎของอินพุทและเอาท์พุทในรูปแบบฟัซซี่ ลอจิกของมูลค่าความสูญเสีย
กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน



บทที่ 5

ผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

-เพื่อศึกษาวิเคราะห์หาตัวแปรที่มีผลต่อมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

-เพื่อศึกษาวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีการหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบกับกับการหาด้วยวิธี ฟัซซี่ ลอจิก

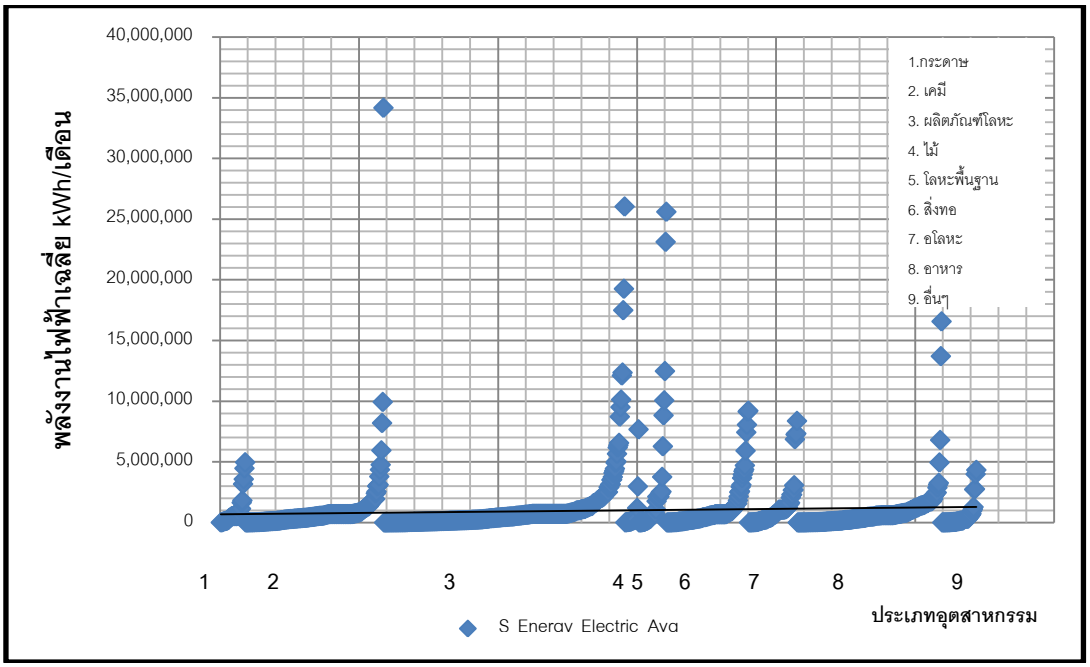
-เพื่อศึกษาวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

5.1 การจัดกลุ่มข้อมูลของแบบสำรวจ

ข้อมูลที่ได้รับการตอบกลับจากแบบสำรวจเมื่อนำมาแจกแจงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของกลุ่มอุตสาหกรรมแต่ละประเภทตามภาพที่ 5.1 จะพบว่าการกระจายของการใช้พลังงานของกลุ่มอุตสาหกรรมซึ่งโดยส่วนใหญ่จะมีการใช้พลังงานที่เกาะกลุ่มกัน โดยค่าเฉลี่ยของการใช้พลังงานรวมทุกประเภทอุตสาหกรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 990,724.86 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อรายต่อเดือนและค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมแสดงตามตารางที่ 5.1 ซึ่งการพิจารณาลักษณะของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลให้มีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องที่แตกต่างกันรวมทั้งลักษณะของสินค้าที่ทำการผลิตก็เป็นปัจจัยที่มีผลกระทบกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องได้เช่นกัน การศึกษาวิจัยนี้จึงได้พิจารณาข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากแบบสำรวจที่ได้ผ่านการคัดกรองในเบื้องต้นเพื่อมาดำเนินการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมโดยมุ่งเน้นการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยมูลค่าความสูญเสียที่ได้จากการตอบกลับมาจากแบบสำรวจเทียบกับค่าที่ได้จากการปรับโดยใช้วิธีการฟัซซี่ ลอจิกเป็นหลัก เพื่อให้เห็นความแตกต่างของค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งสองแบบและใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจนำค่านี้ให้ส่วนเกี่ยวข้องนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

ภาพที่ 5.1

การใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจากผลสำรวจ



ตารางที่ 5.1

การใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมจากผลสำรวจ

ประเภทอุตสาหกรรม	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือนต่อราย
กระดาษ	31,607,984.64	877,999.57
เคมี	179,031,298.21	899,654.76
ผลิตภัณฑ์โลหะ	352,935,436.04	1,017,105.00
ไม้	13,785,020.32	689,251.02
โลหะพื้นฐาน	114,986,065.21	2,874,651.63
สิ่งทอ	121,116,214.96	1,026,408.60
อโลหะ	76,748,236.96	1,096,403.39
อาหาร	163,884,851.08	787,907.94
อื่นๆ	23,813,541.54	476,270.83
รวม	1,077,908,648.97	990,724.86

5.2 การทดสอบตัวแปรที่มีผลต่อมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง

การหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่ได้รับการตอบกลับจากแบบสำรวจจำนวน 1,088 ราย ซึ่งสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการหาความสัมพันธ์มีทั้งหมด 10 สมมติฐาน และจากการพิจารณาการกระจายของข้อมูลมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งกรณีไม่มีแผนและกรณีมีแผนจะมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ดังนั้นตัวทดสอบที่ดีที่สุดที่ควรใช้ทดสอบสมมติฐานคือทดสอบด้วยวิธี ไค -สแควร์ (χ^2) โดยพิจารณาที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ซึ่งผลการทดสอบจะพิจารณาจากค่าของตัวแปรที่มีค่า Asymptotic Significant ที่ต่ำกว่า 0.05 ซึ่งการทดสอบจะแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 8 ชุดและดำเนินการทดสอบแบบสะสมของชุดข้อมูลเพิ่มขึ้นเพื่อให้มั่นใจได้ว่าการทดสอบข้อมูลถูกต้องโดยพิจารณาจากแนวโน้มของความสัมพันธ์จากชุดข้อมูลที่เพิ่มขึ้นเป็นหลักโดยผลการทดสอบด้วยวิธี ไค -สแควร์ (χ^2) มีรายละเอียดตามตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี ไค-สแควร์ (χ^2)

ตารางที่ 5.2

แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี ไค-สแควร์ (χ^2)

INPUT-OUTPUT	ค่า Asymptotic Significant ตามจำนวนชุดข้อมูลทดสอบ							
	136	272	408	544	680	816	952	1088
TSIC*UOC	0.975	0.557	0.694	0.632	0.135	0.008	0.000	0.001
TSIC*POC	0.000	0.075	0.002	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
SIZE*POC	0.043	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
SIZE*UOC	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PROCESS*UOC	0.164	0.006	0.102	0.013	0.002	0.000	0.000	0.000
PROCESS*POC	0.354	0.011	0.054	0.085	0.035	0.030	0.000	0.000
LOCATION*UOC	0.525	0.229	0.639	0.259	0.010	0.006	0.000	0.000
LOCATION*POC	0.585	0.661	0.051	0.123	0.007	0.007	0.000	0.000
DURATION*UOC	0.857	0.425	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

ตารางที่ 5.2(ต่อ)

แสดงผลการทดสอบด้วยวิธี ไค-สแควร์ (χ^2)

INPUT-OUTPUT	ค่า Asymptotic Significant ตามจำนวนชุดข้อมูลทดสอบ							
	136	272	408	544	680	816	952	1088
DURATION*POC	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WORKTIME*UOC	0.167	0.037	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
WORKTIME*POC	0.465	0.547	0.060	0.028	0.029	0.000	0.000	0.000
SEASON*UOC	0.021	0.005	0.015	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000
SEASON*POC	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
PLAN*UOC	0.018	0.000	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
PLAN*POC	0.861	0.000	0.013	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000
BACKUP*UOC	0.298	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BACKUP*POC	0.389	0.099	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAINTENANCE*UOC	0.423	0.193	0.028	0.010	0.019	0.000	0.000	0.000
MAINTENANCE*POC	0.818	0.002	0.489	0.019	0.011	0.000	0.000	0.000

จากผลการทดสอบตามตารางที่ 5.2 แสดงว่าเมื่อจำนวนข้อมูลที่ใช้ทดสอบมีจำนวนมากขึ้นจนถึง 1,088 ข้อมูลจะให้ค่า Asymptotic Significant ของผลการทดสอบที่ต่ำกว่า 0.05 ทุกตัวแปรที่ใช้เป็นสมมติฐาน จึงสรุปได้ว่าสมมติฐาน 10 สมมติฐานนั้นมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนซึ่งสมมติฐานที่ผ่านทั้งหมดมีดังนี้

สมมติฐานที่ 1. ประเภทอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 2. ขนาดอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 3. กระบวนการผลิตมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 4. ที่ตั้งของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 5. ระยะเวลาที่เกิดไฟฟ้าขัดข้องมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 6. ช่วงเวลาในการปฏิบัติงานของโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 7. ฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 8. ระบบการจัดการในโรงงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 9. ชนิดของแหล่งพลังงานสำรองในโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สมมติฐานที่ 10. การบำรุงรักษาเครื่องจักรในโรงงานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียที่เกิดจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

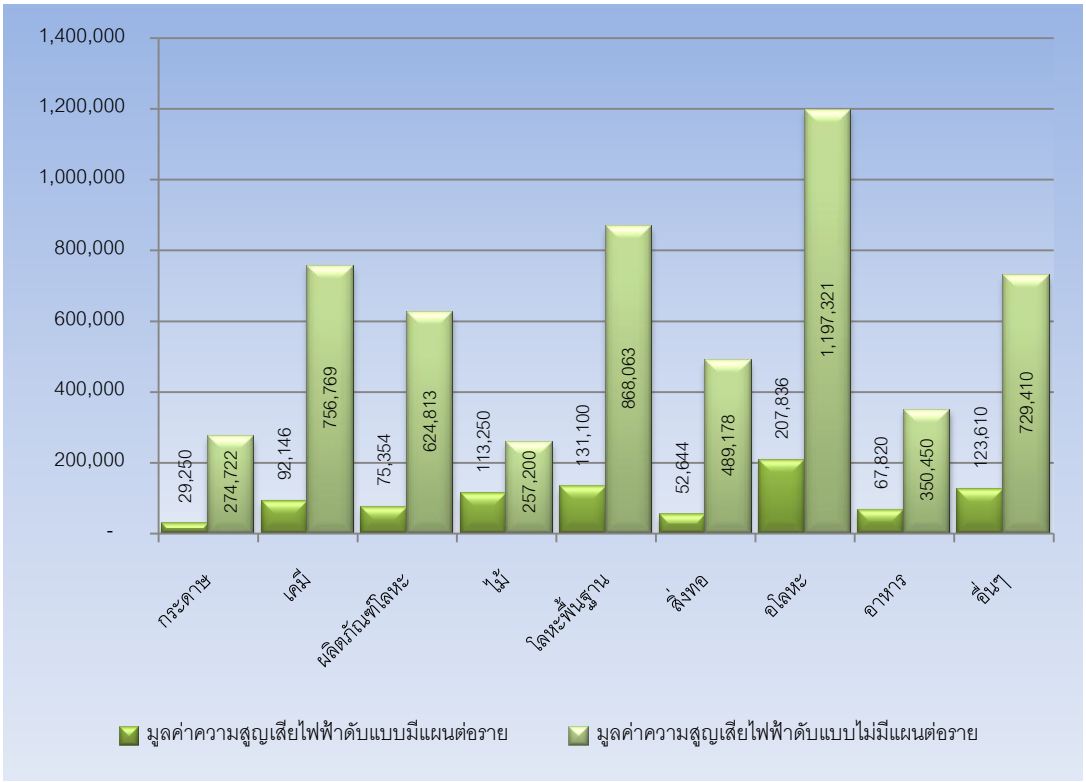
5.3 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ

จากการจัดกลุ่มข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจที่มีข้อมูลครบถ้วนแล้วจำนวนแบบสำรวจที่จะนำมาพิจารณาในการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมมีจำนวนทั้งสิ้น 1,088 แบบสำรวจ โดยการแจกแจงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจะแยกออกเป็น 2 แบบได้แก่ มูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และ มูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมงโดยเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมและแต่ละแบบจะแยกเป็น 2 ลักษณะตามการเกิดไฟฟ้าขัดข้องได้แก่ มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และ มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยภาพที่ 5.2 แสดงมูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และตารางที่ 5.3 แสดงมูลค่าความ

สูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งมูลค่าความสูญเสียจากการหาโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจะมีค่าสูงที่สุด คืออุตสาหกรรมประเภทโลหะมีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนเท่ากับ 1,197,321 บาทต่อครั้งและ 207,836 บาทต่อครั้งตามลำดับ ส่วนอุตสาหกรรมไม้มีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนน้อยที่สุดเท่ากับ 257,200 บาทต่อครั้ง ส่วนอุตสาหกรรมกระดาษมีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนน้อยที่สุดเท่ากับ 29,250 บาทต่อครั้ง ค่าเฉลี่ยของมูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมรวมทุกประเภทเท่ากับ 614,028 บาทต่อครั้งและ 86,484 บาทต่อครั้งตามลำดับ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทเคมี , ผลิตภัณฑ์โลหะ ,โลหะพื้นฐาน ,อโลหะและอื่นๆ มีมูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวม ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทเคมี ,ไม้ ,โลหะพื้นฐาน ,อโลหะและอื่นๆมีมูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวม

ภาพที่ 5.2

มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยบาทต่อครั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม



ตารางที่ 5.3 แสดงมูลค่าความสูญเสียบาทต่อครั้งเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม (โดยแสดงผลรวมของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนทั้งหมดในรอบที่ได้จากการตอบกลับของแบบสำรวจ) และมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมต่อรายของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ตารางที่ 5.3

มูลค่าความสูญเสียเฉลี่ยบาทต่อครั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมมูลค่าความสูญเสียจากไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน (บาท)	ผลรวมมูลค่าความสูญเสียจากไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน (บาท)	มูลค่าความสูญเสียจากไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน (บาทต่อครั้ง)	มูลค่าความสูญเสียจากไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน (บาทต่อครั้ง)
กระดาษ	1,053,000	9,890,000	29,250	274,722
เคมี	18,337,000	150,597,000	92,146	756,769
ผลิตภัณฑ์โลหะ	26,148,000	216,810,000	75,354	624,813
ไม้	2,265,000	5,144,000	113,250	257,200
โลหะพื้นฐาน	5,244,000	34,722,500	131,100	868,063
สิ่งทอ	6,212,000	57,723,000	52,644	489,178
อโลหะ	14,548,500	83,812,500	207,836	1,197,321
อาหาร	14,106,500	72,893,500	67,820	350,450
อื่นๆ	6,180,500	36,470,500	123,610	729,410
รวม	94,094,500	668,063,000	86,484	614,028

ตารางที่ 5.4 แสดงรายละเอียดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องเปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่มีแผนกับกรณีมีแผนแยกตามประเภทอุตสาหกรรม จากข้อมูลในตารางจะเห็นได้ว่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนจะมีมูลค่าสูงกว่าการเกิดไฟฟ้าขัดข้อง

แบบมีแผนซึ่งจะมีมูลค่าสูงกว่า 9.39 เท่าในกลุ่มของอุตสาหกรรมประเภทกระดาษ (ความแตกต่างสูงที่สุด) และส่วนในกลุ่มของอุตสาหกรรมไม้มีค่าความแตกต่างต่ำที่สุดอยู่ที่ 2.27 เท่า

ตารางที่ 5.4
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องเปรียบเทียบระหว่างกรณีไม่มีแผนกับกรณีมีแผน
แยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสียไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน (บาทต่อครั้ง)	มูลค่าความสูญเสียไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผน (บาทต่อครั้ง)	สัดส่วนมูลค่าความสูญเสียเทียบระหว่างเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องไม่มีแผนกับมีแผน
กระดาษ	29,250	274,722	9.39
เคมี	92,146	756,769	8.21
ผลิตภัณฑ์โลหะ	75,354	624,813	8.29
ไม้	113,250	257,200	2.27
โลหะพื้นฐาน	131,100	868,063	6.62
สิ่งทอ	52,644	489,178	9.29
อโลหะ	207,836	1,197,321	5.76
อาหาร	67,820	350,450	5.17
อื่นๆ	123,610	729,410	5.90
รวม	86,484	614,028	6.21

การหามูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมเพื่อแยกตามลักษณะของการเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง จำเป็นต้องพิจารณาการคำนวณจากจำนวนครั้งของไฟฟ้าขัดข้องและระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องต่อครั้งที่ได้จากการตอบกลับของแบบสำรวจแล้วนำมาคำนวณหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียรวมต่อปีโดยแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี โดยกรณีที่ 1 กำหนดให้ในรอบปีเกิดไฟฟ้า

ขัดข้องทั้งปีเกิดจากไฟฟ้าขัดข้องจากกรณีไม่มีแผน และกรณีที่ 2 กำหนดให้ในรอบปีเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งปีเกิดจากไฟฟ้าขัดข้องกรณีมีแผน โดยรายละเอียดตามตารางที่ 5.5 แสดงมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม และตารางที่ 5.6 แสดงมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม ข้อมูลตามตารางที่ 5.5 และ 5.6 แสดงให้เห็นว่ามูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมจะมีมูลค่าความสูญเสียน้อยกว่ากรณีแบบไม่มีแผนดังรายละเอียดตามตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ตารางที่ 5.5
มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
แยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	30,555,000.00	943,747.87	32.38
เคมี	608,455,000.00	3,844,710.00	158.26
ผลิตภัณฑ์โลหะ	981,897,500.00	9,503,272.29	103.32
ไม้	21,175,000.00	133,008.26	159.20
โลหะพื้นฐาน	132,692,500.00	2,846,044.53	46.62
สิ่งทอ	168,665,500.00	2,226,724.64	75.75
อโลหะ	240,322,500.00	1,304,236.56	184.26
อาหาร	223,464,000.00	2,717,774.78	82.22
อื่นๆ	164,352,500.00	648,462.15	253.45
รวม	2,571,579,500.00	24,167,981.08	106.40

ตารางที่ 5.6

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม แยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	4,304,500.00	943,747.87	4.56
เคมี	64,671,000.00	3,844,710.00	16.82
ผลิตภัณฑ์โลหะ	137,839,500.00	9,503,272.29	14.50
ไม้	10,740,000.00	133,008.26	80.75
โลหะพื้นฐาน	9,994,000.00	2,846,044.53	3.51
สิ่งทอ	15,847,000.00	2,226,724.64	7.12
อโลหะ	40,059,500.00	1,304,236.56	30.71
อาหาร	36,820,500.00	2,717,774.78	13.55
อื่นๆ	31,153,500.00	648,462.15	48.04
รวม	351,429,500.00	24,167,981.08	14.54

ตารางที่ 5.7
การเปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	
	กรณีแบบไม่มีแผน	กรณีแบบมีแผน
กระดาษ	32.38	4.56
เคมี	158.26	16.82
ผลิตภัณฑ์โลหะ	103.32	14.50
ไม้	159.20	80.75
โลหะพื้นฐาน	46.62	3.51
สิ่งทอ	75.75	7.12
อโลหะ	184.26	30.71
อาหาร	82.22	13.55
อื่นๆ	253.45	48.04
รวม	106.40	14.54

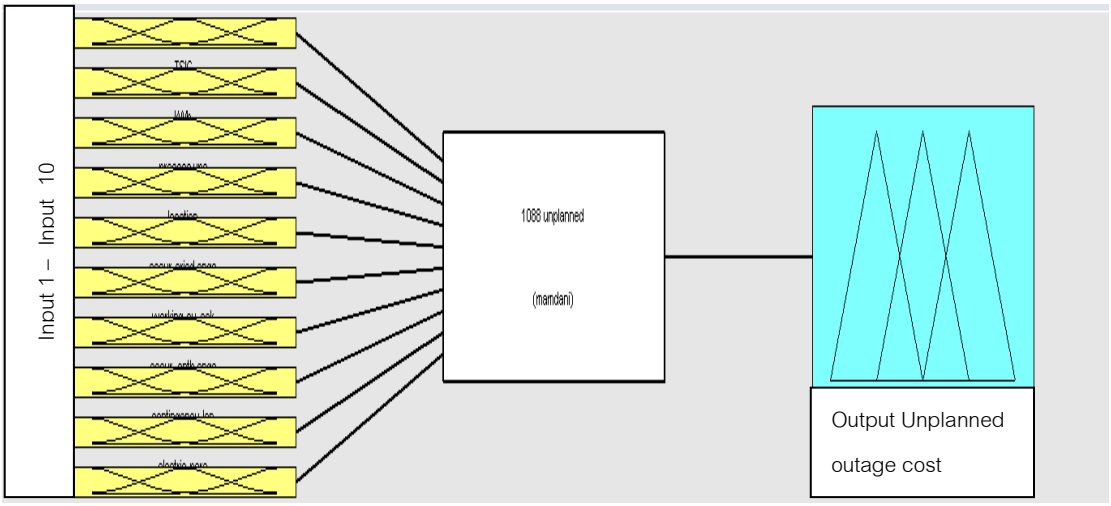
5.4 มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม แยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิก

จากการทดสอบสมมติฐานทั้ง 10 สมมติฐานได้ผลลัพธ์ของทั้ง 10 สมมติฐานมีความสัมพันธ์กับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม แยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผน เมื่อนำมาวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนด้วยวิธีฟัซซี่ ลอจิกทำให้อินพุทของฟัซซี่ ลอจิกมีทั้งหมด 10 อินพุทและต้องดำเนินการหาค่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมออกเป็น 2 แบบคือ การหาค่า 10 อินพุทของฟัซซี่ ลอจิกกับค่าเอาท์พุทของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

แบบไม่มีแผนมาสร้างกฎฟัซซี่ ลอจิกได้ทั้งหมด 985 กฎ และ การหาค่า 10 อินพุทของฟัซซี่ ลอจิกกับค่าเอาท์พุทของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม แยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบมีแผนมาสร้างกฎฟัซซี่ ลอจิกได้ทั้งหมด 975 กฎ ซึ่งมีการกำหนดค่าอินพุทและเอาท์พุทโดยใช้รูปแบบสามเหลี่ยมในการพิจารณาเพื่อให้สอดคล้องกับแบบสำรวจที่มีการกำหนดค่าเป็นช่วงของข้อมูลเพื่อให้ง่ายสำหรับการตอบกลับจากผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม โดยสามารถแบ่งค่าเพื่อนำมาใช้ให้สอดคล้องกับฟัซซี่ ลอจิกในรูปแบบของฟังก์ชั่นสามเหลี่ยม โดยกำหนดให้มี 3 ค่าของแต่ละรูปฟังก์ชั่นอินพุทได้แก่ ค่าต่ำคือค่าฐานด้านซ้ายสุดของสามเหลี่ยม ค่าสูงคือค่าฐานขวาสุดของสามเหลี่ยม และ ค่าเฉลี่ยของช่วงระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ใช้เป็นค่ายอดของสามเหลี่ยม ซึ่งการกำหนดของค่าอินพุทและเอาท์พุทในรูปแบบฟัซซี่ ลอจิกโดยใช้ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกแบบสามเหลี่ยม แสดงตามภาพที่ 5.3 และ ภาพที่ 5.4

ภาพที่ 5.3

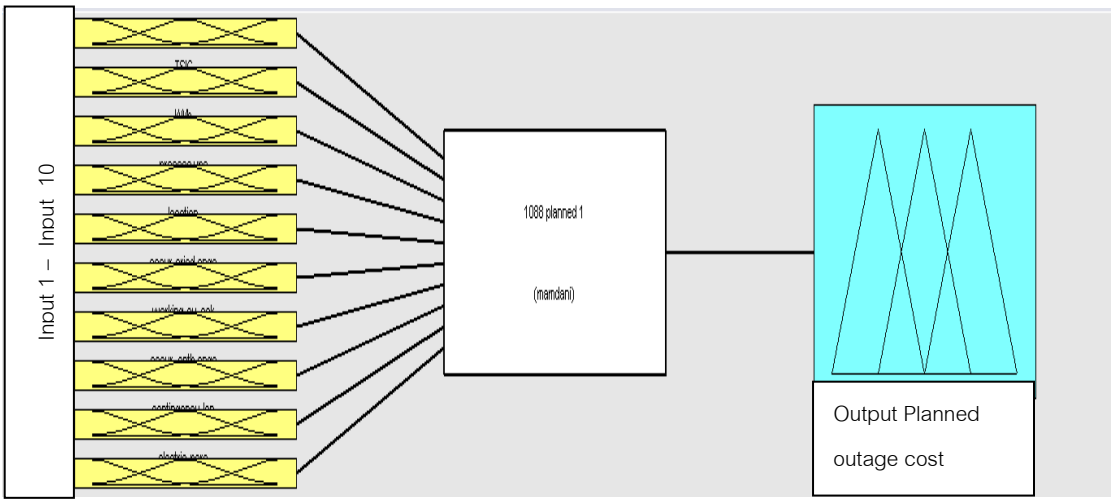
จำนวนอินพุทและเอาท์พุทของการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบไม่มีแผน



ภาพที่ 5.4

จำนวนอินพุทและเอาท์พุทของการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง

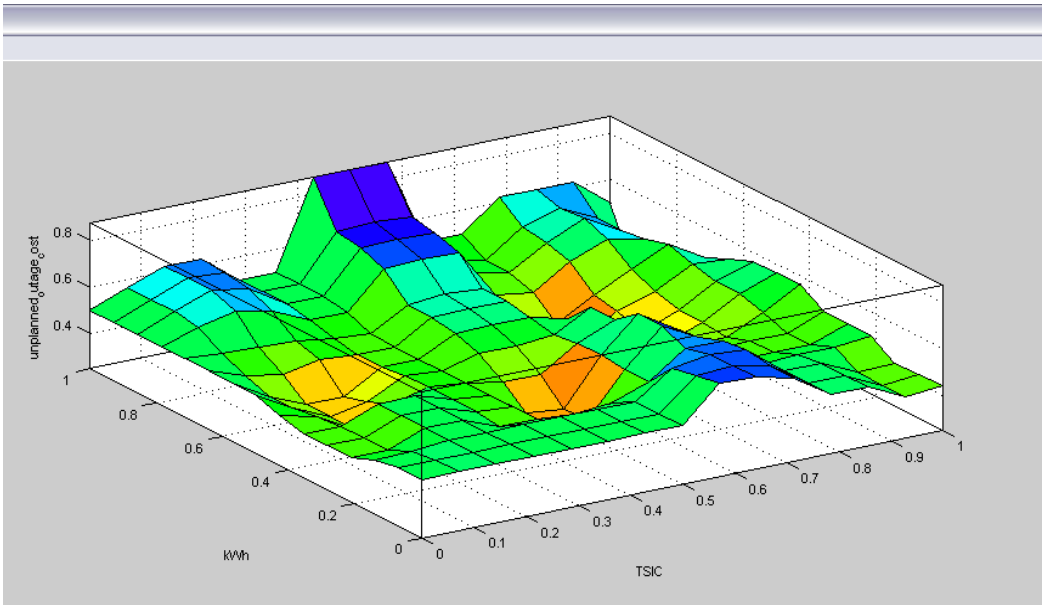
ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบมีแผน



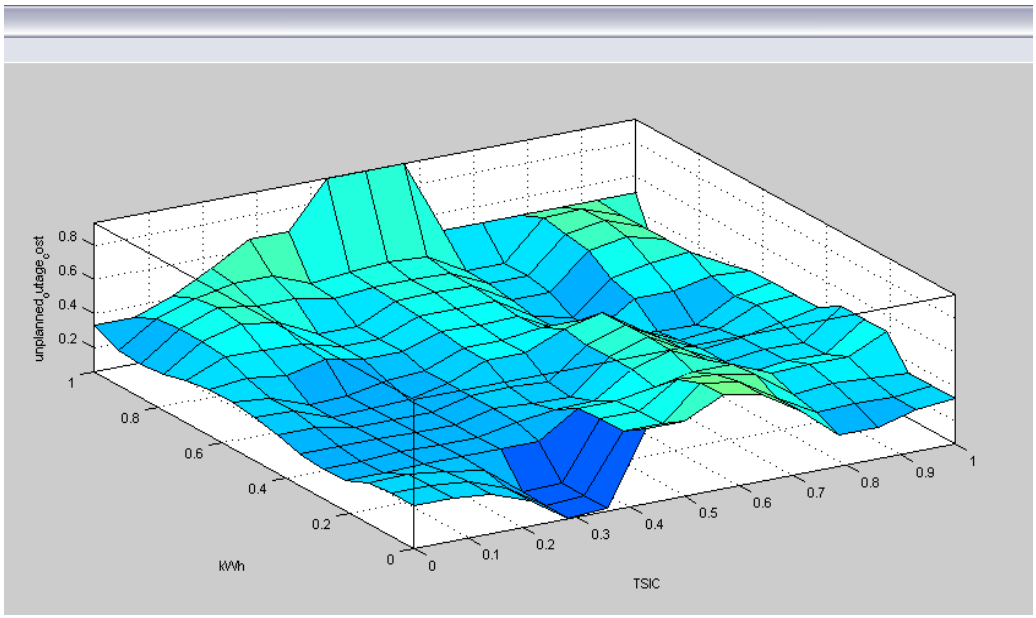
ภาพที่ 5.5

แบบจำลองของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

แยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบไม่มีแผน



ภาพที่ 5.6
แบบจำลองของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
แยกตามประเภทอุตสาหกรรมแบบมีแผน



ภาพที่ 5.5 และ ภาพที่ 5.6 เป็นการแสดงค่าเอาท์พุทที่ได้จากการคำนวณแบบ ฟัซซี่ ลอจิกในรูปแบบของแบบจำลอง 3 มิติ ของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนที่สอดคล้องตามสมมติฐาน 10 สมมติฐาน

การหาค่าของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องทั้งแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยทำการ Defuzzification ค่าที่ได้จากการคำนวณจากวิธีฟัซซี่ ลอจิกที่เป็นค่าตัวเลขที่อยู่ในรูปแบบของฟัซซี่ ลอจิกให้กลับเป็นค่าตัวเลขที่สรุปผลของของมูลค่าความสูญเสีย การหาค่าของมูลค่าความสูญเสียที่ผ่านกระบวนการคำนวณโดยฟัซซี่ออกเป็น 2 แบบคือ แบบที่ 1 มูลค่าความสูญเสียที่ไม่มีการถ่วงน้ำหนักของกฎทั้งหมดของฟัซซี่ ลอจิกที่มีการซ้ำกันใน อินพุทและเอาท์พุท และแบบที่ 2 มูลค่าความสูญเสียที่มีการถ่วงน้ำหนักของกฎทั้งหมดของฟัซซี่ ลอจิกที่มีการซ้ำกันใน อินพุทและเอาท์พุท เพื่อหาความแตกต่างของมูลค่าที่ได้ทั้ง 2 แบบ โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 5.8 ถึงตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.8

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
แยกตามประเภทอุตสาหกรรมจากวิธีฟัซซี่ ลอจิก

ประเภทอุตสาหกรรม	บาทต่อครั้ง(ไม่ถ่วงน้ำหนัก)	บาทต่อครั้ง(ถ่วงน้ำหนัก)
กระดาษ	77,222.22	79,027.78
เคมี	208,913.04	209,000.00
ผลิตภัณฑ์โลหะ	112,891.80	112,849.18
ไม้	85,750.00	85,750.00
โลหะพื้นฐาน	93,333.33	93,333.33
สิ่งทอ	129,809.09	129,809.09
อโลหะ	90,000.00	90,000.00
อาหาร	97,869.32	98,261.36
อื่นๆ	102,916.67	102,916.67
รวม	125,325.56	125,464.50

ตารางที่ 5.9

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
แยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยการคำนวณจากวิธีฟัซซี่ ลอจิก

ประเภทอุตสาหกรรม	บาทต่อครั้ง(ไม่ถ่วงน้ำหนัก)	บาทต่อครั้ง(ถ่วงน้ำหนัก)
กระดาษ	27,016.39	27,016.39
เคมี	39,606.52	39,649.33
ผลิตภัณฑ์โลหะ	35,176.53	35,105.97
ไม้	70,359.50	70,359.50
โลหะพื้นฐาน	35,197.89	35,197.89
สิ่งทอ	32,693.76	32,701.10
อโลหะ	33,024.33	33,024.33
อาหาร	39,089.18	39,083.35
อื่นๆ	41,884.08	41,884.08
รวม	37,000.37	36,985.70

ตารางที่ 5.10

มูลค่าความสูญเสียแบบไม่มีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย(บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย(บาทต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	24,190,000	943,747.87	25.63
เคมี	273,370,000	3,844,710.00	71.10
ผลิตภัณฑ์โลหะ	328,744,000	9,503,272.29	34.59
ไม้	12,625,000	133,008.26	94.92
โลหะพื้นฐาน	37,120,000	2,846,044.53	13.04
สิ่งทอ	121,262,000	2,226,724.64	54.46
อโลหะ	41,825,000	1,304,236.56	32.07
อาหาร	167,860,000	2,717,774.78	61.76
อื่นๆ	41,150,000	648,462.15	63.46
รวม	1,048,146,000	24,167,981.08	43.37

ตารางที่ 5.11

มูลค่าความสูญเสียแบบมีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกแบบไม่ถ่วงน้ำหนัก

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย(บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย(บาทต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	8,673,130	943,747.87	9.19
เคมี	61,275,910	3,844,710.00	15.94
ผลิตภัณฑ์โลหะ	102,320,700	9,503,272.29	10.77
ไม้	6,009,410	133,008.26	45.18
โลหะพื้นฐาน	13,267,760	2,846,044.53	4.66
สิ่งทอ	33,382,130	2,226,724.64	14.99
อโลหะ	15,750,740	1,304,236.56	12.08
อาหาร	67,174,890	2,717,774.78	24.72
อื่นๆ	13,986,770	648,462.15	21.57
รวม	321,841,440	24,167,981.08	13.32

ตารางที่ 5.12

มูลค่าความสูญเสียแบบไม่มีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกแบบถ่วงน้ำหนัก

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย(บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย(บาทต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	24,710,000	943,747.87	26.18
เคมี	273,802,000	3,844,710.00	71.22
ผลิตภัณฑ์โลหะ	328,649,000	9,503,272.29	34.58
ไม้	12,625,000	133,008.26	94.92
โลหะพื้นฐาน	37,120,000	2,846,044.53	13.04
สิ่งทอ	121,262,000	2,226,724.64	54.46
อโลหะ	41,825,000	1,304,236.56	32.07
อาหาร	169,587,000	2,717,774.78	62.40
อื่นๆ	41,150,000	648,462.15	63.46
รวม	1,050,730,000	24,167,981.08	43.48

ตารางที่ 5.13

มูลค่าความสูญเสียแบบมีแผนบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกแบบถ่วงน้ำหนัก

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลรวมของมูลค่าความสูญเสีย(บาทต่อปี)	ผลรวมพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย(บาทต่อปี)	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)
กระดาษ	8,673,130	943,747.87	9.19
เคมี	61,413,850	3,844,710.00	15.97
ผลิตภัณฑ์โลหะ	102,140,220	9,503,272.29	10.75
ไม้	6,009,410	133,008.26	45.18
โลหะพื้นฐาน	13,267,760	2,846,044.53	4.66
สิ่งทอ	33,388,530	2,226,724.64	14.99
อโลหะ	15,750,740	1,304,236.56	12.08
อาหาร	67,154,750	2,717,774.78	24.71
อื่นๆ	13,986,770	648,462.15	21.57
รวม	321,785,160	24,167,981.08	13.31

จากผลการคำนวณเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมโดยวิธีการคำนวณ โดยการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจและวิธีการคำนวณโดยวิธีการใช้ข้อมูลจากแบบสำรวจนำเป็นข้อมูลอินพุทเพื่อหามูลมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกซึ่งพอสรุปได้ดังรายละเอียดตามตารางที่ 5.14 และ ตารางที่ 5.15 แสดงให้เห็นว่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมที่ได้ผ่านการคำนวณจากกระบวนการคิดแบบฟัซซี่ ลอจิกแล้วนั้นระบบจะดำเนินการปรับค่าของมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม ให้สอดคล้องกับกฎที่ใช้ประกอบเป็นอินพุทและเอาท์พุทที่สอดคล้องกับฟัซซี่ ลอจิก แบบ mamdani

ตารางที่ 5.14
เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม
ที่คิดมูลค่าความสูญเสียเป็นแบบ บาทต่อครั้ง

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสีย (บาท/ครั้ง)					
	วิธีหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ		วิธีฟัซซี่ ลอจิก			
			แบบไม่มีแผน		แบบมีแผน	
	แบบไม่มีแผน	แบบมีแผน	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก
กระดาษ	274,722	29,250	77,222.22	79,027.78	27,016.39	27,016.39
เคมี	756,769	92,146	208,913.04	209,000.00	39,606.52	39,649.33
ผลิตภัณฑ์โลหะ	624,813	75,354	112,891.80	112,849.18	35,176.53	35,105.97
ไม้	257,200	113,250	85,750.00	85,750.00	70,359.50	70,359.50
โลหะพื้นฐาน	868,063	131,100	93,333.33	93,333.33	35,197.89	35,197.89
สิ่งทอ	489,178	52,644	129,809.09	129,809.09	32,693.76	32,701.10
อโลหะ	1,197,321	207,836	90,000.00	90,000.00	33,024.33	33,024.33
อาหาร	350,450	67,820	97,869.32	98,261.36	39,089.18	39,083.35
อื่นๆ	729,410	123,610	102,916.67	102,916.67	41,884.08	41,884.08
รวม	614,028	86,484	125,325.56	125,464.50	37,000.37	36,985.70

ตารางที่ 5.15

เปรียบเทียบมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม ที่คิดมูลค่าความสูญเสียเป็นแบบ บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)					
	วิธีหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ		วิธีฟัซซี่ ลอจิก			
			แบบไม่มีแผน		แบบมีแผน	
	แบบไม่มีแผน	แบบมีแผน	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก
กระดาษ	32.38	4.56	25.63	26.18	9.19	9.19
เคมี	158.26	16.82	71.10	71.22	15.94	15.97
ผลิตภัณฑ์โลหะ	103.32	14.50	34.59	34.58	10.77	10.75
ไม้	159.20	80.75	94.92	94.92	45.18	45.18
โลหะพื้นฐาน	46.62	3.51	13.04	13.04	4.66	4.66
สิ่งทอ	75.75	7.12	54.46	54.46	14.99	14.99
อโลหะ	184.26	30.71	32.07	32.07	12.08	12.08
อาหาร	82.22	13.55	61.76	62.40	24.72	24.71
อื่นๆ	253.45	48.04	63.46	63.46	21.57	21.57
รวม	106.40	14.54	43.37	43.48	13.32	13.31

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จำนวนของอุตสาหกรรมแต่ละประเภทที่ได้รับการตอบกลับจากแบบสำรวจเป็นดังนี้ 1.อุตสาหกรรมกระดาษ 3.31% 2.อุตสาหกรรมเคมี 18.29% 3.อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ 31.89% 4.อุตสาหกรรมไม้ 1.84% 5.อุตสาหกรรมโลหะพื้นฐาน 3.68% 6.อุตสาหกรรมสิ่งทอ 10.85% 7.อุตสาหกรรมอโลหะ 6.43% 8.อุตสาหกรรมอาหาร 19.12% 9.อุตสาหกรรมอื่นๆ 4.60%

จากผลการศึกษาวิจัยเพื่อหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมทั้งแบบกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน โดยแยกพิจารณามูลค่าความสูญเสียแบบ บาทต่อครั้งและแบบ บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง จะพบว่ามูลค่าความสูญเสียที่ได้เมื่อนำมาผ่านการคำนวณโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิก มีมูลค่าแตกต่างการหาค่าเฉลี่ยจากข้อมูลจากแบบสำรวจโดยตรง ซึ่งข้อแตกต่างนี้มาจาก การตั้ง ค่าสมมติฐานที่ใช้เป็นข้อมูลสร้างความสัมพันธ์ระหว่างอินพุทซึ่งเป็นตัวแปรต้นมีจำนวนถึง 10 อินพุท ทำให้กฎที่ใช้ในการคำนวณมีจำนวนกฎ 985 (กรณีคำนวณหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม) และมีจำนวนกฎ 975 กฎ(กรณีคำนวณหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม) ซึ่งทำให้การคำนวณจากฟัซซี่ ลอจิกส่งผลให้กับเอาท์พุทที่เป็นตัวแปรตาม(มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม) มีการปรับค่าให้สอดคล้องกับสมมติฐานของจำนวนอินพุทโดยวิธีการของฟัซซี่ ลอจิกรวมทั้งวิธีการประมวลผลฟัซซี่ลอจิก แบบ mamdani โดยใช้ “and” ซึ่งจะมีการปรับค่าของการคำนวณให้ได้ค่าที่น้อยที่สุดเป็นหลัก

การเปรียบเทียบผลจากการคำนวณหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 6.1 และ ตารางที่ 6.2 โดยตารางที่ 6.1 แสดงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีไม่มีแผนและกรณีที่มีแผนโดยวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจและวิธีการคำนวณโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกโดยมี

มูลค่าความสูญเสียเป็นบาทต่อครั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรมเมื่อมีการใช้วิธีคำนวณแบบฟัซซี่ ลอจิกมาหามูลค่าความสูญเสียในกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนจะพบว่ามูลค่านี้จะมีค่าลดลง 79.57 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าความสูญเสียรวมของอุตสาหกรรมทุกประเภทอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทอโลหะซึ่งมีมูลค่าความสูญเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนสูงสุดเมื่อหาโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามซึ่งจะมีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 1,197,321 บาทต่อครั้ง แต่เมื่อมาหาค่าดังกล่าวโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกมูลค่าความสูญเสียจะมีค่าเท่ากับ 90,000 บาทต่อครั้ง ส่วนมูลค่าความสูญ เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนสูงสุดเมื่อหาโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามของอุตสาหกรรมอโลหะเช่นกันที่มีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 207,836 บาทต่อครั้ง เมื่อมาหาค่าดังกล่าวโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกมูลค่าความสูญเสียจะมีค่าเท่ากับ 33,024.33 บาทต่อครั้งซึ่งมีค่าลดลง 92.48 เปอร์เซ็นต์ และ 84.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราส่วนมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนที่คำนวณได้จากวิธีฟัซซี่ ลอจิกจะมีค่าอัตราส่วนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการหาด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยโดยตรงจากแบบสำรวจซึ่งอัตราส่วนมีค่าลดลงจาก 7.10 เท่า เป็น 3.39 เท่าในภาพรวมของอุตสาหกรรมทุกประเภท (มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนจะมีมูลค่าความสูญเสียสูงกว่าแบบมีแผน) ซึ่งอุตสาหกรรมกระดาษจะมีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนที่คำนวณได้ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยโดยตรงจากแบบสำรวจสูงสุดคือ 9.39 เท่า แต่เมื่อหามูลค่าความสูญเสียโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกจะมีค่าอัตราส่วนลดลงเป็น 2.89 เท่า หรือมีค่าอัตราส่วนลดลง 69.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนตารางที่ 6.2 แสดงมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องกรณีไม่มีแผนและกรณีที่มีแผนโดยวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจและวิธีการคำนวณโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกโดยมีมูลค่าความสูญเสียเป็นบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม เมื่อมีการใช้วิธีคำนวณแบบฟัซซี่ ลอจิกมาหามูลค่าความสูญเสียในกรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนจะพบว่ามูลค่านี้จะมีค่าลดลง 59.13 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าความสูญเสียรวมของอุตสาหกรรมทุกประเภทอุตสาหกรรมโดยเฉพาะอุตสาหกรรมประเภทอื่นๆ ซึ่งมีมูลค่าความสูญเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนสูงสุดเมื่อหาโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามซึ่งจะมีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 253.45 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง แต่เมื่อมาหาค่าดังกล่าวโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกมูลค่าความสูญเสียจะมีค่าเท่ากับ 63.46 บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง ส่วนมูลค่าความสูญเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนสูงสุดเมื่อหาโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยจากแบบสอบถามของอุตสาหกรรมไม้ที่มีมูลค่าความสูญเสียเท่ากับ 80.75 บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง แต่เมื่อมาหาค่าดังกล่าวโดยวิธีฟัซซี่

ลอจิกมูลค่าความสูญเสียจะมีค่าเท่ากับ 45.18 บาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง ซึ่งมีค่าลดลง 74.96 เปอร์เซ็นต์และ 44.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราส่วนมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนที่คำนวณได้จากวิธีฟัซซี่ ลอจิกจะมีค่าอัตราส่วนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการหาด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยโดยตรงจากแบบสำรวจซึ่งอัตราส่วนมีค่าลดลงจาก 7.32 เท่า เป็น 3.26 เท่าในภาพรวมของอุตสาหกรรมทุกประเภท (มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนจะมีมูลค่าความสูญเสียสูงกว่าแบบมีแผน) ซึ่งอุตสาหกรรมโลหะพื้นฐานจะมีมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนและแบบมีแผนที่คำนวณได้ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยโดยตรงจากแบบสำรวจสูงสุดคือ 13.28 เท่าแต่เมื่อหามูลค่าความสูญเสียโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิกจะมีค่าอัตราส่วนลดลงเป็น 2.80 เท่าหรือมีค่าอัตราส่วนลดลง 78.92 เปอร์เซ็นต์

โดยมูลค่าความสูญเสียที่ได้จากการคำนวณที่ได้จากฟัซซี่ ลอจิกซึ่งมีค่าที่น่าจะเป็นข้อมูลทางเลือกในการนำประยุกต์ใช้งานโดยมูลค่าความสูญเสียอาจจะมองแยกเป็น 2 ประเด็นหลักมูลค่าความสูญเสียต่อครั้งไฟฟ้าฟ้าดับซึ่งจะไม่ขึ้นว่าระยะเวลาไฟฟ้าจะดับเป็นเวลาเท่าไรกับมูลค่าความสูญเสียที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาว่าไฟฟ้าดับเป็นระยะเวลาเท่าไร ดังนั้นเมื่อเราต้องการที่จะพิจารณานำค่าที่ได้จากฟัซซี่ ลอจิกไปใช้งานน่าจะเหมาะสมกว่าตัวอย่างเช่นถ้ามีโรงงานไฟฟ้าดับ 1 ครั้งเป็นระยะเวลา 10 นาที ก็จะพิจารณามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องบาทต่อครั้งรวมกับมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง โดยหน่วยการใช้ไฟฟ้านี้ก็สามารถหาได้จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนแล้วนำมาหาค่าว่า 10 นาทีใช้ไฟฟ้ากี่หน่วยแล้วคูณกับมูลค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมง ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่านี้จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาไฟฟ้าที่ดับถ้ามีไฟฟ้ามีการดับนานมูลค่าค่าความสูญเสียบาทต่อกิโลวัตต์ -ชั่วโมงนี้ก็จะยิ่งมีค่ามากขึ้นตามระยะเวลาที่ไฟฟ้าดับส่วนมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องบาทต่อครั้งจะเท่าเดิมซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วมูลค่าความสูญเสียที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีฟัซซี่ลอจิกน่าจะสอดคล้องกับความเป็นจริง

ตารางที่ 6.1

สรุปมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อครั้ง)

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อครั้ง)													
	วิธีหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ			วิธีฟัซซี่ ลอจิก										
				แบบไม่มีแผน					แบบมีแผน					
	แบบไม่มีแผน	แบบมีแผน	เปรียบเทียบมูลค่าแบบไม่มีแผนต่อแบบมีแผน	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ค่าเฉลี่ยของถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าวิธีหาค่าเฉลี่ยกับวิธีฟัซซี่ ลอจิก	% แตกต่างระหว่างการคำนวณโดยฟัซซี่ลอจิกถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ค่าเฉลี่ยของถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าวิธีหาค่าเฉลี่ยกับวิธีฟัซซี่ ลอจิก	% แตกต่างระหว่างการคำนวณโดยฟัซซี่ลอจิกถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าแบบไม่มีแผนต่อแบบมีแผนโดยวิธีฟัซซี่ ลอจิก
กระดาษ	274,722	29,250	9.39	77,222.22	79,027.78	78,125.00	3.52	2.338	27,016.39	27,016.39	27,016.39	1.08	0.000	2.89
เคมี	756,769	92,146	8.21	208,913.04	209,000.00	208,956.52	3.62	0.042	39,606.52	39,649.33	39,627.93	2.33	0.108	5.27
ผลิตภัณฑ์โลหะ	624,813	75,354	8.29	112,891.80	112,849.18	112,870.49	5.54	-0.038	35,176.53	35,105.97	35,141.25	2.14	-0.201	3.21
ไม้	257,200	113,250	2.27	85,750.00	85,750.00	85,750.00	3.00	0.000	70,359.50	70,359.50	70,359.50	1.61	0.000	1.22
โลหะพื้นฐาน	868,063	131,100	6.62	93,333.33	93,333.33	93,333.33	9.30	0.000	35,197.89	35,197.89	35,197.89	3.72	0.000	2.65
สิ่งทอ	489,178	52,644	9.29	129,809.09	129,809.09	129,809.09	3.77	0.000	32,693.76	32,701.10	32,697.43	1.61	0.022	3.97
อโลหะ	1,197,321	207,836	5.76	90,000.00	90,000.00	90,000.00	13.30	0.000	33,024.33	33,024.33	33,024.33	6.29	0.000	2.73
อาหาร	350,450	67,820	5.17	97,869.32	98,261.36	98,065.34	3.57	0.401	39,089.18	39,083.35	39,086.27	1.74	-0.015	2.51
อื่นๆ	729,410	123,610	5.90	102,916.67	102,916.67	102,916.67	7.09	0.000	41,884.08	41,884.08	41,884.08	2.95	0.000	2.46
รวม	614,028	86,484	7.10	125,325.56	125,464.50	125,395.03	4.90	0.111	37,000.37	36,985.70	36,993.04	2.34	-0.040	3.39

ตารางที่ 6.2

สรุปมูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสีย (บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง)													
	วิธีหาค่าเฉลี่ยจากแบบสำรวจ			วิธีฟัชชี่ ลอจิก										
				แบบไม่มีแผน					แบบมีแผน					
	แบบไม่มีแผน	แบบมีแผน	เปรียบเทียบมูลค่าแบบไม่มีแผนต่อแบบมีแผน	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ค่าเฉลี่ยของถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าวิธีหาค่าเฉลี่ยกับวิธีฟัชชี่ ลอจิก	% แตกต่างระหว่างการคำนวณโดยฟัชชี่ลอจิกถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	ไม่ถ่วงน้ำหนัก	ถ่วงน้ำหนัก	ค่าเฉลี่ยของถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าวิธีหาค่าเฉลี่ยกับวิธีฟัชชี่ ลอจิก	% แตกต่างระหว่างการคำนวณโดยฟัชชี่ลอจิกถ่วงน้ำหนักและไม่ถ่วงน้ำหนัก	เปรียบเทียบมูลค่าแบบไม่มีแผนต่อแบบมีแผนโดยวิธีฟัชชี่ลอจิก
กระดาษ	32.38	4.56	7.10	25.63	26.18	25.91	1.25	2.150	9.19	9.19	9.19	0.50	0.000	2.82
เคมี	158.26	16.82	9.41	71.10	71.22	71.16	2.22	0.158	15.94	15.97	15.96	1.05	0.225	4.46
ผลิตภัณฑ์โลหะ	103.32	14.50	7.12	34.59	34.58	34.59	2.99	-0.029	10.77	10.75	10.76	1.35	-0.176	3.22
ไม้	159.20	80.75	1.97	94.92	94.92	94.92	1.68	0.000	45.18	45.18	45.18	1.79	0.000	2.10
โลหะพื้นฐาน	46.62	3.51	13.28	13.04	13.04	13.04	3.57	0.000	4.66	4.66	4.66	0.75	0.000	2.80
สิ่งทอ	75.75	7.12	10.64	54.46	54.46	54.46	1.39	0.000	14.99	14.99	14.99	0.47	0.019	3.63
อโลหะ	184.26	30.71	6.00	32.07	32.07	32.07	5.75	0.000	12.08	12.08	12.08	2.54	0.000	2.66
อาหาร	82.22	13.55	6.07	61.76	62.40	62.08	1.32	1.029	24.72	24.71	24.71	0.55	-0.030	2.51
อื่นๆ	253.45	48.04	5.28	63.46	63.46	63.46	3.99	0.000	21.57	21.57	21.57	2.23	0.000	2.94
รวม	106.40	14.54	7.32	43.37	43.48	43.42	2.45	0.247	13.32	13.31	13.32	1.09	-0.017	3.26

6.2 ข้อเสนอแนะในศึกษาวิจัย

การดำเนินการศึกษาวิจัยเพื่อหาค่ามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเป็นเพียงการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจปริมาณหนึ่งเพื่อใช้มาเป็นตัวแทนในภาพรวมของผู้ใช้ไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมทั้งหมดซึ่งการนำค่าที่ได้ไปใช้ในงานจริงอาจจะต้องมีการตรวจสอบกับข้อมูลจริงที่เปลี่ยนไปของบางโรงงานอาจมีการเก็บค่านี้ไว้เพื่อให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

ส่วนวิธีการหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งในกลุ่มอุตสาหกรรมและไม่ใช่กลุ่มอุตสาหกรรมยังไม่มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละประเทศซึ่งถ้าบางประเทศมีการเก็บข้อมูลนี้จากภาคผู้ใช้ไฟฟ้าเองหรือจากผู้ขายไฟฟ้าก็น่าจะทำให้ข้อมูลในส่วนนี้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ดีข้อมูลนี้จะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นเป็นองค์ประกอบสำคัญด้วย โดยการเกิดไฟฟ้าขัดข้องนั้นย่อมเกิดขึ้นได้ทุกเวลาอาจขึ้นกับสภาพแวดล้อมเป็นซึ่งในตอนที่เกิดปัญหานั้นก็ขึ้นอยู่ที่ว่าไปตรงกับช่วงที่โรงงานมีลักษณะการผลิตสินค้าปริมาณเท่าใด ใช้สายงานการผลิตเต็มกำลังหรือไม่ รวมทั้งผลิตสินค้าชนิดใดอยู่รุ่นใดอยู่หรือเป็นช่วงที่ทางโรงงานหยุดผลิตเพื่อบำรุงรักษาเครื่องจักรพอดีซึ่งมูลค่าความสูญเสียนี้ก็จะแตกต่างกันไปถ้าต้องการให้มีค่าที่แม่นยำ จำเป็นที่โรงงานที่เป็นผู้ได้รับผลกระทบนั้นจะต้องบันทึกข้อมูลในส่วนนี้ให้ตรงตามข้อเท็จจริงก็จะทำให้ได้ข้อมูลที่ดี ซึ่งในส่วนนี้ผู้ขายไฟฟ้าควรจะมีการดำเนินการเพื่อขอความร่วมมือในส่วนนี้เพราะว่ามูลค่าความสูญเสียอาจมีค่าที่แตกต่างกันเมื่อระยะเวลาผ่านไป เพราะเทคโนโลยีอาจมีผลที่ทำให้มูลค่าความสูญเสียนี้เปลี่ยนแปลงประกอบกับการแข่งขันในตลาดก็ย่อมมีผลกระทบในปัจจัยการสูญเสียรายได้และส่วนแบ่งด้านการตลาดด้วย ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ไม่ได้รวมในส่วนนี้ ปัจจุบันเทคโนโลยีที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลนั้นมีประสิทธิภาพมากกว่าสมัยก่อนไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการวัดคุณลักษณะทางไฟฟ้าหรือแม้แต่เครื่องมือที่ใช้ในการวัดข้อมูลในกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมซึ่งถ้ามีการวางระบบในส่วนนี้ ให้มีการจัดเก็บค่าทางไฟฟ้ารวมทั้งค่าทางด้านการผลิตก็จะเป็นผลดีที่จะทำให้แก้ไขปัญหาเพื่อลดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องได้เพราะในด้านของผู้ขายไฟฟ้านั้นการปรับปรุงระบบไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความพึงพอใจแก่กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มใดถือว่าเป็นภารกิจหลักที่จะต้องดำเนินการ ซึ่งถ้าต่อไปมีมูลค่าความสูญเสียของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทผู้ขายไฟฟ้าก็จะสามารถวิเคราะห์ด้านการลงทุนเพื่อให้สอดคล้องกับแต่ละกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเช่นถ้าเป็นกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นลักษณะที่อยู่อาศัยอาจมุ่งเน้นการจ่ายไฟกลับคืนให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รวดเร็วส่วนกลุ่มพานิชกรรมก็เน้น

ด้านการบำรุงรักษาก่อนเกิดปัญหาเป็นหลักและกลุ่มอุตสาหกรรมอาจมุ่งเน้นให้มีการตั้งบริเวณที่เป็นโซนอุตสาหกรรมให้มากขึ้นเพื่อที่จะได้มีการจ่ายไฟฟ้าให้มั่นคงเฉพาะที่โดยให้มีผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมไปรับไฟฟ้าในส่วนที่มีความเชื่อถือได้สูงซึ่งปัจจุบันกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าโซนอุตสาหกรรมก็มีความเชื่อถือได้อยู่ในระดับที่ดีเมื่อเทียบกับผู้ใช้ไฟฟ้ากลุ่มอื่นๆ

ตัวอย่างการนำข้อมูลมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนระบบไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้นสามารถนำไปใช้งานได้จริงซึ่งจะทำให้การลงทุนอยู่ในจุดที่เหมาะสมกับงบประมาณที่มีอยู่ของการไฟฟ้า

ตัวอย่าง การคำนวณการลงทุนในการปรับปรุงความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าให้ดีขึ้นโดยการพิจารณาความสัมพันธ์กับการลงทุนและมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม โดยมีการกำหนดข้อมูลตั้งต้นที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

ไลน์เมน มีค่าอัตราความเสียหาย = 0.10 ครั้ง/วงจร-ก.ม./ปี และค่าเฉลี่ย 3.0 ช.ม. ในการจ่ายไฟกลับคืน

ไลน์แยก มีค่าอัตราความเสียหาย = 0.25 ครั้ง/วงจร-ก.ม./ปี และค่าเฉลี่ย 1.0 ช.ม. ในการจ่ายไฟกลับคืน

ค่าเฉลี่ยในการปลดสับสวิตช์= 0.5 ช.ม. และมีข้อมูลแต่ละจุดดังนี้

จุด A มีหม้อแปลงติดตั้ง 750 KVA

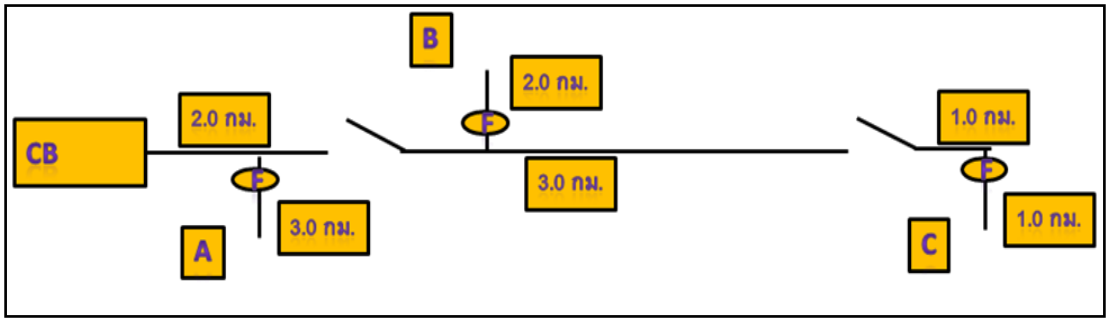
จุด B มีหม้อแปลงติดตั้ง 500 KVA

จุด C มีหม้อแปลงติดตั้ง 250 KVA

ซึ่งทางการไฟฟ้าพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าออกเป็น 3 รูปแบบดังภาพที่ 6.1-6.3

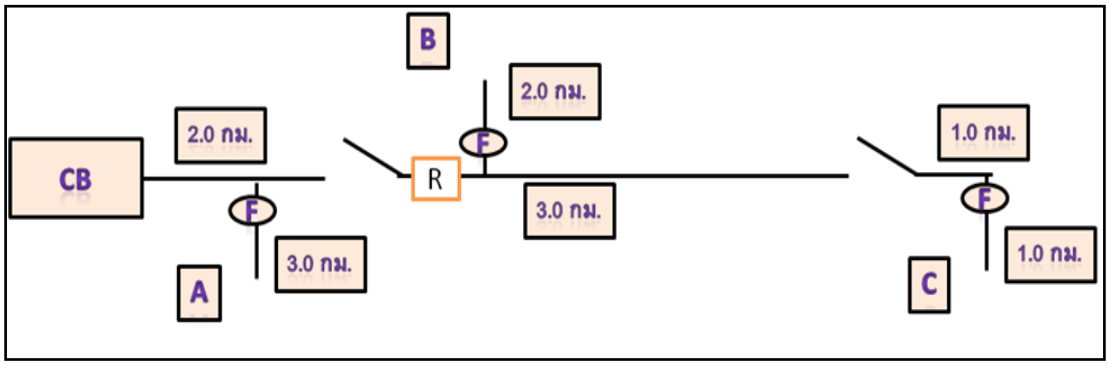
ภาพที่ 6.1

การจ่ายไฟรูปแบบที่ 1



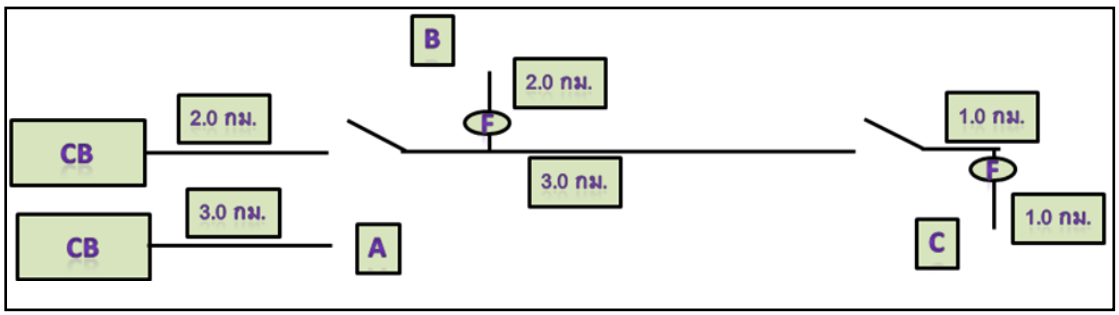
ภาพที่ 6.2

การจ่ายไฟรูปแบบที่ 2



ภาพที่ 6.3

การจ่ายไฟรูปแบบที่ 3



เมื่อทำการคำนวณเพื่อหาค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าจากข้อมูลตั้งต้นกับลักษณะรูปแบบการจ่ายไฟฟ้าจะได้ค่าดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3

ค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าตามรูปแบบการจ่ายไฟแต่ละแบบ

รูปแบบการจ่ายไฟ	SAIFI	SAIDI
รูปที่1. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 1 ชุด ฟิวส์ 3 ชุด	1.230	1.740
รูปที่2. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 1 ชุด รีโคลสเซอร์ 1 ชุด ฟิวส์ 3 ชุด	0.875	1.375
รูปที่3. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 2 ชุด ฟิวส์ 2 ชุด	0.850	1.237

ตารางที่ 6.3 แสดงค่าดัชนีความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ ได้แก่ ค่า SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) คือค่าเฉลี่ยครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 ราย มีหน่วยเป็น ครั้งต่อราย และค่า SAIDI (System Average Interruption Duration Index) คือค่าเฉลี่ยระยะเวลาไฟฟ้าดับต่อครั้งที่เกิดไฟฟ้าดับต่อผู้ใช้ไฟฟ้า 1 รายมีหน่วยเป็น ชั่วโมงต่อราย ที่ได้จากการคำนวณตามลักษณะการจ่ายไฟฟ้าทั้ง 3 รูปแบบ ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบการจ่ายไฟฟ้าตามรูปที่ 3 จะมีค่าความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าทั้งค่า SAIFI และ SAIDI ดีที่สุด แต่เมื่อมีการพิจารณาเงินลงทุนในการก่อสร้างระบบไฟฟ้าและมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยกำหนดค่าตั้งต้นของการลงทุนในการก่อสร้างระบบไฟฟ้าทั้ง 3 แบบและมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเมื่อมีการจ่ายไฟฟ้าตามการก่อสร้างทั้ง 3 แบบตามข้อมูลดังต่อไปนี้

ที่จุด A เป็นโรงงานประเภท Cement Factory (750 KVA)

ที่จุด B เป็นโรงงานประเภท Packaging Factory (500 KVA)

ที่จุด C เป็นโรงงานประเภท Cyanide plant (250 KVA)

โดยให้มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 80 % ของหม้อแปลงและ

ที่จุด A มีอัตราการเสียหาย 8 $ / KW

ที่จุด B มีอัตราการเสียหาย 44 $ / KW

ที่จุด C มีอัตราการเสียหาย 87 $ / KW

และเมื่อคิดอัตราการสูญเสียคิดเป็นชั่วโมง

ที่จุด A = 750 KVA X 0.8 = 600 KW X 8 = 4,800 $ /Hr

ที่จุด B = 500 KVA X 0.8 = 400 KW X 44 = 17,600 $ / Hr

ที่จุด C = 250 KVA X 0.8 = 200 KW X 87 = 17,400 $ / Hr

โดยการไฟฟ้ามีการลงทุนในระบบตามการจ่ายไฟฟ้าตามรูปที่ 1, รูปที่ 2 และรูปที่ 3 ดังนี้ 90,000$, 92,000$ และ 98,000$ ตามลำดับ

เมื่อนำค่าตั้งต้นที่ได้นำไปคำนวณหามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม,การลงทุนและมูลค่ารวมรวมตามลักษณะการจ่ายไฟฟ้าซึ่งแสดงดังตารางที่ 6.4 เมื่อนำมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากับการลงทุนก่อสร้างระบบไฟฟ้าและมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมจะตามรูปได้ภาพที่ 6.4 และการจ่ายไฟในแบบที่ 2 จะเป็นจุดต่ำสุด (Optimal Point)

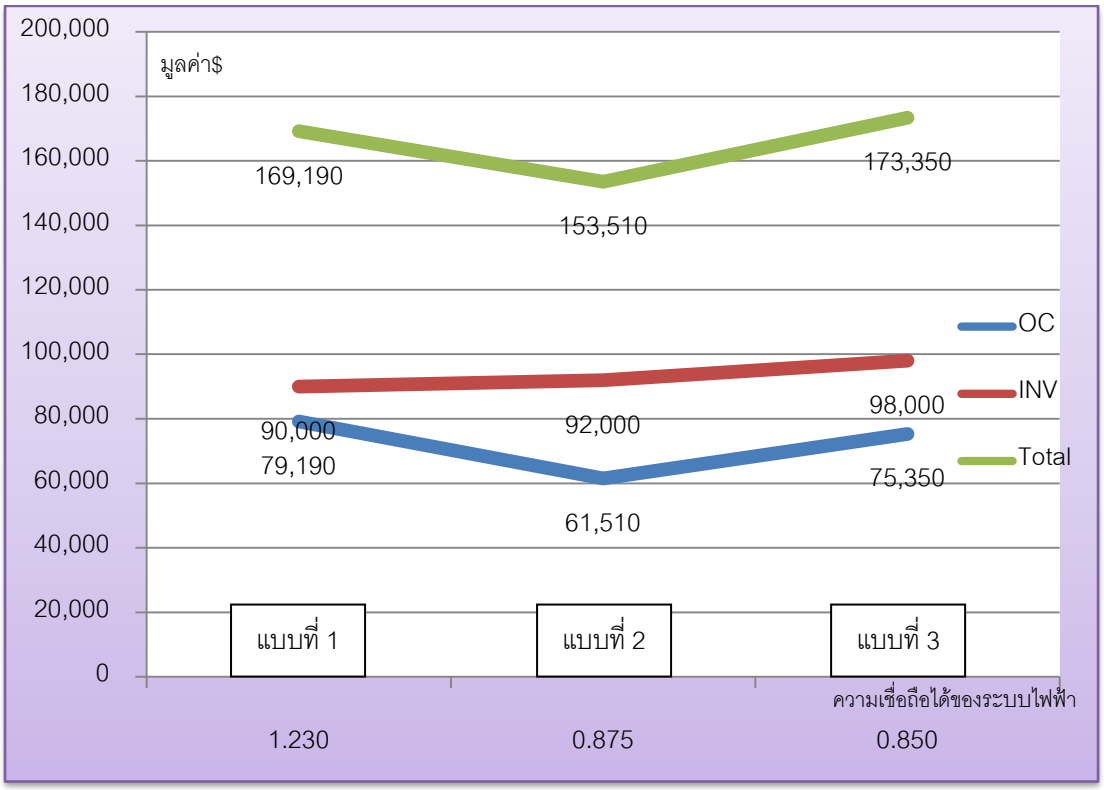
ตารางที่ 6.4

มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม, การลงทุนและมูลค่ารวม ตามตัวอย่างการจ่ายไฟฟ้า 3 แบบ

รูปแบบการจ่ายไฟ	ความสูญเสียรวมที่จุด A	ความสูญเสียรวมที่จุด B	ความสูญเสียรวมที่จุด C	เงินลงทุน	มูลค่ารวม
รูปที่1. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 1 ชุด ฟิวส์ 3 ชุด	7,440$	36,080$	35,670$	90,000$	169,190$
รูปที่2. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 1 ชุด รีโคลสเซอร์ 1 ชุด ฟิวส์ 3 ชุด	6,480$	19,360$	35,670$	92,000$	153,510$
รูปที่3. เซอร์กิตเบรคเกอร์ 2 ชุด ฟิวส์ 2 ชุด	3,600$	36,080$	35,670$	98,000$	173,350$

ภาพที่ 6.4

ความความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้ากับการลงทุนก่อสร้างระบบไฟฟ้า



รายการอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

ภานุวัฒน์ เทียนศรี. (2552) มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟัซซี่ , วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต , มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ , คณะวิศวกรรมศาสตร์ ,สาขาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม.

งานวิจัยทางวิชาการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สถาบันวิจัยพลังงาน (ธันวาคม 2544). การศึกษาประเมินอัตราความเสียหายทาง เศรษฐกิจเนื่องจากไฟฟ้าดับจำแนกตามพื้นที่จ่ายไฟฟ้าตามเขตต่าง ๆ ทั่วประเทศ สืบค้นเมื่อ 4 กรกฎาคม 2552, จาก http://www.eppo.go.th/power/index.html

บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารทางวิชาการ

รสวรรณ บุพศิริ (2004). การวางอุปกรณ์ที่เหมาะสมที่สุดในระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความสูญเสียเมื่อเกิดไฟดับ ราคาตลอดอายุการใช้งานและดัชนีความเชื่อถือได้ วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. ปี (2006) ฉบับที่ 3: (pp. 299-320).

Pablo, S. and Gabriel, F. (1997). Outage cost in Chilean industry. Energy Economics 19(4): (pp. 417-434).

Ashok, S. (1995). Reliability evaluation of generation-resource plan using customer-outage costs in India. Energy 21(9): (pp. 795-803).

Priyantha, D. C. W. and Jayalath, M.S. (2004). Assessment of economic impact of electricity supply interruptions in the Sri Lanka industrial sector. Energy Conversion and Management 45(2): (pp. 235-247).

Priyantha, D. C. W. and Jayalath, M.S. (2003). Economic impact of electricity supply interruptions on the industrial sector of Bangladesh. Energy for Sustainable Development 7(3): (pp. 5-12).

Thomas, H. (2002). Economic costs of electrical system instability and power outages cause by snakes on the Island of Guam. International Biodeterioration & Biodegradation 49(2-3): (pp. 93-100).

Sanghvi, A.P. (1991). Power shortages in developing countries: Impacts and policy implications. Energy Policy, 19(5): (pp. 425-440).

Mok, Y. L and Chung, T. S. (1996). Application of customer-interruption costs for optimum distribution planning. Energy, 21(3): (pp. 157-164).

Billinton, R. and Wandee, D. (2005). Approximate methods for event-based customer interruption cost evaluation. IEEE Transaction on power system, 20(2): (pp.1103-1110).

Kariuki, K. K and Allan, R. N. (1996). Factors affecting customer outage costs due to electric service interruptions. In Proceeding of IEE Generation, Transmission and Distribution, 143(6): (pp. 521-528).

Kariuki, K. K and Allan, R. N. (1996). Evaluation of reliability worth and value of lost load. In Proceeding of IEE Generation, Transmission and Distribution, 143(2): (pp.171-180).

Ghajar, R. and Billinton, R. (2006). "Economic costs of power interruptions: a consistent model and methodology" International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2006 28(1): (pp. 29-35).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างแบบสอบถามมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง ของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

แบบสำรวจเพื่อหามูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

สำหรับอุตสาหกรรม

ภายใต้

โครงการวิจัยเพื่อหามูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

คำชี้แจง

1. แบบสำรวจนี้จัดทำขึ้นเพื่อให้เจ้าหน้าที่ระดับผู้บริหารขององค์กรหรือผู้ได้รับมอบหมายกรอกรายละเอียดทางด้านข้อมูลการผลิตและข้อมูลผลกระทบจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องโดยแบ่งรายละเอียดของคำถามออกเป็นส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปขององค์กร

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการผลิตและระบบจ่ายไฟฟ้า

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

2. โปรดอ่านคู่มือสำหรับการกรอกแบบสำรวจก่อนลงมือกรอกแบบสำรวจทั้งนี้โปรดตอบตามความเป็นจริงและกรุณาตอบทุกคำถาม

3. คำตอบของท่าน ผู้ดำเนินการศึกษาถือเป็นความลับ โดยจะนำไปใช้เฉพาะในการศึกษานี้เท่านั้น และจะไม่มีการเปิดเผยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ชื่อผู้กรอกแบบสำรวจ.....ตำแหน่ง.....

E-mail .....เบอร์โทรศัพท์ที่ติดต่อได้ .....

วันที่..... ....

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปขององค์กร

1. ที่ตั้งขององค์กร

☐ ตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรม/สวนอุตสาหกรรม (โปรดระบุชื่อ) .....

☐ ตั้งอยู่นอกนิคมอุตสาหกรรม โดยมีระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าย่อยประมาณ .....

ชื่อองค์กร.....TSIC-ID.....

ที่ตั้ง/เลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....ถนน.....

ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด.....

รหัสไปรษณีย์.....โทรศัพท์.....โทรสาร.....

ขนาดหม้อแปลงรวม.....ระดับแรงดันไฟฟ้า.....

2. ประเภทของอุตสาหกรรม

☐ อาหารเครื่องดื่มและยาสูบ ☐ สิ่งทอ ☐ ไม้

กระดา☐ ☐ เคมี ☐ อโลหะ

โลหะมู☐ฐาน ☐ ผลิตภัณฑ์โลหะ ☐ อื่นๆ

3.ขนาดอุตสาหกรรม

3.1 ปี พ.ศ.ที่จดทะเบียนก่อตั้ง.....

3.2 ทุนจดทะเบียน.....ล้านบาท

3.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย.....บาทต่อเดือน

3.4 องค์กรของท่านเป็นผู้ผลิตไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าเป็นผู้ผลิตไฟฟ้า โปรดระบุประเภทและปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย

☐ ไม่ได้เป็นผู้ผลิตไฟฟ้า ☐ SPP ☐ VSPP

ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย .....กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการผลิตและระบบจ่ายไฟฟ้า

4. กระบวนการผลิต

4.1 ลักษณะกระบวนการผลิต ☐ ต่อเนื่อง ☐ ไม่ต่อเนื่อง

4.2 ผังกระบวนการผลิต หรือ แนบสำเนาผังกระบวนการผลิตในแบบ บพร.2

4.3 ท่านคิดว่ามูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องขึ้นอยู่กับการเลือกใช้กระบวนการผลิตหรือไม่

ใช่ (โปรดให้รายละเอียดในข้อ 4.4) ☐ ไม่ใช่

4.4 กระบวนการผลิตย่อยใดที่ส่งผลกระทบต่อมูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด 3 ลำดับแรก (โปรดระบุ)

ลำดับที่ 1 .....

ลำดับที่ 2.....

ลำดับที่ 3.....

5. ประเภทและปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิต หรือ แนบสำเนาแบบ บพร.1

ผลิตภัณฑ์	หน่วยนับผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อปี	มูลค่า (บาทต่อปี)

6. ประเภทและปริมาณวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิต หรือ แนบสำเนาแบบ บพร.1

วัตถุดิบ	หน่วยนับวัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ต่อปี	มูลค่า (บาทต่อปี)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

7. ช่วงเวลาการทำงาน

7.1 ช่วงเวลาทำงานของการผลิต

.....ชั่วโมง/วัน โปรดระบุช่วงเวลาการผลิต .....น.

7.2 จำนวนวันทำงานต่อสัปดาห์ของฝ่ายผลิต

☐ 5 วัน/สัปดาห์ ☐ 6 วัน/สัปดาห์ ☐ 7 วัน/สัปดาห์ ☐ อื่นๆโปรดระบุ

7.3 ท่านคิดว่ามูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องขึ้นอยู่กับช่วงเวลา (ภายใน 24 ชั่วโมง)ที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องหรือไม่

☐ ใช่ (โปรดให้รายละเอียดในข้อ 7.4) ☐ ไม่ใช่

7.4 ท่านคิดว่าช่วงเวลาใดในหนึ่งวันที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องที่ส่งผลกระทบต่อมูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด 2 ลำดับแรก (โปรดระบุ)

ลำดับที่ 1 .....น. - .....น.

ลำดับที่ 2 .....น. - .....น.

8. ระบบจ่ายไฟฟ้าหลักที่ใช้ในองค์กรของท่าน มีอายุเฉลี่ยประมาณกี่ปี

☐ น้อยกว่า 3 ปี ☐ 3 – 7 ปี

☐ 7 – 10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปี

9. ความถี่ในการตรวจสอบและซ่อมบำรุงระบบจ่ายไฟฟ้าหลัก

☐ 1 ครั้ง/ปี ☐ 2 ครั้ง/ปี

☐ 3 ครั้ง/ปี ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

10. ท่านคิดว่าองค์ประกอบต่อไปนี้มีผลกระทบต่อองค์กรของท่านเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากน้อยเพียงใด โปรดระบุผลกระทบมากน้อยด้วยการให้คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ (ทั้งนี้ถ้าองค์ประกอบใดไม่มีผลกระทบ ให้ระบุคะแนนเป็น 0 คะแนน)

องค์ประกอบ	กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่ได้แจ้งล่วงหน้า (คะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน)	กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบแจ้งล่วงหน้า 7 วัน(คะแนนรวมทั้งหมด 100 คะแนน)
ค่าจ้างพนักงานหรือค่าล่วงเวลา		
วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่เสียหาย		
เครื่องจักรและอุปกรณ์เสียหายหรือพนักงานได้รับอันตราย		
ค่าใช้จ่ายในการเริ่มกระบวนการผลิตใหม่		
ค่าพลังงานที่สูญเสียขณะไฟฟ้าขัดข้อง		
ค่าปรับกรณีส่งสินค้าไม่ทันกำหนด		
กำไรที่สูญเสีย		
อื่นๆ		

รวม

ส่วนที่ 3 ข้อมูลความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

11.องค์กรของท่านประสบปัญหาเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง ภายในระยะเวลาหนึ่งปีที่ผ่านมาหรือไม่

☐ ไม่มีเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (ข้ามไปตอบข้อ 14)

☐ มีเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง จำนวน ..... ครั้ง

ถ้าไม่สามารถระบุจำนวนครั้งที่แน่นอนได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ 1 - 3 ครั้ง ☐ 4 - 6 ครั้ง ☐ 7 - 9 ครั้ง

☐ 10 - 12 ครั้ง ☐ 13 - 15 ครั้ง ☐ มากกว่า 15 ครั้ง

12. ในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา เดือนใดที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด โปรดระบุเดือน และจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

โปรดระบุเดือน .....

ถ้าไม่สามารถระบุเดือนที่แน่นอนได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ มีนาคม – มิถุนายน ☐ กรกฎาคม – ตุลาคม ☐ พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์

โปรดระบุจำนวนครั้งที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง.....

ถ้าไม่สามารถระบุจำนวนครั้งที่แน่นอนได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ 1 ครั้ง ☐ 2 ครั้ง ☐ 3 ครั้ง ☐ 4 ครั้ง ☐ มากกว่า 4 ครั้ง

13. ในช่วงหนึ่งปีที่ผ่านมา ช่วงเวลาใด (ภายใน 24 ชั่วโมง) ที่เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องมากที่สุด

โปรดระบุช่วงเวลา .....

ถ้าไม่สามารถระบุช่วงเวลาที่แน่นอนได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ 00:00 – 03:00 ☐ 03:00 – 06:00 ☐ 06:00 – 09:00 ☐ 09:00 – 12:00

☐ 12:00 – 15:00 ☐ 15:00 – 18:00 ☐ 18:00 – 21:00 ☐ 21:00 – 24:00

14. ระยะเวลาของเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง

โปรดระบุระยะเวลา.....30 นาทีเป็นอย่างน้อย.....

ถ้าไม่สามารถระบุระยะเวลาที่แน่นอนได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ 1 – 3 นาที ☐ 4 – 6 นาที ☐ 7 – 9 นาที ☐ 10 – 12 นาที

☐ 13 – 15 นาที ☐ 16 – 30 นาที ☐ 30 นาที – 1 ชั่วโมง ☐ มากกว่า 1 ชั่วโมง

15. ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์หลังจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องถูกแก้ไข

☐ น้อยกว่า 15 นาที ☐ 15 – 30 นาที ☐ 30 – 45 นาที

☐ 45 นาที - 1 ชั่วโมง ☐ 1 - 3 ชั่วโมง ☐ 3 - 6 ชั่วโมง

☐ 6 - 12 ชั่วโมง ☐ 12 - 24 ชั่วโมง ☐ มากกว่า 1 วัน

16. มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง

16.1 กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่ได้แจ้งล่วงหน้า มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง

โปรดระบุมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยต่อครั้ง .....

ถ้าไม่สามารถระบุมูลค่าความเสียหายได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท ☐ 10,000 – 30,000 บาท

☐ 30,000 – 50,000 บาท ☐ 50,000 – 100,000 บาท ☐ 100,000 – 500,000 บาท

☐ 500,000 – 1,000,000 บาท ☐ 1,000,000 – 5,000,000 บาท ☐ 5,000,000 -10,000,000 บาท

☐ มากกว่า 10,000,000 บาท

16.2 กรณีไฟฟ้าขัดข้องแบบแจ้งล่วงหน้า 7 วัน มูลค่าความเสียหายจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเฉลี่ยต่อครั้ง

โปรดระบุมูลค่าความเสียหายเฉลี่ยต่อครั้ง .....

ถ้าไม่สามารถระบุมูลค่าความเสียหายได้ โปรดเลือกจากข้อมูลที่กำหนดให้ด้านล่าง

☐ ไม่มีมูลค่าความเสียหาย ☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000 – 10,000 บาท

☐ 10,000 – 30,000 บาท ☐ 30,000 – 50,000 บาท ☐ 50,000 – 100,000 บาท

☐ 100,000 – 500,000 บาท ☐ 500,000 – 1,000,000 บาท ☐ มากกว่า 1,000,000 บาท

17. องค์กรของท่านมีแผนรับมืออย่างไรเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง

- ☐ ไม่มีแผนรับมือ
- ☐ มีขั้นตอนหรือแผนการปฏิบัติที่ชัดเจนเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง (เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก)
- ☐ มีบุคลากรที่รับผิดชอบเมื่อเกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้อง
- ☐ แจ้งเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องต่อเจ้าหน้าที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

18. องค์กรของท่านมีระบบไฟฟ้าสำรองหรือไม่

- ☐ ไม่มี (ข้ามไปตอบข้อ 22)
- ☐ มี โปรดระบุชนิดของระบบไฟฟ้าสำรอง.....

19. ระบบไฟฟ้าสำรองที่องค์กรของท่านมี มีไว้เพื่อวัตถุประสงค์ใด

- ☐ สำรองสำหรับระบบการผลิต
- ☐ สำรองไว้จ่ายให้กับระบบสำคัญ (เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก)
- ☐ ระบบปรับอากาศ ☐ ระบบคอมพิวเตอร์เครือข่าย ☐ ระบบสื่อสาร
- ☐ ระบบแสงสว่าง ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

20. ระบบไฟฟ้าสำรองที่องค์กรของท่านมี คิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของความต้องการไฟฟ้าทั้งหมด

- ☐ น้อยกว่า 5 % ☐ 5 - 10% ☐ 11 - 20%
- ☐ 21 – 30 % ☐ มากกว่า 30%

21. ระบบไฟฟ้าสำรองที่องค์กรของท่านมี สามารถผลิตไฟฟ้าสำรองได้นานเท่าใด

- ☐ น้อยกว่า 1 ชั่วโมง ☐ 1 – 3 ชั่วโมง ☐ 3 – 6 ชั่วโมง
- ☐ 6 – 12 ชั่วโมง ☐ 12 – 24 ชั่วโมง ☐ มากกว่า 1 วัน

22. องค์กรของท่านมีนโยบายที่จะติดตั้งระบบไฟฟ้าสำรองหรือไม่ (สำหรับผู้ตอบข้อ 18. ว่าไม่มี)

- ☐ มีนโยบายที่จะติดตั้ง โปรดระบุระยะเวลาที่จะติดตั้ง.....
- ☐ ไม่มีนโยบายที่จะติดตั้ง เพราะ (เลือกได้มากกว่า 1 ตัวเลือก)
  - ☐ คิดว่าไม่ใช่ความรับผิดชอบขององค์กรแต่เป็นความรับผิดชอบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
  - ☐ ไม่มีเงินลงทุน
  - ☐ ยังไม่เห็นความสำคัญของความเชื่อถือได้ของระบบจ่ายไฟฟ้า
    - ☐ มีผลกระทบจากเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องน้อย จึงไม่คุ้มค่าในการลงทุน
    - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ส่วนที่ 4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

……..
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

ภาคผนวก ข.

ผลการแจกแจงข้อมูลจากแบบสำรวจ

เพื่อให้การวิเคราะห์ มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีการหาค่าเฉลี่ยรวมทั้งใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นในการวิเคราะห์หามูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องของผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมแยกตามประเภทอุตสาหกรรม โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากวิธีการฟัซซี่ ลอจิกให้มีค่าที่น่าเชื่อถือได้จำเป็น ต้องมี วิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลจากแบบสำรวจที่ได้ดำเนินการจัดส่งให้กลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเป้าหมายก่อน ซึ่งสามารถแสดงผลการแจกแจงข้อมูลในเชิงสถิติจากข้อมูลการสำรวจได้ดังตาราง

ตารางที่ ข-1
รายละเอียดประเภทอุตสาหกรรมแยกตามที่ตั้ง

ประเภทอุตสาหกรรม	สถานที่ตั้งของโรงงาน					
	ในพื้นที่นิคมฯ		นอกพื้นที่นิคมฯ		รวม	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดาษ	16	3.46	20	3.19	36	3.31
เคมี	87	18.83	112	17.89	199	18.29
ผลิตภัณฑ์โลหะ	250	54.11	97	15.50	347	31.89
ไม้	6	1.30	14	2.24	20	1.84
โลหะพื้นฐาน	14	3.03	26	4.15	40	3.68
สิ่งทอ	28	6.06	90	14.38	118	10.85
อโลหะ	9	1.95	61	9.74	70	6.43
อาหาร	19	4.11	189	30.19	208	19.12
อื่นๆ	33	7.14	17	2.72	50	4.60
รวม	462	100.00	626	100.00	1,088	100.00

ตารางที่ ข-2

รายละเอียดลักษณะการผลิตแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ผลิตต่อเนื่อง		ผลิตไม่ต่อเนื่อง		รวม	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
กระดาษ	23	3.41	13	3.14	36	3.31
เคมี	134	19.88	65	15.70	199	18.29
ผลิตภัณฑ์โลหะ	257	38.13	90	21.74	347	31.89
ไม้	10	1.48	10	2.42	20	1.84
โลหะพื้นฐาน	25	3.71	15	3.62	40	3.68
สิ่งทอ	71	10.53	47	11.35	118	10.85
อโลหะ	31	4.60	39	9.42	70	6.43
อาหาร	96	14.24	112	27.05	208	19.12
อื่นๆ	27	4.01	23	5.56	50	4.60
รวม	674	100.00	414	100.00	1088	100.00

ตารางที่ ข-3

รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ความถี่ของช่วงพลังงานที่ใช้(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)					
	น้อยกว่า 50,000	50,000 ถึง 100,000	100,000 ถึง 250,000	250,000 ถึง 1,000,000	1,000,000 ถึง 5,000,000	มากกว่า 5,000,000
กระดาษ	3	3	6	16	8	0
เคมี	26	9	26	106	28	4
ผลิตภัณฑ์โลหะ	46	31	61	142	54	13
ไม้	5	4	7	1	2	1
โลหะพื้นฐาน	8	1	6	9	10	6
สิ่งทอ	17	8	15	54	19	5
อโลหะ	13	1	11	18	23	4
อาหาร	37	12	30	84	42	3
อื่นๆ	19	5	7	13	6	0
รวม	174	74	169	443	192	36

ตารางที่ ข-4

รายละเอียดจำนวนวันในการทำงานต่อสัปดาห์แยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนวันในการทำงานต่อสัปดาห์			
	4 วัน/สัปดาห์	5 วัน/สัปดาห์	6 วัน/สัปดาห์	7 วัน/สัปดาห์
กระดาษ	0	3	28	5
เคมี	3	19	143	34
ผลิตภัณฑ์โลหะ	9	44	240	54
ไม้	0	0	17	3
โลหะพื้นฐาน	0	0	32	8
สิ่งทอ	0	2	96	20
อโลหะ	0	14	42	14
อาหาร	0	7	158	43
อื่นๆ	0	5	37	8
รวม	12	94	793	189

ตารางที่ ข-5

รายละเอียดจำนวนครั้งในการบำรุงรักษาเครื่องจักรหลักต่อปีแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนครั้งในการบำรุงรักษาระบบจ่ายไฟหลักต่อปี			
	1 ครั้ง/ปี	2 ครั้ง/ปี	3 ครั้ง/ปี	4 ครั้ง/ปี
กระดาษ	13	16	6	1
เคมี	85	90	21	3
ผลิตภัณฑ์โลหะ	168	144	32	3
ไม้	10	8	1	1
โลหะพื้นฐาน	19	14	7	0
สิ่งทอ	50	51	17	0
อโลหะ	40	28	2	0
อาหาร	79	99	27	3
อื่นๆ	24	19	6	1
รวม	488	469	119	12

ตารางที่ ข-6

รายละเอียดจำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องในรอบปีแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	จำนวนครั้งไฟฟ้าขัดข้องในรอบปี				
	1-3 ครั้ง	4-6 ครั้ง	7-9 ครั้ง	10-12 ครั้ง	13-15 ครั้ง
กระดาษ	4	9	10	1	12
เคมี	12	55	64	23	45
ผลิตภัณฑ์โลหะ	30	87	122	29	79
ไม้	3	9	3	2	3
โลหะพื้นฐาน	1	13	5	5	16
สิ่งทอ	13	39	36	9	21
อโลหะ	6	41	14	0	9
อาหาร	16	55	91	17	29
อื่นๆ	4	20	13	5	8
รวม	89	328	358	91	222

ตารางที่ ข-7

รายละเอียดระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องต่อครั้งแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ระยะเวลาไฟฟ้าขัดข้องต่อครั้ง							
	1 – 3 นาที	4 – 6 นาที	7 – 9 นาที	10 – 12 นาที	13 – 15 นาที	16 – 30 นาที	30 นาที – 1 ชั่วโมง	มากกว่า 1 ชั่วโมง
กระดาษ	3	2	0	10	9	6	3	3
เคมี	7	7	8	29	47	57	34	10
ผลิตภัณฑ์โลหะ	12	15	20	53	60	124	54	9
ไม้	0	0	1	6	8	3	1	1
โลหะพื้นฐาน	1	1	1	11	11	8	3	4
สิ่งทอ	2	2	9	21	21	35	23	5
อโลหะ	1	2	3	16	16	22	8	2
อาหาร	3	2	24	48	33	65	24	9
อื่นๆ	4	1	3	12	9	13	5	3
รวม	33	32	69	206	214	333	155	46

ตารางที่ ข-8

รายละเอียดช่วงเวลาไฟฟ้าขัดข้องในรอบปีแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ช่วงเวลาไฟฟ้าขัดข้องในรอบปี			
	ไม่มีเหตุการณ์	มีนาคม – มิถุนายน	กรกฎาคม – ตุลาคม	พฤศจิกายน – กุมภาพันธ์
กระดาษ	1	13	21	1
เคมี	1	52	135	11
ผลิตภัณฑ์โลหะ	6	93	231	17
ไม้	1	5	12	2
โลหะพื้นฐาน	1	5	33	1
สิ่งทอ	2	36	75	5
อโลหะ	3	16	48	3
อาหาร	0	33	159	16
อื่นๆ	0	11	39	0
รวม	15	264	753	56

ตารางที่ ข-9

รายละเอียดการมีแผนรับมือหรือไม่เมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	มีแผนรับมือหรือไม่	
	มีแผนรับมือ	ไม่มีแผนรับมือ
กระดาษ	21	15
เคมี	127	72
ผลิตภัณฑ์โลหะ	231	116
ไม้	15	5
โลหะพื้นฐาน	27	13
สิ่งทอ	73	45
อโลหะ	51	19
อาหาร	109	99
อื่นๆ	33	17
รวม	687	401

ตารางที่ ข-10

รายละเอียดการมีระบบไฟฟ้าสำรองในโรงงานเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	ระบบไฟฟ้าสำรองในโรงงาน	
	มี	ไม่มี
กระดาษ	20	16
เคมี	118	81
ผลิตภัณฑ์โลหะ	245	102
ไม้	12	8
โลหะพื้นฐาน	34	6
สิ่งทอ	72	46
อโลหะ	51	19
อาหาร	137	71
อื่นๆ	32	18
รวม	721	367

ตารางที่ ข-11

รายละเอียดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบไม่มีแผนแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	น้อยกว่า 5000 บาท	5,000-10,000 บาท	10,000-30,000 บาท	30,000-50,000 บาท	50,000-100,000 บาท	100,000-500,000 บาท	500,000-1,000,000 บาท	1,000,000-5,0000,000 บาท	5,000,000-10,000,000 บาท	มากกว่า 10,000,000 บาท
กระดาษ		2	4	3	11	12	3	1	0	0
เคมี	3	10	15	9	40	72	35	5	7	3
ผลิตภัณฑ์โลหะ	10	16	24	23	90	90	56	33	4	1
ไม้	1	0	2	0	6	8	3	0	0	0
โลหะพื้นฐาน	0	1	1	3	7	16	7	3	2	0
สิ่งทอ	2	2	6	7	32	33	28	8	0	0
อโลหะ	0	3	2	5	14	25	6	10	4	1
อาหาร	4	5	9	9	58	89	27	7	0	0
อื่นๆ	2	1	3	8	7	16	9	2	1	1
รวม	22	40	66	67	265	361	174	69	18	6

ตารางที่ ข-12

รายละเอียดมูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผนแยกตามประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทอุตสาหกรรม	มูลค่าความสูญเสียเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้องแบบมีแผน								
	ไม่มีความเสียหาย	น้อยกว่า 5000 บาท	5,000-10,000 บาท	10,000-30,000 บาท	30,000-50,000 บาท	50,000-100,000 บาท	100,000-500,000 บาท	500,000-1,000,000 บาท	มากกว่า 1,000,000 บาท
กระดาษ	7	2	4	4	14	5	0	0	0
เคมี	39	18	10	25	71	18	10	2	6
ผลิตภัณฑ์โลหะ	50	27	34	54	102	59	9	6	6
ไม้	2	0	4	4	7	1	1	0	1
โลหะพื้นฐาน	8	1	2	6	17	1	2	1	2
สิ่งทอ	23	3	10	14	43	17	7	1	0
อโลหะ	4	9	9	2	17	11	8	6	4
อาหาร	30	6	15	14	106	20	14	1	2
อื่นๆ	10	2	5	5	14	7	4	1	2
รวม	173	68	93	128	391	139	55	18	23

บทความผู้วิจัย

Outage Cost of Industries in Thailand by Considering

Thailand Standard Industrial Classification

Outage Cost of Industries in Thailand by Considering Thailand Standard Industrial Classification

Rapeeporn Bhasaputra[1], Woraratana Pattaraprakorn[1], and Pornrapeepat Bhasaputra [2]

***Abstract*— *The aim of this paper is to evaluate the outage cost of the industrial customers in Thailand by considering Thailand Standard Industrial Classification (TSIC). In this study, the 825 industries are collected data to evaluate planned outage cost and unplanned outage cost. The analytical results show that an average planned outage cost and an average unplanned outage cost of the 825 industrial customers in Thailand are 144,888 Baht/event and 651,383Baht/event, respectively. In addition, the highest of unplanned outage found in the non-metallic mineral industries which the outage cost is 1,396,680 Baht/event while the lowest of outage cost found in wood and wood products industries with average outage cost 216,042 Baht/event. Finally, the results of high outage cost for unplanned outages can be reduced around 78% if the utilities and industrial customers can manage the power outage from unplanned to planned outages*.

***Keywords*— Outage cost, Thailand Standard Industrial Classification (TSIC), Metropolitan Electricity Authority (MEA), Provincial Electricity Authority (PEA), Outage impact factor, Power system reliability.**

1. INTRODUCTION

Normally, electrical power system has been divided in three systems that are generation, transmission and distribution system [1]. In Thailand, there are three authorities involved in the electrical power systems. The main task of authorities is providing power supply with acceptable reliability and reasonable price.

1.1 Electrical power system in Thailand

The total installed capacity of power plants in Thailand is 29,139 MW, comprising 14,268.7 MW (49%) from The Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT) power plants, 14,230.8 MW (48.8%) from domestic private power producers both Independent Power Producers (IPPs) and Small Power Producers (SPPs) and the last 640 MW (2.2%) from neighboring countries, namely Laos and Malaysia [2]. Although the electricity of Thailand comes from several producers but EGAT is still the main responsible authority for transmission line systems which cover 30,219 circuit-kilometers of high voltage transmission line. In addition, EGAT has enhanced its energy cooperation with neighboring countries to mutually assistant enhance security of power system by using the 300 MW Thailand - Malaysia high voltage direct current (HVDC) interconnection system which enabled the economic power exchange and trading of 300 MW between the two countries. The new interconnection system will also enable EGAT networks to reduce their reserve capacity and enhance energy supply security. For the distribution systems, there are two responsible authorities which are Metropolitan Electricity Authority (MEA) and Provincial Electricity Authority (PEA). The MEA served electrical energy for Bangkok, Samutprakan and Nonthaburi provinces while the PEA has expanded electricity supply to their respective areas covered 73 provinces except the MEA's areas. The PEA' responsible areas cover 510,000 km^2, accounting for 99.9% of the total country's area.

1.2 Electricity demand

In 2008, the total of electrical energy consumption in Thailand is equal to 134,411.82 GWh. The peak demand is 22,568 MW that occurred on April 21, 2007. The energy consumption in each customer group and each distribution responsibility (PEA and MEA) are shown in the Fig. 1 and Fig. 2, respectively [3]. It is clearly that the industrial customer is the largest electrical energy consumer when compared to other groups which approximately is 44.82% of total demand. The calculated reserve margin of all customers approximately is 24.50% that reveal abundant installed capacity. Although the installed capacity is still enough to reserve total customer requirement, but the utility planners have important tasks

R. Bhasaputra is the master student with the Energy and Environment Technology Management field of study, Thammasat University 99 Moo 18 Phaholyothin Road Khlongluang Pathumthani, Thailand 12120 (corresponding author phone: 66-2-590-9869; Fax: 66-2-590-5454; e-mail: 5110036075@student.tu.ac.th)

W. Pattaraprakorn is with Thammasat University, Thailand. She is now with the department of chemical engineering, e-mail: pworarat@engr.tu.ac.th

P. Bhasaputra is with Thammasat University, Thailand. He is now with the department of electrical engineering, e-mail: bporr@engr.tu.ac.th

to continued study about the reliability of electrical power system in their areas to improve system performance and reach customer satisfaction level. However, improve system to high reliability is also take high investment cost and almost the problems of the electrical power reliability occurred in the area of distribution system that affected from external environment factors. So the planners must concern the optimum of total investment and system reliability target.

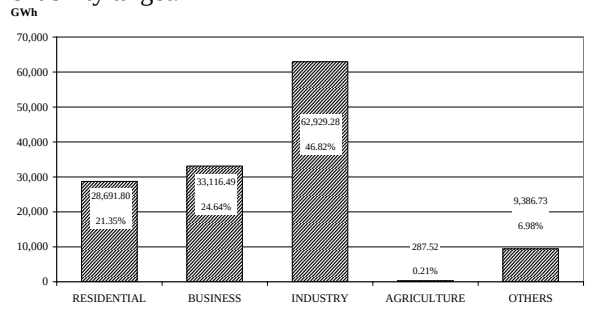


Fig. 1. Electrical energy consumption of Thailand in 2008

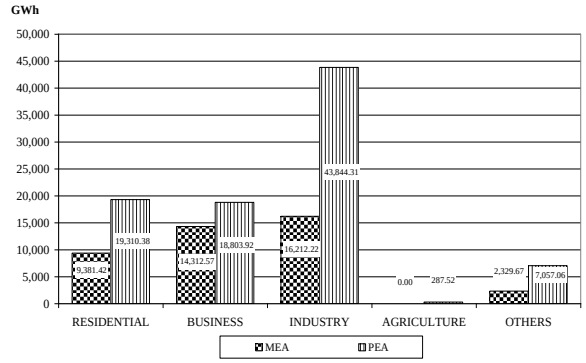


Fig. 2. Electrical energy consumption in 2008 which classified by PEA and MEA

1.3 Power system reliability

Ideally, the power system's reliability from the viewpoint of consumers means uninterrupted supply of power from the generation, transmission or distribution systems. In the utility viewpoint, the meaning of reliability is extended from the customer's meaning with the acceptable quality. Therefore, the general definition of power system reliability is the ability of power supply to perform the function of it's designed for under the operating conditions with acceptable quality. In practical, the key indicators of power system reliability for consumers are the frequency and duration of outages at their point of utilization (i.e., their load point) [4]. The reliability performances that utilities normally use to assess power system reliability in Thailand are System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), System Average Interruption Duration Index (SAIDI) and Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)[5]. For instance, the quality standard targets of PEA in year 2008 are 11.32 times/customer/year, 508 minutes/customer/year for SAIFI and SAIDI, respectively [6] while the actual performance of distribution system in Thailand that collected the data from the last six years (2002-2007) are illustrated in term of SAIFI and SAIDI statistics as shown in Fig. 3 to Fig. 6. The summarized information have been discussed as following:

- The SAIFI of MEA especially from year 2005 to 2007 are decreased continuously in all customer groups which is 67.37%, 32.75% and 35.21% for industrial, commercial and residential customers, respectively.
- The SAIDI of MEA especially from year 2005 to 2007 are also decreased which is 64.55%, 31.16% and 35.17% for industrial, commercial and residential customers, respectively [7].
- The SAIFI of PEA especially from year 2002 to 2007 are decreased which is 22.31%, 34.56%, 10.86%, 26.53% and 24.35% in industrial, commercial, town municipal, district municipal and rural customers, respectively.
- The SAIDI of PEA especially from year 2002 to 2007 are decreased which is 47.08%, 42.76%, 29.08%, 42.62% and 39.48% in industrial, commercial, town municipal, district municipal and rural customers, respectively.
- The CAIDI of MEA's industrial customer in year 2007 is equal 13.81 minutes per event per customer, but in business and residential group is equal 23.19 and 23.67 minutes/event/customer, respectively. Correspondingly, the CAIDI of PEA's industrial group in year 2007 is equal 21.29 minutes/event/customer, in business and rural area is equal 35.86 and 46.83 minutes per event per customer, respectively.

This indicators are important information in power system planning and expansion especially in distribution networks. When the power outage are happened, there are several loss of opportunities from both utilities and customer viewpoints. For example, the utility lost the opportunity of income with deliver electrical energy to thier customers. The industrial customers lost the oppotunity in produce a finished production or equipment might be damaged from power outage. Althrough, the trend of distribution reliability (SAIFI, SAIDI and CAIDI) is continuely improve over the interested period, However, the constraints of utilities in Thailand especially in PEA's area is the reliability management of a wide repomsible's area within an actual limited budget and acheive sufficient customer's satisfication. For instance, The total number of PEA's electric-circuit are 8,673, 283,028, and 450,425 km-circuit for transmission, distribution and low voltage distribution respectively, Therefore, the investment cost of distribution system is very large and impossible if all of customers need more reliability and stability. So the major challenges of utilities is to increase the market value of thier service with the right amount of reliability and to decrease thier cost of operation, miantenance and construction to provide customers electricity at the lowest cost [8]. Therefore, the improvement of the distribution reliability with optimum investment, the total cost of investment must integrate both the cost of customers togather with utility viewpoints [9-10]. When electric utilities are considering alternative investment portfolios, particularly in a least-cost planning framework, business customers costs of outages are among the costs which should be

examined in various engineering options. This information can be meaningfully applied to a wide range of areas including transmission line design, substation and distribution circuit design, equipment rating and maintenance schedules [10].

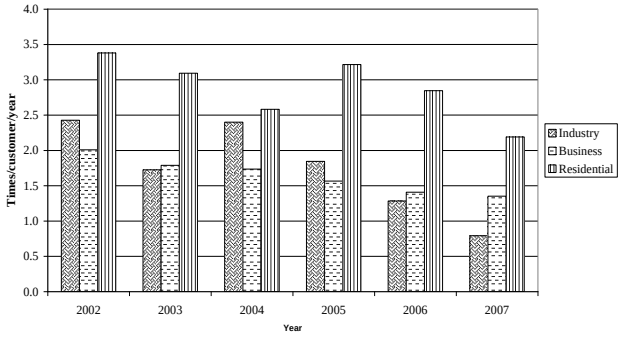


Fig. 3. SAIFI of MEA in 2002-2007

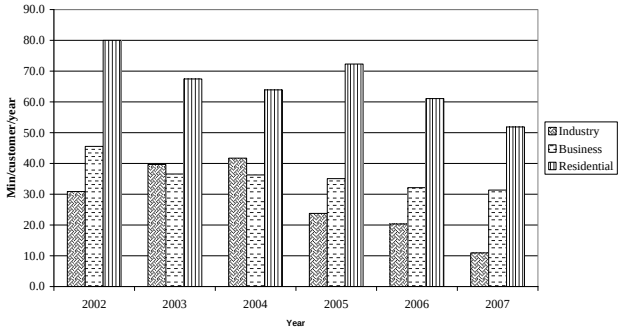


Fig. 4. SAIDI of MEA in 2002-2007

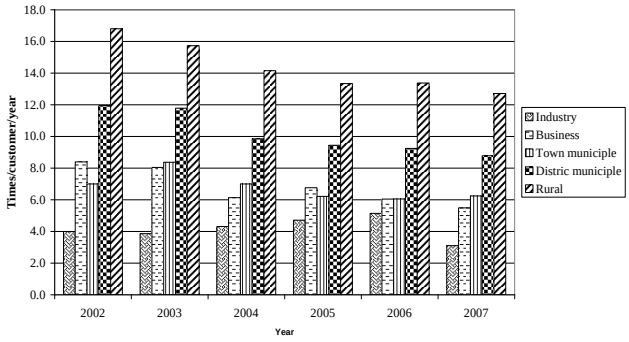


Fig. 5. SAIFI of PEA in 2002-2007

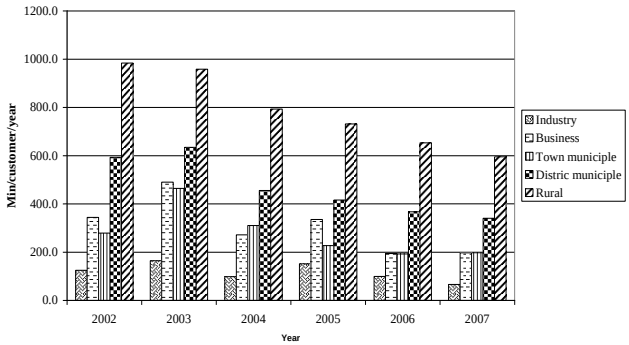


Fig. 6. SAIDI of PEA in 2002-2007

1.4 Cost of energy not served

During power outages, there are the costs of energy not served both electric utilities and customers. The costs of energy not served which normally are estimated from economic costs and social costs. The economic costs can be estimated with the variation in customer activities while social costs can be evaluated using figures from government agencies. Almost caused of energy not served are occurred from power distribution systems. Although power distribution systems have received less attention in study than generating and transmission systems, but analysis of the customer failure statistics show that distribution systems contribute as much as 90% towards the energy not served to a customer. In addition, utilities are encountering increasing uncertainties in economic, political, societal and environmental constraints [11]. This has resulted in a requirement for more extensive justification of new system facilities and an increased emphasis on optimizing the operational cost and reliability of the system. The study of outage cost is so valuable information that needed to be continuity updated in the interested period such as every 3-5 years. There have been extensive studies in reference [12-14]. In year 2007-2008, the areas of PEA's responsibility that cover around 99.9% of total areas in Thailand found that the energy not served (MWh) of residential customers is 2.4 times higher than industrial customers as shown in Fig. 7. The reason of difference is the residential group has a large of customers approximately 90.1% of total PEA's customers. However, it was significant decreased about 8.35% from 2007-2008 as same as the distribution reliability index. In contrast, the utility losses in industrial area were increased about 9.84 % from year 2007 to 2008 as shown in Fig. 8. The reason is the total energy consumption in industrial customer is continuous increase. In addition, productivity performance has also improved. However, the cost of losses is not including in the damage cost of equipment failure and maintenance cost of electric restoration. In the industrial customers that consumed a large of energy more than other customers groups, the outage cost for industrial customers is a key issue in the cost-effective management of electric utilities, these costs may take the form of lost sales, poorer relationships with customers because of delivery issues, loss of final product or intermediate inputs, lost wages or additional overtime costs and damage to sensitive equipment.

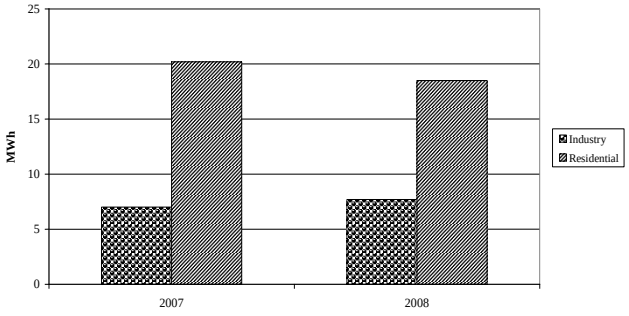


Fig. 7. Loss of load statistics in year 2007-2008

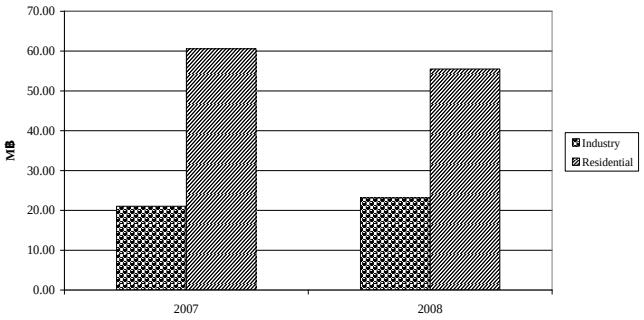


Fig. 8. The money caused Loss of load in year 2007-2008

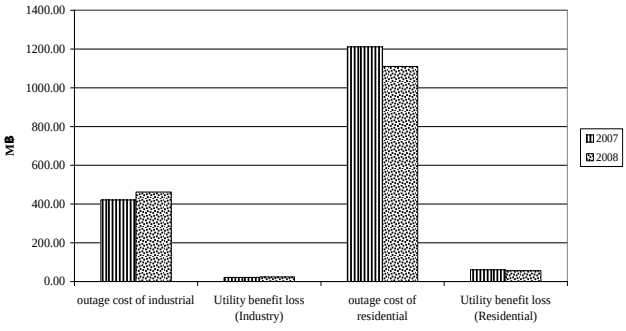


Fig. 9. Outage cost in customer and utility's viewpoints

As the previous outage cost study of Thailand in year 2000 [15], the study estimated the loss of customer's viewpoint was to be approximately 60.348 Baht/kWh. When the value of customer's viewpoint is compared to the value of utility's viewpoint, it found that the customer estimated outage cost is 20 times higher than utility evaluated as shown in Fig. 9. Especially, the electricity supply outages are directly economic impact to the industrial customers on the other countries too. For example, Pablo S. and Gabriel F. have studied the outage costs in Chilean industrial are US¢ 7.7 kWh in year 1989 [16]. After that, Ashok S. have studied customer outage cost in the northern region of India in case of reliability evaluation of generation-resource plan using customer outage costs are Rupees (Rs.) 2.30 per kWh in year 1990 [17]. Another one, Priyantha D.C. and M.S. Jayalath was studied the economic impact of electricity unsupplied of planned and unplanned outage in the Sri Lanka and Bangladesh are US$ 0.66, US$ 1.08, US$ 0.34 and US$ 0.83 per kWh of energy loss, respectively in year 2001-2003 [18-19]. Furthermore, Thomas H. F. has studied the outage cost of electric system cause by snakes on the Island of Guam are estimated to cost in excess of US$ 3,000,000 in lost of productivity from 1978-1997 that the outage cause by snakes have more than 1,600 power outages [20]. However, the outage cost can varies all time which depends on many factors such as high production cost, change of technology. So it's requires to update study results in periodic. In this study, the outage cost of large industrial customers for all PEA's areas are evaluated. In addition, the power outage impact factors are also determined in order to investigate each industrial characteristic and study current performance of distribution system reliability.

2. METHODOLOGIES

The area of this study is based on industrial customers' questionnaire. The selected samples are classified by Thailand standard Industrial classification (TSIC). Based on the consideration designated factories according to the Energy Conservation and Promotion Act B.E. 2535(1992) in Thailand, the total number of industries is 3428. There are 2,025 designated factories (or 59%) which are the customer of PEA. The outage cost questionnaire is distributed to all designated factories of PEA for collecting the outage cost data. The key definition of the questionnaire is concerned only the electrical power quality problems that defined in term of "sustained interruption" according to IEEE standard P1366 (interrupted more than one minute). The factors and variables that affect the cost of outages can be broadly classified as customer related and outage related. The related variables are the distinctiveness of the activity or the characteristics of the electrical use especially in industrial customers. Thus the collection and analysis of outage costs within customer sectors and subgroups (SIC categories) is based on the assumption that as customer categories become more homogeneous, there should be less cost variation. The impact factors of industrial outage cost questionnaires use a different approach from the other sectors. In the study, the industrial respondents estimate costs to their companies during sustained outage. These include such components as lost sales, wages paid to staff unable to work, damaged goods or equipment, process recovery cost, restart features that would be needed for specialized equipment, availability of standby equipment, and others. In the developed outage cost questionnaire, the respondents are questioned in two outage scenarios that are planned and unplanned outage.

- Unplanned outages can be caused by many things such as equipment outage, fire, animals, traffic accidents and damage to power lines, severe whether even high winds, storms and lightning. Normally unplanned outage will occur without advance notification from responsible utilities.
- Planned outage is the scheduled outage situation when an item of an electrical plant or a circuit has to be temporarily taken out of service for repair or to allow network alterations and the utility announce the power outages notification to their customers.

The expectation of this study is to investigate the outage impact factors and to estimate planned/unplanned outage cost of the designated factories in Thailand which is expressed in BAHT/event of outage. In addition the rational of difference between planned and unplanned outage cost expected in the field of distribution system planning and equipment target setting issues.

3. STUDY RESULTS

In this outage cost study, the 825 feedback respondents from 9 industrial groups are received that is 35% of total

distributed questionnaires. The number of respondents in each industrial group is shown in Fig. 10. The summarized information is described in the following subsections.

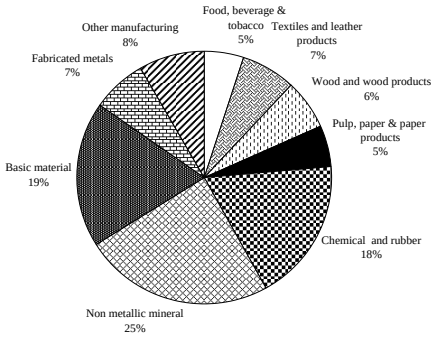


Fig. 10. Percentage of respondents in the outage cost study clasified by TSIC

3.1 Electrical cost; The overview of energy usage in the 825 designated industiral samples is represented in term of the average electrical cost and energy consumption of all sampled industries that are 4.34 MBaht/month, 1,336,263 kWh/month, respectively. The maximum of electrical energy cost found in basic metallic industrial by 11,477,278 Baht/month while the pulp, paper and paper products industrial is the minimum electrical cost by 1,723,984 Baht/month.

3.2 Aging of electrical machines and equipment; The results of respondents found that nearly 50% of respondents indicates that electrical machines and equipment have been operated more than 10 years ago with average value 1.7 time/year of preventive maintenance. Some respondents concerned about over life cycle of electrical equipment and consequence of major damage from the power outage. In addition, most of respondents had an inefficient corrective maintenance especially in spare part management.

3.3 Customer power outage experiences; the main findings of outage frequency and duration for 825 industries are 37% of respondents evaluated that the outage duration is 30-60 minutes/event, a haft of respondents observed the outage frequency is not more than 6 times/year (average 4.92 times/year) and the average of process recovery time is 46.6 minutes/event. In addition, 36% of respodent indicated that the time of most outage is occurred around 15.00-18.00.

3.4 Emergency power systems; there are several processes require emergency power supply in case of the outage to supply necessary system. For instance, the computer files need to be saved, lifting system needs to operate for safety reason, sensitive equipment such as electronic boards require a power to regulate functions during outage. The results of this study show that the emergency power supply is available for 516 designated industries (65%) and the average of installed capacity is 14.4% of the demand. But most of these do not have emergency units to supply their full energy demand. The emergency power system of each industrial group is shown in Table 1.

Table 1. Emergency power system of 825 industries

TSIC	Emergency Power System (Respondents)		Available capacity(% of demand)
	Available	Not Available	
31	80	25	16.5
32	30	34	17.0
33	16	18	9.0
34	11	3	18.8
35	62	35	12.0
36	44	20	17.6
37	19	10	14.2
38	77	44	11.4
39	190	107	12.8
total	529	296	14.4

TSIC 31, 32,..,39 *represent for the industries of food, beverage & tobacco, Textiles and leather products, Wood and wood products, Chemical and rubber, Non metallic mineral, Basic material, Fabricated metals, Other manufacturing, respectively.*

3.5 Impact factors of outage cost; to investigate the impacts of industrial customer during the power outage, eight factors are selected from reliability research literatures and used to be concerned parameters. The rational outage impact factors in each industrial group are shown in Table 2. The important issues are discussed as following

- The employee's overtime; this factor most impact in the industries that operated less than 24 hours/day. There are no responsible persons were working during the outage. The surveyed found the average overtime is 16.9% of outage cost.
- The defected production; when the outage was happened, some intermidiate and finished products damaged and unable to re-produce. In the customer response found the average of production defect is 18.96 % especially in food, beverage and tobacco that is 21.6% of the outage cost.
- The machines and equipment damage; there are several types of failure consequence such as functional, life ending, interruption and catastrophic. In some industries, the sensitive equipment may be damaged or malfunction during power outage while the emergency power supply is not available in plant. The computer may damage while supply voltage drop below minimum neccessary operation and uninterrupted power supply is not connected. The cost of computer is also account into a part of outage cost. The overview of surveyed found average of machine and equipment damage is 12.1% and in the basic metallic industries found this factor is the most impact with 15.5% of the outage cost.
- Cost of process recovery; some process in a plant cannot immediately recover process while outage happens. It is necessary to reset all processes to initial condition and some case; it requires a day to recover all processes. This factor in the study found no significant between industrial groups with average 15.3% of outage cost.
- Opportunity losses during low cost of electricity rate; In Thailand, most of industrial customers will operate processes during off peak time in the Time of Use

(TOU) electric tariff. The cost of electricity in off peak period (22.00-9.00 in week day, Saturday and Sunday) is lower than on peak period (9.00-22.00 in week day) by approximately 1/3 times that means the cost of production can cut 3 times down when compare to peak period. The opportunity losses of low electricity rate in the industrial customer's found that the non-metallic industrial group which comprise with cement, glass and ceramic industrial customers are the most affect with average 12.1% of the average outage cost.

- Product delayed delivery; some products had reserved ordering. When the production was delayed delivery as order commitment, the supplier must be charged into customers. The survey found 9 industrials are not different impact with average 10.72% of outage cost.
- Profit loss; the damage in case electrical outage make processes stop, some production is lost and consequence of loss in profits. The average of this impact of all industries is 14.87%, the most impact found in other industrial group that is not classified in TSIC by 17.5% of outage cost.

3.6 The outage cost evaluation

The results of outage cost by 825 designated industrial data found that the average unplanned outage cost is 651,383 Baht/event while the average planned outage which is 144,888 Baht/event. The outage cost in each industrial group is shown in Table 3. In the study, there are three major industries which impacted to outages; the unplanned outage cost of non-metallic mineral, checmical and rubber and basic material industries are higher than avergae unplanned outage cost of 825 industrial customers by 2.14, 1.80 and 1.70 times, respectively

4. CONCLUSION

According to the current situation of electrical energy in Thailand is still stable in the point of reserve margin due to the installed capacity of all power plants is more than 24.5 % of peak load. Including, the three electricity authorities of Thailand (EGAT, MEA and PEA) implement the sustainable policies to improve electrical system reliability, stability and security. In this study, the direct assessment method is proposed to determine the performance of distribution system in term of customer outage cost. The 825 designated industrial customers in PEA's areas have been evaluated the cost of both planned and unplanned outage. The results show that in case of

Table 2. Summarize impact factors of outage cost of 9 industrial customers (classified by TSIC)

TSIC	Outage Impact factors							
	Overtime cost	Production defect cost	Machine damage cost	Process recovery cost	Lost in off-peak rate	Product delay delivery	Profit losses	Other
Food, beverage & tobacco	18.3	21.6	11.3	16.3	11.4	8.4	12.4	0.3
Textiles and leather products	18.6	18.6	9.9	14.8	9.9	11.8	15.9	0.5
Wood and wood products	14.7	21	12.5	15.4	12.1	8.5	15	0.8
Pulp, paper & paper products	18.4	18.1	13.1	16.4	9.4	11	13.7	0
Chemical and rubber	16.6	19	13.4	14.2	11.5	10.8	14.4	0.3
Non metallic mineral	16.1	19.7	10.4	14.4	12.1	11.7	15.5	0.2
Basic material	15.5	18	15.5	16.4	11.1	10.2	13.4	0
Fabricated metals	17.1	17.7	12.4	14.5	10.4	11.8	16	0.2
Other manufacturing	17.3	16.9	11.1	15.6	9.1	12.3	17.5	0.3
Average	16.9	18.9	12.1	15.3	10.78	10.72	14.87	0.29

Table 3. Summarize the outage cost of 825 industrial customers (planned and unplanned outage)

TSIC	Electrical cost (Baht/month)	Outage cost (Baht/Event)						% of deviation		
		Unplanned outage			Planned outage					
		min	avg	max	min	avg	max	min	avg	max
Food, beverage & tobacco	2,287,878	138,912	292,520	530,160	37,040	70,000	119,000	73.34	76.07	77.55
Textiles and leather products	2,872,665	238,141	452,930	763,047	28,313	45,938	68,281	88.11	89.86	91.05
Wood and wood products	5,006,555	126,750	216,042	330,417	102,083	244,375	478,333	19.46	-13.11	-44.77
Pulp, paper & paper products	1,723,984	147,000	314,167	574,667	29,067	48,333	74,333	80.23	84.62	87.06
Chemical and rubber	1,821,266	752,677	1,173,828	1,639,792	62,135	137,891	259,583	91.74	88.25	84.17
Non metallic mineral	7,660,796	806,328	1,396,680	2,174,531	165,781	352,891	644,844	79.44	74.73	70.35
Basic material	11,477,278	663,281	1,110,078	1,672,500	99,719	217,734	404,688	84.97	80.39	75.8
Fabricated metals	1,998,792	220,008	419,979	709,874	50,134	85,672	132,185	77.21	79.6	81.38
Other manufacturing	4,236,486	279,292	486,220	760,533	50,904	101,160	176,959	81.77	79.19	76.73

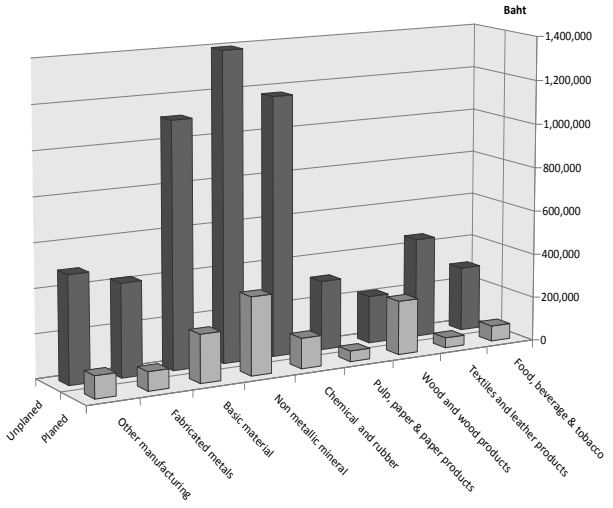


Fig. 11. Planned and unplanned outage cost of 9 industrial groups

unplanned outage, the non-metallic mineral that comprise with cement and glass industries have the highest average outage cost by 1,396,680 Baht/event while the lowest average outage cost found in wood and wood products by 216,042 Baht/event. In case of planned outage, the highest average outage cost is also found in non-metallic mineral industries by 352,891 Baht/event and the lowest average outage cost found in textile and leather products by 45,938 Baht/event. In addition, the major impact factor in this study is 18.9% of the outage cost caused by production defect. The other impact factors are 16.90, 15.30, 14.87, 12.1, 10.78, 10.72, and 0.29 for overtime cost, process recovery cost, profit losses, machine damage cost, opportunity lost of low electricity rate, product delay delivery, and other respectively. Futher and important issue in the study is the unplanned outage cost can be reduced about 78% of outage cost if responsible utilities can identify outage management system to planned outage. Finally, the outage cost study can be concluded that the overall economic losses due to unplanned and planned outage impact to industrial customers both direct and indirect cost. Consequently, power outages impact on Thailand's economic growth.

REFERENCES

[1] Brown, R. E 2002. *Electric Power Distribution Reliability*, New York: Marcel Dekker, Inc.

[2] Thailand Power Development Plan 2008-2021 (PDP 2007: Revision 2), Report no. 912000-5204, System Planning Division, Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT).

[3] Energy database report 2009. Energy Information System Development Division, Energy Policy and Planning Office (EPPO), Thailand.

[4] Chowdhury, A. A and Koval, D. O 2009. *Power Distribution System Reliability (Practical method and applications)*, IEEE Press, John Wiley & Sons.

[5] IEEE Std 1366 ™ -2003, *IEEE Guide for electric power distribution reliability indices*, IEEE Power Engineering Society, New York: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

[6] Annual Report 2008. Policy and Strategy Division, Provincial Electricity Authority (PEA), Thailand.

[7] Annual report 2008. Policy Plan and Budget Department, Metropolitan Electricity Authority (MEA), Thailand.

[8] Ghajar, R. and Billinton, R. 2006. "Economic costs of power interruptions: a consistent model and methodology" *International Journal of Electrical Power & Energy Systems 2006* 28(1): 29-35.

[9] Billinton, R., Tollefson, G. and Wacker, G. 1991. Assessment of electrical service reliability worth. In *Proceeding of the third international conference on probabilistic methods applied to electric power system.* IEE conference publication no. 338. London, United Kingdom. 3-5 July.

[10] Sanghvi, A.P. 1991. Power shortages in developing countries: Impacts and policy implications. *Energy Policy*, 19(5): 425-440.

[11] Mok, Y. L and Chung, T. S. 1996. Application of customer-interruption costs for optimum distribution planning. *Energy*, 21(3): 157-164.

[12] Billinton, R. and Wandee, D. 2005. Approximate methods for event-based customer interruption cost evaluation. *IEEE Transaction on power system*, 20(2): 1103-1110.

[13] Kariuki, K. K and Allan, R. N. 1996. Factors affecting customer outage costs due to electric service interruptions. In *Proceeding of IEE Generation, Transmission and Distribution*, 143(6): 521-528.

[14] Kariuki, K. K and Allan, R. N. 1996. Evaluation of reliability worth and value of lost load. In *Proceeding of IEE Generation, Transmission and Distribution*. 143(2): 171-180.

[15] Outage cost study in Thailand. 2000. Energy Research Institute, Chulalongkon University. from the World Wide Web: http://www.eppo.go.th/power/ERI-study-E/ERI-ExeSummary-E.html.

[16] Pablo, S. and Gabriel, F. 1997. Outage cost in Chilean industry. *Energy Economics* 19(4): 417-434.

[17] Ashok, S. 1995. Reliability evaluation of generation-resource plan using customer-outage costs in India. *Energy* 21(9): 795-803.

[18] Priyantha, D. C. W. and Jayalath, M.S. 2004. Assessment of economic impact of electricity supply interruptions in the Sri Lanka industrial sector. *Energy Conversion and Management* 45(2): 235-247.

[19] Priyantha, D. C. W. and Jayalath, M.S. 2003. Economic impact of electricity supply interruptions on the industrial sector of Bangladesh. *Energy for Sustainable Development* 7(3): 5-12.

[20] Thomas, H. 2002. Economic costs of electrical system instability and power outages cause by snakes on the Island of Guam. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49(2-3): 93-100.

ประวัติผู้วิจัย

นาย ระพีพร ภาสบุตร

วันเดือนปีเกิด 04 พฤศจิกายน 2508

วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัย เอเชียอาคเนย์

ผลงานทางวิชาการ บทความ “Outage Cost of Industries in Thailand by Considering Thailand Standard Industrial Classification” GMSARN International Conference on Energy Security and Climate Change: Problems & Issues in GMS 25-27 Nov. 2009 ประเทศเวียดนาม

ประสบการณ์ด้านการทำงาน

พ.ศ. 2534-ปัจจุบัน	การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่