

ระบบแนะนำการซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จิตติมา กรป้องกัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2562

Electric Power Trading Recommendation System using Fuzzy Logic

Jitima Kornpongkun

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering**

Department of Computer and Telecommunication Engineering

College of Innovative Technology and Engineering,

Dhurakij Pundit University

2019



ใบรับรองวิทยานิพนธ์


วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบแนะนำการซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ
เสนอโดย นางสาวจิตติมา กรป้องกัน
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

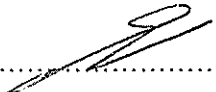

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ก่อพร พันธุ์ยิ้ม)


.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กิริติพรานนท์)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนืองวงศ์ ทวยเจริญ)

วิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์รับรองแล้ว


..... คณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมการด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กิริติพรานนท์)

วันที่ 19 เดือน ๗ พ.ศ. ๒๕๖๒

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบแนะนำการซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้าโดยใช้ตรรกศาสตร์ คลุมเครือ
ชื่อผู้เขียน	จิตติมา กรป้องกัน
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนำเสนอระบบแนะนำการซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้าบนระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะของโรงงานขนาดเล็กและที่อยู่อาศัยในประเทศไทย/ภูมิภาค โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการทดลอง เพื่อรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมุ่งให้ผู้บริโภคสามารถวางแผนหรือปรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างพอเพียง และต่อเนื่อง งานวิจัยนี้มีการพิจารณาว่าสามารถขายหรือควรซื้อโควตาไฟฟ้านั้นหรือไม่และจำนวนเท่าไรในแต่ละวันของเดือน

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการออกแบบอินพุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือจากปัจจัยพื้นฐานที่เรียบง่ายประกอบด้วย จำนวนวันปัจจุบันที่เหลือทั้งหมดของเดือน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควตาที่ได้รับ อุณหภูมิ และความต้องการตามช่วงเวลา และส่วนที่สองใช้ความพอเพียงของโควตาในช่วงเวลาที่ผ่านมา และแนวโน้มการใช้พลังงานมาเป็นอินพุตแทน พบว่าผลการทดลองในส่วนแรกการออกแบบด้วยอินพุตดังกล่าวไม่ครอบคลุมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง มีการขายพลังงานตั้งแต่ในช่วงต้นเดือน เพราะมีโควตาพลังงานไฟฟ้าเหลือ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริง ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงระบบโดยวิเคราะห์จาก ส่วนต่างการใช้โควตากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า และแนวโน้มการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ระบบมีความครอบคลุมและวิเคราะห์ได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าการซื้อพลังงานไฟฟ้ามีความเหมาะสมมากขึ้น ไม่ได้มีการขายพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ช่วงต้นเดือน โดยทำให้ระบบช่วยเพิ่มความสมดุลให้กับการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคได้ดีขึ้น สามารถเป็นแนวทางในการช่วยให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

Thesis Title	Electric Power Trading Recommendation System using Fuzzy Logic
Author	Jitima Kornpongkun
Thesis Advisor	Dr. Chaiyaporn Khemapatapan
Department	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2018

Abstract

This research presents the Electric Power Trading Recommendation System for the Smart Grid in residences and small factories within Thailand using Fuzzy Logic in order to support the rapid rate of power increase during population and economic growth. The system objects the users to plan their electrical power consumption to be sufficient and contineous. Thus, this research considers selling ability or willing to buy the quota in each day of the month.

The experiments are separated into 2 phase: firstly, inputs of fuzzy logic model are simply defined and consists of the number of days remaining for the month, used elrectircal power quota to total electrical power quota, temperature and power requirement according to time. Secondly, the quota sufficiency in the past time and power usage trend are used as the inputs of fuzzy logic model instead. The finding indicated that testing result in the first part of such input deign has covered none of factors affecting purchase and sale of electrical power, and result derived from testing. The power has been sold from the beginning period of the month due to the remaining availability of the electrical power quota that has been inconsistent with actual usability. Therefore, the system has been adjusted by analysis from difference among use of quota, forecast of electricity consumption, and trend of electricity consumption for more coverage and analytical precision of the system. The finding of the testing result indicated more appropriateness of the purchase and sale of the electrical power, and non-sale of the electrical power from the beginning period of the month, resulting in an improved support of the system on increase in balance of electricity generation and consumer consumption of electricity, and enabling to be the guideline for support on more efficiency of the electrical system.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาคะพันธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย ที่สละเวลาอันมีค่า คอยให้คำแนะนำให้คำปรึกษา ตลอดจนแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ และเอาใจใส่ ข้าพเจ้ามาโดยตลอด ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ก่อพร พันธุ์ยิ้ม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนืองวงศ์ ทวยเจริญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์เดช กิรติพรานนท์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณนางสาวกุลธรา อานนท์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยดำเนินเรื่องต่างๆ ให้เป็นอย่างดี

ท้ายสุดนี้ คุณความดีและกุศลที่พึงบังเกิดมีจากการจัดทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ซึ่งสามารถก่อให้เกิดความรู้และข้อคิดอันควรค่าแก่การศึกษา หรือปฏิบัติให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม ข้าพเจ้าขอมอบพระสิริบูชาคุณแด่ นายสังวร กรป้องกัน บิดา และ นางพิกุล กรป้องกัน มารดา ผู้มีพระคุณ ตลอดจนผู้แต่งหนังสือหรือตำราทุกท่าน ที่ข้าพเจ้าใช้อย่างอิงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้ามีความซาบซึ้งในความกรุณาอันดียิ่งจากทุกท่าน หากมีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

จิตติมา กรป้องกัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ฅ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่	
1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
3. การออกแบบและผลการทดลองแบบที่ 1	17
3.1 ภาพรวมของระบบ.....	17
3.2 การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ.....	18
3.3 ผลการทดลอง.....	39
3.4 สรุปผลการทดลอง.....	51
4. การออกแบบและผลการทดลองแบบที่ 2.....	52
4.1 ภาพรวมของระบบ.....	52
4.2 การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ.....	54
4.3 ผลการทดลอง.....	64
4.4 สรุปผลการทดลอง.....	76

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	77
5.1 บทสรุป.....	77
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....	78
บรรณานุกรม.....	79
ภาคผนวก.....	82
ประวัติผู้เขียน.....	96



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลของตัวแปรอินพุทที่ 1 ของโรงงานขนาดเล็ก เดือน ธันวาคม.....	20
3.2 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลของตัวแปรอินพุทที่ 2 ของโรงงานขนาดเล็ก เดือน ธันวาคมวันที่ 5 ธันวาคม 2561.....	22
3.3 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรอินพุทที่ 3 ของโรงงานขนาดเล็กเดือน ธันวาคม 2561.....	25
3.4 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรอินพุทที่ 4 ของโรงงานขนาดเล็กเดือน ธันวาคม 2561.....	27
3.5 ข้อมูลในรูปแบบพีชคณิต จำนวน 81 กฎ.....	28
3.6 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรเอาต์พุท ของโรงงานขนาดเล็กวันที่ 5 ธันวาคม 2561.....	35
3.7 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรเอาต์พุท ของโรงงานขนาดเล็กวันที่ 30 ธันวาคม 2561.....	36
4.1 ข้อมูลในรูปแบบพีชคณิต จำนวน 25 กฎ.....	53

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กราฟความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดปี 2562.....	2
1.2 กำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งระบบปี 2562.....	3
2.1 ตรรกะแบบจริงเท็จ และ ตรรกะแบบพีชชี.....	6
2.2 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	8
2.3 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	8
2.4 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	9
2.5 Simple linear regression.....	13
3.1 สถาปัตยกรรมระบบ.....	17
3.2 ตัวแปรอินพุทที่ 1 อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน ของฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	19
3.3 ตัวแปรอินพุทที่ 1 อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน.....	19
3.4 ตัวแปรอินพุทที่ 2 อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโวลต์ที่ได้รับของ ฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	21
3.5 ตัวแปรอินพุทที่ 2 อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโวลต์ที่ได้รับของ ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	22
3.6 ตัวแปรอินพุทที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาของฟังก์ชันเกาส์เซียน..	24
3.7 ตัวแปรอินพุทที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	24
3.8 ตัวแปรอินพุทที่ 4 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา ของฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	26
3.9 ตัวแปรอินพุทที่ 4 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา ของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	27
3.10 แสดงกฎพีชชีในรูปแบบภาษา.....	32
3.11 ตัวแปรเอาต์พุท อัตราการซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของฟังก์ชัน เกาส์เซียน.....	34
3.12 ตัวแปรเอาต์พุท อัตราการซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยของฟังก์ชัน สามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของโรงงานขนาดเล็ก เดือนเมษายน.....	37
3.14 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัย เดือนเมษายน.....	37
3.15 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่โรงงานขนาดเล็ก เดือนธันวาคม.....	38
3.16 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัย เดือนธันวาคม.....	38
3.17 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก.....	40
3.18 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย	40
3.19 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก.....	41
3.20 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย.....	42
3.21 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก	42
3.22 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย	43
3.23 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก.....	44
3.24 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย.....	44
3.25 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก.....	45
3.26 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย...	46
3.27 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก.....	46
3.28 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบวิกฤตในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย..	47
3.29 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบปกติเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก.....	47
3.30 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบปกติเดือนธันวาคมที่อยู่อาศัย.....	48
3.31 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก.....	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
3.32	เอาท์พุทการซื้อขายพลังงาน ไฟฟ้าแบบวิกฤตเดือนธันวาคมที่อยู่อาศัย.....	49
3.33	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน ฟังก์ชัน ความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู ของที่อยู่อาศัย วันที่ 5 ธันวาคม 2561.....	49
3.34	การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน ฟังก์ชัน ความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู ของที่อยู่อาศัย วันที่ 30 ธันวาคม 2561.....	50
4.1	ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของ ฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	55
4.2	ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของ ฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	56
4.3	ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของ ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	57
4.4	ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	58
4.5	ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	58
4.6	ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	59
4.7	ตัวแปรเอาต์พุต ซื้อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันเกาส์เซียน.....	60
4.8	ตัวแปรเอาต์พุต ซื้อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันสามเหลี่ยม.....	61
4.9	ตัวแปรเอาต์พุต ซื้อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู.....	62
4.10	ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัย เดือนเมษายน..	62
4.11	ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของโรงงานขนาดเล็ก เดือน เมษายน.....	63
4.12	ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561ของฟังก์ชันเกาส์ เซียน.....	64
4.13	ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่ เดือนเมษายน 2561ของฟังก์ชันเกาส์ เซียน.....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.14 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติเดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันเกาส์ เขียน.....	66
4.15 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันเกาส์ เขียน.....	67
4.16 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติเดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สามเหลี่ยม.....	68
4.17 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สามเหลี่ยม.....	69
4.18 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติเดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สามเหลี่ยม.....	70
4.19 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สามเหลี่ยม.....	71
4.20 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติเดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยม คางหมู.....	72
4.21 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สี่เหลี่ยมคางหมู.....	73
4.22 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติเดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยม คางหมู.....	74
4.23 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชัน สี่เหลี่ยมคางหมู.....	75

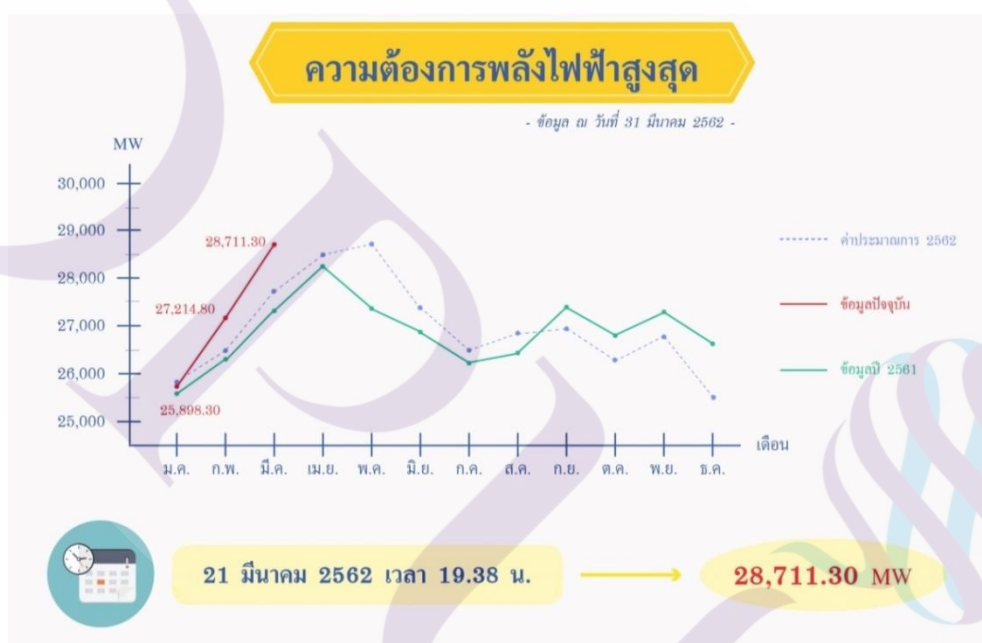
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

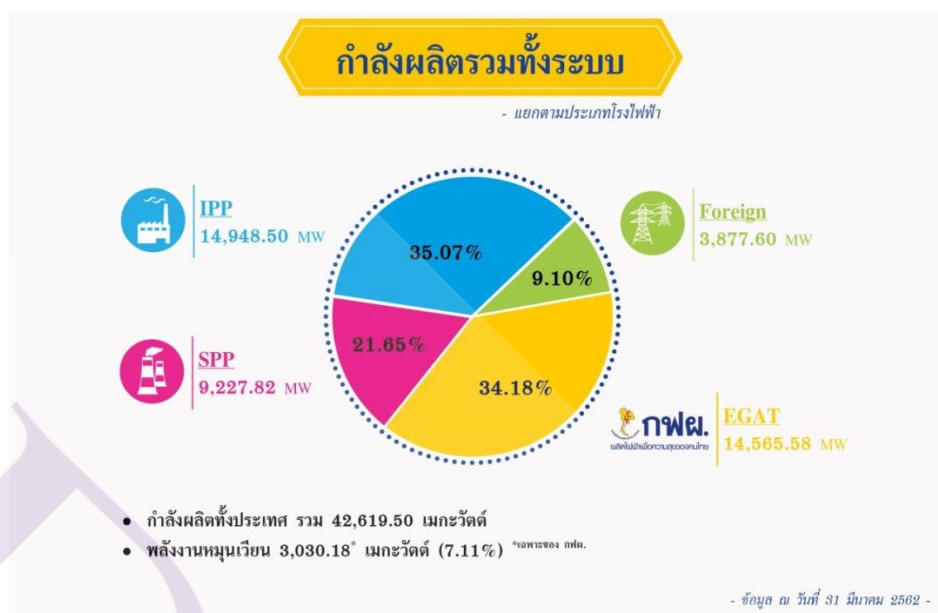
จากข้อมูลกราฟและสถิติกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้า และความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในเดือนมีนาคม 2562 พบว่ากำลังผลิตในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 14,565.58 เมกะวัตต์ และความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเดือนมีนาคม 2562 มีค่าอยู่ที่ 28,711.30 เมกะวัตต์ แสดงให้เห็นว่ากำลังการผลิตในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า และจากสถิติมีความต้องการการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี ดังภาพที่ 1.1 โดยปัจจัยที่ทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นนั้น คือผู้บริโภคมีพฤติกรรมที่มีการใช้พลังงานเกินขีดจำกัด ทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานมีราคาที่สูงทั้งฝั่งผู้ให้บริการและผู้ให้บริการอาจทำให้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนของการผลิตต่างๆ หรือพฤติกรรมที่มีการใช้พลังงานต่ำกว่าขีดจำกัดมากๆ แต่ผู้ใช้ไม่ทราบข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ให้บริการในสถานการณ์นี้ อาจส่งผลให้ทั้งผู้ให้บริการและผู้ให้บริการเสียโอกาสในการลดต้นทุนการผลิตจากการขายพลังงานไฟฟ้าคืนแก่ผู้ให้บริการ ซึ่งระบบเดิมการแจ้งการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ให้บริการจะเป็นเพียงการแจ้งการใช้งานของผู้ใช้คนเดียว โดยที่ตัวผู้ให้บริการเองไม่ทราบถึงขีดจำกัดในการใช้พลังงาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้ให้บริการและผู้ให้บริการมีค่าใช้จ่ายที่สูงและอาจส่งผลให้ผู้ให้บริการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามาไม่พอกับความต้องการของผู้ใช้บริการ ทำให้เกิดผลกระทบหลายอย่างตามมา เช่น ไฟฟ้าดับทำให้ผู้ให้บริการเสียโอกาสในการผลิตสินค้าต่างๆ โดยข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยนั้น การไฟฟ้าผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) สามารถผลิตได้เพียง 34 เปรอร์เซ็นต์ และในส่วนที่เหลือจำเป็นต้องมีการซื้อพลังงานเพิ่มเติมจากผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายใหญ่ 34.90 เปรอร์เซ็นต์ ผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายเล็ก 22.06 เปรอร์เซ็นต์ และซื้อจากภายนอกประเทศ 9.05 เปรอร์เซ็นต์ ดังภาพที่ 1.2 ซึ่งถือว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคในประเทศไทย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอรูปแบบการซื้อขายโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยประยุกต์ใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการแนะนำการซื้อขาย โดยการกำหนดโควตาพื้นฐานของผู้ใช้งาน โดยวิเคราะห์จากปริมาณโหลดการใช้ไฟฟ้าในอดีตเป็นพื้นฐานการกำหนดโควตา เพื่อให้ผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าตามโควตาที่ได้รับ หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอสามารถซื้อเพิ่มเติมจากโควตาที่ได้รับ และหากมีการใช้ไฟฟ้าเหลือจากโควตาสามารถทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้ โดยการกำหนดโควตานั้น เพื่อช่วยให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถคาดการณ์การผลิตไฟฟ้าได้เหมาะสมกับการใช้ไฟของผู้บริโภค ทำให้เกิดความสมดุลระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภค และการผลิตพลังงานไฟฟ้าของผู้ผลิตได้ รวมทั้งลดปัญหาในด้านค่าใช้จ่ายของระบบปฏิบัติการต่าง ๆ และเพื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1.1 กราฟความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดปี 2562

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2562)



ภาพที่ 1.2 กำลังการผลิตไฟฟ้ารวมทั้งระบบ ปี 2562

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2562)

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อเสนอระบบซื้อขายโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้า
2. ประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อช่วยตัดสินใจซื้อขายโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการช่วยตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าบนระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการโรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควตาคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤต ของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 เดือนเมษายน และเดือนธันวาคม 2561 เพื่อจำลองการซื้อขายของผู้ใช้บริการ รวมทั้งหมด 56 การทดลอง

การใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) นั้น ออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิก เปรียบเทียบระหว่างฟังก์ชันเกาส์เซียน และฟังก์ชันสามเหลี่ยมกับฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ในการพิจารณา โดยกำหนดตัวแปรอินพุตจำนวน 4 อินพุต และเอาต์พุตจำนวน 1 เอาต์พุต ดังนี้

อินพุตที่ 1 : อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน

อินพุตที่ 2 : อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อ โควต้าที่ได้รับ

อินพุตที่ 3 : อุณหภูมิ

อินพุตที่ 4 : อัตราส่วนความต้องการตามช่วงเวลา

เอาต์พุต : แนะนำการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า

เมื่อวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองในการออกแบบข้างต้น ดังการทดลองในบทที่ 3 พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบจากอินพุตและเอาต์พุตดังกล่าวไม่สมเหตุสมผลดังผล จึงได้มีการปรับเปลี่ยนอินพุตและเอาต์พุตเพื่อให้ผลการทดลองมีความครอบคลุมมากขึ้น ดังการทดลองในบทที่ 3 ดังนี้

การทดลองได้จำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการโรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤต ของ เดือน เมษายน 2561 เพื่อจำลองการซื้อขายของผู้ใช้บริการ โดยออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปรียบเทียบระหว่างฟังก์ชันเกาส์เซียน และฟังก์ชันสามเหลี่ยมกับฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ในการพิจารณา โดยกำหนดตัวแปรอินพุตจำนวน 2 อินพุต และเอาต์พุตจำนวน 1 เอาต์พุต ดังนี้

อินพุตที่ 1 : ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า

อินพุตที่ 2 : แนวโน้มการใช้ไฟฟ้า

เอาต์พุต : แนะนำการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

1. สืบค้นรวบรวมข้อมูลที่มาและความสำคัญของระบบสมาร์ตกริด วิศวกรรมศาสตร์คลุมเครือ และการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า
2. วิเคราะห์ปัญหาในระบบสมาร์ตกริด
3. ออกแบบกฎของตรรกศาสตร์คลุมเครือที่ใช้ในระบบ
4. จำลองระบบ (Simulator)
5. วิเคราะห์ผลการวิจัย
6. สรุปผลงานวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถวิเคราะห์ปริมาณการจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนและของโรงงานไฟฟ้า บนระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ
2. สามารถลดค่าใช้จ่ายของโรงงานไฟฟ้าได้
3. สามารถทำให้ระบบมีเสถียรภาพได้
4. สามารถลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภคได้
5. สามารถเพิ่มความสมดุลระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าหลักที่มีอย่างจำกัดและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าทุกท่านจะได้รับโควตาพื้นฐานสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้



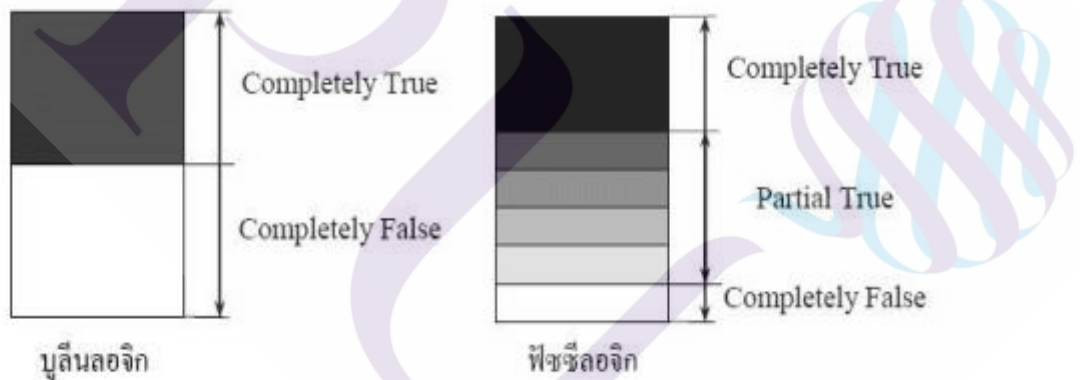
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic)

ตรรกศาสตร์คลุมเครือ เป็นตรรกศาสตร์ที่ช่วยในการตัดสินใจในเหตุการณ์ที่มีความขัดแย้ง คลุมเครือหรือมีความไม่มีความแน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ โดยใช้หลักและเหตุผลที่มีความซับซ้อนเลียนแบบวิธีคิดของมนุษย์ ซึ่งตรรกศาสตร์คลุมเครือมีลักษณะพิเศษกว่าตรรกศาสตร์แบบจริงเท็จ (Boolean logic) โดยตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นแนวคิดที่มีการต่อขยายในส่วนของความจริง (partial true) โดยค่าความจริงจะอยู่ในช่วงระหว่างจริง (completely true) กับเท็จ (completely false) ส่วนตรรกศาสตร์เดิมจะมีค่าเป็นจริงกับเท็จเท่านั้น ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ตรรกะแบบจริงเท็จ และ ตรรกะแบบฟัซซี

นิยามของฟัซซีเซต

นิยามของฟัซซีเซต A ของเอกภพสัมพัทธ์ที่กล่าวถึง U (Universe of Discourse) ถูกแสดงถึงคุณลักษณะโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิก $\mu_A(u)$ และกำหนดว่าสมาชิกแต่ละตัว $u \in U$ โดย $\mu_A(u)$ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งแทนระดับความเป็นสมาชิกของ A นั้นดังสมการที่ (2.1)

$$A = \{(u, \mu_A(u) | u \in U\} \quad (2.1)$$

ฟัซซีเซต

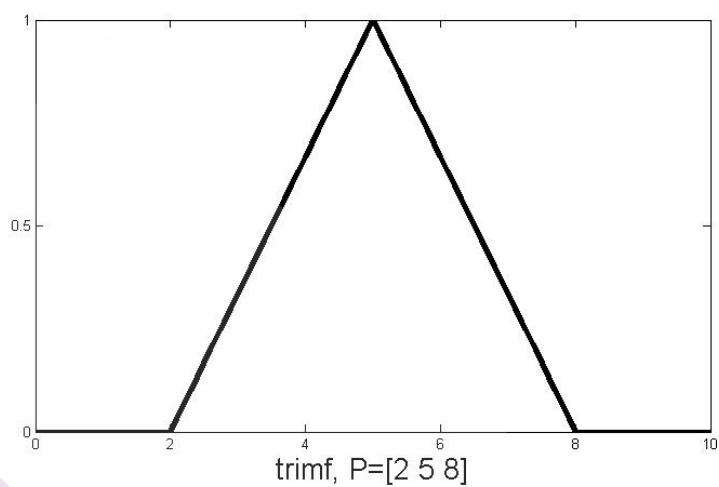
ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่มีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของกลุ่มแต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อย แตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

ทฤษฎีฟัซซีเซตสามารถแก้ปัญหาข้อจำกัดของเซตแบบดั้งเดิมได้ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (Degree of Membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ $[0, 1]$, โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (Mapping Function) วัตถุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในฟัซซีเซต ความเป็นสมาชิกสำหรับฟัซซีเซต มีจำนวนระดับความเป็นสมาชิกเป็นอนันต์ คือค่าต่อเนื่องในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งครอบคลุมการกำหนดสมาชิกแบบฉบับ และเซตแบบฉบับหรือเซตทวินัย (Crisp Set)

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function)

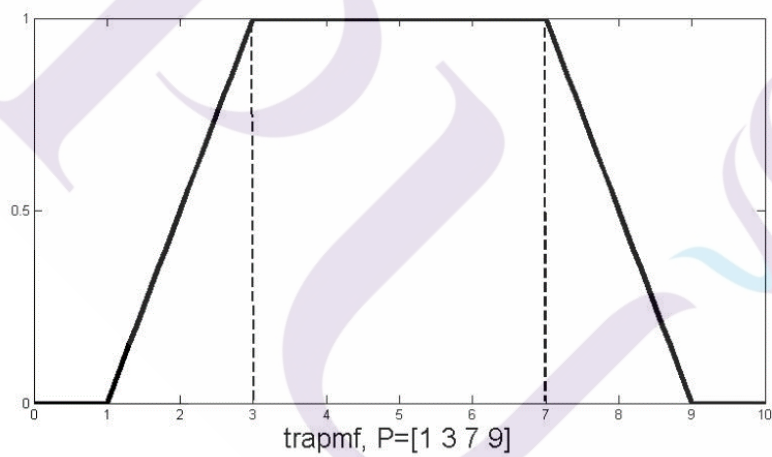
ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) มีการกำหนดระดับในการเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน หรือคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สามารถกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง 3 ชนิดดังนี้

1. ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ประกอบไปด้วย 3 พารามิเตอร์ คือ $\{a, b, c\}$



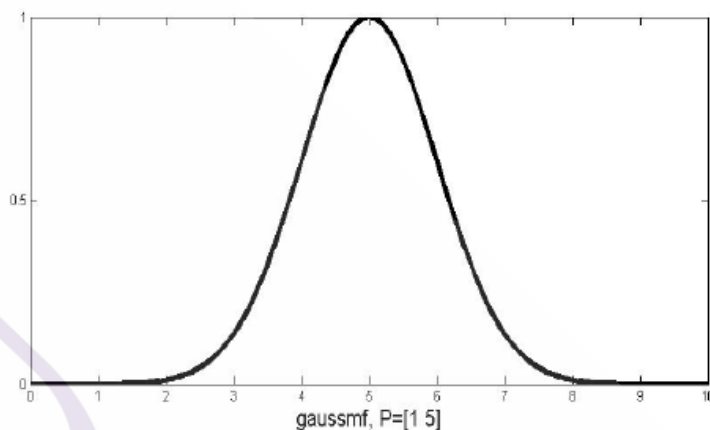
ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันสามเหลี่ยม

2. ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal membership function) ประกอบไปด้วยพารามิเตอร์ 4 ตัว คือ $\{a,b,c,d\}$



ภาพที่ 2.3 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

3. ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian membership function) ประกอบไปด้วย 2 พารามิเตอร์ คือ $\{m, \sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



ภาพที่ 2.4 กราฟแสดงตัวอย่างฟังก์ชันเกาส์เซียน

ขั้นตอนการประมวลผลของระบบฟัซซี

ขั้นตอนการประมวลผลของระบบฟัซซีโดยทั่วไปมีรูปแบบการทำงานเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. การแปลงค่าอินพุตทั่วไปเป็นค่าฟัซซี (Fuzzification) เป็นขั้นตอนคำนวณค่าฟัซซีผ่านฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจากส่วนข้อมูลมาตรฐานของกฎฟัซซีเพื่อหาค่าดีกรีระหว่าง 0 ถึง 1

2. การรวมค่าฟัซซีจากส่วนข้อมูลมาตรฐาน (Combining) เป็นการรวมค่าฟัซซีจากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในส่วนข้อมูลมาตรฐานของกฎข้อเดียวกันเข้าด้วยกันโดยใช้ตัวดำเนินการ fuzzy AND (min) หรือ fuzzy OR (max) ทำเป็นค่าดีกรีความแข็งแรงเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ส่งออกไปจากส่วนข้อมูลมาตรฐาน

3. การอนุมานค่าหรือดีความ (Implication) เป็นขั้นการใช้ค่าดีกรีฟัซซีสนับสนุนจากทั้งกฎเพื่อกำหนดค่ารูปร่างของฟัซซีเซตเอาต์พุตของกฎ ข้อตามของกฎฟัซซีเป็นสิ่งกำหนดฟัซซีเซตที่เอาต์พุตซึ่งแสดงโดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ถูกกำหนดไว้เพื่อแสดงปริมาณของข้อตาม ถ้าข้อมูลมาตรฐานถูกต้องเพียงบางส่วน (ค่าฟัซซีต่ำกว่า 1) ฟัซซีเซตเอาต์พุตจะถูกตัดออกไป วิธีการที่นิยมใช้ในการตีความของระบบ Mamdani ได้แก่ Max-Min method และ Max-Dot method และการของระบบ TSK เป็นการคูณค่าฟัซซีจากข้อตั้งเข้ากับค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้จากสมการของข้อสรุปในแต่ละข้อ

4. การรวมค่าฟัซซีเอาต์พุตจากกฎทุกข้อ (Aggregation) สำหรับ ระบบแบบMamdani การรวมค่าจากข้อตามหรือข้อสรุปของกฎทุกข้อเพื่อเป็นฟัซซีเซตของระบบทั้งหมดด้วยวิธี fuzzy OR สำหรับการรวมค่าจากข้อสรุปทุกข้อเป็นการบวกค่าจากกฎทุกข้อเข้าด้วยกัน

5. การทำค่าฟัซซีเป็นค่าปกติ (Defuzzification) เป็นการทำให้ค่าฟัซซีเอาต์พุตที่รวมจากกฎทุกข้อเป็นค่าปกติที่ใช้ในงานจริง เช่น ในการควบคุม วิธีที่นิยมใช้คือ Center of Gravity หรือ Weighted Average การทำให้ค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) วิธีการที่เป็นเทคนิคการเลือกค่าสูงสุดหรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซตมาเพียงค่าเดียว ซึ่งเป็นการใช้ค่าสูงสุดของค่าระดับการเป็นสมาชิกจากการกระทำหลายๆ แบบ และเลือกกระทำเพียงรูปแบบเดียว การหาจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์กลางโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการที่ (2.2)

$$(2.2) \quad COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i}$$

โดยสมการได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

COG แทน ค่าของจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity)

N แทน ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทน ค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

w_i แทน พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ i

2.1.2 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid)

โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ หรือ Smart Grid เป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่เชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อให้สามารถบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต การจ่ายพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานทดแทนต่างๆ เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงการเชื่อมต่อโครงข่ายด้วยมิเตอร์อัจฉริยะ ซึ่งผู้ขายไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถอ่าน หรือคำนวณค่าใช้จ่ายของการใช้พลังงานได้เสมอ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยหลักการที่สำคัญของ

โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะคือ ความสมดุลระหว่างการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้ระบบมีความเสถียรภาพ และการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ทำให้ผู้ใช้บริการไฟฟ้าสามารถตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้ว่าใช้ไฟฟ้าไปมากน้อย เพียงใด ในช่วงเวลาใด และมีค่าใช้จ่ายเท่าใด โดยผู้ให้บริการไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการภาระกำลังไฟฟ้า ที่จ่ายให้โหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถทราบค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าตามเวลาจริง ทำให้มีความสูญเสียน้อย สามารถลดต้นทุนในการสำรองไฟฟ้า และลด ปัญหาไฟดับในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก และยังสามารถทำการซื้อขายไฟฟ้ากับคู่สัญญา ทั้งผู้ใช้ไฟทั่วไปหรือผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กได้ โดยสามารถทราบค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้และถูกต่อเข้ากับโครงข่าย (On-Grid) ได้ตามเวลาจริง และยังสามารถทราบตำแหน่งที่มีความผิดปกติของทางไฟฟ้า (Fault) ได้ในทันทีที่เกิดเหตุ และสามารถส่ง พนักงานออกไปทำการซ่อมได้ในเวลาอันสั้น ในกรณีผู้ใช้ไฟฟ้าค้างชำระค่าไฟฟ้าเกินกำหนด ผู้ให้บริการไฟฟ้ายังสามารถสั่ง ระวังการจ่ายไฟฟ้าจากระยะไกลได้โดยไม่ต้องเดินทางไปตรวจสอบ เป็นการลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมโครงข่ายไฟฟ้า และลด การสูญเสียรายได้จากการจ่ายไฟฟ้าอีกด้วย ซึ่งในอนาคต ผู้ให้บริการไฟฟ้าอาจปรับเปลี่ยนระบบการเรียกเก็บค่าใช้จ่ายค่าไฟฟ้า จากเดิมซึ่งต้องให้พนักงาน ไปเดินจดค่ามิเตอร์และส่งใบเรียกเก็บค่าไฟฟ้าเป็นรายเดือน ไปใช้ระบบตัดจ่ายจากบัญชี หรือใช้ระบบจ่ายล่วงหน้า (Pre-Paid) เนื่องจากค่าใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันถูกป้อนกลับเข้าสู่คอมพิวเตอร์หลักของผู้ให้บริการไฟฟ้าตามเวลาจริง

ประโยชน์ของระบบสมาร์ทกริด

1. การรวมพลังงานหมุนเวียนเข้าในระบบไฟฟ้า (Renewable Energy Integration)

พลังงานหมุนเวียนมีประโยชน์อย่างมากในการนำไปสู่ระบบพลังงานที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม พลังงานหมุนเวียนแต่ละประเภทมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป พลังงานหมุนเวียนบางประเภทอาศัยแหล่งพลังงานจากธรรมชาติเป็นตัวขับเคลื่อนการแปรรูปพลังงานออกมาในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

2. การลดความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Reduction)

ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของประเทศไทยนั้นมักจะเกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายนซึ่งเป็นฤดูร้อนและเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุด ส่งผลให้การใช้เครื่องปรับอากาศมีปริมาณมากขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดนั้นมักจะเกิดขึ้นเพียงช่วงเวลาสั้นๆ ในแต่ละปีภาคการผลิตไฟฟ้าจำเป็นต้องจัดเตรียมกำลังการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอสามารถรองรับความต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้

3. การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารงานระบบโครงข่ายไฟฟ้า

ระบบสมาร์ตกริดสามารถทำให้การบริหารจัดการระบบโครงข่ายไฟฟ้าเป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การตรวจจับความผิดปกติขึ้นในระบบไฟฟ้าอย่างอัตโนมัติ และการตรวจหาความผิดปกติเหล่านั้นมีความแม่นยำและชัดเจนมากขึ้น เป็นต้น ซึ่งจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานโครงข่ายสามารถตอบสนองต่อความผิดปกติเหล่านั้นได้อย่างรวดเร็วกว่าเดิม นอกจากนี้ระบบสมาร์ตกริดที่มีความก้าวหน้ามากขึ้นอาจจะสามารถตอบสนองต่อความผิดปกติอื่นๆ โดยอัตโนมัติ เรียกว่า การรักษาเยียวยาตนเอง

4. เพิ่มการรับรู้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้า

เมื่อเทคโนโลยีระบบสมาร์ตกริดถูกนำมาใช้งานมากขึ้นจะทำให้เกิดการรับรู้ข้อมูลต่างๆ ในปริมาณมากขึ้น ข้อมูลบางประเภทนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าอาจจะไม่เคยตระหนักรับรู้มาก่อน แต่เดิมนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของตนเองภายในเดือนนั้นๆ โดยทราบจากการจดมิเตอร์ไฟฟ้าที่หมุนไปในรอบเดือนนั้น หรือจากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าที่ได้รับ ในอนาคต เมื่อสมาร์ตมิเตอร์ (Smart Meter) ถูกติดตั้งเข้าไปจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ได้ละเอียดมากขึ้น ในบางภาคส่วนการรับรู้ข้อมูลเพิ่มเติมเหล่านี้ได้มีบ้างแล้ว เช่น ภาคอุตสาหกรรมที่มีการติดตั้งระบบอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ (Automatic Meter Reading: AMR) เป็นต้น

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน

- ถูกออกแบบมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า
- โดยทั่วไปแล้วพลังงานไฟฟ้าจะมีทิศทางไหลของไฟฟ้าเพียงทิศทางเดียว
- ผู้ใช้ไฟฟ้ายังมีบทบาทในการผลิตไฟฟ้าที่จำกัด
- มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลของระบบไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ในระดับน้อยมาก
- มีการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์แบบอัตโนมัติอย่างจำกัด

ระบบไฟฟ้าในอนาคต

- มีการออกแบบให้รองรับแหล่งผลิตไฟฟ้าที่กระจายตัวอยู่ทั่วไป (Distributed Generation) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนบางประเภท เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น
- มีการออกแบบให้ไฟฟ้าสามารถไหลได้สองทิศทาง รวมถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศให้สามารถไหลในสองทิศทาง

- ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถมีบทบาทในการผลิตไฟฟ้า (Prosumer) รวมถึงเปิดโอกาสให้ผู้
ใช้ไฟฟ้าสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับวิถีชีวิตและ
พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจำนวนมากระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ มีการทำงานร่วมกันอย่าง
สอดคล้องประสานระหว่างอุปกรณ์ตรวจวัด ประมวลผล ระบบอัตโนมัติและสื่อสาร
ข้อมูล

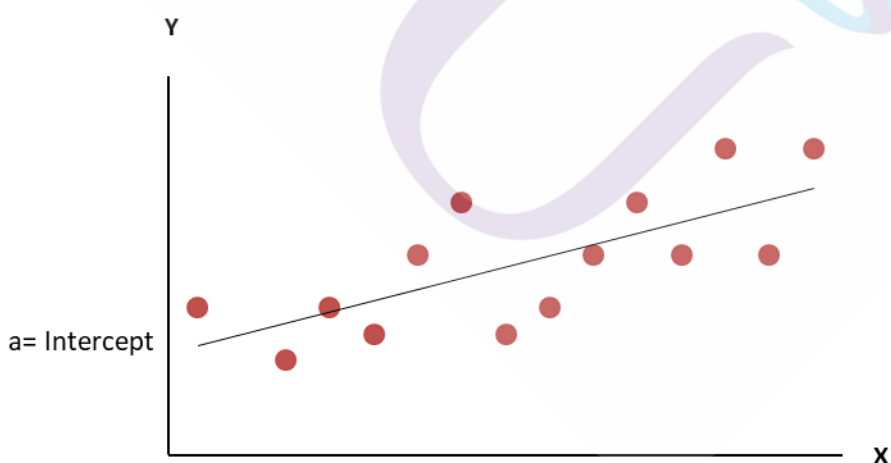
2.1.3 การวิเคราะห์ความแปรผัน (Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความแปรผัน เป็นวิธีการทางสถิติที่ศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ทราบ
ค่าเรียกว่าตัวแปรอิสระหรือเรียกว่าตัวพยากรณ์ นิยมใช้สัญลักษณ์ X ซึ่งสามารถนำมาพยากรณ์ค่า
ของตัวแปรอีกตัวหนึ่งได้ เรียกว่า ตัวแปรตามใช้สัญลักษณ์ Y

การวิเคราะห์ความแปรผันแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. การวิเคราะห์ห้อย่างง่าย (Simple Regression Analysis)
2. การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis)

การศึกษถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ที่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัว
แปรอิสระและตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ซึ่งความสัมพันธ์ ของตัวแปรทั้งสองจะอยู่ในรูปแบบใดๆ
เช่นเส้นตรง เส้นโค้ง ฯลฯ ในระดับนี้จะกล่าวถึงเฉพาะความสัมพันธ์ลักษณะเส้นตรงเท่านั้น
ซึ่งเรียกว่า การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) ซึ่งสามารถแสดง
ความสัมพันธ์ในรูปสมการเชิงเส้นหรือเส้นตรง หาได้จากสมการที่ (2.3) เมื่อ a และ b เป็นค่าคงที่



ภาพที่ 2.5 Simple linear regression

$$y = a + bx \quad (2.3)$$

วิธีคำนวณหา a และ b ทำได้ดังนี้

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (2.4)$$

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n} \quad (2.5)$$

$$S_{xx} = \sum x^2 - \left(\frac{\sum x^2}{n}\right) \quad (2.6)$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (2.7)$$

โดยที่

a คือ ค่าคงที่หรือจุดตัดบนแกน y

b คือ ค่าความชันหรือสัมประสิทธิ์

S_{xy} คือ ส่วนเบี่ยงเบนกำลังสองของ xy

S_{xx} คือ ส่วนเบี่ยงเบนกำลังสองของ x

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่

"Adaptive Fuzzy Logic Traffic Light Management System" (I. Adam, A. Wahab, M. Yaakop, A. Abdul Salam, Z. Zaharudin, 2014) งานวิจัยนี้มีที่มาจากปัญหาในการจัดการระบบสัญญาณไฟจราจรที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด และมลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อประชากรในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งเกิดจากจำนวนของยานพาหนะที่อยู่ตรงทางแยกที่ไม่สอดคล้องกับการกำหนดสัญญาณไฟจราจรการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่ไม่เหมาะสมกับท้องถนนทำให้ระบบขาดประสิทธิภาพมากขึ้นในบางกรณีตำรวจจราจรก็ต้องควบคุมสัญญาณไฟจราจรเองในวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการการควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้สอดคล้องกับจำนวนยานพาหนะโดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ จากผลวิจัยแสดงให้เห็นว่าการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้น มีประสิทธิภาพมากกว่าการกำหนดสัญญาณไฟจราจรแบบกำหนดเอง

"Fuzzy clustering applied to a demand response model in a smart grid contingency scenario" (Pereira, Rita Marcos Fontes Murta, 2014) งานวิจัยดังกล่าวมีที่มาจากความต้องการลดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบเครือข่ายอัจฉริยะ เพื่อใช้ในสถานการณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก โดยใช้เทคนิคการ จัดกลุ่มโดยตรรกศาสตร์คลุมเครือโดยใช้

โปรแกรม MATLAB ในการวิจัย เพื่อช่วย จัดการการใช้พลังงานของผู้บริโภคให้ประหยัดพลังงาน ลดค่าใช้จ่ายลง และช่วยให้เกิด เสถียรภาพของระบบ การนำเสนอรูปแบบการลดความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้แน่ใจว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เหมาะสมกับพลังงานที่มีผู้บริโภคสามารถ รวบรวมรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่และดำเนินการในโหมดที่ดีที่สุดเพื่อรองรับการใช้พลังงานนั้น ผู้บริโภคสามารถใช้ประโยชน์จากศักยภาพจากโมเดล DR และจัดการ การใช้พลังงาน เพื่อให้ได้ราคาที่ดีที่สุดกับค่าที่จัดการแบบเรียลไทม์และการจัดการนี้ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงและให้ผู้บริโภคสามารถปรับการใช้พลังงาน ไฟฟ้าได้ล่วงหน้าและลดผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่เพียงพอ

"ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับจ่ายยาสัตว์โดยใช้ฟัซซีลอจิก" (พบพร กระแสชัย, 2555) งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบช่วยเหลือในการจ่ายยาสำหรับผู้ที่ทำหน้าที่จ่ายยาให้แก่สุนัขและแมวที่ป่วย เพื่อให้คำแนะนำในการจ่ายยาสัตว์เบื้องต้น และเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญในการจ่ายยาสัตว์ โดยระบบนี้ได้จัดเก็บข้อมูลจากสัตวแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงคู่มือการใช้ยาสัตว์ ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ สามารถให้คำแนะนำแนวทางในการจ่ายยา สัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยระบบสามารถให้คำแนะนำแนวทางการจ่ายยาได้ใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์

"การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิก เพื่อจัดสรรหน่วยความจำของเวอร์ชวลแมชีนในการประมวลผลคลาวด์" (ทิพรรัตน์ ศิลปพงษ์วรกร, 2558) งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการพยากรณ์หน่วยความจำของเครื่องจักรเสมือนในการประมวลผลคลาวด์ โดยมุ่งเน้นให้ผลลัพธ์ค่าพยากรณ์มีค่ามากกว่าปริมาณการใช้งานหน่วยความจำจริง เพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดปัญหาหน่วยความจำไม่เพียงพอต่อการประมวลผล ผลการทดลองพบว่าวิธีการพยากรณ์ปริมาณหน่วยความจำด้วยวิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า โดยมีอัตราการเกิดปัญหาหน่วยความจำไม่เพียงพอต่อการประมวลผลน้อยกว่า เมื่อเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบ EWMA

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า

"Fuzzy energy management controller and scheduler for smart homes"(Rabiya Khalid, Samia Abid, Ayesha Zafar, Anila Yasmeeen, Zahoor Ali Khan, Umar Qasim, and Nadeem Javaid,2018) งานวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมการจัดการพลังงานสำหรับบ้านอัจฉริยะ โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ เพื่อปรับอุณหภูมิของระบบปรับอากาศ HVAC กำหนดตัวแปรอินพุท คือ อุณหภูมิ, ราคาไฟ, ความต้องการการใช้ไฟฟ้าในระบบ, การพักอาศัย และตัวแปรเอาต์พุท คือ

อุณหภูมิของระบบปรับอากาศ HVAC ผลการจำลองพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายได้มากขึ้น

"A Fuzzy Logic Energy Management Strategy for a Photovoltaic/Diesel/Battery Hybrid Ship Based on Experimental Database" (Yupeng Yuan, Tianding Zhang, Boyang Shen, Xinpeng Yan, Teng Long, 2018) งานวิจัยเกี่ยวกับกลยุทธ์การจัดการพลังงานไฟฟ้าสำหรับเรือ เช่น พลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ / ดีเซล / การเก็บพลังงานในแบตเตอรี่โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ เพื่อช่วยในการตัดสินใจการเลือกพลังงานไฟฟ้าโซลาร์เซลล์ หรือจากแบตเตอรี่สำรอง กำหนดตัวแปรอินพุต คือ ความต้องการการใช้ไฟฟ้าบนเรือ, พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์, ความจุของแบตเตอรี่ และตัวแปรเอาต์พุตคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์, การใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่สำรอง ผลการทดลองนั้นสามารถปรับแต่งการจัดการการใช้พลังงานแบบไดนามิกของแต่ละแหล่งพลังงานได้อย่างเหมาะสม และยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายได้เพิ่มมากขึ้น

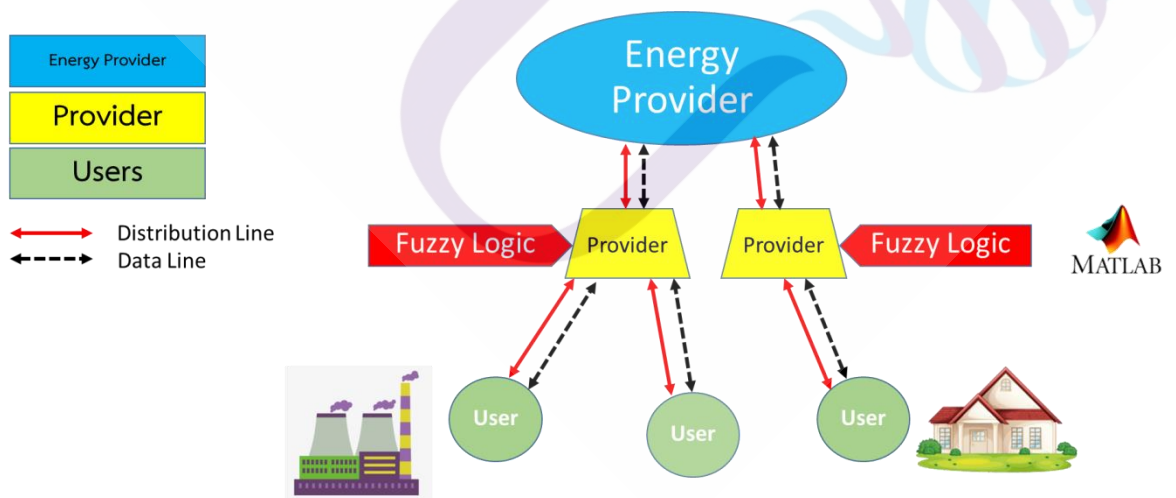
"Peak Load Shifting in the Internet of Energy with Energy Trading among End-users"(Chun-Cheng Lin, Der-Jiunn Deng, Wan-Yu Liu, Linnan Chen, 2017) งานวิจัยเกี่ยวกับการปรับเปลี่ยนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุด (Peak Time) ในระบบอัจฉริยะ (Internet of Energy) ด้วยการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า ผลการจำลองพบว่าสามารถกระตุ้นให้ผู้ใช้ปลายทางสามารถสร้างและจัดเก็บพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดการใช้พลังงานในช่วงที่มีการใช้พลังงานสูงสุด (Peak Time)

บทที่ 3

การออกแบบและผลการทดลองแบบที่ 1

3.1 ภาพรวมของระบบ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการช่วยแนะนำการตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยกำหนดอินพุตพื้นฐานที่เรียบง่ายตรงไปตรงมา ซึ่งผู้วิจัยวิเคราะห์ว่าน่าจะมีเกี่ยวข้องกับการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าโดยตรง โดยกำหนดอินพุต ดังนี้ อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับ อุณหภูมิ และอัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา เพื่อช่วยวิเคราะห์การกำหนดโควต้าการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละแห่งให้มีปริมาณที่เหมาะสมในแต่ละเดือน และการทดลองมีการแนะนำการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าทุกๆ ชั่วโมง โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการ โรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤต เดือนเมษายน และเดือนธันวาคม เพื่อจำลองการซื้อขายของผู้ใช้บริการ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 สถาปัตยกรรมระบบ

3.2 การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

3.2.1 ออกแบบพีชชีเซต

ทำการออกแบบตัวแปรพีชชีซึ่งมีทั้งตัวแปรทางด้านอินพุตและเอาต์พุต จากนั้นทำการกำหนดจำนวนตัวแปรตามต้องการ ในการกำหนดค่าอินพุตและเอาต์พุตนั้นผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการทดลองการใช้งานระหว่าง ฟังก์ชันสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมู และฟังก์ชันเกาส์เซียน โดยผลการทดลองนั้นเอาต์พุตที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันเกาส์เซียนมีผลลัพธ์ที่ละเอียดมากกว่า และเหมาะกับค่าตัวแปรอินพุตที่ค่อยๆมีการเปลี่ยนแปลง และการกำหนดอัตราส่วนของตัวแปรอินพุตนั้นพิจารณาเป็น 3 ช่วง เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ สถิติงานวิจัยนั้นจะใช้ 3 ช่วงอัตราส่วนเป็นส่วนใหญ่ เพิ่มความเร็วในการทำงานของระบบ และลดความซ้ำซ้อนของการออกแบบกฎในระบบ

3.2.2 การออกแบบอินพุตและเอาต์พุต

Input 1 : เป็นค่าข้อมูลจริงของอัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้ข้อมูลเป็น (Normalized Data) และแบ่งช่วงข้อมูลอินพุตออกเป็น 3 ระดับ คือ

ต่ำ (low) หมายถึง อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือนน้อยปานกลาง (Medium) หมายถึง อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือนปานกลาง

สูง (High) หมายถึง อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือนมาก โดยหาได้จากสมการ (3.1) ดังนี้

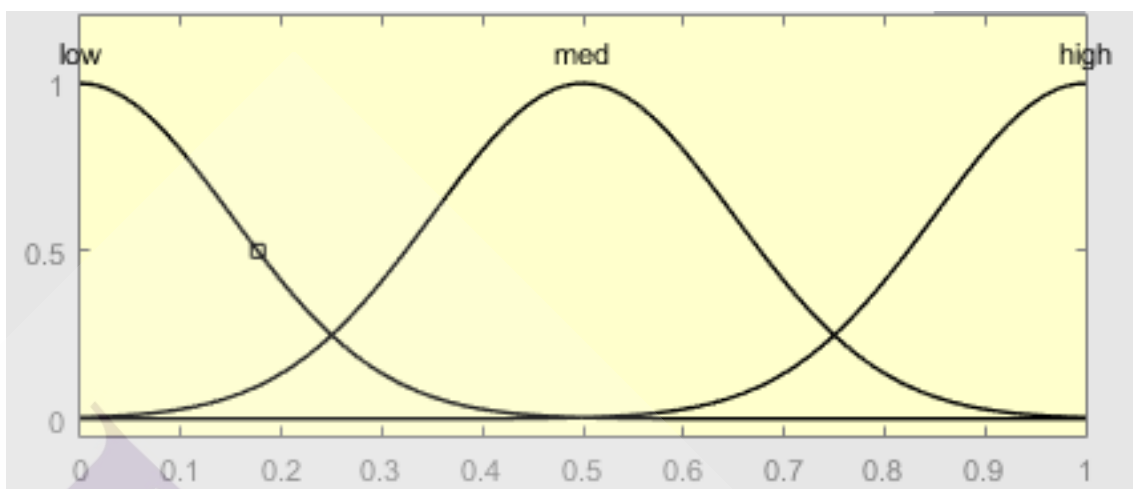
$$D_r = \frac{d_{use}}{d_{all}} \quad (3.1)$$

โดยที่ D_r คือ อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน
 d_{use} คือ จำนวนวันปัจจุบัน
 d_{all} คือ จำนวนวันทั้งหมดของเดือน

โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma] \}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสมาชิกดังนี้

$P=[0.15 \ 0]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Low
$P=[0.15 \ 0.5]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Medium
$P=[0.15 \ 1]$	หมายถึงระดับข้อมูล	High



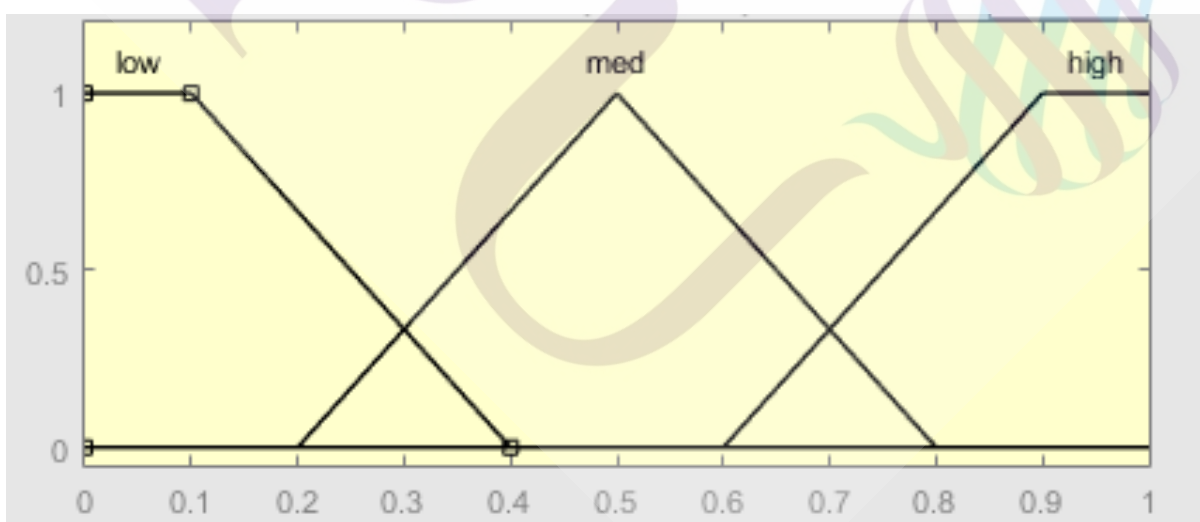
ภาพที่ 3.2 ตัวแปรอินพุตที่ 1 อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือนของ ฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีสมาชิกดังนี้

$P=[0 \ 0.1 \ 0.4]$ หมายถึงระดับข้อมูล น้อย

$P=[0.2 \ 0.5 \ 0.8]$ หมายถึงระดับข้อมูล กลาง

$P=[0.6 \ 0.9 \ 1]$ หมายถึงระดับข้อมูล มาก



ภาพที่ 3.3 ตัวแปรอินพุตที่ 1 อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือนของ ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลของตัวแปรอินพุตที่ 1 ของโรงงานขนาดเล็กเดือนธันวาคม

เวลา (Hour)	$\frac{d_{use}}{d_{all}}$	D_r
5	5/31	0.16129
10	10/31	0.322581
15	15/31	0.483871
20	20/31	0.645161
22	22/31	0.709677
25	25/31	0.806452
30	30/31	0.967742

Input 2 : เป็นค่าข้อมูลจริงของอัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับโดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้ข้อมูลเป็น (Normalized Data) และแบ่งช่วงข้อมูลอินพุตออกเป็น 3 ระดับคือ

ต่ำ (low) หมายถึง อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับน้อย
ปานกลาง (Medium) หมายถึง อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับปานกลาง
สูง (High) หมายถึง อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับมาก

โดยหาได้จากสมการ (3.2) ดังนี้

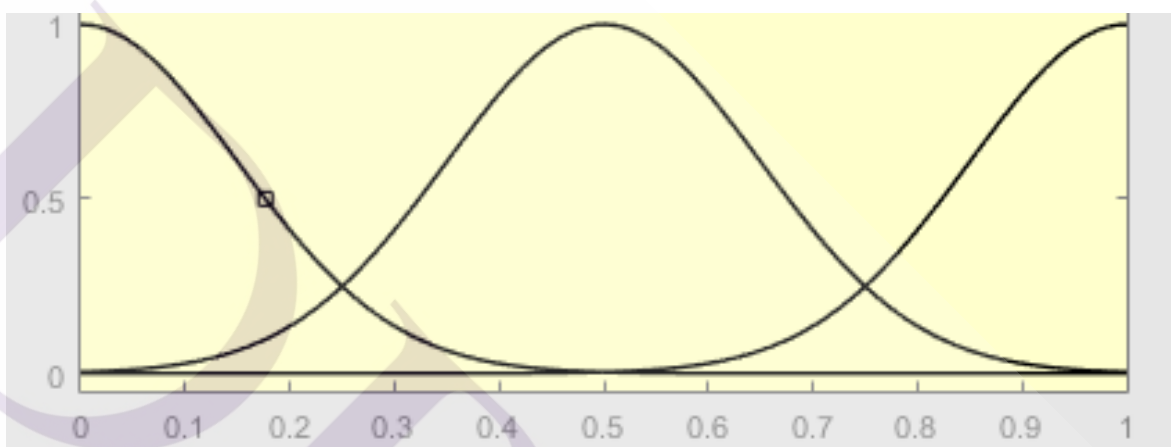
$$E_r = \frac{E_{use}}{E_{all}} \quad (3.2)$$

โดยที่ E_r คือ อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับ
 E_{use} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป
 E_{all} คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดตามโควต้าที่ได้

โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสมาชิกดังนี้

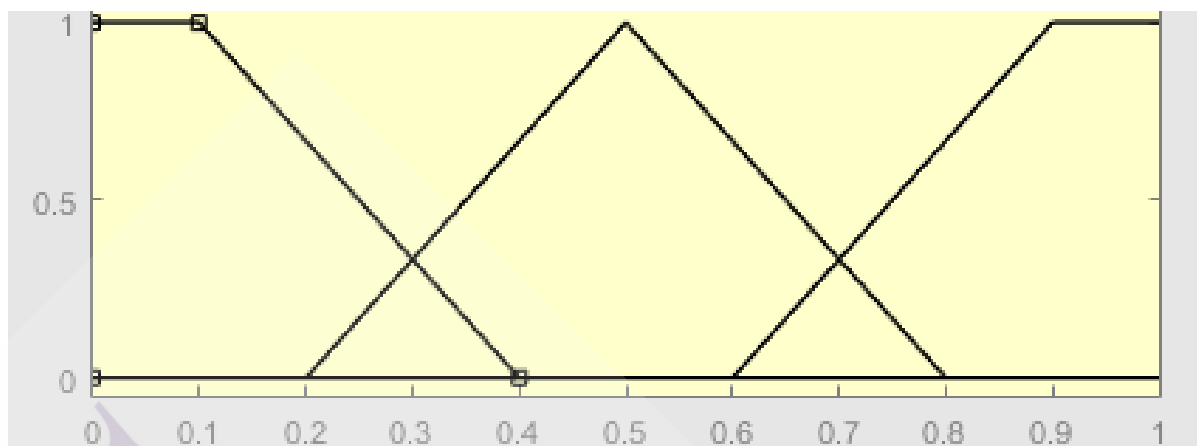
$P=[0.15 \ 0]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Low
$P=[0.15 \ 0.5]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Medium
$P=[0.15 \ 1]$	หมายถึงระดับข้อมูล	High



ภาพที่ 3.4 ตัวแปรอินพุตที่ 2 อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีสมาชิกดังนี้

$P=[0 \ 0.4]$	หมายถึงระดับข้อมูล	น้อย
$P=[0.2 \ 0.8]$	หมายถึงระดับข้อมูล	กลาง
$P=[0.6 \ 1]$	หมายถึงระดับข้อมูล	มาก



ภาพที่ 3.5 ตัวแปรอินพุตที่ 2 อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลของตัวแปรอินพุตที่ 2 ของโรงงานขนาดเล็ก เดือนธันวาคม วันที่ 5 ธันวาคม 2561

เวลา (Hour)	$\frac{E_{use}}{E_{all}}$	E_r
0:00	649.8208/5000	0.129964
1:00	655.5556/5000	0.131111
2:00	660.9319/5000	0.132186
3:00	665.9498/5000	0.13319
4:00	670.6093/5000	0.134122
5:00	675.2688/5000	0.135054
6:00	680.1075/5000	0.136022
7:00	685.1254/5000	0.137025
8:00	690.8602/5000	0.138172
9:00	698.9247/5000	0.139785
10:00	706.6308/5000	0.141326
11:00	715.0538/5000	0.143011
12:00	722.9391/5000	0.144588

13:00	730.4659/5000	0.146093
14:00	738.5305/5000	0.147706
15:00	746.7742/5000	0.149355
16:00	754.3011/5000	0.15086
17:00	761.4695/5000	0.152294
18:00	767.9211/5000	0.153584
19:00	774.1935/5000	0.154839
20:00	779.9283/5000	0.155986
21:00	785.8423/5000	0.157168
22:00	791.9355/5000	0.158387
23:00	798.3871/5000	0.159677
24:00	804.6595/5000	0.160932

Input 3 : เป็นค่าข้อมูลจริงของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณา โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 14 – 45 และแบ่งช่วงข้อมูลออกเป็น 3 ระดับคือ

เย็น (Cool) หมายถึง ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาอยู่ในระดับเย็น
ปานกลาง (Medium) หมายถึง ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาอยู่ในระดับ
ปานกลาง

ร้อน (Hot) หมายถึง ของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาอยู่ในระดับร้อน

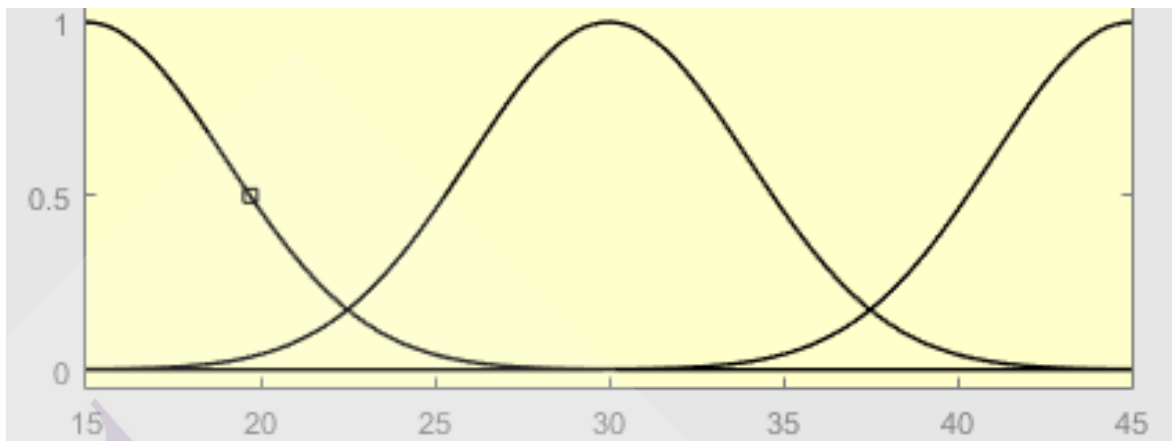
โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสมาชิกดังนี้

$P=[4 \ 15]$ หมายถึงระดับข้อมูล Cool

$P=[4 \ 30]$ หมายถึงระดับข้อมูล Medium

$P=[4 \ 45]$ หมายถึงระดับข้อมูล Hot



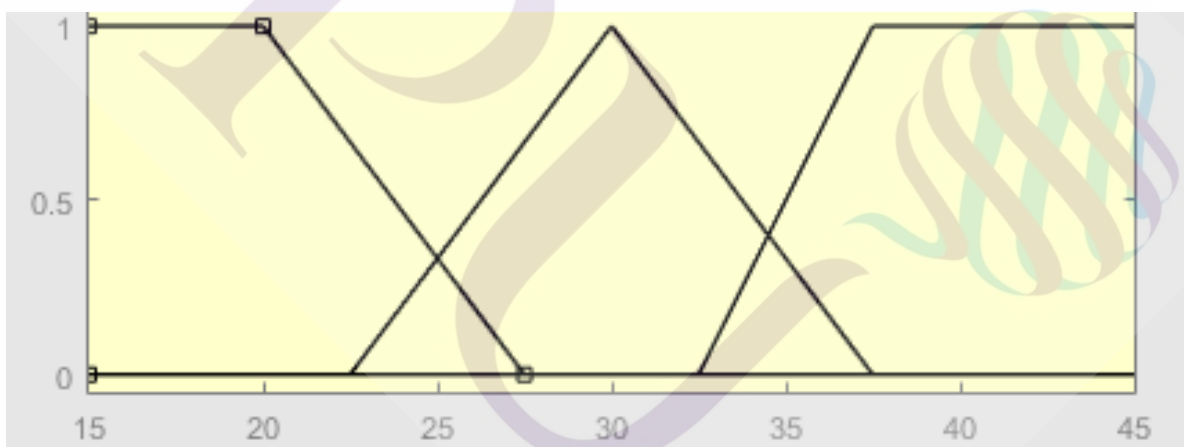
ภาพที่ 3.6 ตัวแปรอินพุตที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีสมาชิกดังนี้

$P=[15 \ 20 \ 27.5]$ หมายถึงระดับข้อมูล น้อย

$P=[22.5 \ 30 \ 37.5]$ หมายถึงระดับข้อมูล กลาง

$P=[32.5 \ 37.5 \ 45]$ หมายถึงระดับข้อมูล มาก



ภาพที่ 3.7 ตัวแปรอินพุตที่ 3 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเดือนที่พิจารณาของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรอินพุทที่ 3 ของโรงงานขนาดเล็กเดือน ธันวาคม 2561

เวลา (Hour)	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ
0:00	28.33
1:00	28.33
2:00	27.78
3:00	27.78
4:00	27.78
5:00	27.78
6:00	27.78
7:00	28.33
8:00	29.44
9:00	30.56
10:00	31.11
11:00	31.67
12:00	32.22
13:00	32.22
14:00	31.67
15:00	31.11
16:00	30.56
17:00	30.56
18:00	30.00
19:00	29.44
20:00	29.44
21:00	29.44
22:00	29.44
23:00	28.89
24:00	28.33

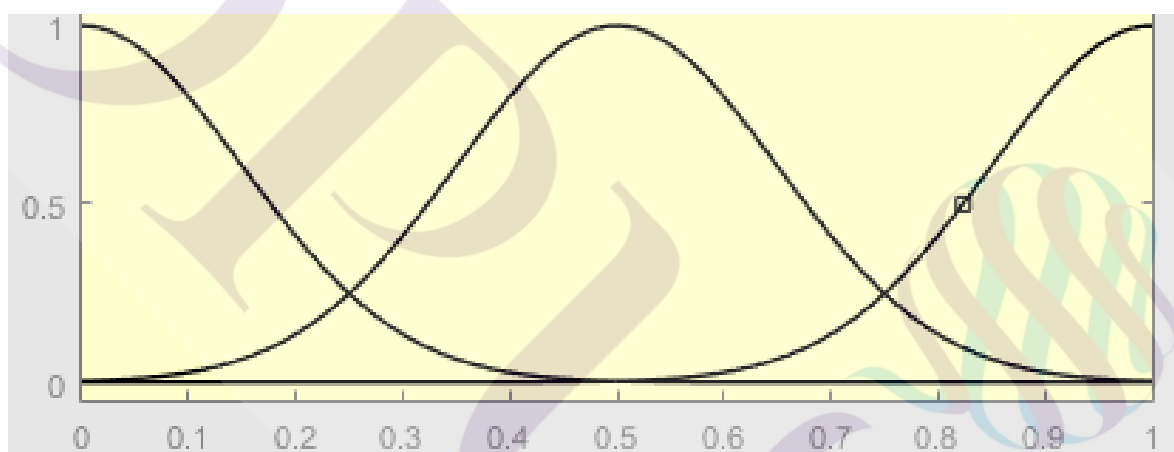
Input 4 : เป็นค่าข้อมูลจริงของอัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้ข้อมูลเป็น (Normalized Data) และแบ่งช่วงข้อมูลอินพุตออกเป็น 3 ระดับคือ

ต่ำ (low) หมายถึง อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาน้อย
ปานกลาง (Medium) หมายถึง อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาด้านกลาง

สูง (High) หมายถึง อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลามาก

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีสมาชิกดังนี้

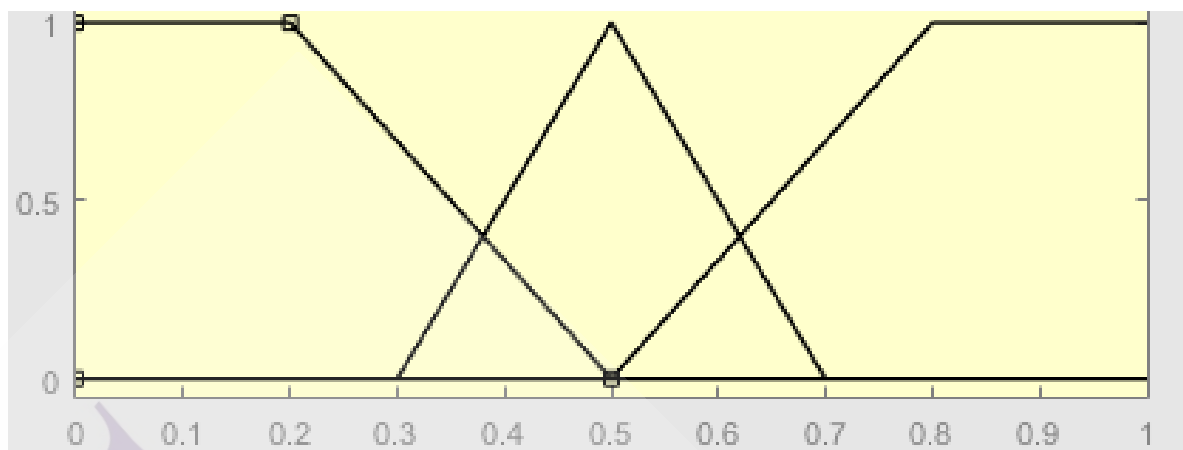
$P=[0.15 \ 0]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Low
$P=[0.15 \ 0.5]$	หมายถึงระดับข้อมูล	Medium
$P=[0.15 \ 1]$	หมายถึงระดับข้อมูล	High



ภาพที่ 3.8 ตัวแปรอินพุตที่ 4 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีสมาชิกดังนี้

$P=[0 \ 0.2 \ 0.5]$	หมายถึงระดับข้อมูล	เย็น
$P=[0.2 \ 0.5 \ 0.7]$	หมายถึงระดับข้อมูล	กลาง
$P=[0.5 \ 0.8 \ 1]$	หมายถึงระดับข้อมูล	ร้อน



ภาพที่ 3.9 ตัวแปรอินพุตที่ 4 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรอินพุตที่ 4 ของโรงงานขนาดเล็กเดือน ธันวาคม 2561

เวลา (Hour)	อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลา
0:00	0.75
1:00	0.70
2:00	0.68
3:00	0.65
4:00	0.60
5:00	0.59
6:00	0.61
7:00	0.61
8:00	0.73
9:00	0.99
10:00	0.96
11:00	1.00
12:00	0.97
13:00	0.94

14:00	0.99
15:00	0.98
16:00	0.94
17:00	0.86
18:00	0.76
19:00	0.75
20:00	0.73
21:00	0.79
22:00	0.80
23:00	0.80
24:00	0.88

3.2.3 การกำหนดกฎของฟัซซี่ลอจิก

ดำเนินการปรับข้อมูลให้อยู่ในลักษณะของ Membership Function โดยผลจากการเทียบ
ได้ข้อมูลในรูปแบบฟัซซี่เซต ได้จำนวนกฎ 81 กฎ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลในรูปแบบฟัซซี่เซต จำนวน 81 กฎ

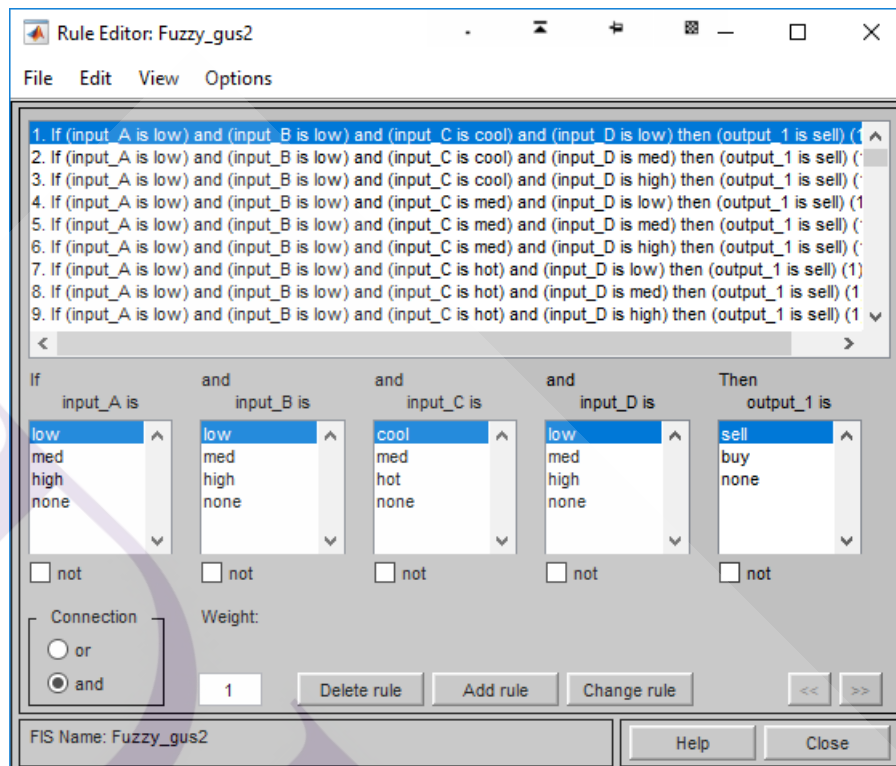
No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output
1	low	low	cool	low	sell
2	low	low	cool	med	sell
3	low	low	cool	high	sell
4	low	low	med	low	sell
5	low	low	med	med	sell
6	low	low	med	high	sell
7	low	low	hot	low	sell
8	low	low	hot	med	sell
9	low	low	hot	high	sell
10	low	med	cool	low	sell
11	low	med	cool	med	sell

12	low	med	cool	high	sell
13	low	med	med	low	sell
14	low	med	med	med	sell
15	low	med	med	high	sell
16	low	med	hot	low	sell
17	low	med	hot	med	sell
18	low	med	hot	high	sell
19	low	high	cool	low	buy
20	low	high	cool	med	buy
21	low	high	cool	high	buy
22	low	high	med	low	buy
23	low	high	med	med	buy
24	low	high	med	high	buy
No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output
25	low	high	hot	low	buy
26	low	high	hot	med	buy
27	low	high	hot	high	buy
28	med	low	cool	low	sell
30	med	low	cool	high	sell
31	med	low	med	low	sell
32	med	low	med	med	sell
33	med	low	med	high	sell
34	med	low	hot	low	sell
35	med	low	hot	med	sell
36	med	low	hot	high	sell
37	med	med	cool	low	sell
38	med	med	cool	med	sell
39	med	med	cool	high	sell
40	med	med	med	low	sell

41	med	med	med	med	sell
42	med	med	med	high	sell
43	med	med	hot	low	sell
44	med	med	hot	med	sell
45	med	med	hot	high	sell
46	med	high	cool	low	buy
47	med	high	cool	med	buy
48	med	high	cool	high	buy
49	med	high	med	low	buy
50	med	high	med	med	buy
51	med	high	med	high	buy
52	med	high	hot	low	buy
53	med	high	hot	med	buy
54	med	high	hot	high	buy
55	high	low	cool	low	sell
No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output
56	high	low	cool	med	sell
57	high	low	cool	high	sell
58	high	low	med	low	sell
59	high	low	med	med	sell
60	high	low	med	high	sell
61	high	low	hot	low	sell
62	high	low	hot	med	sell
63	high	low	hot	high	sell
64	high	med	cool	low	sell
65	high	med	cool	med	sell
66	high	med	cool	high	sell
67	high	med	med	low	sell
68	high	med	med	med	sell

70	high	med	hot	low	sell
71	high	med	hot	med	sell
72	high	med	hot	high	sell
73	high	high	cool	low	buy
74	high	high	cool	med	buy
75	high	high	cool	high	buy
76	high	high	med	low	buy
77	high	high	med	med	buy
78	high	high	med	high	buy
79	high	high	hot	low	buy
80	high	high	hot	med	buy
81	high	high	hot	high	buy

นำกฎที่ได้จากตารางที่ 3.5 มาสร้างกฎพีชชีในรูปแบบภาษา โดยทำการเพิ่มกฎซึ่งมีรายละเอียดของตัวแปรที่ถูกเลือกอยู่ ในกรณีที่เงื่อนไขตัวแปรอินพุตมีมากกว่าหนึ่งเงื่อนไข สามารถเลือกการรวมเงื่อนไขได้ โดยใช้ (or หรือ and) รวมทั้งในการเพิ่มเงื่อนไข “ไม่” (not) เพื่อสะดวกในการสร้างกฎมากขึ้น แสดงดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แสดงกฎฟัซซี่ในรูปแบบภาษา

3.2.4 การ Defuzzification

การแปลงค่า Fuzzy Output (Output Membership Function) ให้อยู่ในรูปแบบ Output ปกติ โดยใช้วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์ถ่วงโดยรวมจะหาได้จากการประมาณค่าจากสมการที่ (3.3)

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N a_i w_i}{\sum_{i=1}^N a_i} \quad (3.3)$$

โดยสมการได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

COG แทน ค่าของจุดศูนย์ถ่วง (Central of Gravity)

N แทน ค่าตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึงตำแหน่งที่ i

α_i แทน ค่าฟัซซี่ของเอาต์พุตในเซตฟัซซี่ตำแหน่งที่ i

w_i แทน พื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซี่ตำแหน่งที่ i

Output : เป็นค่าข้อมูลจริงของอัตราส่วนการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง 0 – 1 เพื่อให้ข้อมูลเป็น (Normalized Data) และแบ่งช่วงข้อมูลอินพุตออกเป็น 2 ระดับคือ

ขาย (sell) หมายถึง อัตราส่วนการขายพลังงานไฟฟ้า

ซื้อ (buy) หมายถึง อัตราส่วนการซื้อพลังงานไฟฟ้า

โดยหาได้จากสมการ (3.4) ดังนี้

$$S_u = O_F * Q * SF \quad (3.4)$$

$$B_u = O_F * Q * SF \quad (3.5)$$

โดยที่

S_u	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ขายได้
B_u	คือ พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อได้
O_F	คือ ผลลัพธ์จาก Fuzzy Logic
Q	คือ จำนวนโควต้าที่ได้รับ (Quota)
SF	คือ ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

$$buy = B_u ; O_F > 0 \quad (3.6)$$

$$sell = S_u ; O_F < 0 \quad (3.7)$$

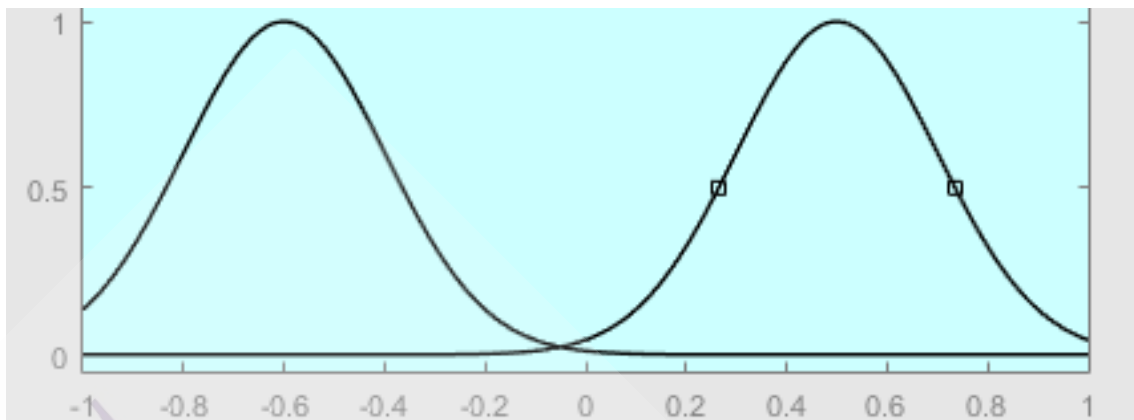
ในการกำหนดค่า Safety Factor = 0.8 ในสมการที่ (3.4) นั้น เนื่องจากทางผู้วิจัยพิจารณาว่า การขายพลังงานไฟฟ้านั้นควรขายได้แค่ร้อยละ 80 จากจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ระบบคำนวณได้ เพื่อเป็นการสำรองพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานให้ครบโควต้าต่อเดือนและลดความเสี่ยงในกรณีที่ขายมากเกินไป ส่วนในการกำหนดค่า Safety Factor = 1.05 ในสมการที่ (3.5) นั้น เนื่องจากทางผู้วิจัยพิจารณาว่า การซื้อพลังงานไฟฟ้านั้นควรซื้อเพิ่มร้อยละ 0.05 จากจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ระบบคำนวณได้ เพื่อเป็นการสำรองพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานให้ครบโควต้าต่อเดือนและซื้อมาไม่พอสอดความต้องการของผู้บริโภค

โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 2 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$; ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีสมาชิกดังนี้

$P = [0.2 - 0.6]$ หมายถึงระดับข้อมูล sell

$P = [0.2 0.5]$ หมายถึงระดับข้อมูล buy

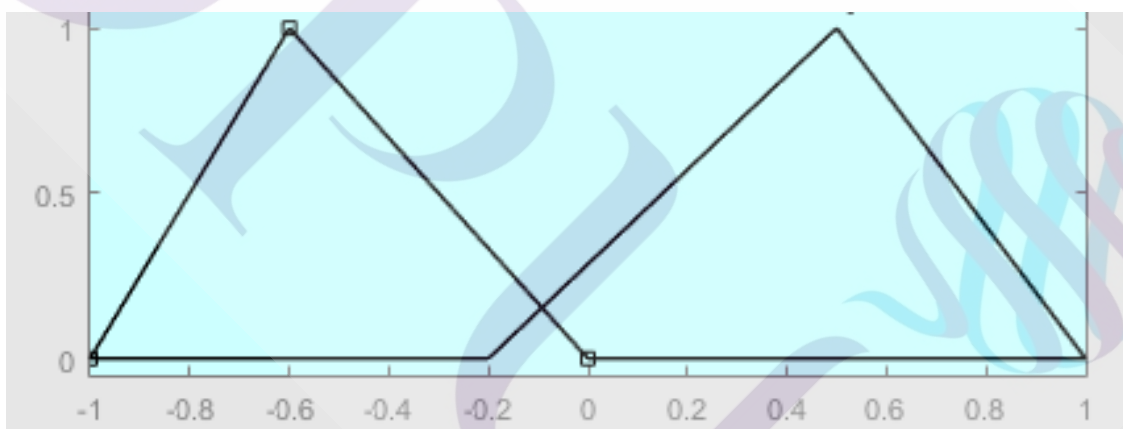


ภาพที่ 3.11 ตัวแปรเอ้าท์พุท อัตราการซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู มีสมาชิกดังนี้

$P = [-1 \ 0]$ ระดับข้อมูล ขาย

$P = [-0.2 \ 1]$ ระดับข้อมูล ซื้อ



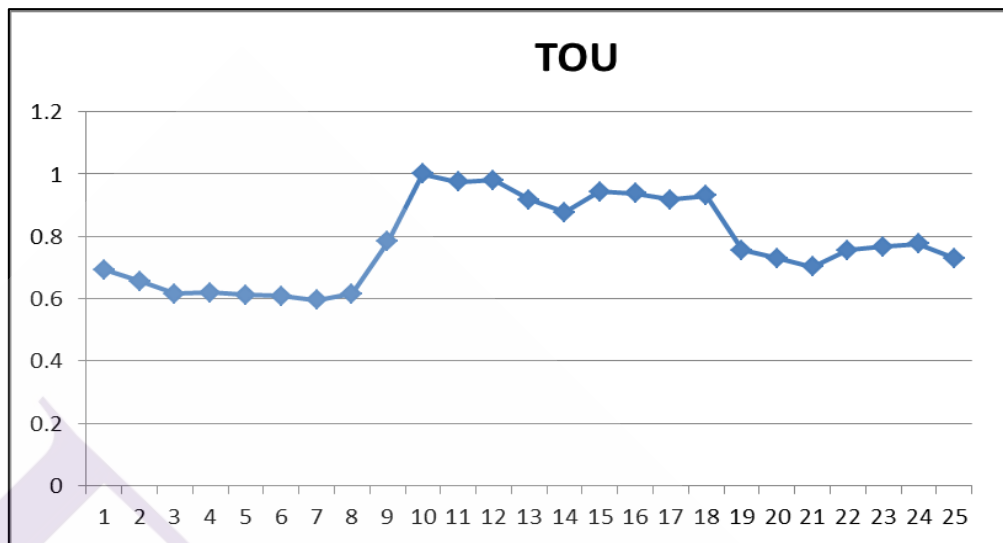
ภาพที่ 3.12 ตัวแปรเอ้าท์พุท อัตราการซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรเอาท์พุท ของโรงงานขนาดเล็กในวันที่ 5 ธันวาคม 2561

hour	Fuzzy Output	$S_u = Output * Quota * 0.8$	Output ปกติ (kW)
0:00	-0.5524	$(-0.5524)*5000*0.8$	-2209.6
1:00	-0.5453	$(-0.5453)*5000*0.8$	-2181.2
2:00	-0.543	$(-0.543)*5000*0.8$	-2172
3:00	-0.5439	$(-0.5439)*5000*0.8$	-2175.6
4:00	-0.5471	$(-0.5471)*5000*0.8$	-2188.4
5:00	-0.5473	$(-0.5473)*5000*0.8$	-2189.2
6:00	-0.5467	$(-0.5467)*5000*0.8$	-2186.8
7:00	-0.548	$(-0.548)*5000*0.8$	-2192
8:00	-0.5527	$(-0.5527)*5000*0.8$	-2210.8
9:00	-0.5659	$(-0.5659)*5000*0.8$	-2263.6
10:00	-0.5653	$(-0.5653)*5000*0.8$	-2261.2
11:00	-0.5645	$(-0.5645)*5000*0.8$	-2258
12:00	-0.5632	$(-0.5632)*5000*0.8$	-2252.8
13:00	-0.5632	$(-0.5632)*5000*0.8$	-2252.8
14:00	-0.5645	$(-0.5645)*5000*0.8$	-2258
15:00	-0.5654	$(-0.5654)*5000*0.8$	-2261.6
16:00	-0.566	$(-0.566)*5000*0.8$	-2264
17:00	-0.5652	$(-0.5652)*5000*0.8$	-2260.8
18:00	-0.5576	$(-0.5576)*5000*0.8$	-2230.4
19:00	-0.5562	$(-0.5562)*5000*0.8$	-2224.8
20:00	-0.5524	$(-0.5524)*5000*0.8$	-2209.6
21:00	-0.5605	$(-0.5605)*5000*0.8$	-2242
22:00	-0.5617	$(-0.5617)*5000*0.8$	-2246.8
23:00	-0.5605	$(-0.5605)*5000*0.8$	-2242
24:00	-0.5647	$(-0.5647)*5000*0.8$	-2258.8

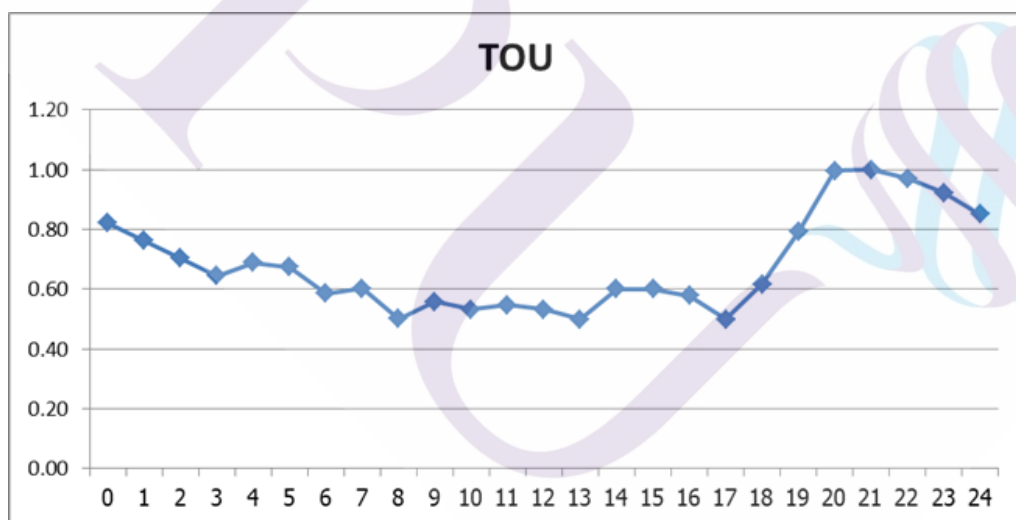
ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลตัวแปรเอาท์พุท ของโรงงานขนาดเล็กในวันที่ 30 ธันวาคม 2561

hour	Fuzzy Output	$B_u = Output * Quota * 1.05$	Output ปกติ
0:00	0.3615	(0.3615)*1500*1.05	569.3625
1:00	0.3483	(0.3483)*1500*1.05	548.5725
2:00	0.3347	(0.3347)*1500*1.05	527.1525
3:00	0.3387	(0.3387)*1500*1.05	533.4525
4:00	0.3476	(0.3476)*1500*1.05	547.47
5:00	0.348	(0.348)*1500*1.05	548.1
6:00	0.3487	(0.3487)*1500*1.05	549.2025
7:00	0.3603	(0.3603)*1500*1.05	567.4725
8:00	0.3785	(0.3785)*1500*1.05	596.1375
9:00	0.4449	(0.4449)*1500*1.05	700.7175
10:00	0.4441	(0.4441)*1500*1.05	699.4575
11:00	0.437	(0.437)*1500*1.05	688.275
12:00	0.4314	(0.4314)*1500*1.05	679.455
13:00	0.432	(0.432)*1500*1.05	680.4
14:00	0.4402	(0.4402)*1500*1.05	693.315
15:00	0.4464	(0.4464)*1500*1.05	703.08
16:00	0.4514	(0.4514)*1500*1.05	710.955
17:00	0.4499	(0.4499)*1500*1.05	708.5925
18:00	0.402	(0.402)*1500*1.05	633.15
19:00	0.3976	(0.3976)*1500*1.05	626.22
20:00	0.3916	(0.3916)*1500*1.05	616.77
21:00	0.4263	(0.4263)*1500*1.05	671.4225
22:00	0.4344	(0.4344)*1500*1.05	684.18
23:00	0.4274	(0.4274)*1500*1.05	673.155
24:00	0.4458	(0.4458)*1500*1.05	702.135



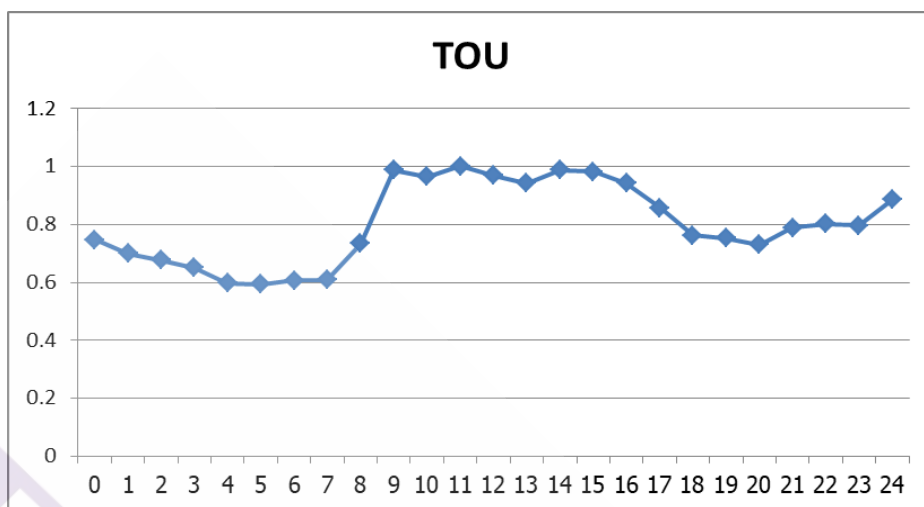
ภาพที่ 3.13 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของโรงงานขนาดเล็กเดือนเมษายน

จากภาพที่ 3.13 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานขนาดเล็ก เดือนเมษายน มีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางคืนเล็กน้อย



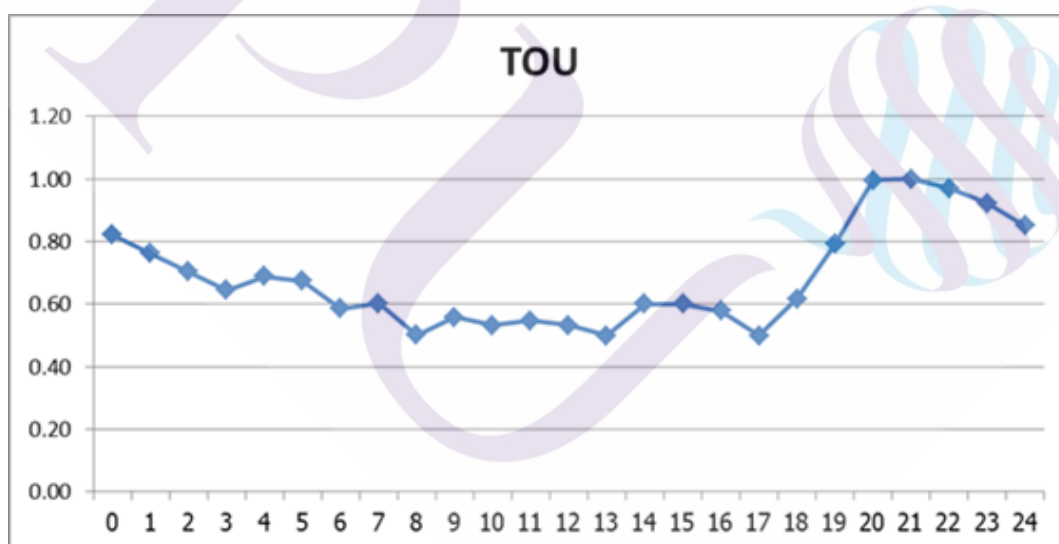
ภาพที่ 3.14 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัยเดือนเมษายน

จากภาพที่ 3.14 การใช้พลังงานไฟฟ้าของที่อยู่อาศัย เดือนเมษายน มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางวันเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 3.15 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่โรงงานขนาดเล็ก เดือนธันวาคม

จากภาพที่ 3.15 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานขนาดเล็ก เดือนธันวาคม มีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางคืนเล็กน้อย



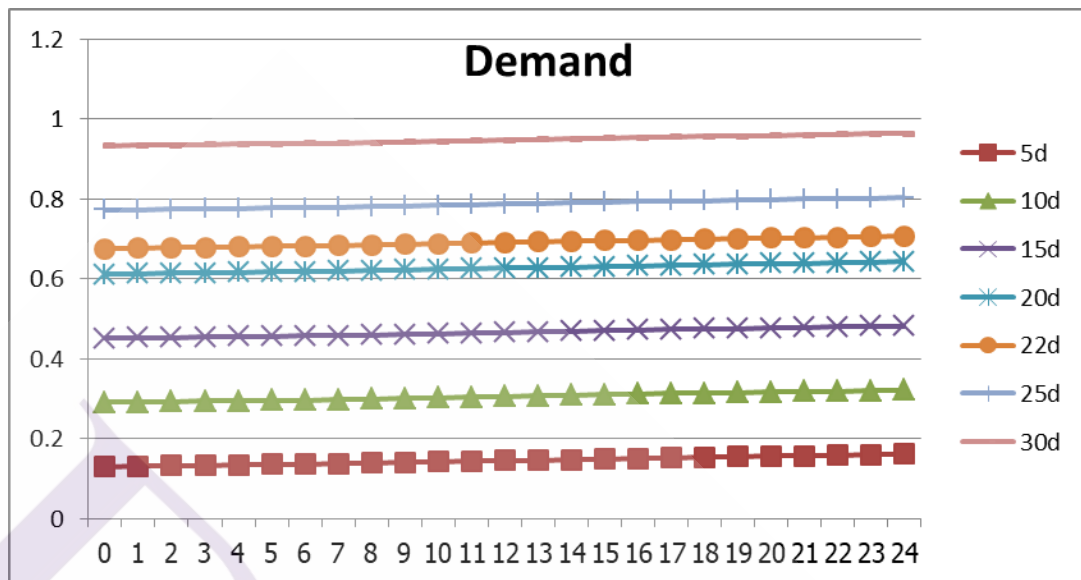
ภาพที่ 3.16 อัตราส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัย เดือนธันวาคม

จากภาพที่ 3.16 การใช้พลังงานไฟฟ้าของที่อยู่อาศัย เดือนธันวาคม มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางวันเพียงเล็กน้อย

3.3 ผลการทดลอง

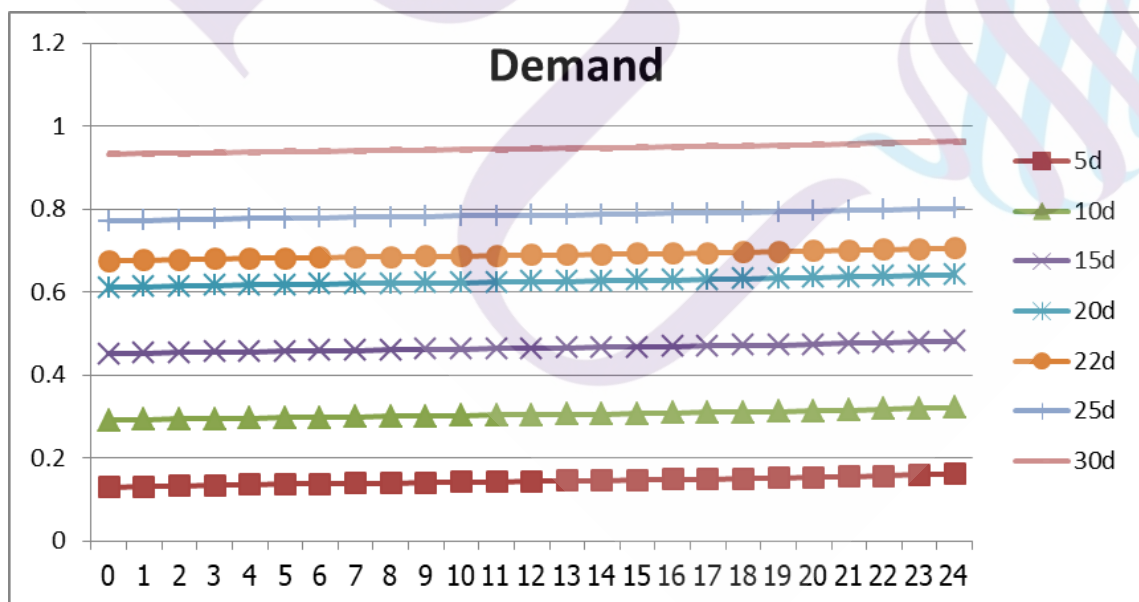
จากการทดลองการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการช่วยตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าบนระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการโรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤต ของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 เดือนเมษายน และเดือนธันวาคม 2561 รวมทั้งหมด 56 การทดลองนั้น โดยจำลอง การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็กของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.17 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัยของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.18 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็กของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.19 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัยของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.20 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็กของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.21 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติในเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัยของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.22 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็กของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.23 และการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัยของวันที่ 5,10,15,20,22,25,30 จำนวน 7 การทดลอง ดังภาพที่ 3.24

พบว่าระบบสามารถใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือช่วยในการตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้งานแบบปกติ ในช่วงวันที่ 5,10,15,20,22 ของเดือนเมษายนและเดือนธันวาคม ปี 2561 ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ดังภาพที่ 3.17, 3.18, 3.19,3.20 สามารถทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้ดังภาพที่ 3.25, 3.26, 3.27, 3.28 ตามกราฟที่แสดงผลในค่าข้อมูลในช่วงค่ำและมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีการใช้งานแบบปกติ ในช่วงวันที่ 25 และ 30 ของเดือนเมษายนและเดือนธันวาคม ปี 2561 ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ดังภาพที่ 3.21, 3.22, 3.23, 3.24 ระบบพยากรณ์ให้สามารถทำการซื้อพลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติมดังภาพที่ 3.29, 3.30, 3.31, 3.32 ตามกราฟที่แสดงผลในค่าข้อมูลในช่วงค่ำ



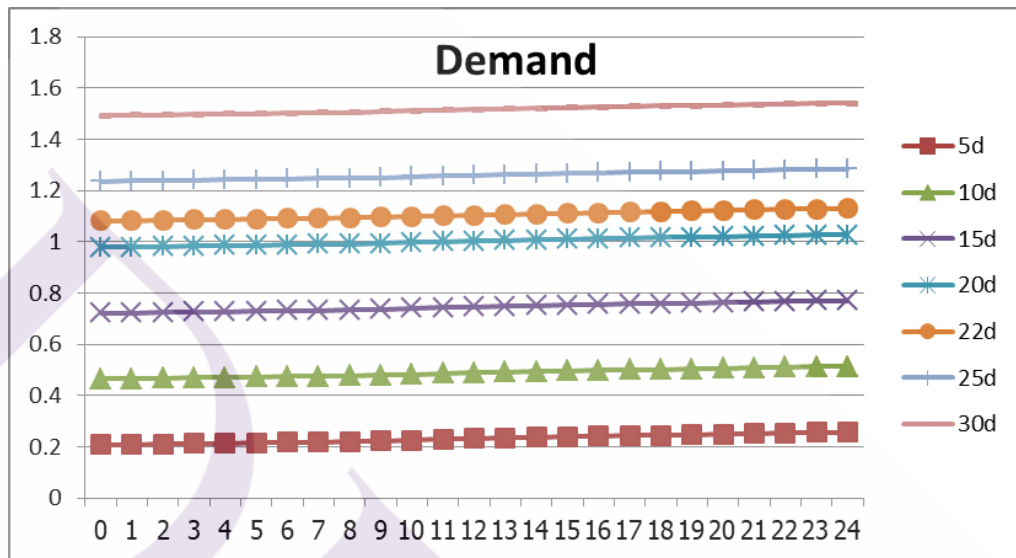
ภาพที่ 3.17 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.17 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก โดยแนวนอน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เกินโควต้าต่อเดือน



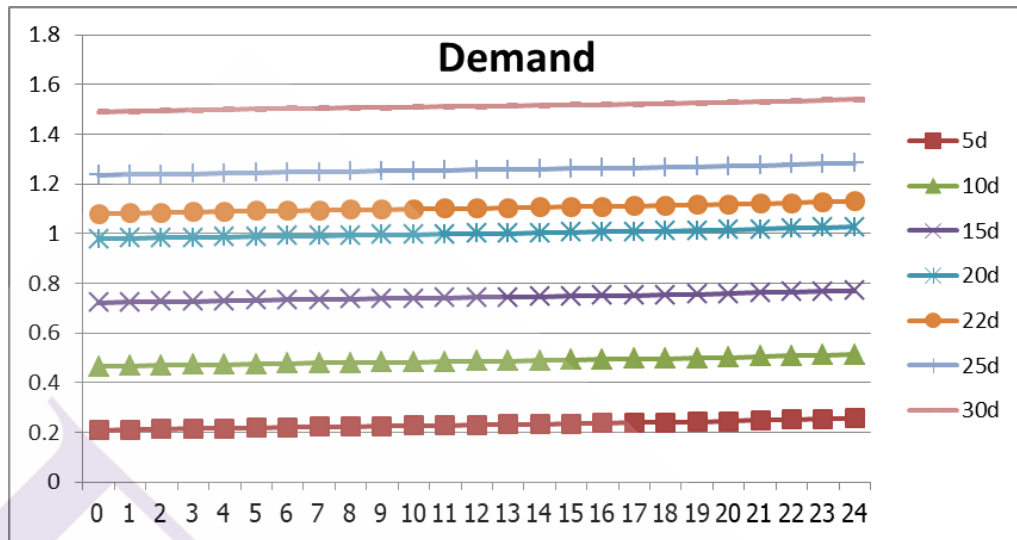
ภาพที่ 3.18 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.18 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่ถึงขีดจำกัด



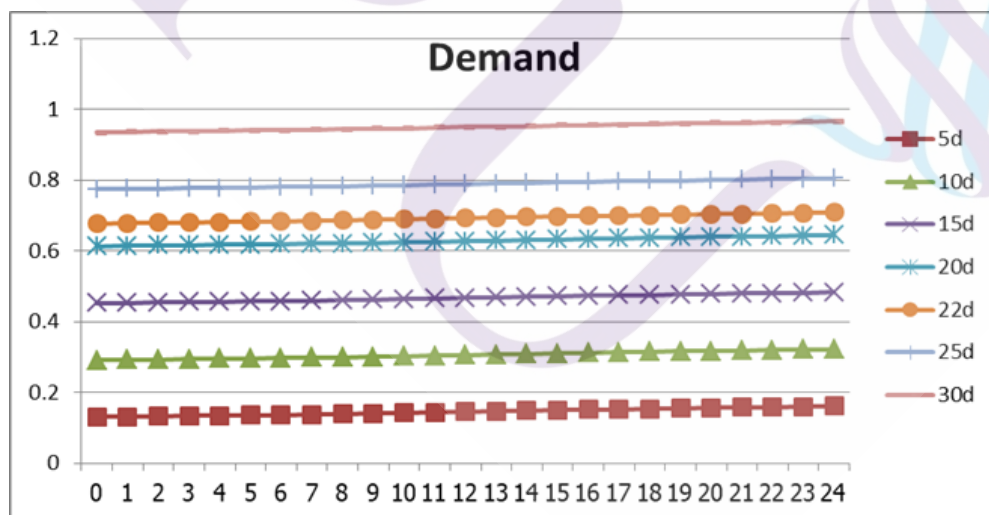
ภาพที่ 3.19 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.19 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น และเมื่อถึงวันที่ 20 เริ่มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินขีดจำกัดที่กำหนด



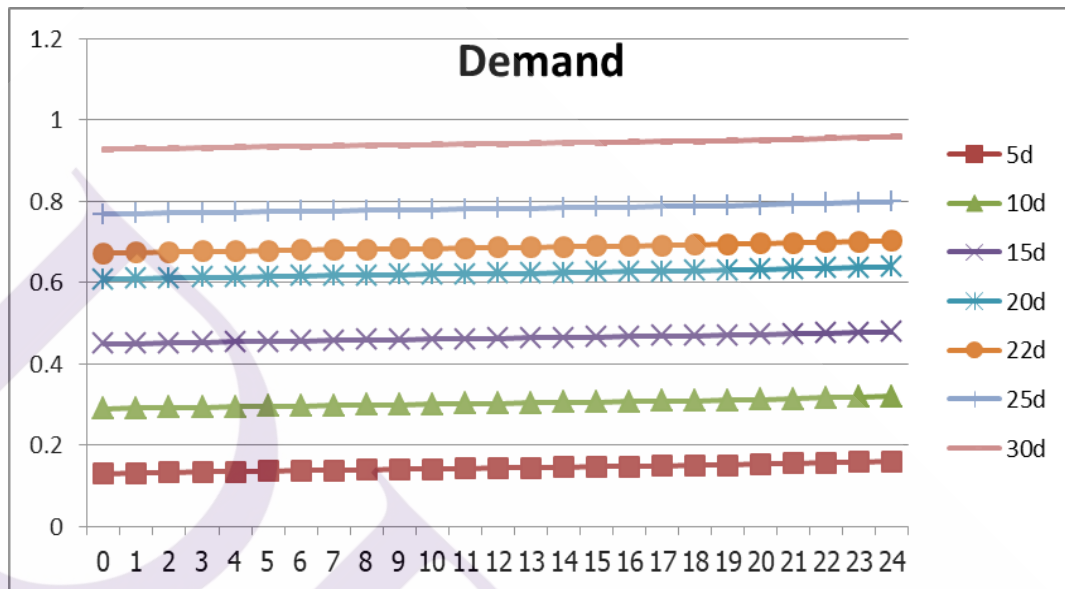
ภาพที่ 3.20 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.20 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตของเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น และเมื่อถึงวันที่ 20 เริ่มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินโควต้าที่กำหนด



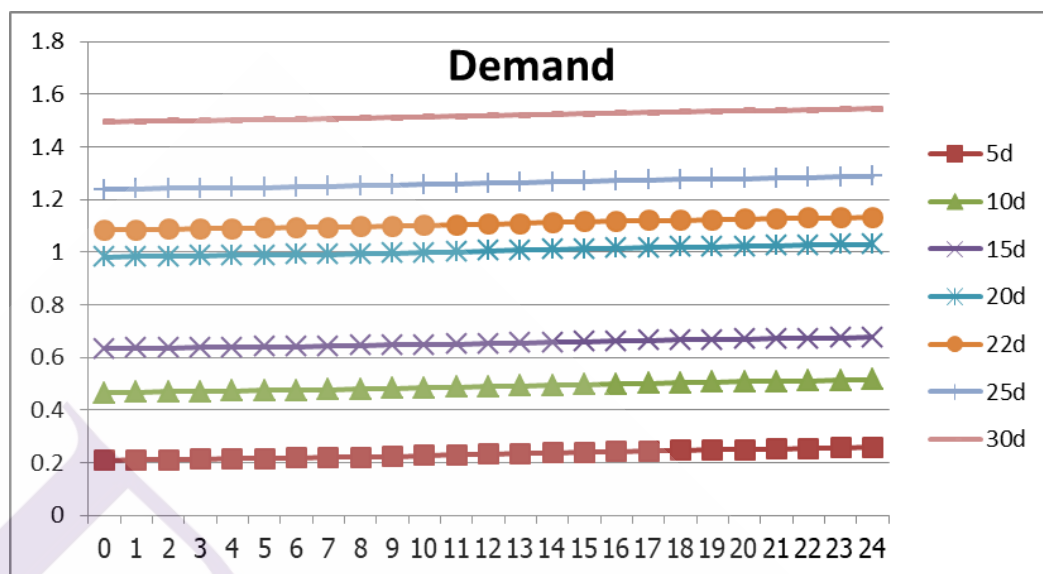
ภาพที่ 3.21 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.21 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เกินโควต้าต่อเดือน



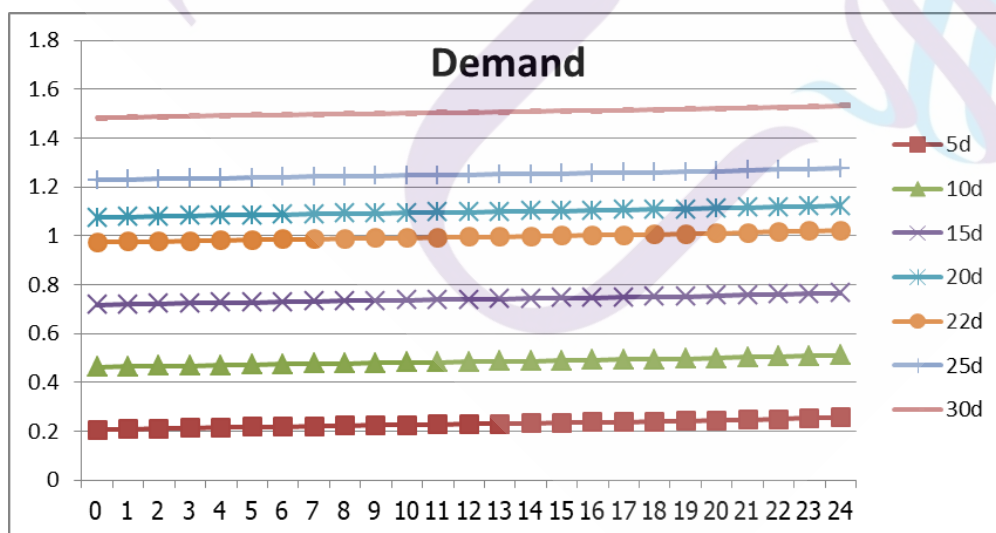
ภาพที่ 3.22 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.22 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติของเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น แต่ยังไม่เกินโควต้าต่อเดือน



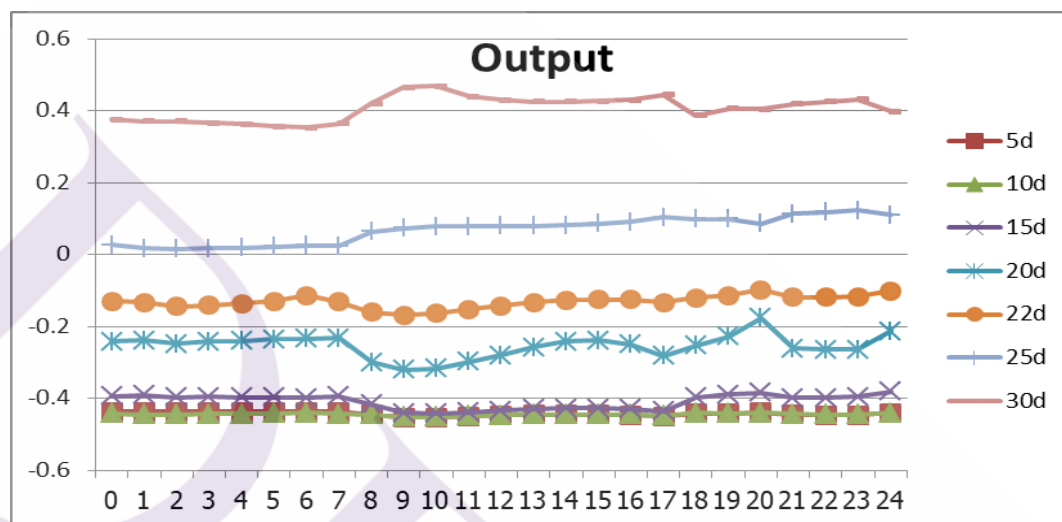
ภาพที่ 3.23 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.23 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น และเมื่อถึงวันที่ 20 เริ่มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินโควต้าที่กำหนด



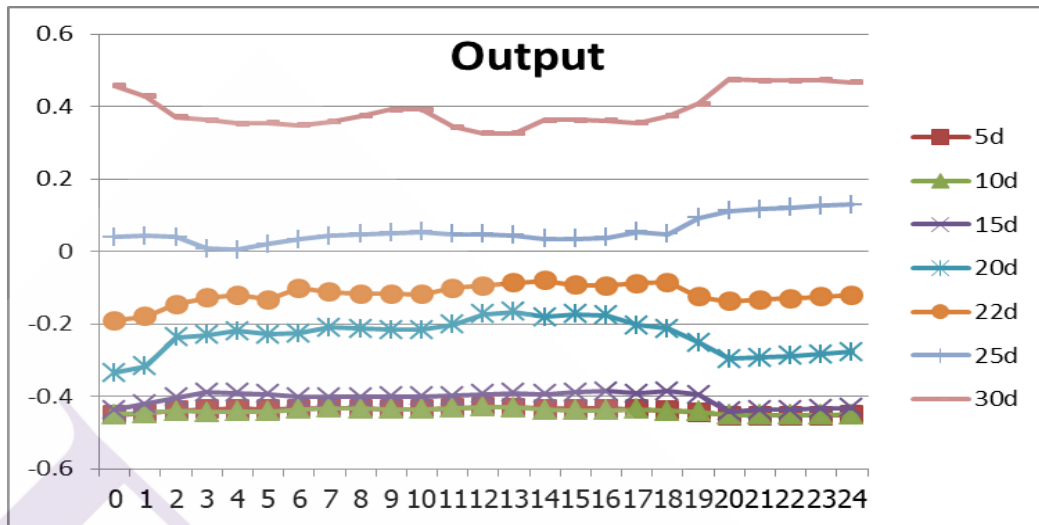
ภาพที่ 3.24 การใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.24 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตของเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัย โดยแนวแกน x คือชั่วโมงในแต่ละวัน และแกน y คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า (Normalized Data) ซึ่งมีจำนวนการใช้งานที่เพิ่มขึ้นตามจำนวนวันที่เพิ่มขึ้น และเมื่อถึงวันที่ 20 เริ่มมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินโควตาที่กำหนด



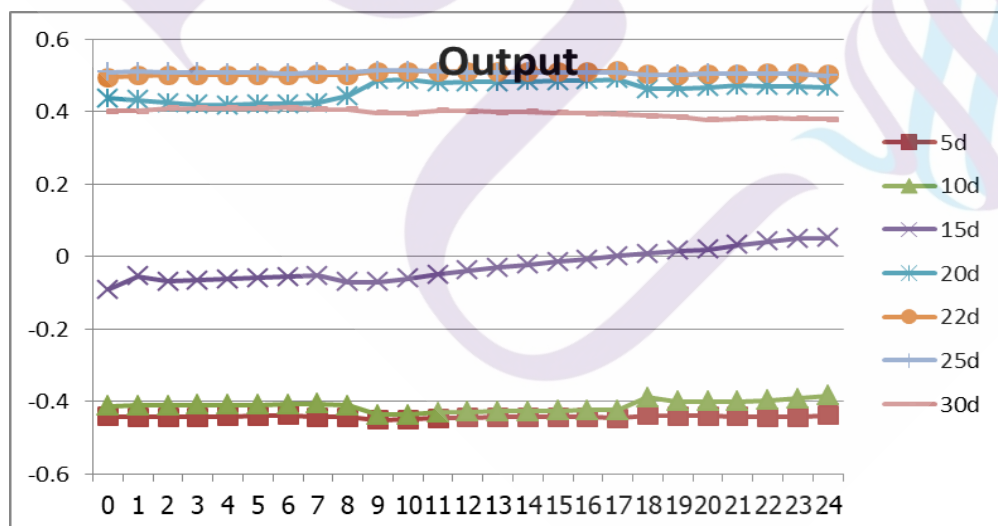
ภาพที่ 3.25 เอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.25 แสดงเอ้าท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 22 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 25 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



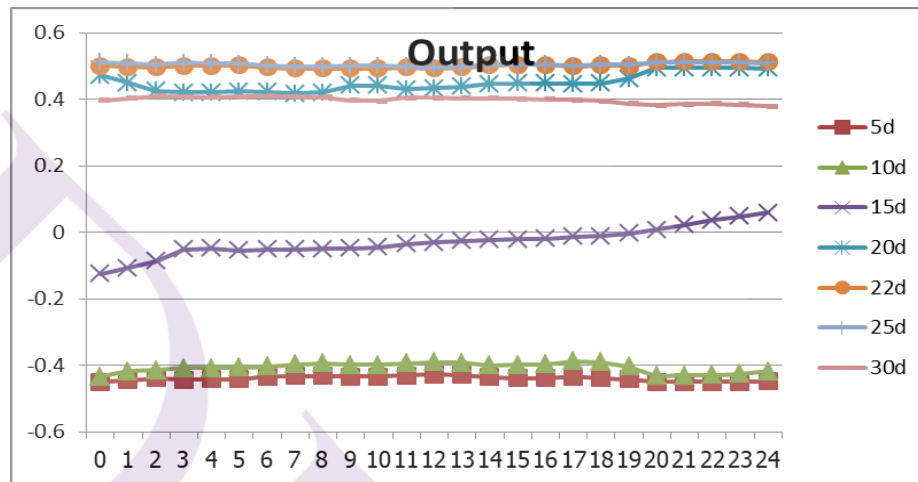
ภาพที่ 3.26 เาท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.26 แสดงเอาท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 22 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 25 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



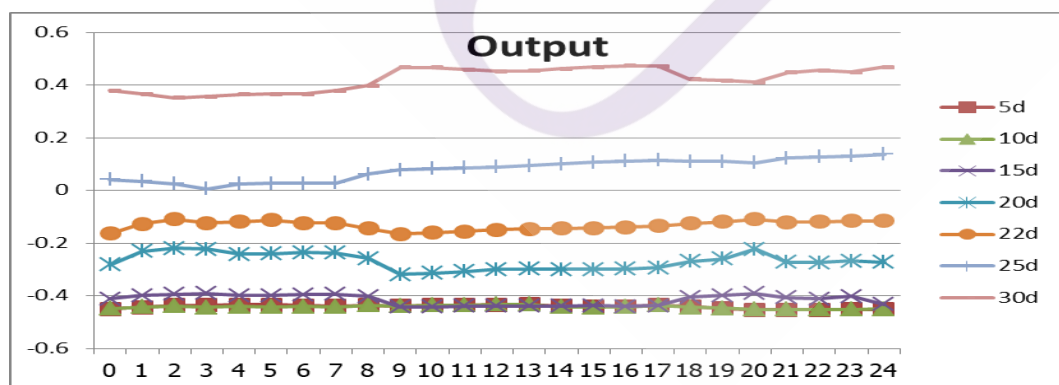
ภาพที่ 3.27 เาท์พุทการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.27 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 10 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 15 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



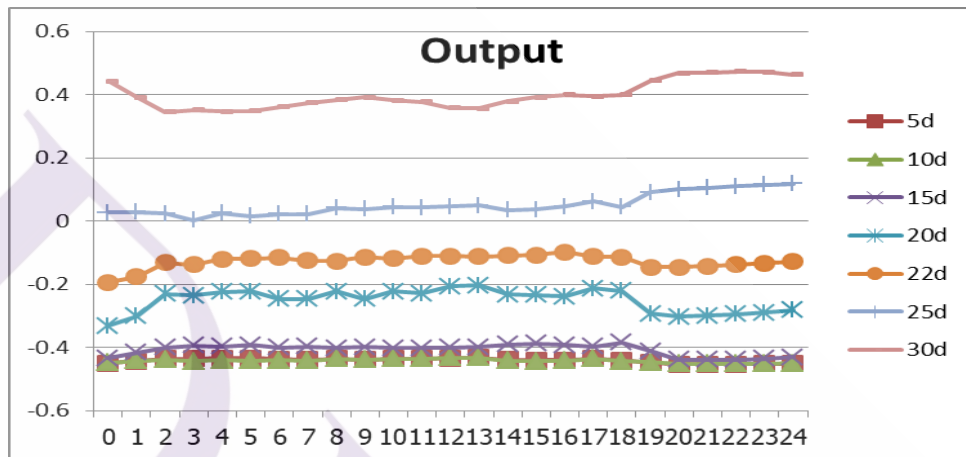
ภาพที่ 3.28 เอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบวิกฤตในเดือนเมษายนของที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.28 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนเมษายนของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 10 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 15 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



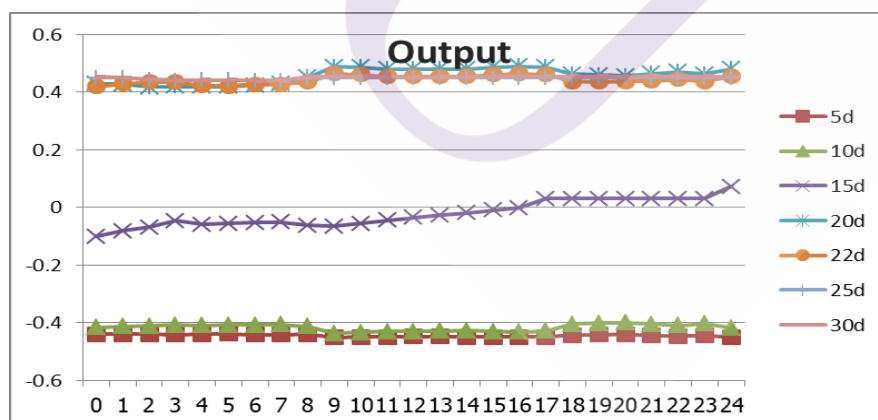
ภาพที่ 3.29 เอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบปกติเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.29 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 22 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 25 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



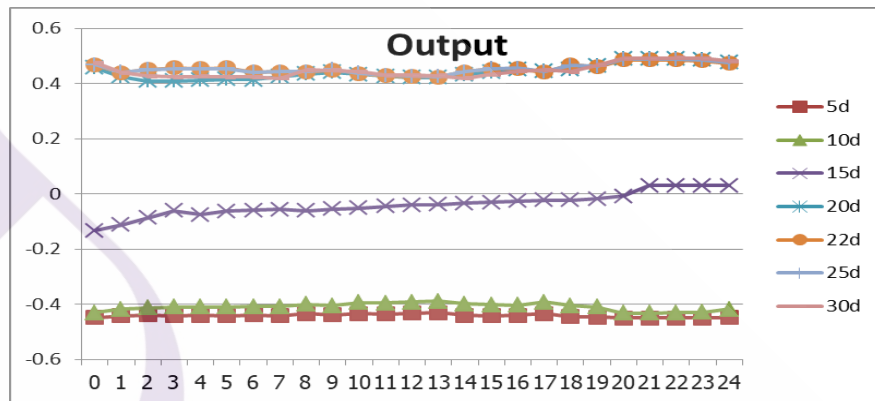
ภาพที่ 3.30 เอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบปกติเดือนธันวาคมที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.30 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบบปกติของเดือนธันวาคมของที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 22 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 25 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



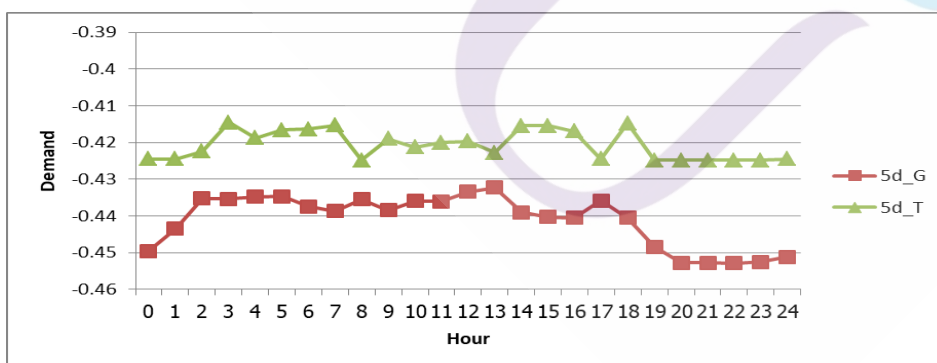
ภาพที่ 3.31 เอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็ก

จากภาพที่ 3.31 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 10 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 15 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



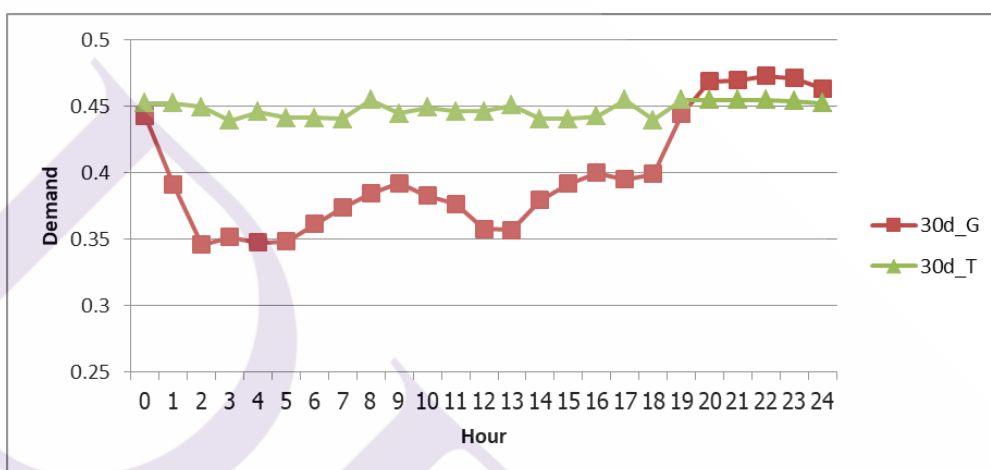
ภาพที่ 3.32 เอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตเดือนธันวาคมที่อยู่อาศัย

จากภาพที่ 3.32 แสดงเอาต์พุตการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤตในเดือนธันวาคมของโรงงานขนาดเล็กมีแนวโน้มการซื้อขายพลังงานตามความต้องการการใช้พลังงาน และในช่วงวันที่ 5 – 10 นั้น ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานได้ แสดงในกราฟค่าที่ติดลบ และในช่วงวันที่ 15 – 30 ระบบวิเคราะห์ให้สามารถซื้อพลังงานเพิ่มเติม แสดงในค่าที่เป็นบวก



ภาพที่ 3.33 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมูของที่อยู่อาศัย วันที่ 5 ธันวาคม

จากภาพที่ 3.33 ผลลัพธ์ในการตัดสินใจซื้อขายพลังงานของการใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน (5d_G) พบว่าค่าได้ที่มีความละเอียด กราฟมีความสมูทมากกว่า และมีความสอดคล้องกับความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของเดือน ธันวาคม 2561 ตามภาพที่ 3.17 มากกว่าการฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู (5d_T)



ภาพที่ 3.34 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมูของที่อยู่อาศัย วันที่ 30 ธันวาคม 2561

จากภาพที่ 3.34 ผลลัพธ์ในการตัดสินใจซื้อขายพลังงานของการใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียน (5d_G) พบว่าค่าได้ที่มีความละเอียด กราฟมีความสมูทมากกว่า และมีความสอดคล้องกับความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของเดือน ธันวาคม 2561 ตามภาพที่ 3.17 มากกว่าการฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู (5d_T)

3.4 สรุปผลการทดลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองและการออกแบบอินพุตนั้น พบว่าการกำหนดอินพุตที่ตรงไปตรงมาไม่ได้มีกระบวนการแปลงข้อมูลนั้น ทำให้มีการกำหนดอินพุตที่เกี่ยวข้องหลายอินพุต ทำให้เกิดความซับซ้อนและระบบที่ออกแบบอาจไม่มีเสถียรภาพเพียงพอ และในการออกแบบสมาชิกของเอาต์พุตไม่ได้กำหนดรูปแบบการไม่เชื่อ/ไม่ขายในระบบ พบว่าผลลัพธ์ที่ได้มีรูปแบบที่เหมือนกันคือ ในช่วงวันต้นๆที่มีโควต้าการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ ระบบวิเคราะห์ให้สามารถขายพลังงานไฟฟ้าได้ และในช่วงปลายๆเดือนระบบวิเคราะห์ให้ซื้อพลังงานเพิ่ม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ไม่ครอบคลุมกับการใช้งานจริงของผู้ใช้งานที่เกิดขึ้นและน่าจะมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าอีก ดังนั้นจึงได้มีการปรับปรุงการออกแบบระบบใหม่ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นใน

บทที่ 4



บทที่ 4

การออกแบบและผลการทดลองแบบที่ 2

4.1 ภาพรวมของระบบ

งานวิจัยนี้นำเสนอการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการช่วยตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยกำหนดอินพุต 2 อินพุต ซึ่งมีการลดจำนวนอินพุตลงจากการทดลองแบบที่ 1 และมีการเปลี่ยนอินพุตให้มีความครอบคลุมมากขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อปัจจัยการซื้อขายพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น โดยกำหนดอินพุต ได้แก่ ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า และแนวโน้มการใช้ไฟฟ้า ส่วนเอาต์พุตคือการแนะนำการตัดสินใจซื้อขายพลังงานไฟฟ้า ได้มีการเพิ่มสมาชิกของเอาต์พุต คือ ไม่ซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้า ซึ่งครอบคลุมการใช้งานจริงมากขึ้น และการทดลองมีการแนะนำการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าทุกวัน โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการโรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบมีการแกว่งตัวเดือนเมษายน 2561 เพื่อจำลองการซื้อขายของผู้ใช้บริการดังภาพที่ 3.1

4.2 การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

4.2.1 ออกแบบฟังก์ชันเซต (Fuzzification)

ทำการออกแบบตัวแปรฟังก์ชันซึ่งมีทั้งตัวแปรทางด้านอินพุตและเอาต์พุต จากนั้นทำการกำหนดจำนวนตัวแปรตามต้องการ ในการกำหนดค่าอินพุตและเอาต์พุตนั้นผู้วิจัยได้ทดลองการใช้งานระหว่าง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสามเหลี่ยม และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกสี่เหลี่ยมคางหมู โดยผลการทดลองนั้นเอาต์พุตที่ได้จากการใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเกาส์เซียนมีผลลัพธ์ที่ละเอียด และเหมาะกับค่าตัวแปรอินพุตที่ค่อยๆมีการเปลี่ยนแปลง

4.2.2 การกำหนดกฎของฟังก์ชันลอจิก

ดำเนินการปรับข้อมูลให้อยู่ในลักษณะของ Membership Function โดยผลจากการเทียบได้ข้อมูลในรูปแบบฟังก์ชันเซต ได้จำนวนกฎ 25 กฎ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลในรูปแบบพีชคณิต จำนวน 25 กฎ

	input 1	input 2	output
	ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า	แนวโน้มการใช้ไฟ	แนะนำการซื้อขาย
1	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้ามาก	ลดลงมาก	ไม่ซื้อไม่ขาย
2	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้าปานกลาง	ลดลงมาก	ขายน้อย
3	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า	ลดลงมาก	ขายน้อย
4	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง	ลดลงมาก	ขายมาก
5	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก	ลดลงมาก	ขายมาก
6	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้ามาก	ลดลง	ไม่ซื้อไม่ขาย
7	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้าปานกลาง	ลดลง	ไม่ซื้อไม่ขาย
8	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า	ลดลง	ขายน้อย
9	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง	ลดลง	ขายมาก
10	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก	ลดลง	ขายมาก
11	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้ามาก	คงที่	ซื้อน้อย
12	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้าปานกลาง	คงที่	ซื้อน้อย
13	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า	คงที่	ไม่ซื้อไม่ขาย
14	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง	คงที่	ไม่ซื้อไม่ขาย
15	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก	คงที่	ขายน้อย
16	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้ามาก	เพิ่มขึ้น	ซื้อมาก
17	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้าปานกลาง	เพิ่มขึ้น	ซื้อมาก
18	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า	เพิ่มขึ้น	ซื้อน้อย
19	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง	เพิ่มขึ้น	ไม่ซื้อไม่ขาย
20	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก	เพิ่มขึ้น	ขายน้อย
21	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้ามาก	เพิ่มขึ้นมาก	ซื้อมาก
22	ใช้ไฟฟ้าเกิน โควต้าปานกลาง	เพิ่มขึ้นมาก	ซื้อมาก
23	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า	เพิ่มขึ้นมาก	ซื้อน้อย
24	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง	เพิ่มขึ้นมาก	ซื้อน้อย
25	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก	เพิ่มขึ้นมาก	ไม่ซื้อไม่ขาย

4.2.3 การออกแบบอินพุตและเอาต์พุต

การออกแบบฟังก์ชันของระบบนั้น จะทำการออกแบบสมาชิก 3 แบบที่นิยมใช้งาน เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ของระบบ ได้แก่ ฟังก์ชันเกาส์เซียน ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และ ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

Input 1 : ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 และให้ข้อมูลเป็น (Normalized Data) เพื่อให้เกิดความเท่าเทียมในการคำนวณ เพราะผู้ใช้งานแต่ละรายได้รับโควต้าไม่เท่ากัน เช่น มีการใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า จะกำหนดอยู่ในช่วง -0.2 ถึง 0.2 คือมีการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง -20 เปอร์เซ็นต์ ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 5 ระดับ

โดยค่าส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า หาได้จากสมการที่ (4.1)

$$D_v = [E_n - E_e] \quad (4.1)$$

โดยที่

D_v คือ ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า

E_n คือ พลังงานไฟฟ้าที่เหลือ

E_e คือ พลังงานไฟฟ้าที่คาดการณ์ว่าจะใช้จนถึงสิ้นเดือน

$$E_n = Q_{All} - E_u \quad (4.2)$$

โดยที่

E_n คือ พลังงานไฟฟ้าที่เหลือ

Q_{All} คือ โควตาที่ได้รับจากไฟฟ้า

E_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้บริการใช้ไป

$$E_e = \left[(E_a * (D_{all} - D_p)) \right] \quad (4.3)$$

โดยที่

E_e คือ พลังงานไฟฟ้าที่คาดการณ์ว่าจะใช้จนถึงสิ้นเดือน

E_a คือ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ต่อวัน

D_{all} คือ วันทั้งหมดของแต่ละเดือน

D_p คือ วันปัจจุบันของเดือน

$$E_a = \frac{E_u}{D_p} \quad (4.4)$$

โดยที่

E_a คือ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ต่อวัน

E_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้บริการใช้

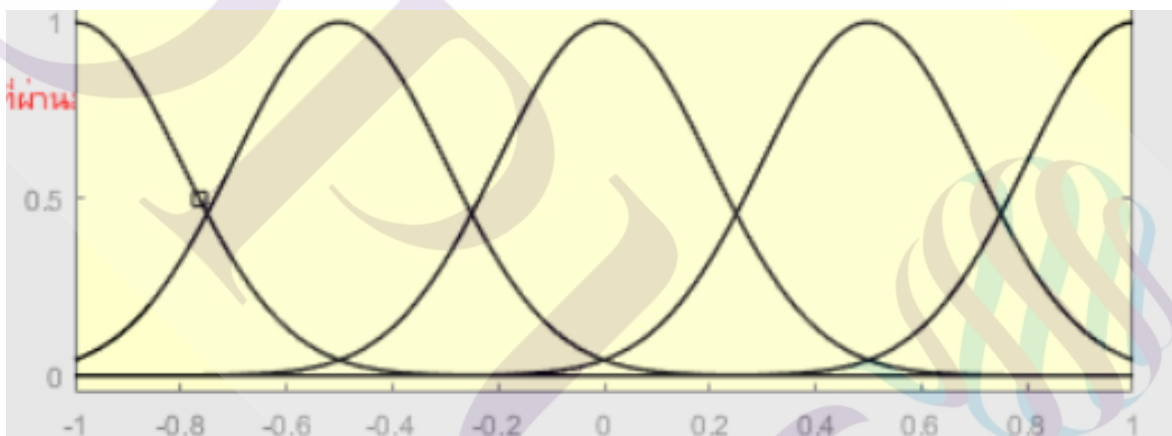
D_p คือ วันปัจจุบันของเดือน

โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 3 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ

หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

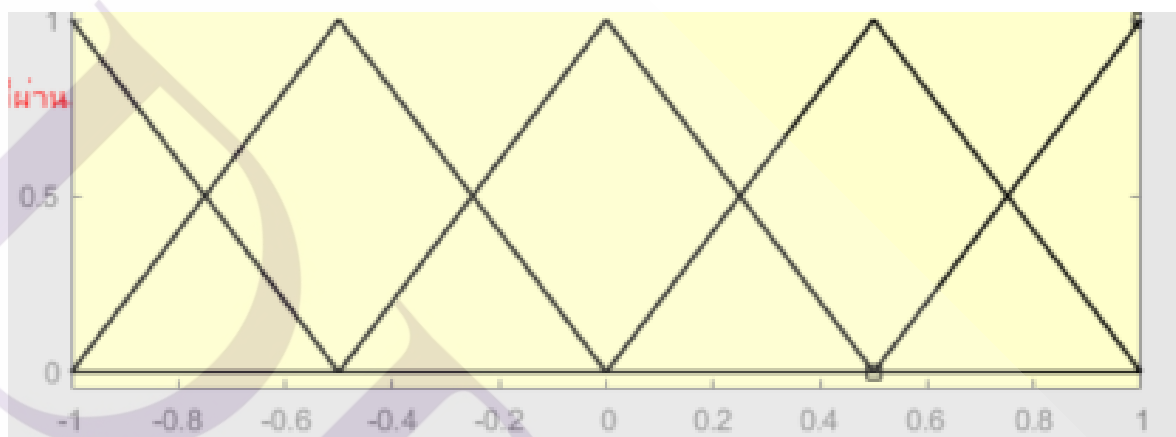
$P = [0.2 -1]$	หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้ามาก
$P = [0.2 -0.5]$	หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้าปานกลาง
$P = [0.2 0]$	หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า
$P = [0.2 0.5]$	หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง
$P = [0.2 1]$	หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก



ภาพที่ 4.1 ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

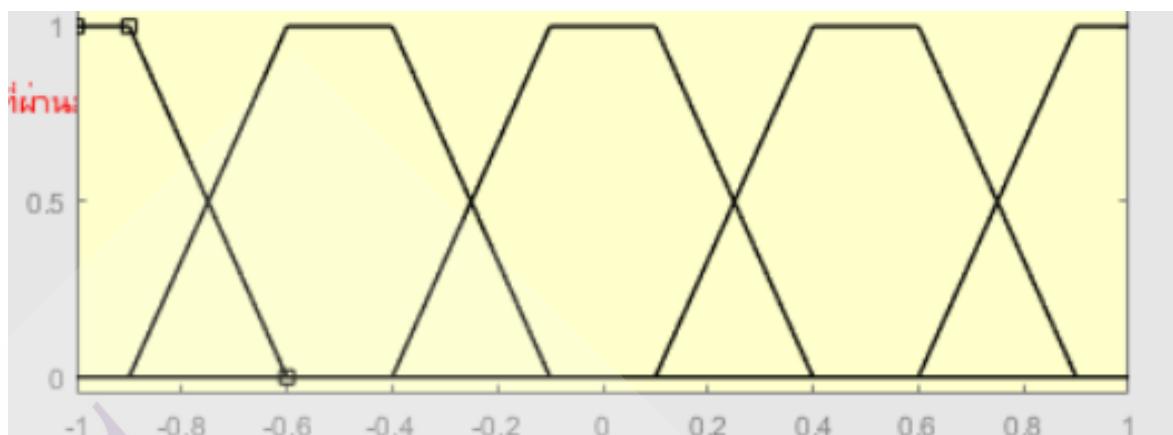
$P = [-1.5 -1 -0.5]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้ามาก
$P = [-1 -0.5 0]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้าปานกลาง
$P = [-0.5 0 0.5]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า
$P = [0 0.5 1]$ หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง
$P = [0.5 1 1.5]$ หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก



ภาพที่ 4.2 ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

3) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

$P = [-50 -1 -0.9 -0.6]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้ามาก
$P = [-0.9 -0.6 -0.4 -0.1]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าเกินโควต้าปานกลาง
$P = [-0.4 -0.1 0.1 0.4]$ หมายถึง	ใช้ไฟฟ้าพอดีโควต้า
$P = [0.1 0.4 0.6 0.9]$ หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือปานกลาง
$P = [0.6 0.9 1 1]$ หมายถึง	โควต้าไฟฟ้าเหลือมาก



ภาพที่ 4.3 ตัวแปรอินพุตที่ 1 ส่วนต่างการใช้โวลต์กับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันที่เหลี่ยมหางหมู

Input 2 : แนวโน้มการใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งค่าของข้อมูลอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 หน่วยเป็นเรเดียน โดยคำนวณจากการใช้ไฟฟ้าย้อนหลัง 3 วัน และหาได้จากการใช้การวิเคราะห์ความแปรผันดังสมการที่ (2.1) เช่น แนวโน้มการใช้ไฟฟ้า = 1 เรเดียน หรือประมาณ -57 องศา แนวโน้มการใช้ไฟฟ้า = 0.5 เรเดียน หรือประมาณ 28.64 องศา โดยแบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 5 ระดับ

โดยออกแบบฟังก์ชันสมาชิก 3 แบบ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

1) ฟังก์ชันเกาส์เซียน แทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

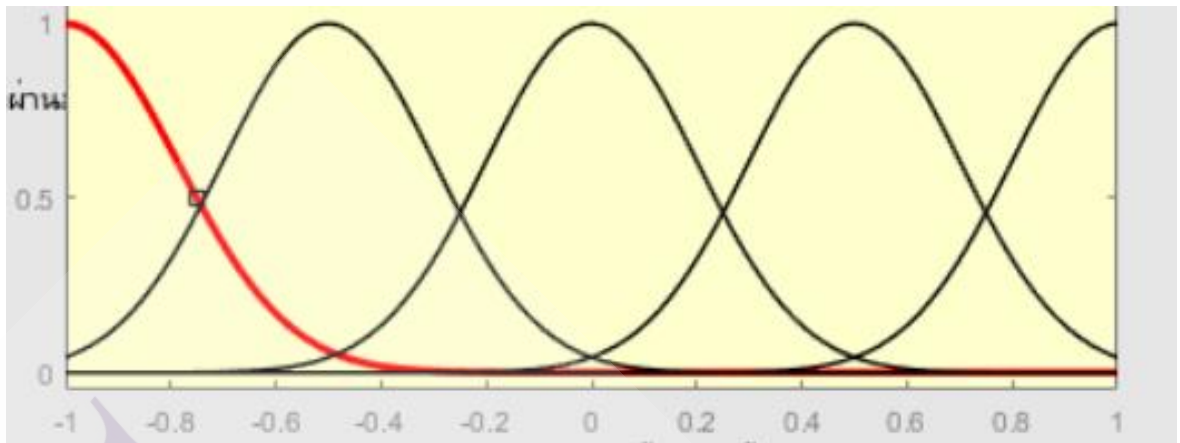
$P = [0.2 -1]$ หมายถึง ลดลงมาก

$P = [0.2 -0.5]$ หมายถึง ลดลง

$P = [0.2 0]$ หมายถึง คงที่

$P = [0.2 0.5]$ หมายถึง เพิ่มขึ้น

$P = [0.2 1]$ หมายถึง เพิ่มขึ้นมาก



ภาพที่ 4.4 ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

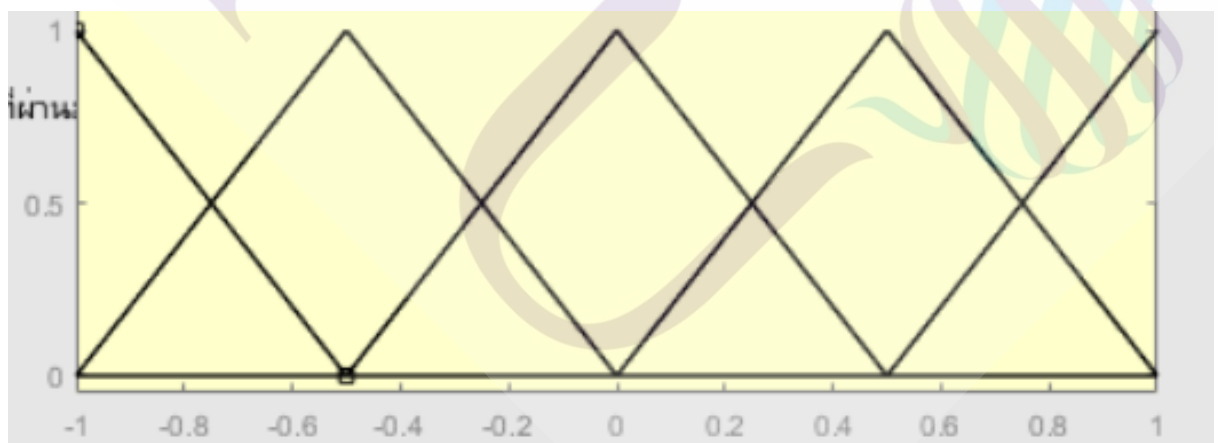
$P = [-1.5 \ -1 \ -0.5]$ หมายถึง ลดลงมาก

$P = [-1 \ -0.5 \ 0]$ หมายถึง ลดลง

$P = [-0.5 \ 0 \ 0.5]$ หมายถึง คงที่

$P = [0 \ 0.5 \ 1]$ หมายถึง เพิ่มขึ้น

$P = [0.5 \ 1 \ 1.501]$ หมายถึง เพิ่มขึ้นมาก



ภาพที่ 4.5 ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

3) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

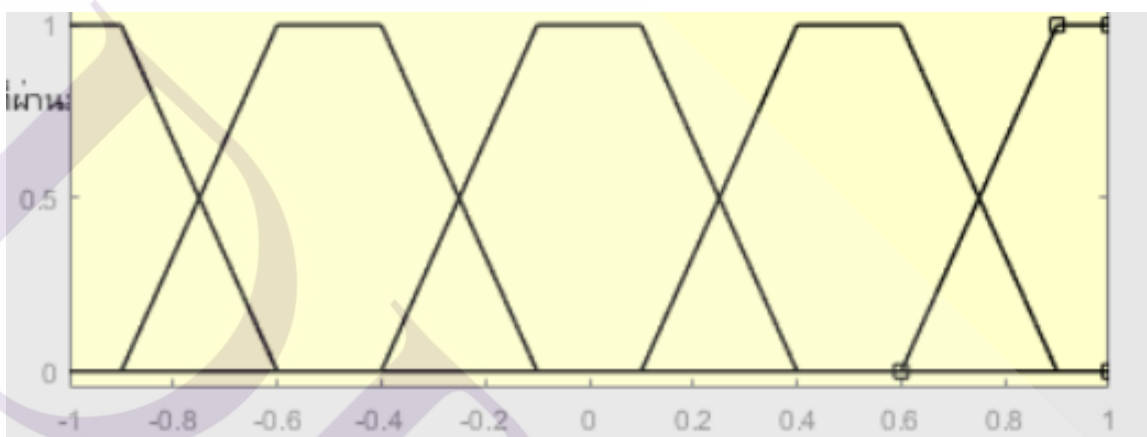
$P = [-1 -1 -0.9 -0.6]$ หมายถึง ลดลงมาก

$P = [-0.9 -0.6 -0.4 -0.1]$ หมายถึง ลดลง

$P = [-0.4 -0.1 0.1 0.4]$ หมายถึง คงที่

$P = [0.1 0.4 0.6 0.9]$ หมายถึง เพิ่มขึ้น

$P = [0.6 0.9 1 1]$ หมายถึง เพิ่มขึ้นมาก



ภาพที่ 4.6 ตัวแปรอินพุตที่ 2 แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

4.3.4 การ Defuzzification

Output : จำนวนการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า แบ่งเป็น 5 ระดับ

โดยค่า จำนวนการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า หาได้จากสามการที่ (4.5)

$$S_u = O_F * Q * SF \quad (4.5)$$

$$B_u = O_F * Q * SF \quad (4.6)$$

โดยที่

S_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ขายได้

B_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อได้

O_F คือ ผลลัพธ์จาก Fuzzy Logic

Q คือ จำนวนโควต้าที่ได้รับ (Quota)

SF คือ ค่าความปลอดภัย (Safety Factor)

$$buy = B_u ; Output > 0 \quad (4.7)$$

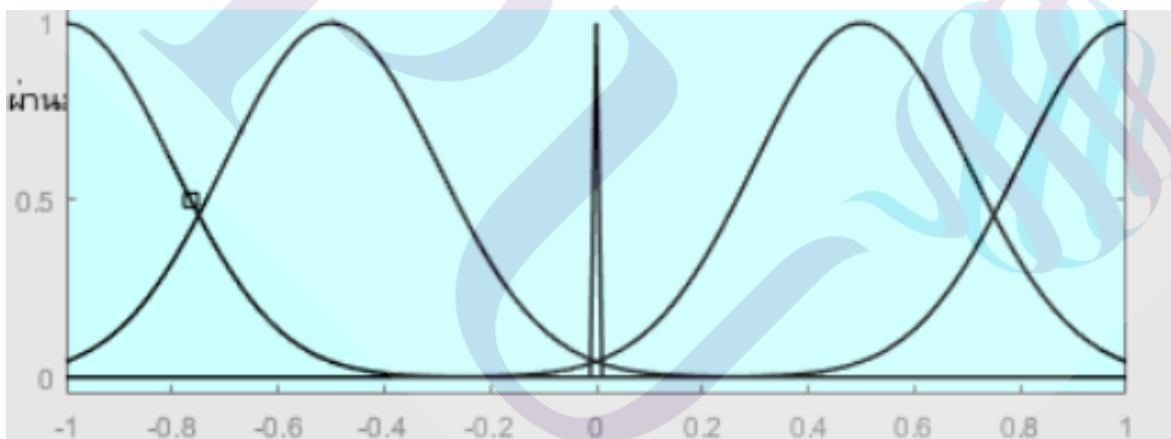
$$sell = S_u ; Output < 0 \quad (4.8)$$

ในการกำหนดค่า Safety Factor = 0.8 ในสมการที่ (4.5) นั้น เนื่องจากทางผู้วิจัยพิจารณาว่า การขายพลังงานไฟฟ้านั้นควรขายได้แค่ร้อยละ 80 จากจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ระบบคำนวณได้ เพื่อเป็นการสำรองพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานให้ครบโควต้าต่อเดือนและลดความเสี่ยงในกรณีที่ขายมากเกินไป ส่วนในการกำหนดค่า Safety Factor = 1.05 ในสมการที่ (4.6) นั้น เนื่องจากทางผู้วิจัยพิจารณาว่า การซื้อพลังงานไฟฟ้านั้นควรซื้อเพิ่มร้อยละ 0.05 จากจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ระบบคำนวณได้ เพื่อเป็นการสำรองพลังงานไฟฟ้าในการใช้งานให้ครบโควต้าต่อเดือนและซื้อมาไม่พอสอดคล้องความต้องการของผู้บริโภค

โดยใช้ฟังก์ชันสมาชิกเพื่อเปรียบเทียบกัน ดังนี้

1) ชั้นเกาส์เซียนแทนค่าด้วย $P = [m, \sigma]$ } ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

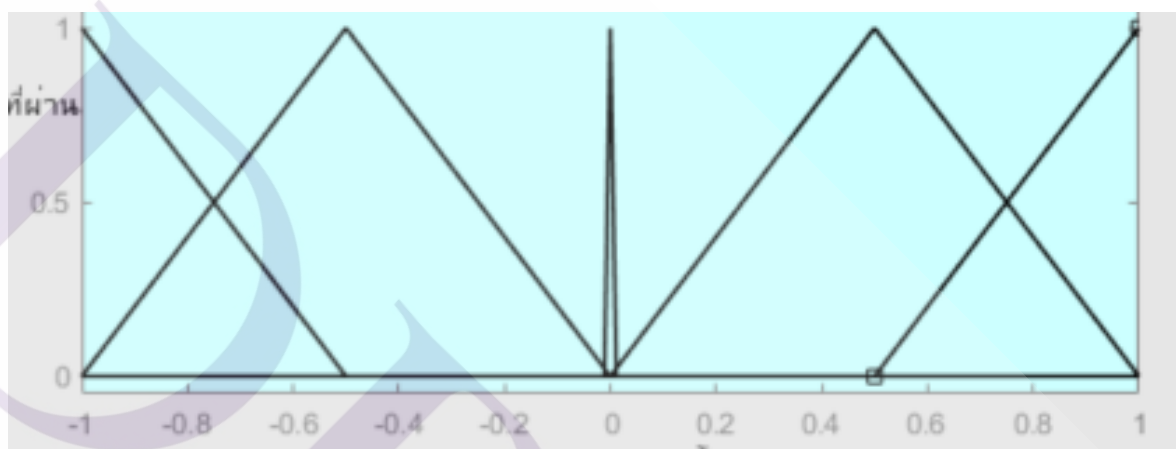
$P = [0.2 -1]$	หมายถึง	ขายมาก
$P = [0.2 -0.5]$	หมายถึง	ขายน้อย
$P = [0 0 0]$	หมายถึง	ไม่ซื้อ/ขาย
$P = [0.2 0.5]$	หมายถึง	ซื้อน้อย
$P = [0.2 1]$	หมายถึง	ซื้อมาก



ภาพที่ 4.7 ตัวแปรเอาต์พุต ซื้อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันเกาส์เซียน

2) ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

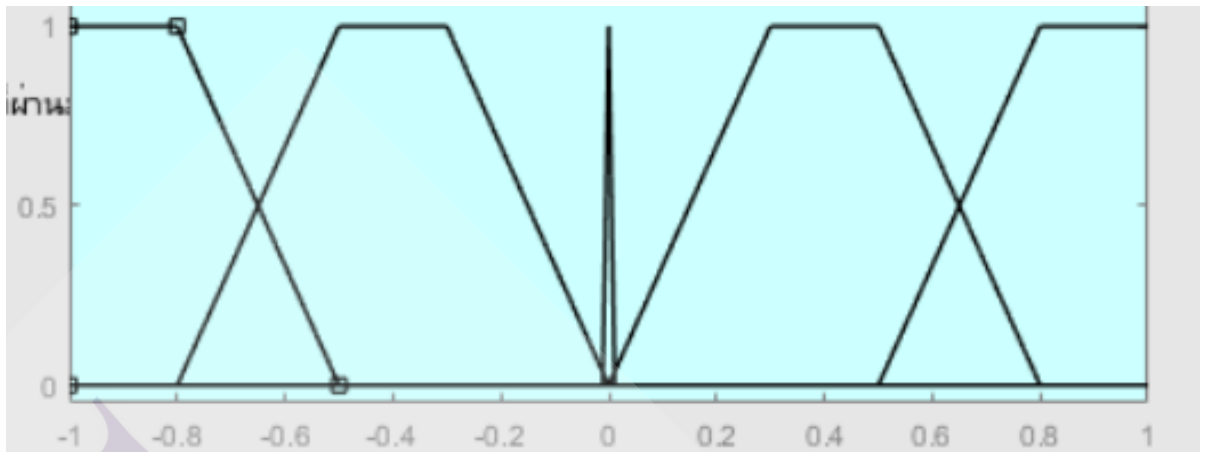
$P = [-1.5 \ -1 \ -0.5]$	หมายถึง	ขายมาก
$P = [-1 \ -0.5 \ 0]$	หมายถึง	ขายน้อย
$P = [0 \ 0 \ 0]$	หมายถึง	ไม่ซื้อ/ขาย
$P = [0 \ 0.5 \ 1]$	หมายถึง	ซื้อน้อย
$P = [0.5 \ 1 \ 1.5]$	หมายถึง	ซื้อมาก



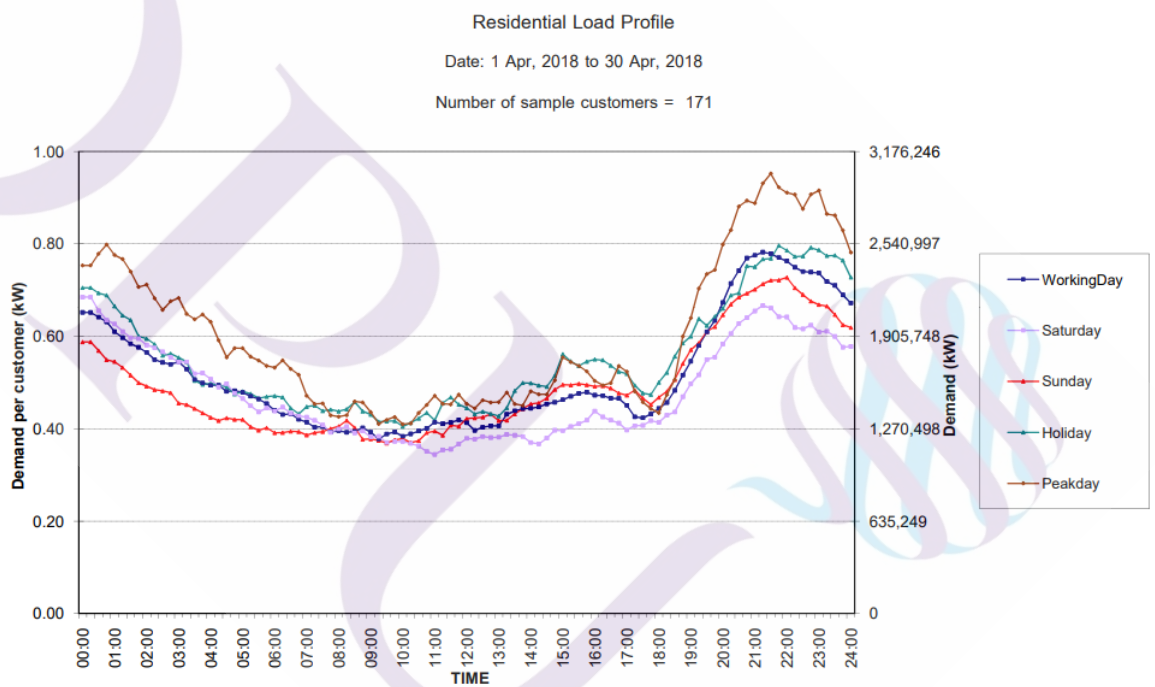
ภาพที่ 4.8 ตัวแปรเอาต์พุต ซื้อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

3) ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

$P = [-1 \ -1 \ -0.8 \ -0.5]$	หมายถึง	ขายมาก
$P = [-0.8 \ -0.5 \ -0.3 \ 0]$	หมายถึง	ขายน้อย
$P = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$	หมายถึง	ไม่ซื้อ/ขาย
$P = [0 \ 0.3 \ 0.5 \ 0.8]$	หมายถึง	ซื้อน้อย
$P = [0.5 \ 0.8 \ 1 \ 1]$	หมายถึง	ซื้อมาก



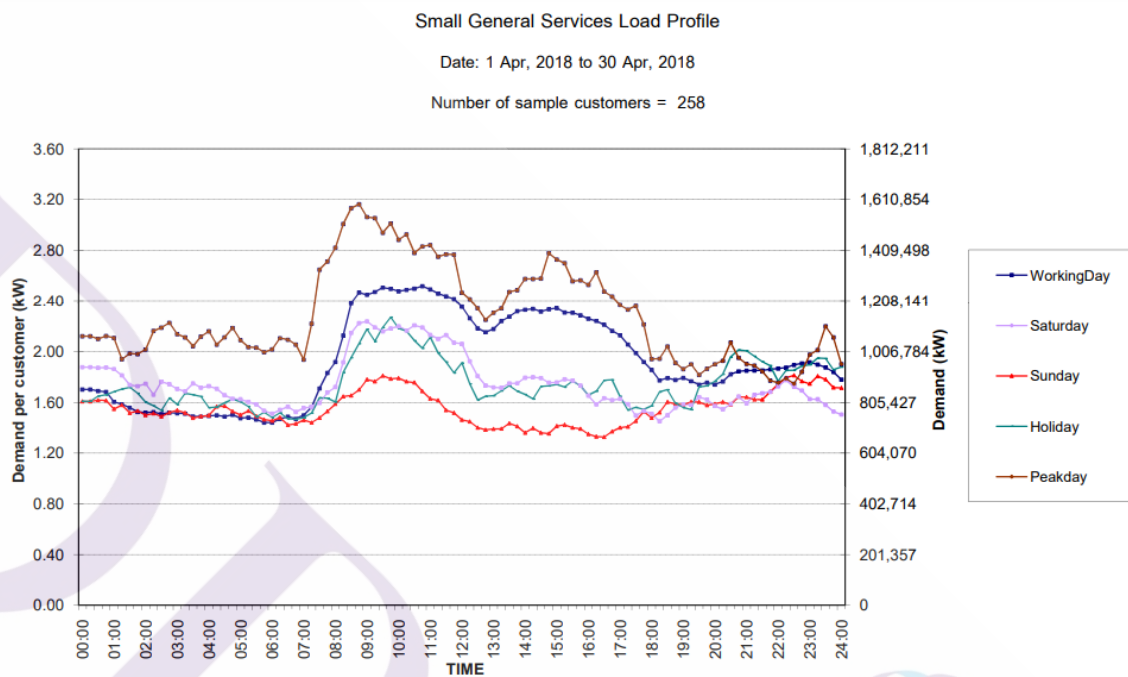
ภาพที่ 4.9 ตัวแปรเอาต์พุต ซื่อขายไฟฟ้าของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู



ภาพที่ 4.10 ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัย เดือนเมษายน

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2562)

จากภาพที่ 4.10 แสดงความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของที่อยู่อาศัยของเดือนเมษายน มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางวันเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 4.11 ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของโรงงานขนาดเล็ก เดือนเมษายน

ที่มา: การไฟฟ้านครหลวง (2562)

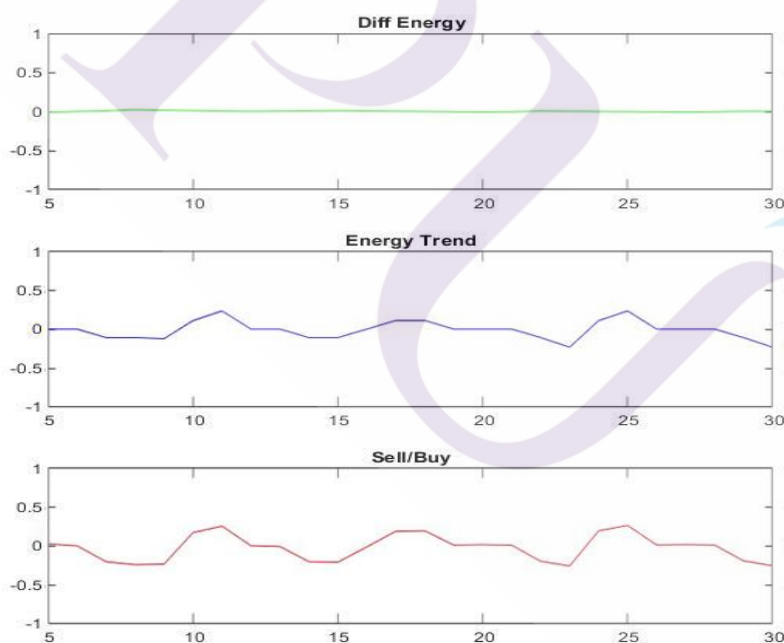
จากภาพที่ 4.11 ความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของโรงงานขนาดเล็กของเดือนเมษายน มีการใช้งานในช่วงเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงตอนกลางคืนเล็กน้อย

4.3 ผลการทดลอง

จากภาพที่ 4.12 - 4.23 แสดงผลลัพธ์จากการทดลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการโรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไม่คงที่ ของเดือนเมษายน 2561 โดยพิจารณาตั้งแต่วันที่ 5 เป็นต้นไป เนื่องจากในวันที่ 1-5 การคิดหาแนวโน้มการใช้ไฟฟ้า 3 วันก่อนหน้าไม่สามารถทำได้ จึงเริ่มทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 5 ของเดือนเป็นต้นไป โดยแนวแกน x คือจำนวนวันทั้งหมดของเดือน และแนวแกน y คือ ค่า 0-1 Normalized Data ซึ่งกราฟด้านบนสุด (Diff Energy) คือ อินพุตที่ 1 กราฟแสดงส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า กราฟตรงกลาง (Energy Trend) คือ อินพุตที่ 2 กราฟแสดงแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า และกราฟด้านล่างสุด Sell/Buy คือ เอาต์พุต กราฟแสดงผลลัพธ์การแนะนำการซื้อ/ขายพลังงานไฟฟ้าให้แก่ผู้ให้บริการ โดยค่าที่ติดลบแสดงให้เห็นว่าสามารถขายพลังงานไฟฟ้าได้ ค่าที่อยู่บริเวณ 0 คือไม่มีการซื้อ/ขาย และค่าที่แสดงเป็นค่าบวกแสดงให้เห็นว่าสามารถทำการซื้อพลังงานไฟฟ้าได้

4.3.1 ผลการทดลองโดยใช้ฟังก์ชันเกาส์เซียน

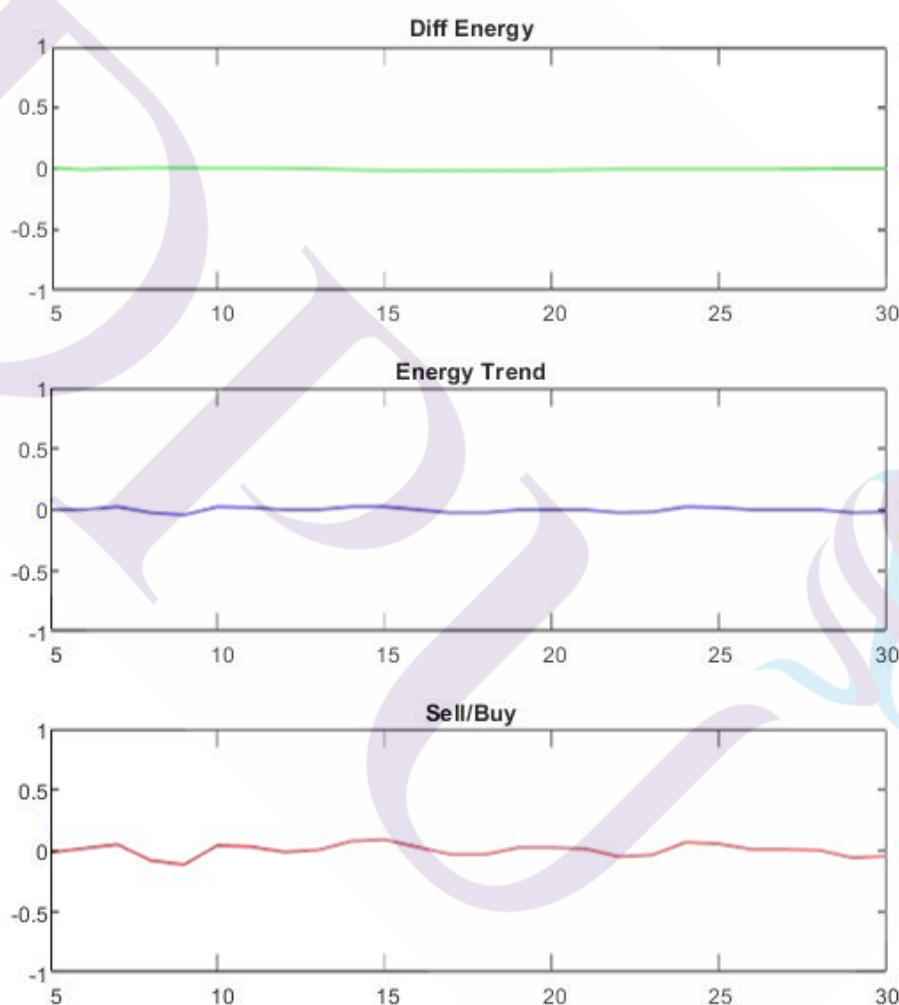
1) โรงงานขนาดเล็ก



ภาพที่ 4.12 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันเกาส์เซียน

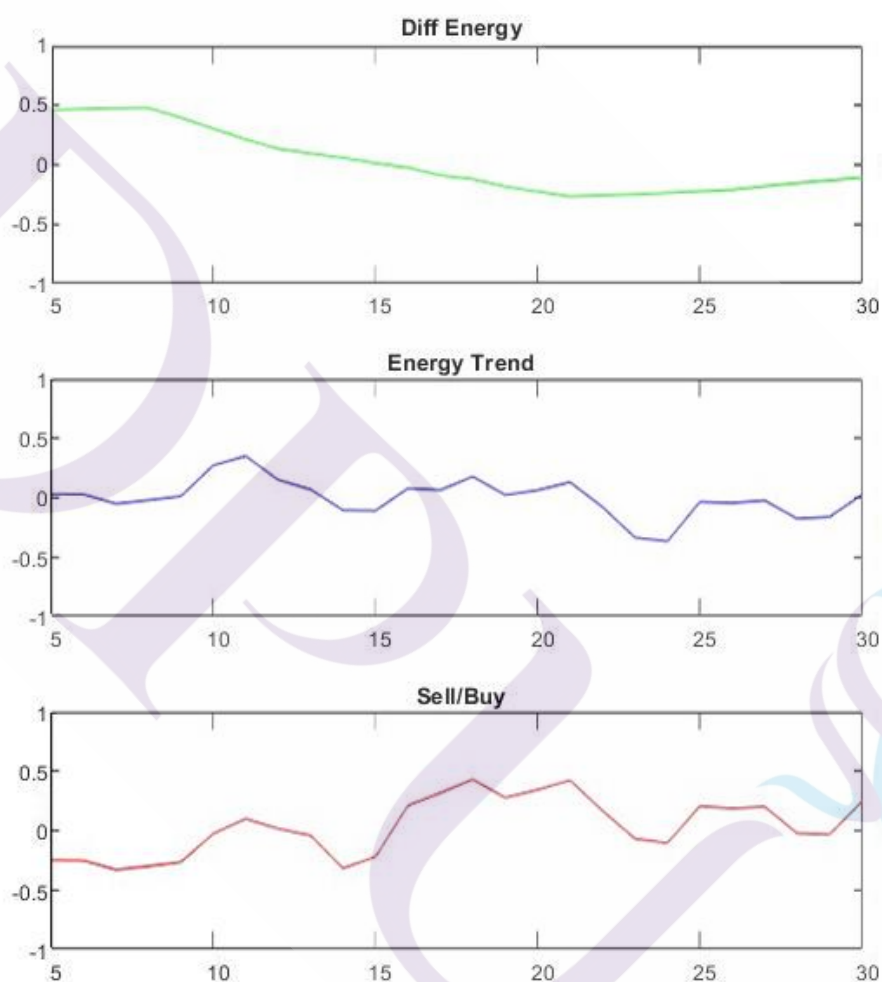
จากภาพที่ 4.13 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

2) ที่อยู่อาศัย



ภาพที่ 4.14 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561ของฟังก์ชันเกาส์เซียน

จากภาพที่ 4.14 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าพอดีกับโควต้า และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลลัพธ์จะมีความสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้ไฟ คือ เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟมีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ให้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟมีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ให้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

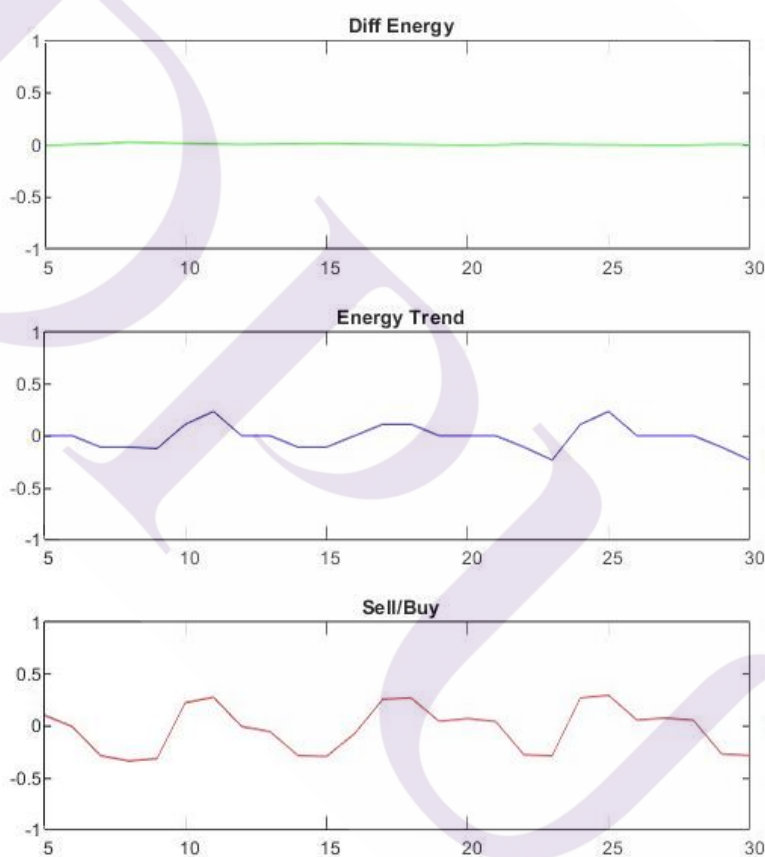


ภาพที่ 4.15 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันเกาส์เซียน

จากภาพที่ 4.15 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

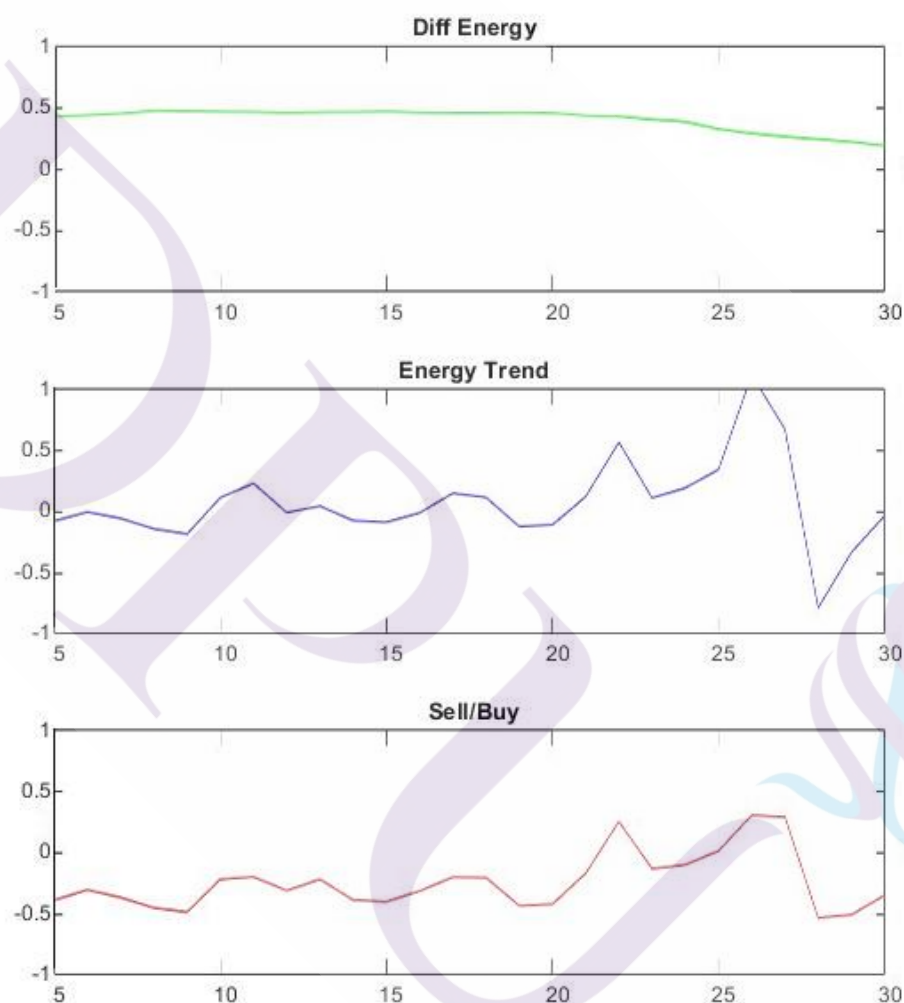
4.3.2 ผลการทดลองโดยใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

1) โรงงานขนาดเล็ก



ภาพที่ 4.16 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

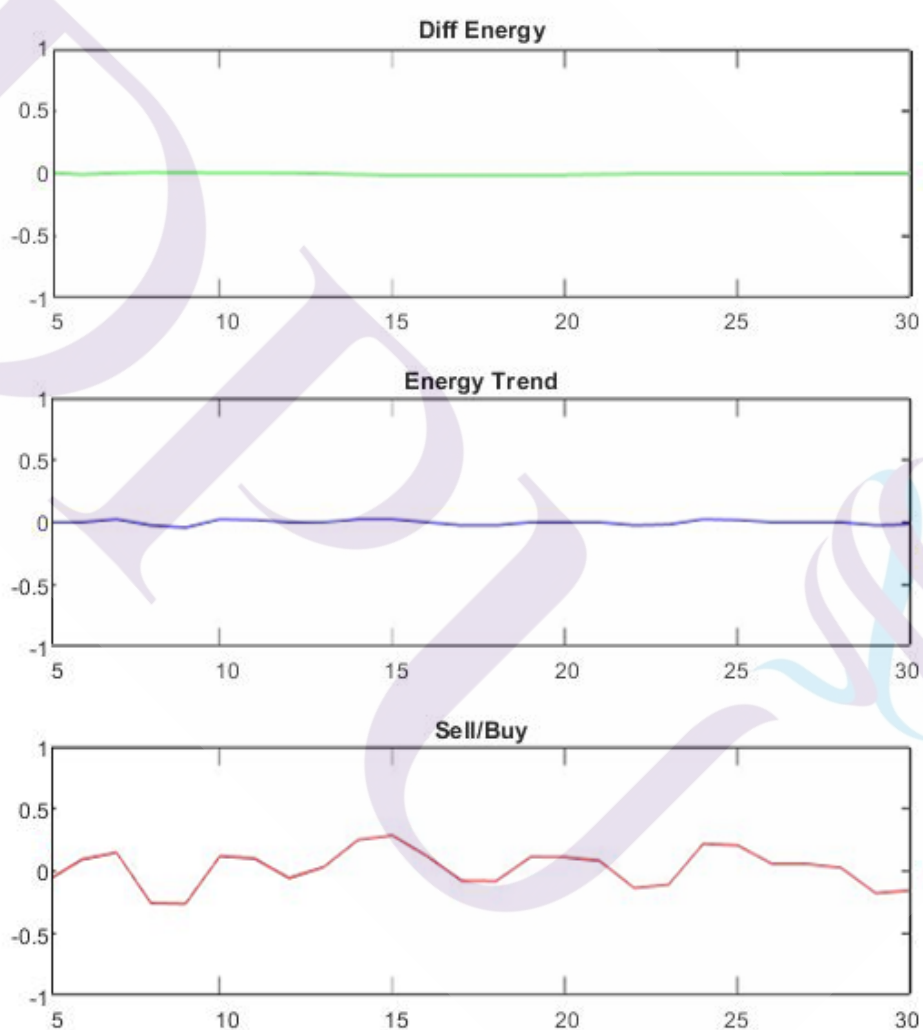
จากภาพที่ 4.16 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าพอดีกับโควต้า และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลลัพธ์จะมีความสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้ไฟ คือ เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้



ภาพที่ 4.17 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

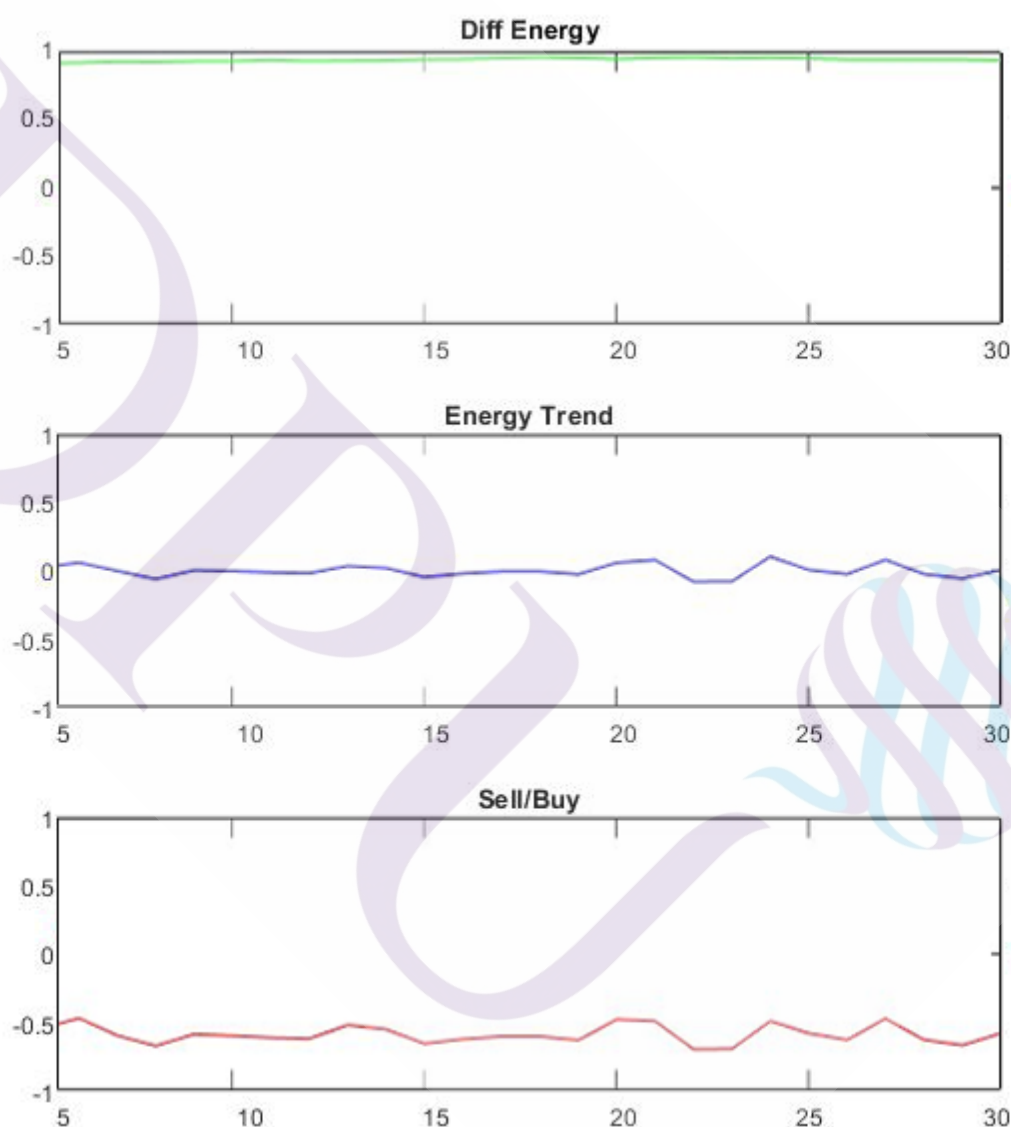
จากภาพที่ 4.17 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

2) ที่อยู่อาศัย



ภาพที่ 4.18 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

จากภาพที่ 4.18 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าพอดีกับโควต้า และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลลัพธ์จะมีความสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้ไฟ คือ เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟมีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟมีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

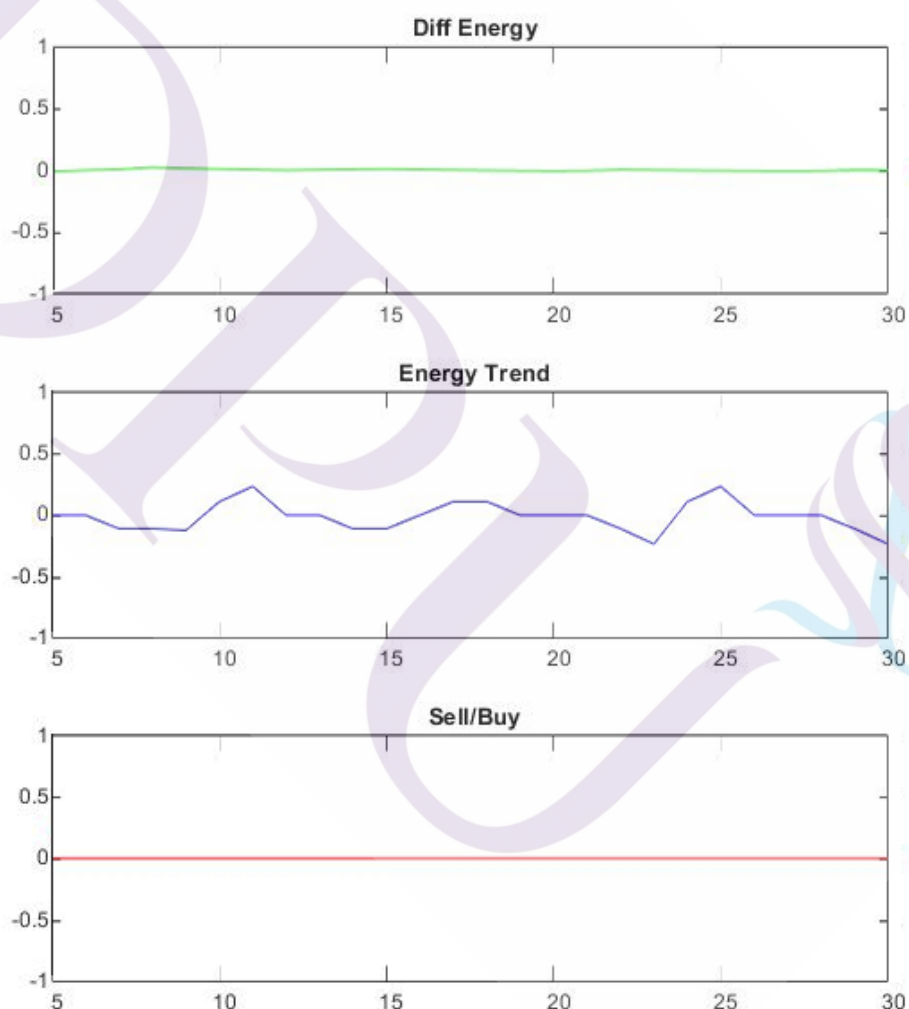


ภาพที่ 4.19 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสามเหลี่ยม

จากภาพที่ 4.19 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

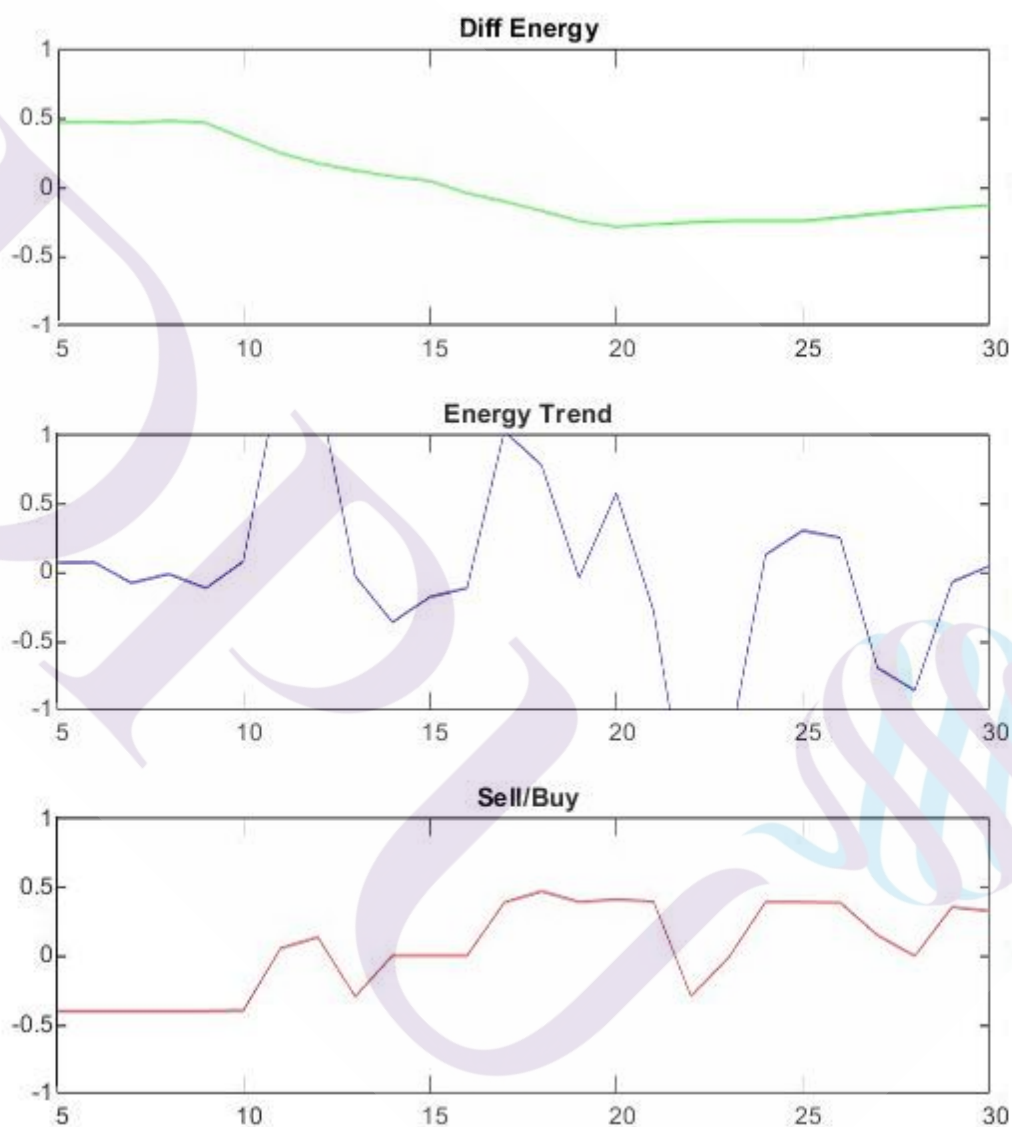
4.3.3 ผลการทดลองโดยใช้ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

1) โรงงานขนาดเล็ก



ภาพที่ 4.20 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

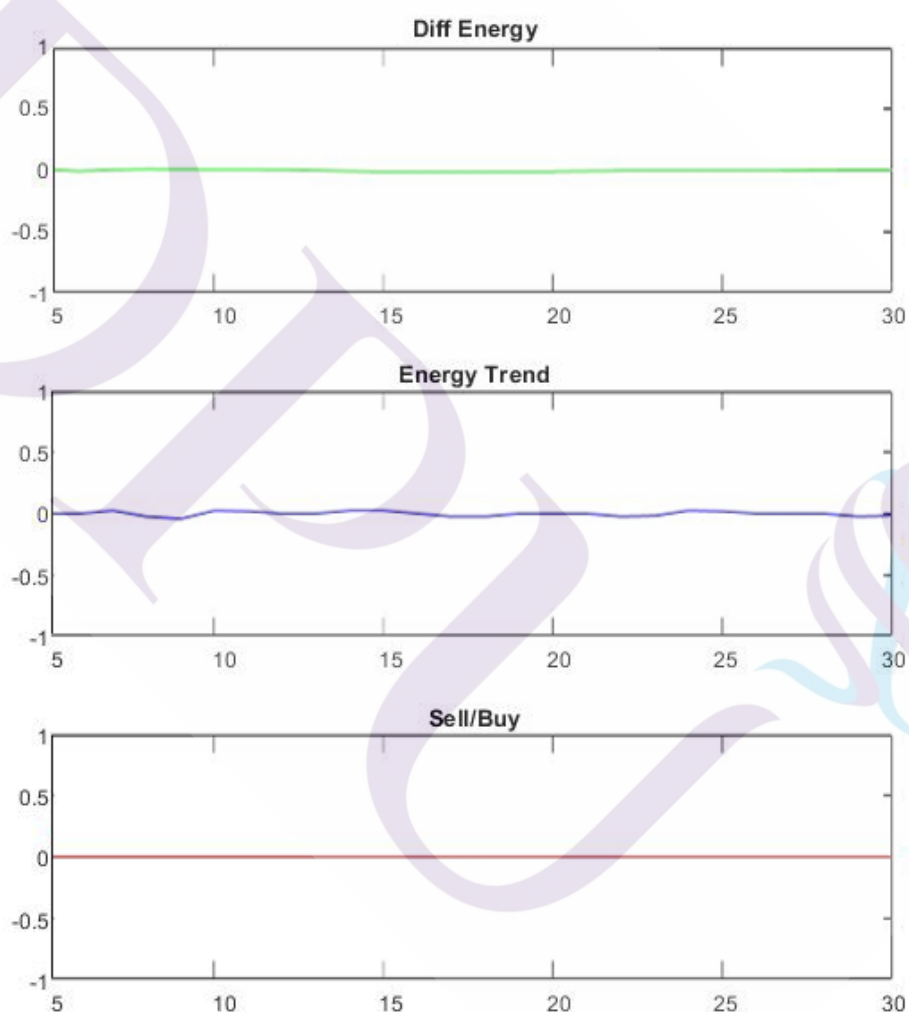
จากภาพที่ 4.20 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าพอดีกับโควต้า และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลลัพธ์จะแสดงอยู่ในค่า 0 ซึ่งหมายความว่า ระบบแนะนำว่าไม่ควรซื้อหรือขาย



ภาพที่ 4.21 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

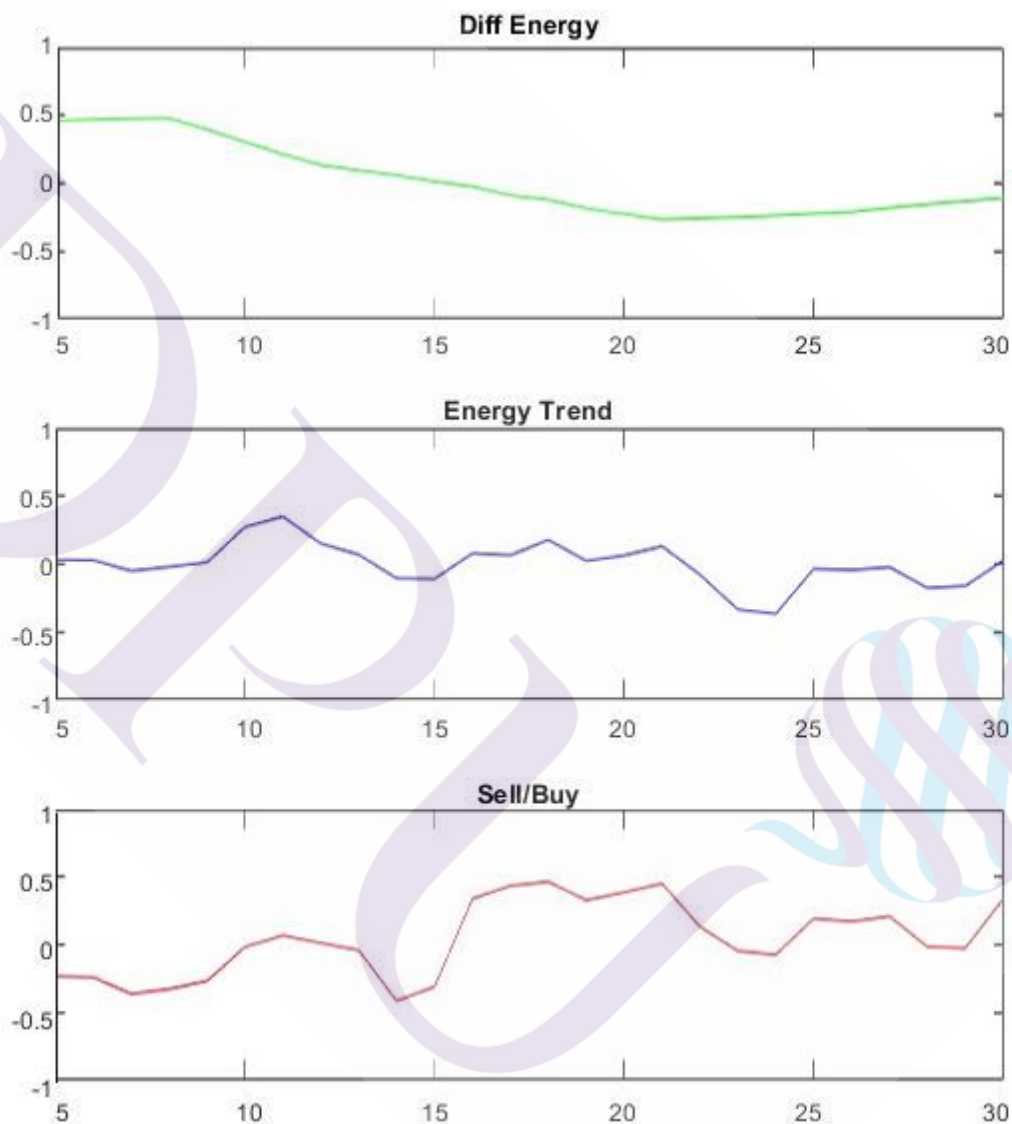
จากภาพที่ 4.21 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

2) ที่อยู่อาศัย



ภาพที่ 4.22 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบปกติ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

จากภาพที่ 4.22 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานใช้พลังงานไฟฟ้าพอดีกับโควต้า และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ผลลัพธ์จะแสดงอยู่ในค่า 0 ซึ่งหมายความว่า ระบบแนะนำว่าไม่ควรซื้อหรือขาย



ภาพที่ 4.23 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าแบบไม่คงที่ เดือนเมษายน 2561 ของฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู

จากภาพที่ 4.23 พบว่า เมื่อผู้ใช้งานมีโควตาการใช้พลังงานไฟฟ้าเหลือ และมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าคงที่ ระบบจะแนะนำให้สามารถขายได้เล็กน้อย และเมื่อมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าไม่คงที่ เช่น เมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการซื้อพลังงานไฟฟ้า และเมื่อแนวโน้มการใช้ไฟฟ้ามีค่าที่ลดลงระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้บริการทำการขายพลังงานไฟฟ้าได้

4.4 สรุปผลการทดลอง

จากผลลัพธ์การทดลอง แสดงให้เห็นว่าการกำหนดค่าสมาชิกของฟัซซี่ลอจิก แบบต่างๆ เช่น ฟังก์ชันเกาส์เซียน ฟังก์ชันสามเหลี่ยม และฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ผลลัพธ์ที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดย ฟังก์ชันเกาส์เซียนนั้น สามารถให้ผลลัพธ์ที่มีความละเอียดมากกว่าแบบอื่นๆ เหมาะสำหรับการใช้งานสำหรับค่าที่ค่อยๆมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งฟังก์ชันสามเหลี่ยมนั้นให้ผลเทียบเคียงกับฟังก์ชันเกาส์เซียน ส่วนฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูผลลัพธ์ที่ได้ จะมีค่าบางช่วงที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้นั้นไม่ยืดหยุ่น และละเอียดเท่าที่ควร

จากการออกแบบระบบเดิมในบทที่ 3 และออกแบบระบบใหม่ในบทที่ 4 พบว่า ระบบที่ออกแบบใหม่นั้น มีการกำหนดอินพุต และ เอาต์พุตที่ครอบคลุมมากกว่า ซึ่งในระบบเดิมนั้น อินพุตบางตัว ไม่ได้มีผลต่อการคำนวณของระบบ ทำให้เกิดการสูญเปล่าในการคำนวณ และระบบเกิดความซับซ้อนมากขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ในการออกแบบระบบใหม่ที่ได้นั้นมีความเหมาะสมและระบบมีเสถียรภาพมากกว่าระบบเดิม และมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถหาแนวโน้มการใช้ไฟ และการประมาณการการใช้ไฟในอนาคตได้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

การทดลองการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) ในการช่วยตัดสินใจการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าบนระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยของผู้ใช้บริการ โรงงานขนาดเล็กจำนวน 171 แห่ง และที่อยู่อาศัยจำนวน 258 แห่ง กำหนดโควต้าคือ 5,000 Watt และ 1,500 Watt ตามลำดับ จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบปกติและการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบมีการแกว่งตัวในเดือนเมษายน 2561 ได้มีการออกแบบการทดลองเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกเป็นการออกแบบอินพุตของตรรกศาสตร์คลุมเครือจากปัจจัยพื้นฐานที่เรียบง่ายประกอบด้วย จำนวนวันปัจจุบันที่เหลือทั้งหมดของเดือน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับ อุณหภูมิ และความต้องการตามช่วงเวลา และส่วนที่สอง ใช้ความพอเพียงของโควต้าในช่วงเวลาที่ผ่านมา และแนวโน้มการใช้พลังงานมาเป็นอินพุตแทน พบว่าผลการทดลองในส่วนแรกการออกแบบด้วยอินพุตดังกล่าวไม่ครอบคลุมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า และผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง มีการขายพลังงานตั้งแต่ในช่วงต้นเดือน เพราะมีโควต้าพลังงานไฟฟ้าเหลือ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการใช้งานจริง ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงระบบโดยวิเคราะห์จาก ส่วนต่างการใช้โควต้ากับการคาดการณ์การใช้ไฟฟ้า และแนวโน้มการใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ระบบมีความครอบคลุมและวิเคราะห์ได้แม่นยำมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองพบว่าการซื้อขายพลังงานไฟฟ้ามีความเหมาะสมมากขึ้น ไม่ได้มีการขายพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ช่วงต้นเดือน โดยทำให้ระบบช่วยเพิ่มความสมดุลให้กับการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคได้ดีขึ้น สามารถเป็นแนวทางในการช่วยให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อาจมีการจำลองการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าในระบบจริง เพื่อพิจารณาโควต้าที่เหลือของผู้ใช้งานหรือการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินโควต้าว่าเหมาะสมกับการซื้อขายจริงหรือไม่
2. สำหรับการกำหนดอินพุตของพีชชีลจิกนั้น สามารถปรับค่าได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ให้บริการในขณะนั้นได้ เช่น การปรับค่าความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า (TOU) ตามประเภทของผู้ใช้แต่ละประเภท หรือสามารถเพิ่มตัวแปรอินพุต เช่น ความสามารถในการเก็บพลังงานไฟฟ้าราคาในขณะนั้น กำลังในการผลิตไฟฟ้าได้เองของผู้ให้บริการ
3. สำหรับการกำหนดโควต้าให้ผู้ใช้บริการนั้น อาจพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น การอ้างอิงจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเภทผู้ใช้ตามวันเวลาที่พิจารณา
4. ในการพิจารณาการทดลอง ควรพิจารณาวันเวลาขั้นต่ำอย่างน้อย 5-7 วันของเดือนที่พิจารณา หรือเพิ่มการทดลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนอื่นๆ ปีอื่นๆ และพิจารณาจากอินพุตที่ต่างกัน เพื่อให้ผลลัพธ์การซื้อขายพลังงานไฟฟ้ามีความแม่นยำขึ้น



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

- ทิพรัตน์ ศิลปพงศาวดารกร. (2558). *การประยุกต์ใช้ฟuzzyลอจิก เพื่อจัดสรรหน่วยความจำของเวอร์ชวลแมชีนในการประมวลผลคลาวด์*. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- วิลาวัณย์ ประสมทรัพย์. (2554). *การพัฒนาหาแบบจำลองตำแหน่งเสี่ยงต่อการพังทลายตลิ่งโดยวิธีฟuzzy*. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). กรุงเทพมหานคร : สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาษาต่างประเทศ

- Ali Sadollah. (2018). *Which Membership Function is Appropriate in Fuzzy System?*. Retrieved June 08, 2018, from <https://www.intechopen.com/>
- Chun-Cheng Lin. (2017). *Peak Load Shifting in the Internet of Energy with Energy Trading Among End-Users*. Department of Industrial Engineering and Management, National Chiao Tung University.
- Gyohun Jeong. (2018). *Energy Trading System in Micro grids with Future Forecasting and Forecasting Errors*. Korea Advanced Institute of Science and Technology.
- Hyunjeong Lee. (2015). *Design and implementation of an energy trading model for smart factories*. Convergence Standards Research Section, Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, Republic of Korea.
- Mihail Mihaylov. (2014). *NRGcoin : Virtual currency for trading of renewable energy in smart grids*. Sensing & Control Systems, R&D Department, Barcelona, Spain.
- Sangdon Park. (2017). *Event-Driven Energy Trading System in Microgrids: Aperiodic Market Model Analysis With a Game Theoretic Approach*. Information and Electronics Research Institute, KAIST, Daejeon, South Korea.

บรรณานุกรม (ต่อ)

ภาษาต่างประเทศ

- Tao Chen. (2018). *Local Energy Trading Behavior Modeling With Deep Reinforcement Learning*. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Michigan-Dearborn, Dearborn, MI, USA.
- Yong Xiao. (2015). *Dynamic Energy Trading for Energy Harvesting Communication Networks: A Stochastic Energy Trading Game*. Department of Electrical and Computer Engineering, Houston University.
- Yuan Luo. (2014). *Autonomous cooperative energy trading between prosumers for microgrid systems*. NEC Smart Energy Research Laboratories, Japan.





งานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14
**DIGITAL TECHNOLOGY FOR
 SUSTAINABLE WELLBEING
 AND SMART SOCIETY**

21 มิถุนายน 2562

ห้องประชุม ดร.ไสว สุทธิพิทักษ์ อาคาร 6 ชั้น 7

วิทยาลัยนวัตกรรมการเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์
 และศูนย์บริการวิจัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
 ร่วมกับ เครือข่ายวิจัยประชาชน

ปัญหาการบังคับใช้ร่างพระราชบัญญัติป้องกันและปราบปรามการทรมาน และการกระทำให้อับอายต่อคนสูญหาย ต่อการปรับปรุงวินัยทหาร พินิจพงษ์ จรรยาเลิศ	971
ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อสินค้าออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ E-Marketplace รวิภา มีนิต, ธนารักษ์ เหล่าสุทธิ	984
การพัฒนาทักษะความคล่องแคล่วว่องไวในการเล่นกีฬาบาสเกตบอล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการใช้โปรแกรมการฝึกตาราง 9 ช่อง ญาณิศา ชุณศรี	996
การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารคลังสินค้า สำหรับสินค้าประเภทที่ไม่อยู่ในระบบ(ของแถม) โดยใช้หลักสต็อกการ์ดและป้ายบอกโซน : กรณีศึกษา บริษัท ABC จาดุรันต์ แชมสุ่น, ดุษฎี บรรรมย์, อรวรรณ สิวิน	1007
การลดปัญหาแมสควิท A จุดตันที่รูตะแกรงหม้อป้อน กรณีศึกษา : โรงงานผลิตน้ำตาลทราย ชญาณี กาญจนามาส, ณัฐพัชร์ อารีรัชกุลกานต์, สมหญิง งามพรประเสริฐ	1017
การพัฒนาระบบโทรศัพท์ไอพีอัตโนมัติโดยการใช้งานด้วยเสียง พูนศักดิ์ ภาษิต, ธนัญ จารุวิทย์โกวิท, อนิรุทธ์ กัลยา	1030
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความภักดีของผู้บริโภคที่มีต่อร้านขายยา ชุตติมา อบเหลือง, สันหะ เหมวนิช	1041
ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการสินค้าจําหน่ายทะเบียนรถยนต์กับ ธนาคารทิสโก้ จำกัด(มหาชน) ของลูกค้าในเขตกรุงเทพมหานคร อัศวพัชร์ ชัชวาลพงศ์พันธ์, นนทร์ วรพาศิษย์	1051
การประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า จิตติมา กรบองกัน, ชัยพร เขมะภาคะพันธ์	1060
วิธีการจําแนก Facebook Page ตามระดับความเป็นที่นิยม ด้วยข้อมูลการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ เตชวัฒน์ ก้อนแก้ว	1071
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้บริการทางอิเล็กทรอนิกส์: กรณีศึกษาผู้ใช้บริการ ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) สาขาบึงสีบ้านโป่ง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี พงศกร คหิณฑรพงศ์	1080
ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมในการตัดสินใจใช้บริการ Mobile Banking กัลยกร แก่นพรมมา, ธนารักษ์ เหล่าสุทธิ	1090

การประยุกต์ตรรกศาสตร์คลุมเครือสำหรับการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า Applied Fuzzy Logic for Energy Trading

จิตtima กรปองกัน

Jitima Kornpongkun

นักศึกษาปริญญาโท

Master Student

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
Computer and Telecommunications Engineering Faculty of Engineering Dhurakij Pundit University

อีเมล : jitima.kornpongkun@gmail.com

ชัยพร เขมะภตะพันธ์

Chaiyaporn Khemapatapan

ผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

Director of Computer and Telecommunications Engineering Program

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
Computer and Telecommunications Engineering Faculty of Engineering Dhurakij Pundit University

อีเมล : chaipor@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการซื้อขายพลังงานไฟฟ้าบนระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะของโรงงานขนาดเล็ก และที่อยู่อาศัยในประเทศไทย/ภูมิภาค โดยใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในโปรแกรม MATLAB โดยวิเคราะห์จาก อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควตาที่ได้รับ สภาพอากาศ และอัตราส่วนความต้องการตามช่วงเวลา (Time of Use Rate) เพื่อรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามจำนวนประชากร และการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยการวางแผนระบบที่ดีจะสามารถลดการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายให้ระบบ ช่วยให้เกิดเสถียรภาพของระบบ รวมถึงการลดความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้งาน ผู้บริโภคสามารถรวบรวมรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มีอยู่และดำเนินการวางแผนหรือปรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ล่วงหน้า เพื่อให้สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาที่ดีที่สุด งานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานแนวคิดเกี่ยวกับการเพิ่มความสมดุลระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าหลักที่มีอย่างจำกัดและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าทุกท่านจะได้รับโควตาพื้นฐานสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า ต่อวันของโรงงานขนาดเล็กและที่อยู่อาศัยกับปริมาณการซื้อขายพลังงานไฟฟ้า และมีผลการพิจารณาความเพียงพอของโควตาในแต่ละเดือนว่าสามารถขายหรือต้องซื้อโควตาไฟฟ้านั้นหรือไม่และจำนวนเท่าไร

ผลการทดสอบพบว่าระบบช่วยเพิ่มความสมดุลให้กับการผลิตไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคได้ดีขึ้น สามารถเป็นแนวทางในการช่วยให้ระบบไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้นได้ สามารถรองรับการ

ขยายตัวของผู้บริโภคในอนาคต ลดความเสี่ยงของโรงงานไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอ และสามารถลดค่าใช้จ่ายของโรงงานไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ฟัซซี่ลอจิก, โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ , โควตาพลังงานไฟฟ้า

Abstract

This paper presents the trading of electrical energy on intelligent electric power systems of small factories and residences in Thailand / region by using fuzzy logic in the MATLAB program by analyzing the ratio of the current number of days per total days of the month, the ratio of electricity used to the quota received, weather and the time of use rate in order to support the increasing power consumption. According to the population and economic growth by planning a good system can reduce energy consumption. Reduce system costs Helps to stabilize the system As well as reducing the need for electrical energy consumption of users, consumers can collect existing electricity usage patterns and plan or adjust electricity consumption in advance. In order to be able to use at the best time this research is based on the idea of increasing the balance between the main electric power sources that are limited and all electric power users will receive a basic quota for electrical energy use. By comparing the electricity consumption per day of small factories and residences and the amount of electricity trading And considering the adequacy of quotas in each month whether they can sell or have to buy that power quota and how much

The test results showed that the system helped increase the balance of electricity production and the electricity consumption of consumers better. Can be a guideline to help make the electrical system more efficient Able to support the expansion of consumers in the future Reduce the risk of power plants supplying insufficient electricity. And can reduce the cost of the power plant as well

Keywords: Fuzzy Logic, Smart grid, Electric power quotas

บทนำ

จากข้อมูลกราฟและสถิติกำลังการผลิตในระบบไฟฟ้า และความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยในเดือนมีนาคม 2562 พบว่ากำลังผลิตในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 14,565.58 เมกะวัตต์ และความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของเดือนมีนาคม 2562 มีค่าอยู่ที่ 28,711.30 เมกะวัตต์ แสดงให้เห็นว่ากำลังผลิตในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้า และจากสถิติมีความต้องการการใช้งานพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นในทุกๆปี โดยปัจจัยที่ทำให้มีความต้องการการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นนั้น คือผู้บริโภคมีพฤติกรรมที่มีการใช้พลังงานเกินขีดจำกัด ทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานมีราคาที่สูงทั้งฝั่งผู้ให้บริการและผู้ให้บริการอาจทำให้ส่งผลต่อต้นทุนของการผลิตต่างๆ หรือ พฤติกรรมที่มีการใช้พลังงานต่ำกว่าขีดจำกัดมากๆ แต่ผู้ใช้ไม่ทราบข้อมูลการใช้พลังงานของผู้ให้บริการในสถานการณ์นี้อาจส่งผลให้ทั้งผู้ให้บริการและผู้ให้บริการเสียโอกาสในการลดต้นทุนการผลิตจากการขายพลังงานไฟฟ้าคืนแก่ผู้ให้บริการ ซึ่งระบบเดิมการแจ้งการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ให้บริการจะเป็นเพียงการแจ้งการใช้งานของผู้ใช้อย่างเดียวโดยที่ตัวผู้ให้บริการเองไม่ทราบถึงขีดจำกัดในการใช้พลังงานซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อผู้ให้บริการและผู้ให้บริการมีค่าใช้จ่ายที่สูงและอาจส่งผลให้ผู้ให้บริการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามาไม่พอกับความต้องการของผู้ใช้บริการทำให้เกิดผลกระทบหลายอย่างตามมา เช่น ไฟฟ้าดับทำให้ผู้ใช้บริการเสียโอกาสในการผลิตสินค้าต่างๆ โดยการผลิตไฟฟ้าได้จากการใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติร้อยละ 70 รองลงมาได้แก่ ลิกไนท์และถ่านหินร้อยละ 20 และในส่วนที่เหลือจำเป็นต้องมีการซื้อพลังงานเพิ่มเติมจากพลังงานหมุนเวียนและการซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้แก่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ดังนั้นการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือในการวิเคราะห์ปริมาณการจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) ที่เป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่อกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อให้สามารถบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต การจ่ายพลังงานไฟฟ้า และการใช้พลังงานทดแทนต่างๆ การพัฒนาระบบสมาร์ทกริดขั้นสูงนั้นเพื่อลดความต้องการการใช้พลังงาน โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้บริการทำให้ผู้ให้บริการได้ตระหนักถึงความสำคัญและมีขีดจำกัดในการใช้พลังงานไฟฟ้าและเป็นการใช้เทคโนโลยีให้คุ้มค่าเพื่อรองรับระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งเป็นโครงข่ายที่เริ่มมีการนำมาใช้ในประเทศต่างๆมากขึ้น เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความมั่นคงให้แก่ระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้า เพิ่มประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อกับแหล่งผลิตไฟฟ้า รวมทั้งลดปัญหาในด้านค่าใช้จ่ายของระบบปฏิบัติการต่าง ๆ และเกิดความสมดุลระหว่างการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้า และเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการจ่ายไฟให้ผู้ใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนและของโรงงานไฟฟ้า บนระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

2. เพิ่มความสมดุลระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าหลักที่มีอย่างจำกัดและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าทุกท่านจะได้รับโควตาพื้นฐานสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้า
3. เพื่อให้ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถใช้ทรัพยากรที่มีอย่างจำกัดได้มีประสิทธิภาพสูงสุด
4. เพื่อลดความเสี่ยงของโรงงานไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้าไม่เพียงพอ
5. เพื่อลดค่าใช้จ่ายของโรงงานไฟฟ้า
6. เพื่อลดความต้องการการใช้ไฟฟ้าของผู้บริโภค
7. เพื่อให้ระบบมีเสถียรภาพ

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ส่วนฮาร์ดแวร์

1.1) เครื่องทดสอบ Intel(R) Core(TM) i7-8550U 64-bit CPU 1.8GHZ RAM 16 GB

2. ส่วนซอฟต์แวร์

2.1) Matlab 2015a (Matlab fuzzy logic toolbox)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะนำเสนอการจัดการโควตาไฟฟ้าในระบบโครงข่ายอัจฉริยะ โดยใช้โปรแกรม Matlab (Fuzzy Logic Toolbox) โดยจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้บริการ ดังนี้

ตารางที่ 1

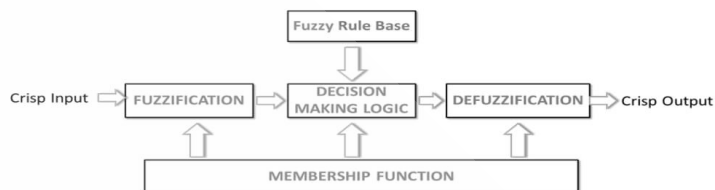
ลำดับ	ประเภท	การใช้ไฟฟ้า	โควตา/Watt
1	โรงงานขนาดเล็ก	ปกติ	5000
2	โรงงานขนาดเล็ก	เกินโควตา	5000
3	ที่อยู่อาศัย	ปกติ	1500
4	ที่อยู่อาศัย	เกินโควตา	1500

ข้อมูลการจำลองรูปแบบการใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท

กำหนดวันที่จำลองการใช้งาน คือ วันที่ 5,22 เดือนธันวาคม 2561 เพื่อจำลองการซื้อขายของผู้ใช้บริการ

การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

การสร้างระบบฟัซซีโดยใช้วิธีของ Mamdani โดยกำหนดให้ Membership Function เป็นแบบ Trapezoidal และ Triangular ในการออกแบบระบบฟัซซี และการสร้างแบบจำลองดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 การออกแบบด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ

1.) ออกแบบฟัซซีเซต (Fuzzification)

ทำการออกแบบตัวแปรฟัซซีซึ่งมีทั้งตัวแปรทางด้านอินพุตและเอาต์พุต โดยในการวิจัยนี้กำหนดอินพุตจำนวน 4 ตัวแปร และเอาต์พุต 1 ตัวแปร

2) Membership Function

Input 1 : อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

0	ถึง 0.4	ระดับข้อมูล	น้อย
0.2	ถึง 0.8	ระดับข้อมูล	กลาง
0.6	ถึง 1	ระดับข้อมูล	มาก

$$D_r = \frac{d_{use}}{d_{all}} \quad (1)$$

โดยที่ D_r คือ อัตราส่วนจำนวนวันปัจจุบันต่อจำนวนวันทั้งหมดของเดือน
 d_{use} คือ จำนวนวันปัจจุบัน
 d_{all} คือ จำนวนวันทั้งหมดของเดือน

Input 2 : อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

0	ถึง 0.4	ระดับข้อมูล	น้อย
0.2	ถึง 0.8	ระดับข้อมูล	กลาง
0.6	ถึง 1	ระดับข้อมูล	มาก

$$E_r = \frac{E_{use}}{E_{all}} \quad (2)$$

โดยที่ E_r คือ อัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อโควต้าที่ได้รับ

E_{use} คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป

E_{all} คือ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดตามโควตาที่ได้

Input 3 : อุณหภูมิ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

15 ถึง 27.5 ระดับข้อมูล น้อย

22.5 ถึง 37.5 ระดับข้อมูล กลาง

32.5 ถึง 45 ระดับข้อมูล มาก

Input 4 : อัตราส่วนความต้องการตามช่วงเวลา TOU แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

0 ถึง 0.5 ระดับข้อมูล เย็น

0.2 ถึง 0.7 ระดับข้อมูล กลาง

0.5 ถึง 1 ระดับข้อมูล ร้อน

ตารางที่ 2

ช่วงเวลา	ค่าความสำคัญ		ช่วงเวลา	ค่าความสำคัญ	
	โรงงานขนาดเล็ก	ที่อยู่อาศัย		โรงงานขนาดเล็ก	ที่อยู่อาศัย
0:00	0.35	0.61	12:00	0.9	0.12
1:00	0.25	0.59	13:00	0.79	0.05
2:00	0.19	0.52	14:00	0.85	0.05
3:00	0.1	0.49	15:00	0.89	0.1
4:00	0	0.4	16:00	0.8	0.2
5:00	0.05	0.41	17:00	0.68	0.1
6:00	0.01	0.3	18:00	0.55	0.3
7:00	0.05	0.33	19:00	0.42	0.59
8:00	0.3	0.1	20:00	0.39	0.78
9:00	0.85	0.8	21:00	0.45	0.92
10:00	0.85	0.1	22:00	0.5	0.88
11:00	0.95	0.1	23:00	0.49	0.9
			0:00	0.4	0.61

ค่าความสำคัญของแต่ละช่วงเวลา

Output : อัตราการตัดสินใจซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ

(-1) ถึง 0 ระดับข้อมูล ขาย

(-0.2) ถึง 1 ระดับข้อมูล ซื้อ

ตารางที่ 3

No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output
1	low	low	cool	low	sell
2	low	low	cool	med	sell
3	low	low	cool	high	sell
4	low	low	med	low	sell
5	low	low	med	med	sell
6	low	low	med	high	sell
7	low	low	hot	low	sell
8	low	low	hot	med	sell
9	low	low	hot	high	sell
10	low	med	cool	low	sell
11	low	med	cool	med	sell
12	low	med	cool	high	sell
13	low	med	med	low	sell
14	low	med	med	med	sell
15	low	med	med	high	sell
16	low	med	hot	low	sell
17	low	med	hot	med	sell
18	low	med	hot	high	sell
19	low	high	cool	low	buy
20	low	high	cool	med	buy
21	low	high	cool	high	buy
22	low	high	med	low	buy
23	low	high	med	med	buy
24	low	high	med	high	buy
25	low	high	hot	low	buy
26	low	high	hot	med	buy
27	low	high	hot	high	buy
28	med	low	cool	low	buy
29	med	low	cool	med	buy
30	med	low	cool	high	buy
31	med	low	med	low	buy
32	med	low	med	med	buy
33	med	low	med	high	buy
34	med	low	hot	low	buy
35	med	low	hot	med	buy
36	med	low	hot	high	buy
37	med	med	cool	low	buy
38	med	med	cool	med	buy
39	med	med	cool	high	buy
40	med	med	med	low	buy
41	med	med	med	med	sell
42	med	med	med	high	sell
43	med	med	hot	low	sell
44	med	med	hot	med	sell
45	med	med	hot	high	sell
46	med	high	cool	low	buy
47	med	high	cool	med	buy
48	med	high	cool	high	buy
49	med	high	med	low	buy
50	med	high	med	med	buy
51	med	high	med	high	buy
52	med	high	hot	low	buy
53	med	high	hot	med	buy
54	med	high	hot	high	buy
55	high	low	cool	low	sell
56	high	low	cool	med	sell
57	high	low	cool	high	sell
58	high	low	med	low	sell
59	high	low	med	med	sell
60	high	low	med	high	sell
61	high	low	hot	low	sell
62	high	low	hot	med	sell
63	high	low	hot	high	sell
64	high	med	cool	low	sell
65	high	med	cool	med	sell

26	low	high	hot	med	buy	66	high	med	cool	high	sell
27	low	high	hot	high	buy	67	high	med	med	low	sell
28	med	low	cool	low	sell	68	high	med	med	med	sell
No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output	No.	input 1	input 2	input 3	input 4	output
30	med	low	cool	high	sell	70	high	med	hot	low	sell
31	med	low	med	low	sell	71	high	med	hot	med	sell
32	med	low	med	med	sell	72	high	med	hot	high	sell
33	med	low	med	high	sell	73	high	high	cool	low	buy
34	med	low	hot	low	sell	74	high	high	cool	med	buy
35	med	low	hot	med	sell	75	high	high	cool	high	buy
36	med	low	hot	high	sell	76	high	high	med	low	buy
37	med	med	cool	low	sell	77	high	high	med	med	buy
38	med	med	cool	med	sell	78	high	high	med	high	buy
39	med	med	cool	high	sell	79	high	high	hot	low	buy
40	med	med	med	low	sell	80	high	high	hot	med	buy
						81	high	high	hot	high	buy

ข้อมูลในรูปแบบฟัซซีเซต จำนวน 81 กฎ

3) Defuzzification

$$S_u = (Output * Quota * 0.8) \quad (3)$$

$$B_u = (Output * Quota * 1.05) \quad (4)$$

โดยที่ S_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ขายได้
 B_u คือ พลังงานไฟฟ้าที่ซื้อได้
 $Output$ คือ อัตราการซื้อหรือขายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย
 $Quota$ คือ จำนวนโควต้าที่ได้รับ

$$buy = B_u ; Output > 0$$

$$sell = S_u ; Output < 0$$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

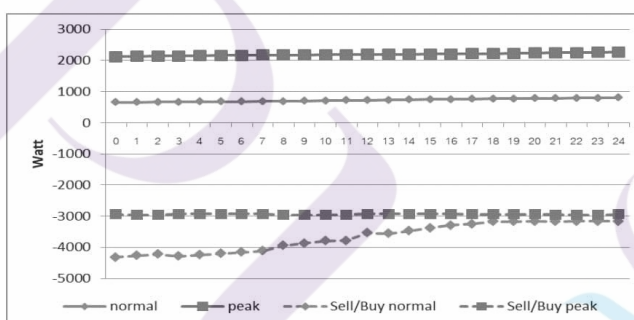
จากผลการทดลองในการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือเพื่อวิเคราะห์การซื้อขายพลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้บริโภคตามโควต้าที่ได้รับบนระบบพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ โดยพิจารณาโรงงาน

ขนาดเล็กและที่อยู่อาศัยในประเทศไทย/ภูมิภาค พบว่าในการทดลอง เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณน้อย และจำนวนวันที่พิจารณาน้อย สามารถขายพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งโรงงานขนาดเล็กสามารถขายพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าที่อยู่อาศัยเล็กน้อย เมื่อมีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก และจำนวนวันที่พิจารณา มาก ระบบวิเคราะห์หว่าควรซื้อพลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งโรงงานขนาดเล็กมีการซื้อพลังงานไฟฟ้าที่มากกว่า ดังตารางที่ 4

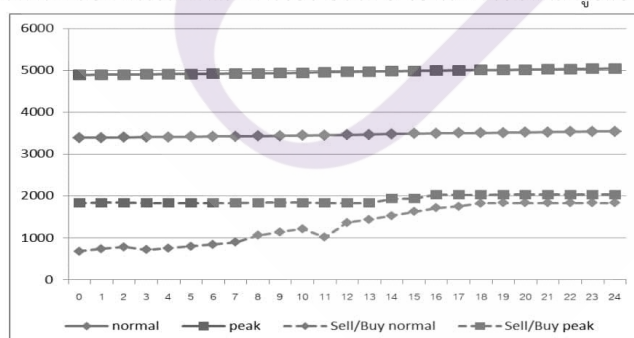
ตารางที่ 4

ลำดับ	วันที่	ประเภท	การใช้ไฟฟ้า	โควต้า/Watt	ผลลัพธ์	%
1	5	โรงงานขนาดเล็ก	ปกติ	5000	ขาย	58-60
		โรงงานขนาดเล็ก	เกินโควต้า	5000		
2	22	โรงงานขนาดเล็ก	ปกติ	5000	ซื้อ	13-37
		โรงงานขนาดเล็ก	เกินโควต้า	5000		
3	5	ที่อยู่อาศัย	ปกติ	1500	ขาย	58-59
		ที่อยู่อาศัย	เกินโควต้า	1500		
4	22	ที่อยู่อาศัย	ปกติ	1500	ซื้อ	8-37
		ที่อยู่อาศัย	เกินโควต้า	1500		

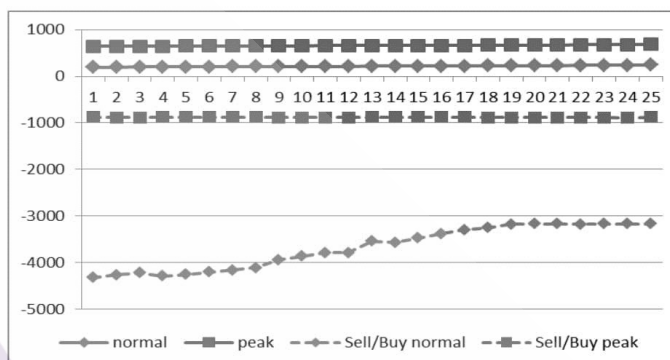
ผลลัพธ์การซื้อขายพลังงานไฟฟ้าจากการทดลองในการใช้ตรรกศาสตร์คลุมเครือ



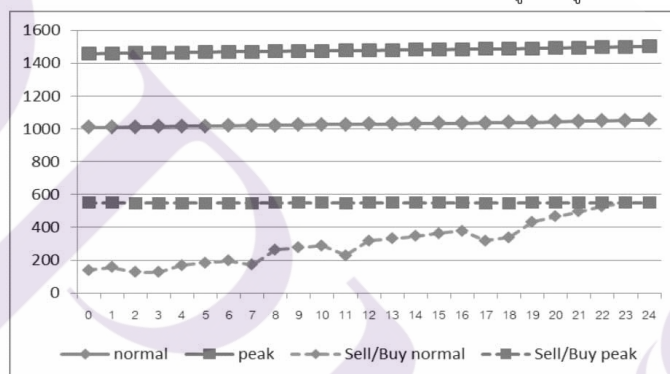
ภาพที่ 2 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าและการซื้อขายวันที่ 5 ของโรงงานขนาดเล็กรูปแบบที่ 1 และ 2



ภาพที่ 3 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าและการซื้อขายวันที่ 22 ของที่โรงงานขนาดเล็กรูปแบบที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าและการซื้อขายวันที่ 5 ของที่อยู่อาศัยรูปแบบที่ 3 และ 4



ภาพที่ 5 ผลการทดลองการใช้ไฟฟ้าและการซื้อขายวันที่ 22 ของที่อยู่อาศัยรูปแบบที่ 3 และ 4

เมื่อผู้ใช้บริการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโควตาที่กำหนดให้ และมีพลังงานไฟฟ้าเหลือ สามารถนำพลังงานไฟฟ้าไปขายให้กับผู้ใช้พลังงานไฟฟ้าเกินโควตาได้ ซึ่งทำให้ผู้ใช้บริการมีรายได้เพิ่มขึ้น และยังเป็น การช่วยลดค่าใช้จ่ายในการผลิตของโรงงานผลิตไฟฟ้าได้อีกด้วย เมื่อผู้ใช้บริการมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินโควตา จะต้องซื้อพลังงานไฟฟ้าเพิ่มจากผู้ให้บริการรายอื่น ซึ่งเพิ่มความสมดุลระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าหลักที่มีอย่างจำกัดและผู้ใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถให้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับการกำหนดอินพุตของพีซีลोजิกนั้น สามารถปรับค่าได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้บริการในขณะนั้นได้

2. สำหรับการกำหนดโควตาให้ผู้ใช้บริการนั้น อาจพิจารณาจากปัจจัยอื่นๆ เพื่อให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำขึ้น
3. ควรเพิ่มการทดสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนอื่นๆ หรือปีอื่นๆ เพื่อให้สรุปผลได้แม่นยำขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ทิพรรัตน์ ศิลปพงศ์วารกร. (2558). *การประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิก เพื่อจัดสรรหน่วยความจำของเวอร์ชวลแมชีนในการประมวลผลคลาวด์*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

วิลาวัลย์ ประสมทรัพย์. (2554). *การพัฒนาแบบจำลองตำแหน่งเสี่ยงต่อการพังทลายตลิ่งโดยวิธีฟัซซี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

I. ADAM, A. WAHAB, M. YAAKOP, A. ABDUL SALAM & Z. ZAHARUDIN. (2014). *Adaptive Fuzzy Logic Traffic Light Management System*. Kuala Lumpur, Malaysia.

R. Pereira, R. Melício, V.M.F. Mendes, J. Figueiredo, J. Martins, R. Pereira, A. Fagundes, V.M.F. Mendes, J.C. Quadrado. (2014). *Fuzzy Clustering applied to a Demand Response Model in a Smart Grid*. Ischia, Portugal.

Qela, B. , H. T. Mouftah. (2014). *Peak Load Curtailment in a Smart Grid Via Fuzzy System Approach*. Ottawa, Canada.

Sandeep Mehmi , Harsh. K. Verma and A.L. Sangal (2014). *Smart Grid Cloud for Indian Power Sector*. Jaipur, India.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กำลังผลิตในระบบไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 1 เมษายน 2562, จาก <http://www.egat.co.th>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวจิตติมา กรป้องกัน
ประวัติการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา 2557 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน	Web/Mobile Developer บริษัท บุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด

